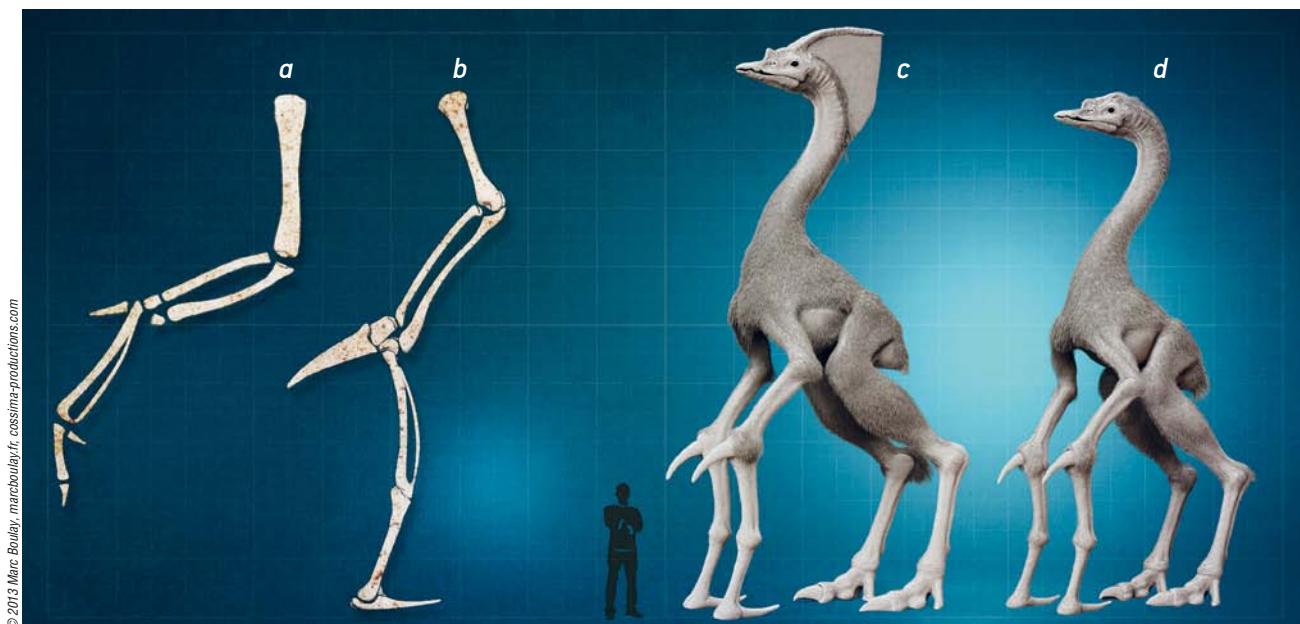




© 2013 Marc Boudry, marc-boudry.fr, cossima-productions.com

2. CES GRANDS ANIMAUX IMAGINAIRES quadrupèdes et terrestres (mâle en c et femelle en d) s'inspirent des oiseaux actuels, mais les ailes de ces derniers (squelette en a) ont été transformées par l'artiste en membres antérieurs porteurs (squelette en b).

diminue alors que le second augmente. C'est l'inverse qui se produit si le pas diminue. Le pas optimal minimise la puissance totale à fournir pour se déplacer ; il est proportionnel au produit de la vitesse du marcheur par la période de la jambe, considérée comme un pendule simple. On montre que la puissance dépensée est d'autant plus importante que l'on marche vite, mais aussi que l'on marche lentement, ce qui est plus inattendu. Pour une vitesse de cinq kilomètres par heure, le pas optimal mesure environ 75 centimètres pour un marcheur de taille moyenne et consomme une puissance de 250 watts.

Que faire face à un alien bipède ? Il faut estimer sa foulée pour se faire une idée de sa vitesse de déplacement. Et ne vous fiez pas à son apparence ! Prenons l'autruche : elle a l'air un peu burlesque avec sa tête redressée, et pourtant, elle se déplace deux fois plus vite qu'un être humain grâce à sa longue foulée.

L'autruche est encore plus rapide quand elle court. Quand la vitesse de la marche augmente, la force centrifuge subie par le corps qui tourne autour du pied d'appui augmente aussi. Cette force s'oppose au poids lorsque la jambe est verticale et, quand elle lui est égale, il n'y a plus d'appui au sol. On passe en régime de course. Cette transition est définie de façon formelle quand le rapport entre la force centrifuge et le poids, nommé nombre de Froude, est égal à un. Le déplacement passe alors de la marche à la course, allure pour laquelle c'est l'élasticité des muscles et des tendons des jambes qui prend le relais.

Que devient ce raisonnement si l'alien est quadrupède ? En étudiant les allures de nombreux animaux, le biologiste britannique Robert McNeil Alexander constata que la vitesse de course de deux animaux est identique quand le rapport de la longueur de la foulée à celle de la patte est le même. Il a établi une relation empirique entre la foulée et le nombre de Froude associé à la vitesse de déplacement, valable pour la plupart des animaux bipèdes et quadrupèdes. Cette relation fut d'abord utilisée pour déterminer la vitesse d'animaux disparus, tels les dinosaures non aviens.

Courtes pattes et grandes enjambées : danger !

Pour déterminer la valeur de la foulée relative, il suffit d'évaluer la longueur de la foulée à partir d'empreintes fossiles, et de déterminer la taille par le biais d'ossements fossiles ou de comparaisons adéquates. Nous montrons ainsi que nous aurions pu accompagner à la course un sauropode (herbivore à long cou et longue queue) de taille moyenne, voire un tyrannosaure ! Les calculs indiquent aussi que les sauropodes étaient vraisemblablement aussi agiles que... des éléphants.

En supposant que cette loi empirique soit universelle, la méthode sert aussi à déterminer la vitesse de course d'un alien, par exemple le Reek, féroce quadrupède à cornes lâché dans l'arène de Géonosis où les Jedis et la Princesse Amidala furent précipités par les séparatistes

(*Star Wars, L'Attaque des clones*, 2002). En comparant la bête à la taille des personnages, on peut estimer que la longueur de sa foulée est de l'ordre de quatre mètres, et celle de ses avant-bras de un mètre. D'après la loi empirique évoquée, sa vitesse de course serait voisine d'une trentaine de kilomètres par heure. Le Reek court donc un peu moins vite qu'un rhinocéros, et un très bon athlète humain pourrait le distancer.

Certains biologistes, s'ils ne remettent pas en cause la formule de R. McNeil Alexander, doutent de la pertinence de son utilisation pour les dinosaures (que dire alors des extraterrestres !), car la biomécanique de leur squelette était assez particulière. Il en résulte que leur vitesse réelle était sans doute inférieure à celle d'un mammifère de taille équivalente. Évidemment, pour les aliens marcheurs ou coureurs à plus de quatre pattes, il existe d'autres modèles, inspirés, par exemple, de ceux qui s'appliquent aux hexapodes, un groupe – bien réel – comprenant les insectes, les collemboles et d'autres petits organismes du sol : mais plus le nombre de pattes augmente, plus la coordination est périlleuse et plus les calculs sont complexes ! Quoi qu'il en soit, si vous pouvez espérer distancer un alien à la course, méfiez-vous de ceux qui, malgré de courtes pattes, font de grandes enjambées ! ■

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

ART & SCIENCE

L'ADN fait bonne figure

À partir de traces d'ADN recueillies dans la rue, une artiste reconstitue le visage de ceux qui les ont abandonnées. La ressemblance avec les originaux s'améliorera grâce aux récents progrès de la génétique : l'ère de portraits-robots à partir de l'ADN s'ouvre.

Loïc MANGIN

Prenez n'importe quelle rue : mégots de cigarettes, chewing-gums usagés, voire cheveux en jonchant inmanquablement les trottoirs...

Comme n'importe qui, vous ressentez de l'indifférence ou, au mieux, pestez contre ces incivilités. Et si vous les ramassiez ? C'est ce qu'a fait l'artiste américaine Heather Dewey-Hagborg. Son idée n'était pas de se substituer aux équipes de nettoyage de la voirie, mais de faire de ces détritiques la matière première de son projet *Stranger Visions*, qui, depuis 2013, a été montré aux États-Unis, en Irlande, en Australie... La partie visible consiste en des masques très réalistes d'êtres humains (voir la figure a). Voyons comment elle s'y est prise.

D'abord, elle a apporté ses échantillons à *Genspace*, un laboratoire de biologie DIY (pour *Do it yourself*, soit Faites-le vous-même). Dans ces endroits, chacun peut s'adonner aux joies de la génétique et de la biologie moléculaire. L'artiste a extrait l'ADN et amplifié des régions connues pour varier notablement selon les individus. Rappelons que l'amplification consiste à multiplier une séquence d'ADN en un grand nombre d'exemplaires grâce à des enzymes.

L'étape suivante a consisté à séquencer les fragments d'ADN obtenus, c'est-à-dire à lire l'enchaînement de nucléotides (A, T, C et G) qui les composent. Les différences entre individus à l'endroit d'un nucléotide sont nommées SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*). Ces séquences ont ensuite alimenté un modèle

informatique grâce auquel H. Dewey-Hagborg a pu proposer des visages (matérialisés par une imprimante 3D) de ceux qui avaient laissé par inadvertance leur ADN sur la voie publique.

Est-ce ressemblant ? Sans doute pas, car les informations utilisées ici sont peu nombreuses : couleur de la peau et des yeux, origine ethnique... L'objectif n'était pas là. L'œuvre est surtout destinée à interpeller sur la surveillance dont nous faisons tous l'objet, le respect de la vie privée, l'utilisation de l'ADN à notre insu... Cependant, le projet continue et évolue sans cesse. Et il pourrait se nourrir de récents progrès

L'œuvre est destinée à interpeller sur la surveillance, le respect de la vie privée, l'utilisation de l'ADN à notre insu...

dans la compréhension des fondements génétiques des caractéristiques du visage.

Ainsi, en 2012, Manfred Kayser et son équipe de l'Université de Rotterdam, aux Pays-Bas, ont mis en évidence, à partir de l'étude de 10 000 individus de type européen, le rôle crucial de cinq gènes dans la forme de la face : largeur du nez, taille du visage, distance interoculaire... Trois de ces gènes étaient connus pour leur implication dans des défauts du développement craniofacial. C'était un premier pas vers l'établissement d'un portrait-robot à partir d'ADN prélevé sur une scène de crime par exemple.

En 2014, Peter Claes, de l'Université catholique de Louvain, en Belgique, Mark Shriver, de l'Université Penn State, aux États-Unis, et leurs collègues ont annoncé avoir identifié une vingtaine de nouveaux gènes qui participeraient à la morphologie faciale. Pour ce faire, ils ont exploité des images à haute résolution des visages de 592 individus d'origine mixte (Europe et Afrique de l'Ouest) vivant aux États-Unis, au Brésil et au Cap Vert. Ces images ont été posées sur une grille numérique de plus de 7 000 points grâce à laquelle on met en évidence, en certains de ces points, les variations d'un individu donné par rapport à une moyenne.

Dans un second temps, les biologistes se sont intéressés aux génomes des individus et y ont mis au jour les SNP qui pouvaient expliquer les variations (voir la figure en bas). Au total, ce sont 24 SNP dans 20 gènes qui ont été repérés. Enfin, ils ont développé un programme qui propose un modèle tridimensionnel d'un visage à partir d'une séquence d'ADN. Exactement ce que fait H. Dewey-Hagborg !

La prochaine fois que vous jetterez un mégot ou un chewing-gum dans la rue, vous y réfléchirez peut-être à deux fois ! Et en plus, la municipalité vous en saura gré. ■

P. Claes et al., *Modeling 3D facial shape from DNA*, *PLoS Genetics*, vol. 10(3), e1004224, 2014.

F. Liu et al., *A genome-wide association study identifies five loci influencing facial morphology in Europeans*, *PLoS Genetics*, vol. 8(9), e1002932, 2012.