

ou de l'atterrissage. Le calcul de l'accélération subie par son corps pendant l'impulsion initiale confirme cette impression : elle est de l'ordre de 170 fois l'accélération de la pesanteur terrestre (170g). Cette accélération extrême lors du saut devrait entraîner une accumulation du sang dans le bas du corps, de sorte que le cerveau cesserait d'être irrigué. C'est ce que les pilotes d'essais nomment le voile noir, une situation entraînant souvent, au-delà de 5g, une perte de connaissance. Dans la réalité, la physique impose ses lois !

Le cas de John Carter, autre héros de science-fiction créé par Edgar Rice Burroughs (également père de Tarzan) en 1912, et récemment adapté à l'écran (Andrew Stanton, 2012), semble différent. En pleine guerre de Sécession, cet officier sudiste se retrouve téléporté sur Mars (nommée Barsoom par ses habitants) où il devient une légende vivante : la gravité sur Mars, égale à 38 pour cent de celle ressentie sur Terre, lui permet d'effectuer des sauts et acrobaties impressionnants. Il est vrai que sur la Lune (où la gravité est six fois inférieure à celle de la Terre), les astronautes étaient aussi capables de sauts étonnants malgré leur scaphandre massif. La difficulté est que, sur Mars, John Carter est capable de faire des sauts de plusieurs centaines de mètres de haut, alors que la faible gravité martienne ne lui autorise que des performances trois fois meilleures que celles qu'il effectuerait sur Terre.

Sur Terre, les animaux se déplaçant par saltation peuvent-ils nous aider à mieux comprendre ces improbables rebondissements ? La petite gerboise (rongeur de 15 centimètres, capable de sauts en hauteur de 2,5 mètres) ou la sauterelle (qui saute 50 fois sa taille) arborent des pattes arrière longues et musclées, utiles pour propulser le corps. Celles du kangourou (capable de sauts de 3,5 mètres en hauteur et 13 mètres en longueur) sont repliées en Z et font office de ressort, alors que la queue robuste équilibre le corps lors du saut. Plus les jambes sont longues et musclées, plus le saut est puissant, mais plus le corps est lourd.

Pour minimiser cette contrainte de poids, d'autres innovations morphologiques ont été sélectionnées au cours de l'évolution. Ainsi, le puma (d'une détente de 5 mètres pour une masse de 60 kilogrammes) et la gazelle sud-africaine (capable de bonds de 15 mètres de long pour une masse de 40 kilogrammes) ont une colonne vertébrale compressible, augmentant ainsi l'élasticité du corps. La puce, qui saute facilement 100 fois sa taille



UN MUTANT HUMANOÏDE capable tout à la fois de sauter assez haut pour « décoller » et, après, de voler !

(l'équivalent d'une demi-hauteur de Tour Eiffel pour un être humain) et peut supporter 140 fois l'accélération de la pesanteur au décollage, est équipée d'une sorte de super-tendon entre les pattes arrière et le thorax. Ce tendon, constitué d'une protéine plus élastique que le caoutchouc, emmagasine de l'énergie élastique relâchée brutalement pour le saut, les pattes faisant office de levier.

Les trouvailles de l'évolution

Autre astuce pour sauter loin : développer diverses membranes, voiles et autres ailes, transformant ainsi le saut en vol plané ! Si les premières ailes sont apparues chez les insectes ou proches cousins, la première membrane volante a été développée chez les reptiles au moins 20 millions d'années avant les dinosaures. Comme aujourd'hui chez les lézards, marsupiaux et écureuils volants, cette membrane correspond souvent à une peau tendue entre les pattes avant et arrière. Mais elle peut aussi se glisser

entre les doigts, comme pour la grenouille d'Australie dont les palmures permettent des sauts sur 5 mètres, correspondant à plus de 180 mètres à notre échelle !

Plus étonnant encore, l'exocet, un poisson-volant, nous montre que l'on peut très bien sauter et voler sans avoir de pattes ! Et le petit coléoptère nommé « taupin » est sans doute le plus curieux : sur le dos, il est incapable de se retourner, de sorte qu'il effectue une torsion du thorax, emmagasinant de l'énergie élastique qui, quand elle est libérée, le propulse jusqu'à 25 fois sa longueur ! Ne retombant pas forcément sur ses pattes (contrairement aux chats ou autres félins) l'animal, qui subit au décollage une accélération de 380g, peut sauter en étant sur le dos. Ce dont Hulk est bien incapable ! ■

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

Retrouvez les articles de J.-S. Steyer et R. Lehoucq sur www.pourlascience.fr



ART & SCIENCE

L'Iliade, une œuvre un peu datée

Grâce à des méthodes issues de la génétique, on a pu dater l'épopée d'Homère : elle aurait été créée en 762 avant notre ère. Ce résultat est conforme avec les dates proposées par les historiens.

Loïc MANGIN

L'histoire de l'*Iliade* est connue. La guerre de Troie oppose depuis une dizaine d'années les Achéens, venus de Grèce, aux Troyens retranchés dans leur cité. L'origine en est l'enlèvement d'Hélène, la plus belle femme du monde et épouse du Grec Ménélas, roi de Sparte, par Pâris, un prince troyen à qui elle a été promise par Aphrodite. L'épopée narre six jours et six nuits de combats opposant les héros des deux camps, dont Agamemnon, Ulysse, Priam, Hector, Laocoon, Ajax et Achille (ces deux derniers sont représentés sur le vase de la page ci-contre, daté du VI^e siècle avant notre ère). Les dieux Zeus, Athéna, Apollon, Poséidon... tirent les ficelles en coulisses. Rappelons que le célèbre épisode du Cheval de Troie, qui mit fin au conflit, n'est pas dans l'*Iliade*. Il est brièvement décrit dans l'*Odyssée* et surtout développé dans l'*Énéide* de Virgile.

Plusieurs questions se posent à propos de l'*Iliade*. D'abord, la Guerre de Troie a-t-elle vraiment eu lieu ? Plusieurs auteurs classiques, tels Thucydide, Hérodote et Pausanias, le pensent, mais en font un événement historique de peu d'importance. À quelle époque ? Depuis l'Antiquité, la plupart des dates proposées la situent vers le XII^e siècle avant notre ère. Où s'est-elle déroulée ? En 1870, l'archéologue allemand Heinrich Schliemann a découvert les vestiges de Troie, sur le site d'Hissarlik, au Nord-Ouest de la Turquie.

Autre question : quand l'*Iliade* a-t-elle été écrite ? Mark Pagel, de l'Université de Reading, en Grande-Bretagne, et ses collègues ont récemment proposé une nouvelle date. Le récit aurait été écrit au milieu du VIII^e siècle avant notre ère, plus précisément vers -762. Cette étude est fondée sur une méthode originale, inspirée d'outils utilisés d'ordinaire en... génétique.

L'idée principale est que, à l'instar des espèces vivantes, les langues évoluent selon un processus de « descendance avec modifications ». Dans ce cas, il s'agit de repérer des mots homologues ou apparentés (les linguistes

L'analyse exclusivement linguistique de l'*Iliade* en situe la création vers -707. L'année -762 est plus plausible.

anglophones parlent de *cognates*) qui dérivent d'un ancêtre commun. Par exemple, les mots français *nuit*, anglais *night*, allemand *Nacht*, suédois *natt*, islandais *nótt*, sanskrit *nakt*, lituanien *naktis*... sont apparentés, car ils ont la même origine, en l'occurrence une racine indo-européenne notée **nók^{ws}*.

Outre ces évolutions graduelles, on observe aussi l'apparition de nouveaux mots qui en remplacent d'autres. En 2007, l'équipe de M. Pagel avait étudié de façon statistique ce phénomène au sein des langues indo-européennes. Pour ce faire, elle avait utilisé une liste de 200 termes établie au milieu du

XX^e siècle par le linguiste américain Morris Swadesh pour étudier la parenté des langues : ces mots, qui désignent des couleurs, des parties du corps, des relations humaines (père, mère...) ont la particularité d'avoir un équivalent dans chaque langue. En étudiant les ressemblances et les différences dans les diverses langues, on peut reconstituer l'histoire évolutive des langues. Les résultats avaient montré que la plupart des mots de Swadesh ont une probabilité de 50 pour cent d'être remplacés tous les 2 000 ans. Certains « vivent » moins de 1 000 ans, d'autres plusieurs millénaires.

Grâce à ces informations, la datation de l'*Iliade*, qui contient 173 mots de Swadesh, devenait possible. La langue d'Homère a ainsi été comparée au grec moderne et au hittite, une langue indo-européenne qui était parlée en Asie Mineure à l'époque de la guerre de Troie.

L'analyse exclusivement linguistique situe la création de l'*Iliade* à l'an -707, ce qui est conforme aux dates proposées par les auteurs classiques, tel Hérodote. En tenant compte d'autres sources d'information, notamment historiques, l'année -762 semble plus pertinente.

La linguistique s'accorde ainsi avec l'histoire et la littérature classique. Cependant, elle reste muette sur un autre grand mystère lié à l'*Iliade* : Homère a-t-il existé ? ■

E. L. Altschuler et al., *Linguistic evidence supports date for Homeric epics*, *Bioessays*, vol. 35, pp. 417-420, 2013.



© RMN-Grand Palais (musée du Louvre) / Gérard Biot

IDÉES DE PHYSIQUE

Le chat contorsionniste

C'est en déformant son corps par des torsions bien coordonnées qu'un chat retombe toujours sur ses pattes.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Un plongeur met son corps en rotation lors de l'impulsion initiale créée en sautant du plongoir. En modifiant sa posture pendant qu'il est en l'air, il amplifie ou réduit cette vitesse de rotation déjà existante et contrôle ainsi son orientation dans l'espace. En revanche, un chat qu'on lâche après l'avoir tenu par les pattes commence son mouvement immobile, sans aucune rotation à amplifier ni à réduire. Et pourtant, cet animal se retourne et retombe sur ses pattes : une acrobatie prodigieuse due, comme nous allons le voir, à la grande souplesse du félin et aux torsions qu'il fait effectuer à son corps.

Comment mettre un objet en rotation ? S'il est maintenu par un axe, comme une

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

porte, il suffit d'appliquer une force qui n'est pas dirigée vers cet axe. Mieux encore, on peut appliquer un couple, c'est-à-dire un ensemble de deux forces de même module et de directions opposées, de part et d'autre de l'axe de rotation. Lorsque l'objet n'est pas tenu, la rotation s'effectue autour du centre de masse : si vous lancez un bâton cylindrique, il tournera autour de son centre ; si vous lancez un marteau, il tournera autour d'un point du manche situé près de la tête.

Les efforts nécessaires pour mettre un objet en rotation sont d'autant plus importants que sa masse est élevée et éloignée de l'axe de rotation. C'est le « moment d'inertie » de l'objet qui caractérise cette difficulté. Pour une roue, dont la masse est concentrée à sa périphérie, ce moment d'inertie est le produit de la masse par le carré de la distance à l'axe de rotation, c'est-à-dire le carré du rayon.

Jouer sur le moment d'inertie

En l'absence de frottements, le mouvement de rotation se perpétue. Cela traduit la conservation du moment cinétique, grandeur égale au produit de la vitesse angulaire par le moment d'inertie de l'objet. Il s'ensuit que si l'on modifie le moment d'inertie, la vitesse de rotation changera. C'est ce que fait un patineur ou une patineuse lors d'une pirouette. Le mouvement est entamé avec bras écartés ; une fois lancé, le sportif ramène les bras près du corps, c'est-à-dire près de l'axe de rotation, et réduit ainsi son



1. LORS D'UN SAUT, si le motard bloque sa roue arrière (dessin du milieu), la moto se met à tourner globalement par conservation du moment cinétique. Quand son orientation est bonne, le motard remet les gaz : la roue arrière tourne à nouveau tandis que la moto cesse sa rotation.