

# Des robots qui s'adaptent aux dommages en quelques minutes

**Référence :** Cully, A., Clune, J. Tarapore, D. and Mouret, J.-B. *Robots that can adapt like animals*. Nature, 2015. (article de couverture)

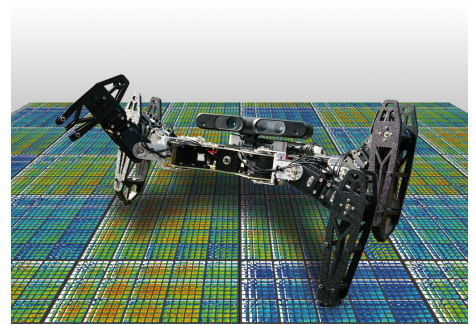
**Embargo :** En raison de la politique d'embargo de Nature, aucun article ne peut paraître avant le 27 mai 2015, 18 h 00 (heure de Londres).

**Contacts :** [cully2015@listes.upmc.fr](mailto:cully2015@listes.upmc.fr) (tous les auteurs, à utiliser de préférence) & [jean-baptiste.mouret@inria.fr](mailto:jean-baptiste.mouret@inria.fr) (auteur correspondant)

**Vidéos et images :** [http://pages.isir.upmc.fr/~mouret/website/nature\\_press.xhtml](http://pages.isir.upmc.fr/~mouret/website/nature_press.xhtml)

Page protégée par mot de passe : ID : "nature" ; mot de passe : "cully2015"

Les robots pourraient aider notre société dans de nombreuses situations, par exemple pour chercher des survivants après des catastrophes naturelles ou pour alerter les pompiers en cas de feu de forêt. Néanmoins, ils resteront cantonnés aux laboratoires de recherche tant qu'ils ne seront pas capables de continuer à fonctionner lorsqu'ils sont endommagés. **Un nouvel article dans le journal Nature ("Robots that can adapt like animals", Cully et al.) montre comment des robots peuvent automatiquement s'adapter aux dommages en moins de deux minutes.** Dans une vidéo illustrant ce travail (<https://youtu.be/T-c17RKh3uE>), un robot à 6 pattes réapprend à marcher avec une patte abîmée et une patte manquante. L'expérience est répétée avec un bras robot apprenant à correctement placer un objet malgré plusieurs moteurs coincés.



Antoine Cully et Jean-Baptiste Mouret<sup>1</sup>, de l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC-Sorbonne Universités / CNRS UMR 7222, à Paris), ont dirigé ce travail, en collaboration avec Jeff Clune (Université du Wyoming) et Danesh Tarapore<sup>2</sup> (UPMC-Sorbonne Universités / CNRS UMR 7222).

Contrairement aux robots actuels, les êtres vivants ont une impressionnante capacité d'adaptation aux blessures. Ainsi, la plupart des chiens amputés d'une patte sont capables de jouer, sauter, et courir ; et un enfant avec une cheville foulée n'a besoin que de quelques minutes pour trouver une manière de boiter. Les chercheurs se sont inspirés de ces exemples. « Quand les animaux sont blessés, ils ne partent pas de zéro pour s'en sortir », explique Jean-Baptiste Mouret. « Au contraire, ils ont de bonnes intuitions sur les différentes manières de réagir. Ces intuitions leur permettent de choisir intelligemment quelques comportements à essayer et, après quelques tests, ils arrivent à en trouver un qui fonctionne malgré la blessure. Nos robots font la même chose. »

Avant d'être envoyé en mission, le robot utilise une simulation de son corps pour créer une « carte » détaillée des milliers de manières différentes de réaliser sa tâche : cette carte représente les intuitions du robot concernant les comportements intéressants et leur potentiel. Si le robot est endommagé, il utilise ses intuitions pour guider un algorithme d'apprentissage qui réalise des expériences afin de découvrir rapidement un comportement de compensation. Le nouvel algorithme a été baptisé « Intelligent Trial and Error » (essai-erreur intelligent).

« S'il est endommagé, notre robot se comporte comme un scientifique », explique Antoine Cully. « Il a des a priori à propos des différentes actions qui pourraient fonctionner et il commence par les tester. Cependant, ces a priori viennent de la simulation du robot intact. Il doit donc trouver celles qui fonctionnent non seulement en réalité mais aussi avec le/les dommages. Chaque action qu'il essaie est comme une expérience qui confirme ou infirme ses hypothèses. Si une action ne fonctionne pas, l'algorithme élimine de manière intelligente des catégories entières d'action pour essayer des choses complètement différentes. Par exemple, si marcher en s'appuyant essentiellement sur les pattes arrières ne fonctionne pas correctement, le robot essaiera alors de marcher en mettant son poids sur les pattes avant. Ce qui est surprenant, c'est la rapidité avec laquelle le robot découvre une nouvelle manière de marcher : malgré une patte coupée en deux, il ne faut que deux minutes au robot pour trouver une manière efficace de boiter ! »

Jeff Clune explique que « techniquement, l'algorithme est divisé en deux étapes : (1) créer la carte de l'espace comportement-performance, et (2) l'adaptation à la nouvelle situation ». La carte de la première étape est créée avec un nouveau type d'algorithme évolutionniste appelé MAP-Elites. Ce type d'algorithme s'inspire de l'évolution darwinienne et de la « survie du plus apte » pour chercher des solutions performantes. L'adaptation dans la seconde partie s'appuie sur un algorithme d'optimisation « bayésienne », qui exploite les connaissances a priori fournies par la carte pour trouver rapidement un nouveau comportement. « Nous avons effectué des expériences qui montrent que le point clé est dans la création et l'exploitation des a priori », continue Jeff Clune.

Cette nouvelle technique pourra contribuer à développer des robots autonomes plus robustes et plus efficaces. Danesh Tarapore donne quelques exemples. « Cela pourrait permettre la création de robots qui peuvent aider des secouristes sans nécessiter leur attention en permanence », dit-il. « Cela pourrait aussi faciliter la création d'assistants robotiques personnels qui peuvent continuer à être utiles même quand une pièce est cassée ».

Ce travail a reçu l'aide de l'Agence Nationale pour la Recherche (Creadapt, ANR-12-JS03-0009), de l'European Research Council (ResiBots, grant agreement No 637972), et de la Direction Générale de l'Armement ( thèse de A. Cully).

1. Maintenant chercheur à Inria (Institut National de la Recherche en Informatique et Automatique).

2. Maintenant à l'Université de York, Royaume Uni