



P.72

HISTOIRE DES SCIENCES

GAÏA: ENQUÊTE SUR UNE RÉVOLUTION SILENCIEUSE

Sébastien Dutreuil

Proposée dans les années 1970, l'hypothèse Gaïa, qui compare la Terre à un organisme vivant, irrigue toujours, silencieusement, les savoirs et les politiques actuelles concernant la Terre. Pourquoi une telle discrétion? Retour sur un concept controversé.

À LA UNE



P.22

TECHNOLOGIE

FUSION NUCLÉAIRE: LA GRANDE ACCÉLÉRATION

Philip Ball

De nombreuses entreprises privées se lancent dans la course à la fusion nucléaire. Elles espèrent mettre au point des réacteurs commercialement exploitables au cours de la prochaine décennie.

P.32

PHYSIQUE

« LE DÉFI "ITER" ÉTAIT HORS NORME, MAIS NOUS TOUCHONS AU BUT »

Entretien avec Alain Bécoulet

Des résultats expérimentaux encourageants, un nombre croissant de projets de firmes privées... et «Iter»? Alain Bécoulet, en charge de l'ingénierie du projet de réacteur international, est confiant: la première fusion est prévue pour 2035.

RENDEZ-VOUS

P.80

LOGIQUE & CALCUL

L'UNIVERS FABULEUX DE 2ⁿ

Jean-Paul Delahaye

En multipliant 2 par lui-même un grand nombre de fois on produit des suites de chiffres aux structures inattendues.

P.86

ART & SCIENCE

La supplication des punaises

Loïc Mangin



P.88

IDÉES DE PHYSIQUE

La roue tourne... et la fortune diminue

*Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik*

P.92

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

Le fossile improbable

Hervé Le Guyader

P.96

SCIENCE & GASTRONOMIE

La glace à la truffe, pas facile!

Hervé This

P.98

À PICORER

ARCHÉOLOGIE

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

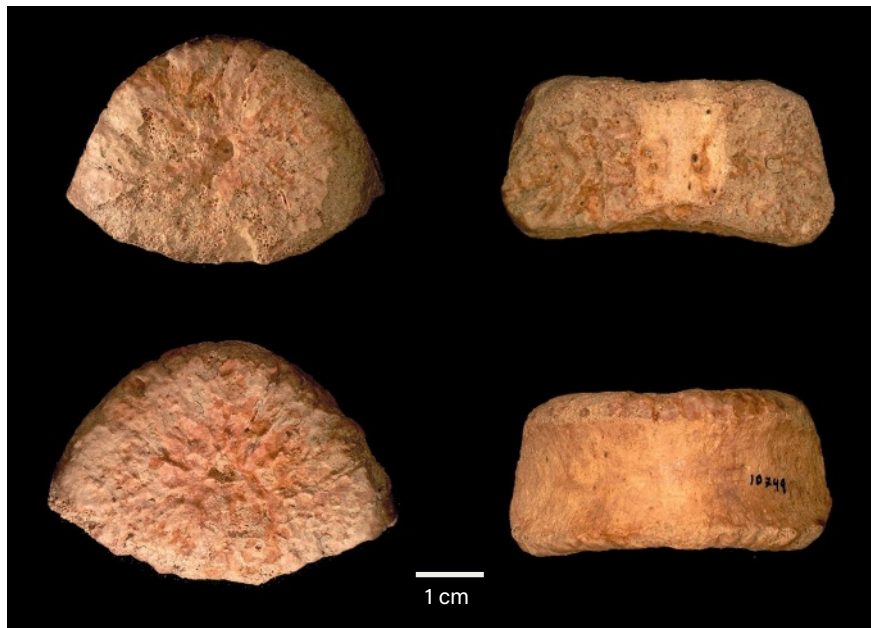
P.16 Livres du mois

P.18 Disputes environnementales

P.20 Les sciences à la loupe

LE PREMIER GRAND CORPS HUMAIN AU LEVANT

Le fragment de vertèbre d'*Homo erectus* d'Ubeidiya vu sous différents angles.



La découverte d'une vertèbre partielle d'*Homo erectus* à Ubeidiya, en Israël, confirme que les premiers humains de grande taille se sont répandus en Eurasie après 1,5 million d'années.

Le Pléistocène s'étend de 2,58 millions d'années (Ma) à 11700 ans avant le présent. Comme presque tous les fossiles humains anciens datent de cette période, on considère que cette ère géologique couvre l'évolution d'*Homo*. Elle est aussi celle pendant laquelle, à quatre reprises au moins, l'Afrique a émis vers l'Eurasie une vague humaine, son anatomie et ses outils de pierre. La première fut celle d'une petite forme humaine de type *H. habilis*. Avec Omry Barzilai, de l'Autorité des antiquités d'Israël, Alon Barash et Ella Been, de l'université de Tel Aviv, viennent de découvrir une vertèbre humaine partielle, qui date l'expansion hors d'Afrique de la deuxième vague et de la première anatomie humaine de grande taille: celle

d'*H. ergaster* (en Afrique, d'abord) et d'*H. erectus* (en Eurasie).

Pour la majorité des préhistoriens, *Homo* a émergé en Afrique il y a plus de 2 millions d'années sous des formes sans doute proches d'*H. habilis*. D'une

La vertèbre appartenait à un individu de 6 à 12 ans qui aurait atteint adulte une taille de 1,80 mètre

stature de 1,40 mètre, pour 35 à 45 kilogrammes, *H. habilis* avait une capacité crânienne de 550 à 700 centimètres

cubes. La cognition qui y est associée lui suffisait pour affûter des galets en aménageant une de leurs faces ou pour exploiter le tranchant des gros éclats ainsi produits dans ce que l'on nomme l'«industrie oldowayenne». *H. ergaster*, son descendant probable, est attesté en Afrique à partir de 1,9 million d'années. Il atteignait 1,70 mètre pour 50 à 65 kilogrammes. Comprise entre 550 et 1050 centimètres cubes, sa capacité crânienne a lentement augmenté alors que se perfectionnaient ses outils à tout faire. Ceux-ci, des galets et éclats aménagés sur les deux faces – les bifaces et hachereaux – et de grands éclats tranchants constituent l'«industrie acheuléenne». *H. ergaster* et son industrie se sont très tôt répandus en Eurasie méridionale, y devenant ce que les préhistoriens nomment *H. erectus*.

Mais quand exactement? C'est là que les chercheurs israéliens apportent une information cruciale.

En réétudiant les ossements animaux du site israélien d'Ubeidiya, ils ont remarqué que le fossile UB 10749, issu d'une couche datée de 1,5 million d'années, était un corps vertébral, c'est-à-dire la partie massive d'une vertèbre. Ubeidiya consiste en une série de sols d'occupation humaine de bord de lac, durcis et redressés de 70 degrés par les forces tectoniques. Outre des restes de faune, ses 60 niveaux d'occupation ont livré plus de 10000 outils acheuléens et quelques dents humaines, dont une attribuée à *H. ergaster/erectus*. Comparant UB 10749 aux corps vertébraux des gros mammifères présents à Ubeidiya, les chercheurs ont montré qu'il était homininé. Le rapport largeur/hauteur, et certains de ses autres traits prouvent par ailleurs son appartenance à la lignée humaine. Le manque d'ossification des canaux neuraux et d'autres zones indique que ce corps vertébral a appartenu à un individu prépubère de 6 à 12 ans. Paramétrées par cet âge, les équations biométriques conduisent à une taille de 1,80 mètre à l'âge adulte.

Ainsi, UB 10749 est une vertèbre partielle d'un *H. ergaster* à grand corps, mort à deux pas de l'Afrique, donc celle d'un *H. erectus*! Hors Ubeidiya, seulement huit sites eurasiens ont livré des fossiles humains datant du Pléistocène inférieur: Venta micena (Espagne, 1,4 Ma), Modjokerto (Indonésie, 1,4 Ma), Sangiran (Indonésie, 1,3 Ma), Sima del Elefante (Espagne, 1,2 Ma), Koçabaş (Anatolie, 1,2 Ma), Kozarnika (Bulgarie, 1,4 Ma) et Dmanissi (Géorgie, 1,8 Ma). À Dmanissi, c'est un type petit proche d'*H. habilis* qui est représenté, puisque les cinq crânes trouvés sur place ont tous une capacité cérébrale comparable au premier *Homo* connu. Les préhistoriens ont attribué les fossiles humains de tous les autres sites à *H. erectus*. L'ensemble de ces dates montre donc qu'après une première sortie d'Afrique de petites formes humaines avant 1,8 million d'années, une expansion hors d'Afrique d'*H. ergaster/H. erectus* a commencé vers 1,5 million d'années. Cette expansion est celle du premier type humain à grands corps, lequel deviendra dominant dans tout l'Ancien Monde et le restera jusqu'à aujourd'hui. ■

François Savatier

A. Barash et al., *Sci. Rep.*, 2022

Remarcher grâce à un implant

Trois personnes atteintes de lésions à la moelle épinière ont retrouvé la capacité de marcher, nager ou pédaler grâce à un implant développé par des chercheurs de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Salif Komi, un des auteurs principaux de l'étude, répond à nos questions.



SALIF KOMI
chercheur postdoctorant
à l'EPFL

Propos recueillis par Gaia Jouanna

Comment fonctionne l'implant que votre équipe a développé ?

C'est un système qui se compose de plusieurs éléments. Tout d'abord, un implant flexible est placé sous les vertèbres, en contact direct avec la dure-mère, la couche protectrice de la moelle épinière, avec seize contacts électriques à l'interface. Attaché à celui-ci par des câbles, le *pacemaker*, placé sous la peau, au niveau de l'abdomen, est un petit ordinateur qui délivre sur ces seize contacts des petites impulsions électriques. Grâce à ce dispositif, nous contrôlons de nombreuses caractéristiques de ces impulsions : l'amplitude, la durée, la fréquence et aussi la combinaison des électrodes utilisées à un moment donné.

Dans une étude parue en 2018, vous aviez déjà permis à des patients de marcher grâce à un implant. Quelle différence avec celui-ci ?

Nous avons modifié toute l'infrastructure logicielle et technologique externe au *pacemaker*, ce qui permet de le contrôler de façon plus fine. Les implants utilisés en 2018 étaient des dispositifs commerciaux à destination d'autres prescriptions médicales, donc d'autres parties du corps, ils étaient moins spécifiques. Nous avons aussi changé les dimensions de l'implant pour l'adapter géométriquement à son emplacement au contact de la dure-mère.

De plus, en 2018, les participants au programme avaient des lésions moins sévères, des lésions incomplètes de la moelle épinière où il restait des fibres descendantes assurant des fonctions résiduelles ou le passage d'une forme d'information. Dans l'étude actuelle, les patients ont des lésions complètes.

D'autres équipes avaient déjà travaillé avec des personnes présentant des lésions complètes. Elles avaient aussi restauré la fonction de la marche. Notre dispositif conduit cependant

à un rétablissement plus rapide (en une journée d'entraînement) de fonctions motrices multiples et variées, et pas seulement limitées à la marche.

Quelles sont les prochaines étapes ?

Tout d'abord une amélioration technologique de la plateforme, pour faire en sorte qu'elle soit plus adaptable, par exemple, en permettant de contrôler la fréquence de chacun des seize canaux du *pacemaker* indépendamment. Pour étendre l'utilisation de ce dispositif au-delà d'un essai clinique, il faudra s'assurer que son utilisation ne nécessite pas l'intervention systématique d'un expert, que l'outil soit simple et automatique. Nous y travaillons depuis quelques années.

En 2018, nous avions montré qu'après une période de stimulation, le patient récupérait des fonctions motrices sans stimulation et de manière relativement étendue. À terme, le but serait d'avoir une technologie implantée tout de suite après la lésion (c'est la période où la possibilité de récupération est la plus grande), qui soit extrêmement facile d'utilisation et de mise en place, pour pouvoir entraîner rapidement des participants à des tâches motrices qu'ils sont incapables de réaliser sans stimulation à ce moment-là, et les faire progresser plus vite vers une récupération fonctionnelle sans stimulation.

Enfin, je pense qu'il est essentiel de ne pas oublier que la stimulation épidurale n'est pas la seule approche pour prendre en charge les problèmes de fonction motrice. Il existe d'autres pistes : des traitements chimiques, médicamenteux ou encore la régénération et les traitements fondés sur des cellules souches. À mon avis, la solution du futur sera une combinaison de ces différentes voies. Ces techniques séparées montrent des résultats intéressants, mais combinées, nous n'en savons rien pour l'instant.

A. Rowald et al., *Nature Medicine*, 2022