

SCIENCE & FICTION

Quel animal roule comme Sonic et BB-8 ?

L'homme a inventé la roue, mais le principe semble beaucoup moins répandu dans la nature. À quelques exceptions près, les animaux qui roulent sont tous imaginaires.

Roland Lehoucq et Jean-Sébastien Steyer. Illustration : Marc Boulay

Le *hoopsnake* (serpent-cerceau) est l'une des plus fameuses bestioles du folklore américain du début du XIX^e siècle. Selon la légende, ce serpent pouvait, à la manière de l'Ouroboros de la mythologie grecque, attraper sa queue avec sa gueule pour former un anneau lui permettant de se déplacer à grande vitesse en roulant. Doté d'un aiguillon venimeux, le seul moyen d'échapper à ce dangereux serpent était de sauter à travers l'anneau qu'il formait, ce qui le désorientait et le rendait incapable de faire demi-tour. On trouverait le *hoop snake* dans diverses régions d'Amérique du Nord et aussi une variété dans les grands espaces australiens. Inutile de préciser que l'existence de cet étrange serpent n'a jamais été démontrée.

Mais existe-t-il des animaux qui roulent en utilisant soit leur corps entier, soit des parties mobiles, des « roues », ou cela est-il l'apanage des animaux imaginaires ? Ces derniers sont nombreux. L'artiste hollandais M. C. Escher, sur une lithographie de 1951 intitulée *Wentelteefje* (*Curl-up* en anglais), a représenté *Pedalternorotandomovens centroculatus articulatus*, une bête fictive, articulée et hexapode qui s'enroule sur elle-même puis se met à rouler. Dans un autre domaine, Sonic – le hérisson de la série de jeux vidéo éponyme, développée par la firme japonaise Sega depuis 1991 – se déplace en roulant très rapidement sur lui-même.

Ce déplacement par roulage est très apprécié des enfants et des gymnastes,



DANS L'ÉPISODE 7 DE STAR WARS, le robot BB-8, composé d'un corps sphérique surmonté d'une tête en lévitation magnétique, roule en modifiant la position de son centre de gravité ; ce qu'il fait en déplaçant ses composants internes.

mais peu d'humains adultes l'utilisent. En revanche, certains organismes allongés sont capables de déformer leur corps pour former une boucle et, éventuellement, de rouler. C'est le cas de la chenille, du myriapode, de la crevette-mante et de la salamandre. D'autres adoptent une posture plus proche de la sphère, tels le pangolin et le tatou (qui se protègent aussi en se roulant en boule), le lézard d'Armardille (dont le nom savant *Ouroborus cataphractus* évoque l'Ouroboros), l'isopode et la dame blanche, une araignée de Namibie qui dévale les dunes en roulant sur elle-même. Ces espèces peuvent rouler passivement, en utilisant la gravité par exemple, ou activement, en déformant leur corps pour modifier la position de leur centre de gravité. On retrouve ce mode de locomotion chez le robot TARS du film *Interstellar* (Christopher Nolan, 2014).

Les plantes ne sont pas en reste, comme le montrent la plupart des graines et le virevoltant, bien connu des amateurs de westerns. Il s'agit d'un ensemble de tiges ramifiées qui, une fois sèches, se détachent de la racine de certaines plantes des déserts du sud des États-Unis. Sa forme à peu près sphérique lui permet de rouler au gré du vent et de répandre ses graines.

Le mouvement de rotation pourrait se limiter à une partie du corps, telle la roue autour d'un axe. En dépit de l'ubiquité de la roue dans les véhicules humains, aucun organisme terrien ne semble l'avoir adopté. L'une des rares structures biologiques



CE DESCENDANT IMAGINAIRE du pou des baleines aurait la capacité de se mettre en boule pour se protéger des prédateurs.

rotatives qui s'en rapprochent est le flagelle de certaines bactéries. Chez les procaryotes, un moteur moléculaire situé sur l'embase du flagelle assure sa rotation. Ce système fournit un couple propulsif à un corps fixe, à la manière de l'hélice d'un navire. Et le système est plutôt efficace, car la vitesse de déplacement de la bactérie peut atteindre soixante longueurs corporelles par seconde. À peu près la moitié des bactéries disposent d'au moins un flagelle, indiquant que l'hélice a probablement plus de succès que la roue.

Le plus grand obstacle anatomique à l'existence d'organismes multicellulaires à roues est l'interface entre les parties statique et rotative. Contrairement aux articulations, qui ont une liberté de mouvement limitée, une roue doit être capable de tourner librement d'un angle arbitraire par rapport au reste de l'organisme.

L'interface entre la roue et son axe pose problème : si elle est constituée de tissu vivant, il faut la « nourrir », en oxygène et en nutriments. Le réseau vasculaire habituel ne peut convenir, car il aurait besoin d'être « déroulé » de temps en temps, afin d'éviter d'être endommagé par la torsion due à la rotation de la roue. La même difficulté s'applique à l'éventuel système nerveux qui contrôlerait le mouvement et la vitesse de la roue. L'alimentation de la roue, elle, pourrait être transmise par diffusion, mais c'est un processus très lent. Pour s'en sortir, il faudrait que la roue soit constituée de matière presque inerte, excrétée par le corps

de l'animal, comme nous le faisons avec la kératine de nos ongles ou de nos cheveux.

Par ailleurs, dans la plupart des environnements terrestres, la roue présente d'autres désavantages, comparée à des membres articulés. Si la roue est très efficace pour se déplacer sur un terrain nivelé et dur, comme une route pavée, elle n'est pas vraiment adaptée à un terrain souple, déformable ou accidenté. Elle devient alors sujette à une forte résistance à l'avancement à cause des frictions engendrées par la déformation du sol sur lequel elle se déplace. De plus, alors que la roue interagit avec le sol sur l'ensemble de sa trace, des pattes ou des pieds ne sont en contact avec lui que sur un ensemble de petites zones localisées, ce qui limite les pertes d'énergie.

La roue moins efficace que les pattes articulées

Les sols les plus déformables engendrent bien sûr les résistances les plus grandes : il est ainsi cinq à huit fois moins efficace de rouler sur un sol souple que sur une surface en béton. Et c'est encore deux à trois fois pire sur du sable. Cela explique pourquoi le transport des marchandises se faisait avec des chariots à roues dans les régions de l'Empire romain bien équipées en routes en dur, alors que les caravanes de dromadaires étaient bien plus efficaces dans les déserts du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord.

Les roues sont également mal adaptées au franchissement d'obstacles, surtout ceux ayant une hauteur comparable à leur taille. Si l'animal ou le véhicule peut se déformer pour déplacer son centre de masse, la hauteur limite que peut franchir une roue passive (c'est-à-dire non propulsée) est égale à son rayon. Sans déformation possible, cette limite est comprise entre un quart et la moitié du rayon. C'est pourquoi les roues destinées aux terrains accidentés sont plus grandes. De plus, un véhicule non articulé peut se retrouver coincé au sommet d'un obstacle laissant ses roues tourner dans le vide. Le risque de retournement est aussi non négligeable : il suffit que la projection au sol du centre de masse du véhicule sorte de ses points d'appui, ce qui peut arriver en porte-à-faux. À l'inverse, les pattes sont bien plus efficaces pour se déplacer en toutes circonstances.

Avec toutes ces difficultés, on comprend aisément pourquoi la vie multicellulaire n'a pas exploré la possibilité de se déplacer sur une ou plusieurs roues, et pourquoi la sélection naturelle n'a pas retenu un tel dispositif. Étant donné les désavantages de la roue, il se pourrait même que la bonne question ne soit pas : « pourquoi la nature n'a-t-elle pas inventé la roue ? », mais plutôt : « pourquoi les véhicules humains n'utilisent-ils pas des pattes articulées ? ».

Roland LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay. J.-Sébastien STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris.
Marc BOULAY est sculpteur numérique.