

SCIENCE & FICTION

Des sauteurs hors compétition

Certains héros de la science-fiction, tel Hulk ou John Carter, accomplissent des sauts... défiant tant les lois de la physique que les contraintes anatomiques et physiologiques.

Jean-Sébastien STEYER et Roland LEHOUCQ

De Hulk à John Carter, en passant par de nombreux Jedi ou mutants des X-men, les héros de science-fiction sont souvent des acrobates : pirouettes, saltos ou sauts démesurés, comment ces personnages sont-ils capables d'effectuer de telles voltiges ? Sur Terre, les animaux comme la sauterelle ou la grenouille nous permettent-ils de mieux comprendre ces mutants et autres acrobates extraterrestres ?

À la suite d'une expérience utilisant des rayons gamma ayant mal tourné, le physicien Bruce Banner subit d'importantes modifications génétiques. Depuis lors, sous l'effet de la colère ou d'une émotion forte, il perd le contrôle de lui-même et se transforme en Hulk, un humanoïde vert à la force décuplée et capable d'une extrême violence. Inspiré de *L'Étrange cas du docteur Jekyll et de Mr Hyde* de Robert Louis Stevenson (1886), ce personnage à la musculature hypertrophiée (ses habits, toujours les mêmes, se déchirent à chaque fois qu'il se transforme !) est capable de sauts vertigineux.

Dans l'adaptation cinématographique d'Ang Lee (2003), Hulk bondit de colline en colline dans le désert de l'Utah, franchissant plusieurs kilomètres à chaque pas ! Les bases de données Internet nous précisent même que le géant vert, dont la force peut augmenter à l'infini avec la rage, peut faire des sauts de 1 000 mètres en hauteur et de 20 kilomètres en longueur.

Voilà qui laisse rêveur quand on compare ces performances à celles des meilleurs humains. Le record du monde de saut vertical en détente est de 1,48 mètre et est

détenu depuis 2011 par le Danois Jonas Hussom. Même avec un bon élan et aidé d'une perche, le saut de 6,15 mètres effectué par l'Ukrainien Sergueï Bubka (record mondial depuis 1993) demeure très loin des performances de Hulk. Même chose pour le saut en longueur, dont le record mondial – 8,95 mètres – fut établi en 1991 par l'Américain Mike Powell.

De Hulk à John Carter

Si les chiffres avancés pour le superhéros donnent le vertige, sont-ils réalistes ? Même dopé aux rayons gamma, Hulk n'en demeure pas moins un humanoïde avec des os, des muscles, des tendons et devant respecter des contraintes physiques. Livrons-nous à un petit calcul : pour que Hulk puisse effectuer un « modeste » saut vertical de 120 mètres de hauteur par-dessus un building new-yorkais, il faut que sa vitesse initiale soit de l'ordre de 50 mètres par seconde. Sachant que la masse de ce gaillard d'environ 2,50 tonnes est estimée à 250 kilogrammes (et supposant que le saut dure trois centièmes de seconde), la force qu'il doit exercer au moment du bond doit être de l'ordre de 400 000 newtons. Cela correspond au poids d'une masse de 40 tonnes ou à une pression au niveau des pieds de l'ordre de trois millions de pascals (3 MPa), soit 30 fois la pression atmosphérique !

Si le béton de New York résiste à des pressions de dix millions de pascals, en pratique ce n'est le cas ni des os ni des tendons de Hulk, qui ne supporteraient probablement pas les contraintes imposées lors du décollage



L'INCROYABLE HULK est capable de bondir à un kilomètre de hauteur et sur 20 kilomètres de longueur. Sa constitution est certes extraordinaire, mais l'accélération due à de tels sauts devraient entraîner, notamment, un afflux de sang dans les pieds et, par conséquent, une absence préjudiciable de sang dans le cerveau, ainsi que diverses contraintes excessives sur les tendons et les os...

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 5 g, 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

