

## Curiosité et langages

Pierre-Yves Oudeyer

*Dans un grand œuf à peine ouvert, entouré d'un large zéro symbolisant l' « origine », une tribu de jeunes créatures robotiques se développe et explore son environnement. Leurs mouvements, ainsi que les sons qu'elles produisent, font écho à ceux des êtres biologiques. Elles sont équipées, de manière innée, d'un certain nombre de capacités perceptuelles, motrices et cognitives. Par exemple, elles sont sensibles aux mouvements, à certaines couleurs. Elles se mettent en sommeil quand leurs moteurs ont trop chauffé. Elles sont aussi dotées d'outils qui leur permettent d'apprendre et de partager des choses nouvelles, et ainsi d'étendre leur horizon comportemental et cognitif.*

*D'abord, elles sont capables d'explorer leur corps et les relations entre ce corps et leur environnement de manière entièrement autonome : elles sont dotées de curiosité artificielle. Avec les objets qui sont autour d'elles, des jouets comme des ballons ou des clochettes, elles font des expériences physiques uniquement motivées par l'acquisition d'informations nouvelles, les poussant ou les jetant, et observant si cela les fait rouler, sauter ou par exemple produire des sons. Elles commencent par s'intéresser aux objets et aux actions que leur cerveau artificiel apprend facilement à modéliser. Quand elles ont appris à les maîtriser, elles explorent d'autres activités, plus complexes, encore une fois par pur plaisir d'apprendre.*

*Deux par deux, les créatures jouent également à des « jeux de langage », inventant (en utilisant des outils cognitifs innés) et se transmettant des mots et des sens nouveaux leur permettant de partager les mêmes concepts et de parler des objets et des événements autour d'elles, ou des savoir-faire qu'elles ont découvert par curiosité. Au départ, leur lexique et leur répertoire sémantique sont vides. Progressivement, ils s'enrichissent, se synchronisent, s'auto-organisent, et un système linguistique élémentaire mais original apparaît.*

*Enfin, une fenêtre d'interaction avec le monde des humains permet à ceux-ci de produire des gestes qui peuvent être perçus et imités par les créatures, augmentant leur répertoire moteur et suscitant la création de mots et de sens nouveaux pour parler entre elles de ces gestes.*

### *Description du dispositif expérimental Ergo-Robots/Flowers Fields*

La morphogenèse des structures comportementales et cognitives, telle qu'on peut l'observer chez l'enfant humain pendant les premières années de sa vie, découvrant son corps, son environnement et les premiers éléments de langage, est au cœur de mon travail scientifique. C'est même ce qui m'a mené, poussé par la curiosité, à faire de la recherche. Le chemin que j'ai pris pour aborder ce sujet, a priori au carrefour des sciences humaines et des sciences de la vie, n'est pas très classique : je conçois et expérimente des machines, des robots en particulier, pour modéliser ces processus de morphogenèse. Cette approche avait déjà été suggérée par Alan Turing, qui avait montré dans les années 1950 l'utilité de l'ordinateur pour modéliser et mieux comprendre l'auto-organisation de formes physico-chimiques élémentaires. Cette approche a ensuite eu beaucoup d'influence dans certains domaines de la biologie et de l'éthologie, par exemple pour la modélisation de la construction des nids de termites. Depuis une vingtaine d'années, un certain nombre de chercheurs dans le monde, dont je fais partie, essaient d'étendre cette approche, en utilisant des robots, à la modélisation

du développement de l'enfant ainsi qu'à celle de la formation de structures culturelles comme les langues naturelles.

*Ergo-Robots/Flowers Fields* a été conçu dans ce cadre, et est le résultat du travail que j'ai mené avec mes collègues et étudiants de l'INRIA et de l'Université de Bordeaux. C'est à la fois une expérience scientifique et une installation permettant de créer un dialogue, d'une part entre scientifiques de disciplines variées et d'autre part entre scientifiques et non-scientifiques. Elle prolonge également deux expériences précédentes : *The Talking Head Experiment*, menée par Luc Steels, qui avait montré pour la première fois à grande échelle comment une société de robots pouvait inventer une langue, et *The Playground Experiment*, que j'avais élaborée avec Frédéric Kaplan et qui montrait comment un robot pouvait être doté de curiosité artificielle et apprendre des savoir-faire nouveaux de sa propre initiative et de manière « ouverte ».

Le cerveau, en interaction dynamique avec le corps et son environnement physique et social, ainsi que les comportements et les structures qui résultent de ces interactions, sont probablement les objets les plus complexes de l'univers connu. Or, la recherche scientifique sur ces sujets est très jeune. Elle n'a que quelques siècles. Des défis scientifiques immenses sont devant nous, et je suis persuadé que c'est justement à cause de la complexité des phénomènes qui sont en jeu, au sens des « sciences de la complexité », qu'il est utile, pour de multiples raisons, de construire des machines.

Faire de la recherche scientifique ne consiste pas seulement à tenter de répondre à des questions ou à trouver des solutions à des problèmes. Il est tout aussi fondamental d'arriver à trouver les *bonnes* questions, et à formuler correctement les problèmes. Et pour cela, dans le cadre de l'étude du développement, les robots sont des outils extraordinaires. Quand on tente de modéliser le développement sur un robot, on est, comme avec un modèle purement mathématique ou algorithmique, forcé d'explicitement toutes les hypothèses que l'on fait et tous les mécanismes. En outre, parce que le robot est confronté à la réalité physique, on voit tout de suite si ces hypothèses et ces mécanismes « fonctionnent » dans celle-ci. Cette confrontation est essentielle, et fait souvent apparaître des difficultés qui ne sont pas identifiées dans les théories formulées en biologie ou en sciences humaines, qui restent souvent verbales, descriptives, et non-intégratives. Par exemple, le rôle de l'exploration spontanée pour le développement moteur et perceptuel chez les enfants est reconnu depuis longtemps à tel point qu'il est presque considéré comme une évidence dans l'immense littérature de psychologie développementale. Mais comment l'exploration spontanée fonctionne-t-elle ? Qu'est-ce qui la déclenche ? Qu'est-ce qui fait qu'un objet ou une activité vont être intéressants pour un enfant ? Qu'est-ce que la curiosité ? Comment le cerveau « mesure-t-il » l'« intéressant » ? De même, pour l'acquisition de la parole, on connaît par exemple le rôle du babillage. Mais pourquoi les bébés babillent-ils autant, même quand ils sont tout seuls et bien avant que leurs vocalisations ne leur servent pour la parole ?

Des réponses satisfaisantes à ces questions ne peuvent pas aujourd'hui être trouvées dans la littérature scientifique, car ces questions n'ont jamais vraiment été posées précisément. Quand on essaie de construire un robot qui apprend et se développe, ces questions s'imposent naturellement et deviennent concrètes. Et pour faire « fonctionner » le robot, on est obligé de proposer des mécanismes, comme par exemple ceux modélisant la curiosité par la maximisation du progrès en apprentissage.

Si l'on peut expérimenter le fonctionnement de ces modèles robotiques en interaction avec la

réalité physique, ils restent néanmoins seulement des hypothèses, des points de départ pour mieux comprendre le développement de l'enfant. En particulier, comme ils sont formels et concrets, ils permettent d'instaurer un dialogue efficace entre les scientifiques des disciplines variées qui sont appelées par ce sujet. En effet, ces modèles sont une forme de langage nouveau, objets mêlant mathématiques, algorithmique et substrat physique, permettant aux scientifiques de centrer leurs débats sur des mécanismes explicites plutôt que de discourir en utilisant des mots dont le sens n'est souvent pas partagé, comme « curiosité », « apprentissage », ou « émotion ». Au cours de ces échanges, ces modèles évoluent naturellement, et les scientifiques convergent, partageant progressivement ces modèles qui donnent sens à leur environnement, ainsi que la manière de les appeler. Ils inventent ainsi une langue nouvelle, qui leur permet de parler par exemple de curiosité.

Ces modèles, par leur incarnation physique (« embodiment ») et leur mise en situation (« situatedness »), sont aussi des fenêtres d'interaction essentielles avec les non-scientifiques. Installé dans des lieux publics, le dispositif *Ergo-Robots/Flowers Fields* propose à la société des représentations nouvelles du monde et de l'humain, et confronte en retour notre travail scientifique aux attentes, aux craintes et aux rêves de la société. *Ergo-Robots/Flowers Fields* interroge ses observateurs sur la nature de l'intelligence, du langage, ou de la vie, avec l'espoir de susciter chez eux la curiosité, le plaisir d'apprendre, le plaisir des sciences.