

SCIENCE & FICTION

Pour quelques pattes de plus...



1. LE TRIPÈDE, curieux extraterrestre imaginé par Damon Knight en 1954, a un corps à symétrie radiale, avec trois jambes, trois bras et six yeux.

Les extraterrestres de science-fiction ayant une paire de pattes surnuméraires seraient plus stables, mais ils auraient des difficultés à coordonner les mouvements de tous leurs membres.

**Jean-Sébastien STEYER
et Roland LEHOUCQ**

Face à l'étonnante diversité du vivant sur Terre, comment imaginer une espèce extraterrestre originale ? Une solution souvent adoptée consiste à prendre un vertébré à quatre pattes et à lui ajouter une paire de membres supplémentaires. Les exemples les plus récents sont les martiens humanoïdes à quatre bras de la planète Barsoom dans le film *John Carter* (Andrew Stanton, 2012) et la plupart de la faune du film *Avatar* (James Cameron, 2009) où les equidi, les thanators et autres titanothères ont tous six pattes. Remarquons que ce procédé n'est pas nouveau : le centaure, hybride homme-cheval, le griffon, assemblage d'un aigle et d'un lion, et le cheval ailé (tel Pégase) sont présents dès l'Antiquité. À ceux-ci s'ajoutent les anges, les démons et les dragons occidentaux, mais aussi quelques divinités hindoues. Ces êtres à six membres, ou hexapodes, sont-ils plausibles ?

Sur Terre, la plupart des vertébrés ont soit des nageoires (chez les « poissons »), soit des membres (chez les tétrapodes). Même si la plupart des tétrapodes sont dotés de quatre membres, certains ont perdu leurs pattes : c'est le cas des mammifères aqua-

© Marc Boulay, www.cossima-productions.com

tiques (cétacés, siréniens) qui ne conservent que deux membres transformés en rames à l'avant, ou encore des serpents et des apodes (groupe d'amphibiens peu connu) qui n'ont plus aucune patte. Si, sur Terre, aucun vertébré n'est hexapode, les « six pattes » existent pourtant : ils regroupent entre autres les insectes et les collembolles qui peuplent les sols. Avec plusieurs millions d'espèces, les hexapodes sont même les organismes les plus nombreux.

Pourquoi un vertébré terrestre ne peut-il être doté de trois paires de membres ? Parce que ses pattes sont issues de nageoires charnues de poissons osseux, transformées il y a plus de 370 millions d'années en membres munis de doigts, aussi nommés membres chiridiens. Nageoires charnues et membres chiridiens sont eux-mêmes issus des ceintures pectorale (formant l'épaule) et pelvienne (formant le bassin), à raison de deux nageoires (ou deux membres) par ceinture. Un vertébré à six pattes comme ceux de science-fiction devrait donc posséder une troisième ceinture osseuse au niveau du tronc, c'est-à-dire un segment supplémentaire.

Cela nécessiterait, au cours de l'embryogenèse, une action différente des gènes architectes (les gènes *Hox*) intervenant dans la segmentation du tronc et l'apparition des ceintures. Or l'organisation de ces gènes est bien plus complexe chez les vertébrés que chez les arthropodes, où une segmentation multiple est pourtant possible, entraînant souvent la multiplication des paires de pattes. C'est le cas des crustacés (qui ont jusqu'à dix pattes), des arachnides (huit pattes), sans oublier les scolopendres et les mille-pattes.

La présence d'un ou plusieurs membres surnuméraires est pourtant possible chez les tétrapodes, mais elle relève d'une malformation nommée polymélie. Chez l'homme, cette grave anomalie touche environ un enfant sur un million. Mais, comme chez l'ischioptère (un fœtus « absorbant » partiellement son jumeau pendant son développement *in utero*), le ou les membres surnuméraires, souvent hypertrophiés ou déformés, ne sont pas des membres fonctionnels. Ainsi, il faudrait des mutations

génétiques considérables pour obtenir un tétrapode à trois ceintures et six membres. De surcroît, une hexapodie fonctionnelle chez un vertébré nécessiterait des changements notables des systèmes musculaire et nerveux, pour coordonner ces membres surnuméraires : comment un cheval hexapode se comporterait-il au galop ?

Les robots à trois pieds

La question de la coordination de six membres est d'ailleurs d'une grande importance pour les roboticiens qui cherchent à réaliser des robots mobiles hexapodes. Chez les cyborgs humanoïdes, le déplacement reste classique : dans *Star Wars*, le général Greivous, féroce ennemi des Jedis, se



2. UN THARK, MARTIEN à six membres du film *John Carter*. Il est doté de deux paires de bras et d'une paire de jambes, ce qui n'est pas la configuration la plus stable, laquelle est celle du trépied.

déplace sur ses deux jambes, mais dispose de deux paires de bras robotiques armés de sabres laser.

Dans le domaine des transports, il y a beaucoup de roues, mais peu de pattes. En roulant sans glisser, la roue consomme peu d'énergie. Si les pattes sont moins économes, elles présentent néanmoins l'avantage de

s'adapter à de nombreux types de terrains. Les robots qui ont six pattes, plutôt que deux ou quatre, sont plus stables durant les déplacements : trois des pattes préparent le pas suivant, tandis que les trois autres stabilisent le robot. Trois pieds permettent d'être stable sur n'importe quel support, aussi irrégulier soit-il. Un tabouret à trois pieds est bien plus stable qu'une chaise à quatre pieds. Damon Knight, critique et auteur de science-fiction, l'avait bien compris : dans *Règle d'or*, une nouvelle publiée en 1954, il crée les « tripèdes », ingénieux extraterrestres hexapodes à symétrie d'ordre trois possédant trois pieds, trois bras et six yeux (voir la figure 1). Notons également que les envahisseurs de *La Guerre des mondes* (H.G. Wells, 1898), les « tripodes », se déplacent sur trois pattes, comme les Raméens si l'on en croit les héros du roman *Rendez-vous avec Rama* d'Arthur Clarke (1972).

Mais revenons aux robots : le biomimétisme est utile pour optimiser leur locomotion. Les insectes sont source d'inspiration, et l'étude de leur comportement et de leur système nerveux apporte de précieuses informations. Ainsi, la marche des insectes est gérée par deux types de contrôle nerveux : le premier commande les mouvements de chacune des pattes, tandis que le second contrôle les différentes allures par le biais des interactions des pattes voisines, les six pattes étant connectées en parallèle.

Les robots hexapodes ont d'ores et déjà montré qu'ils peuvent accomplir des tâches impossibles pour les véhicules équipés de roues. Pourtant les rovers martiens de la NASA ne sont pas encore équipés de pattes ! *Curiosity* est doté de six roues motrices dont quatre sont orientables. La suspension de ce rover et la taille de ces roues lui permettent de franchir des obstacles de 50 centimètres de hauteur ou de profondeur. Mais sa vitesse maximale n'est que de quatre centimètres par seconde... Des robots humanoïdes hexapodes rencontreront-ils un jour les martiens verts de Barsoom ?

J.-S. STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris. R. LÉHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay.