

Astrophysique

Tchouri, deux corps en un

En juillet 2014, les images de la caméra OSIRIS de la sonde *Rosetta* ont révélé la forme en deux lobes de la comète Tchouri, avec une « tête » et un « corps » reliés par un mince cou. Quelle est l'origine de cette structure étonnante ? Deux scénarios ont été avancés : la fusion de deux objets ou l'érosion par dégazage au niveau du cou.

Les astrophysiciens ont étudié 103 zones plates ressemblant à des terrasses sur les deux lobes. Ces structures suggèrent que le noyau de la comète est constitué de strates, comme un oignon. En construisant un modèle en trois dimensions indiquant l'inclinaison des plans, les chercheurs ont montré que la comète est un assemblage de deux systèmes de stratification, chacun centré sur l'un des deux lobes. Tchouri est donc née de la fusion de deux corps cométaires.

S. B.

M. Massironi et al., *Nature*, en ligne le 28 septembre 2015

Préhistoire

Le cousin africain des Sardes

L'équipe d'Andrea Manica, de l'université de Cambridge, a séquencé le tout premier génome africain fossile : celui d'un chasseur-cueilleur enterré dans la grotte éthiopienne de Mota il y a 4500 ans. Très proche du génome des Aris, un peuple local, il contient aussi 4 à 7 % de gènes absents chez tous les Subsahariens. Il s'avère que ces gènes coïncident presque avec ceux des Sardes actuels, que l'on sait hérités directement de ceux des premiers paysans en Europe, originaires du Proche-Orient.

Comme les Sardes, le chasseur de Mota descend donc des premiers agriculteurs proche-orientaux, qui ont investi l'Europe il y a quelque 7500 ans. Cette constatation rejoint les résultats, publiés en 2014, du Projet d'étude des variations du génome africain auquel participe Andrea Manica. Ses chercheurs avaient été très surpris de constater que les génomes de 1481 Subsahariens provenant de 18 groupes ethnolinguistiques différents conduisaient à inférer l'existence, il y a plus de 7500 ans, d'un flux de gènes entre Eurasie et Afrique. Cet héritage génique des premiers paysans proche-orientaux est aujourd'hui commun aux Européens et aux Africains subsahariens.

François Savatier

M. Gallego Llorente et al., *Science*, en ligne le 8 octobre 2015

Géophysique

Comment se forment les orgues de basalte

En Irlande du Nord, les touristes ne manquent pas d'aller voir la Chaussée des géants. Cet orgue basaltique, avec ses 40000 colonnes hexagonales, est le fruit du refroidissement d'une ancienne coulée de lave. Martin Hofmann, de l'université technique de Dresde, en Allemagne, et ses collègues ont modélisé la formation de tels motifs hexagonaux.

Lorsque de la lave se refroidit ou de la boue sèche, la partie supérieure se contracte et se fissure, ce qui libère de l'énergie liée à la tension mécanique. Ces failles sont disposées, *a priori*, de façon aléatoire. Cependant, comme elles libèrent surtout la tension perpendiculaire à leur direction, elles se connectent en général à angle droit : on parle de jonction T.

Dans des milieux qui sont asséchés ou gelés périodiquement,

on observe que les jonctions T se déforment et se déplacent, ce qui les transforme en jonctions Y aux angles de 120°. Les motifs hexagonaux en résultent.

Dans le basalte, des jonctions T se forment en surface, mais la transition entre jonctions T et Y se produit en profondeur, alors que les fractures se propagent dans la lave se refroidissant.

Martin Hofmann et ses collègues ont calculé l'énergie libérée lorsqu'une fracture se propage. Ils ont supposé que la forme des jonctions pouvait changer. Ils montrent ainsi que si la jonction se déforme de T vers Y, l'énergie libérée augmente de 7%. La tension dans le basalte est ainsi mieux dissipée et la configuration plus stable. Les chercheurs ont confirmé leur résultat avec des simulations numériques.

S. B.

Phys. Rev. Lett., vol. 115, 154301, 2015



La Chaussée des géants, en Irlande du Nord, exhibe un spectaculaire orgue basaltique de quelque 40 000 colonnes hexagonales.

Des ultrasons pour absorber les médicaments

Certaines maladies du système digestif (inflammation chronique, maladie de Crohn, etc.) sont traitées avec des médicaments administrés lors de lavements. Or le médicament met parfois plusieurs heures à être absorbé. Pour accélérer le processus, Robert Langer, du MIT, et ses collègues ont utilisé des ultrasons. Ces ondes sonores créent un phénomène de cavitation transitoire : des bulles se forment et implosent dans le fluide porteur du médicament. Cela produit des microjets qui pénètrent plus facilement les tissus.

Gros comme un cerveau d'éléphant préhistorique

La recette pour évaluer la taille d'un cerveau d'éléphant préhistorique ? Classiquement, on re-tranche 20 % au volume de la boîte crânienne, pour tenir compte des tissus non cérébraux tels que les enveloppes protectrices. Toutefois, le paléontologue Julien Benoit, de l'université Montpellier 2, a montré

que ce chiffre devrait plutôt être de l'ordre de 11 %. Pour ce faire, il a analysé plus de 600 spécimens de mammifères actuels, issus de 23 espèces, et en a déduit la différence moyenne entre le volume du crâne et celui du cerveau en fonction de la taille de l'animal. Les éléphants préhistoriques avaient donc un cerveau plus gros qu'on ne le pensait...

Suivez les dernières actualités
de Pour la Science
sur les réseaux sociaux



Retrouvez
plus d'actualités sur
www.pourlascience.fr

ÉCLAIRAGE

Human Brain Project : les raisons d'un échec

Deux ans après son lancement, doté de plus d'un milliard d'euros, le projet de simulation du cerveau humain bat de l'aile. Est-ce dû à un problème de gestion ou a-t-on atteint les limites de la Big Science ?

Stefan Theil

Depuis des décennies, Henry Markram rêvait de modéliser le fonctionnement du cerveau humain. En 1994, postdoctorant à l'institut Max Planck pour la recherche médicale de Heidelberg, en Allemagne, il était devenu le premier scientifique à mesurer les signaux électriques entre deux neurones fraîchement prélevés sur un rat. Ces recherches avaient montré comment les synapses se renforcent ou s'affaiblissent, ce qui avait permis d'étudier et de modéliser les processus d'apprentissage du cerveau. Henry Markram avait ainsi acquis le statut d'expert scientifique au sein de l'institut Weizmann à Rehovot, en Israël, et en 1998, devenu professeur, il était l'un des chercheurs les plus respectés du domaine.

Puis la frustration est apparue. Malgré les dizaines de milliers d'articles publiés chaque année en neurosciences par des chercheurs du monde entier, ni la compréhension des fonctions fondamentales du cerveau ni les compétences en matière de traitement des troubles cérébraux ne semblaient progresser. La consternation de Henry Markram était aussi personnelle. Alors qu'il vivait encore en Allemagne, son fils Kai avait été diagnostiqué autiste. Et, comme il l'a raconté au *Guardian* en 2013, il voulait « pouvoir pénétrer le cerveau modélisé de [son] fils pour voir le monde comme celui-ci le percevait ». Le seul moyen d'y parvenir, pensait-il alors, était de modéliser les circuits de l'ensemble du cerveau humain.

En 2009, lors d'une conférence TED, il expose pour la première fois au grand public la manière dont, selon lui, on peut simuler sur un superordinateur les 86 milliards de neurones d'un cerveau et les 10^{12} synapses qui les connectent. « On peut y arriver en dix ans », promet-il, laissant entendre qu'un tel modèle mathématique pourrait même être doué de conscience. Les applications qu'il envisage sont nombreuses : découverte de nouveaux médicaments, substituts pour certaines expérimentations sur l'animal, étude de pathologies telles que la maladie d'Alzheimer. Sans compter l'élan que le projet donnerait à la technologie pour la construction d'ordinateurs plus performants et la création de robots dotés de compétences cognitives, voire d'intelligence.

Dérapage

Nombre de neuroscientifiques expriment leur scepticisme, mais Henry Markram bénéficie à l'époque de nombreux appuis. Sa vision semble être confortée en janvier 2013, quand l'Union européenne lui accorde 1,2 milliard d'euros répartis sur dix ans pour réaliser son objectif. Moins de deux ans plus tard, il règne sur le *Human Brain Project* (projet Cerveau humain) une grande confusion. Le projet est devenu un sujet de controverse, voire de dérision. Plusieurs scientifiques proches de Henry Markram le décrivent comme un génie qui aurait dérapé. Il perd sa fonction à la tête du

projet et a l'obligation de ne plus parler à la presse. Selon le nouveau directeur général, Christoph Ebell, il n'assiste plus aux réunions internes du projet et délègue une personne pour échanger avec l'équipe de direction.

Le *Human Brain Project* a provoqué un schisme au sein de la communauté neuroscientifique européenne. En juillet 2014, une lettre ouverte attaquant le projet sur les plans scientifique et managérial recueille vite plus de 800 signatures dans le milieu de la recherche. En mars 2015, les signataires menacent de le boycotter. Henry Markram lance alors une médiation pour répondre à ses détracteurs. Un comité de 27 scientifiques examine les arguments des deux parties. Hormis deux personnes, le groupe est d'accord avec les critiques exprimées. Dans leur rapport, les médiateurs appellent à une refonte du projet, à la création d'une nouvelle structure de coordination et à un changement d'orientation scientifique. La réorganisation du projet est en cours.

La plupart des rapports sur les dérives de cet ambitieux projet pointent Henry Markram et son style de management, mais pas seulement. Tous s'accordent à dire que Henry Markram essaie de faire du bon travail scientifique. Et malgré les nombreux dysfonctionnements survenus au siège du projet, en Suisse, la principale source de problèmes se situerait à 500 kilomètres au nord, à Bruxelles. Là, au sein de la Commission européenne, le système

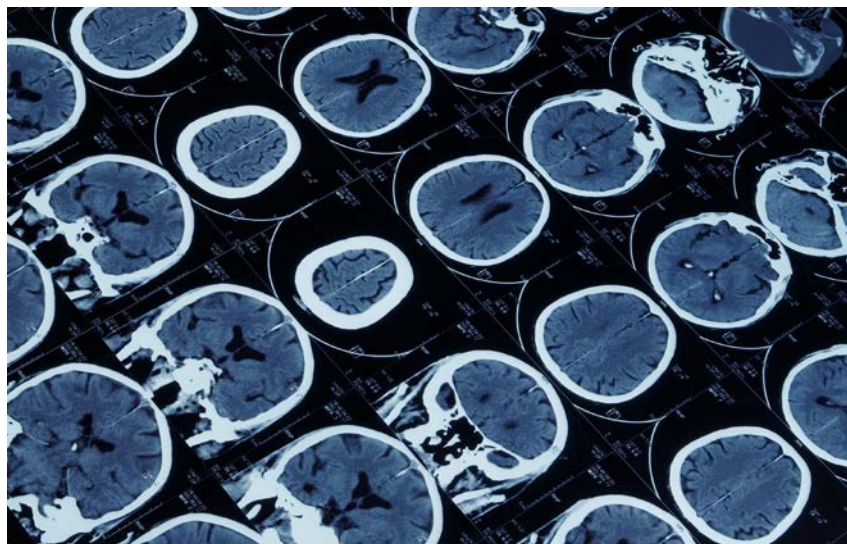
de financement des projets scientifiques à grande échelle – la Big Science – manque de transparence et le peu de contrôle exercé a favorisé l'énorme gabegie qu'est devenu le projet. « Le vrai problème n'est pas le *Human Brain Project*, mais le processus de prise de décision au sein de l'Union européenne », explique Andreas Herz, professeur de neurosciences computationnelles à l'université Louis-et-Maximilien de Munich, en Allemagne, et membre du comité de médiation.

Big Science, big questions

Depuis l'avènement de la Big Science, dans le sillage de la Seconde Guerre mondiale et du projet Manhattan, chercheurs et experts n'ont cessé de débattre de son bien-fondé. Dans un article paru en 1961, Alvin Weinberg, directeur du Laboratoire américain d'Oak Ridge, se demandait si les projets de grande envergure tels que les collisionneurs de particules ou les vols spatiaux habités ruinaient la science ou nous ruinaient. Il craignait que le spectaculaire prenne le pas sur la science et que les sommes engagées ne forcent les chercheurs avant tout à justifier leurs dépenses plutôt que leur raisonnement.

Les préoccupations sont les mêmes aujourd'hui, et aucun projet récent ne les a autant mises en exergue que le *Human Brain Project*. La Big Science porte sur des projets de recherche et développement collaboratifs, souvent interdisciplinaires, à grande échelle. Ils sont de plus en plus financés par des gouvernements du monde entier, soucieux de stimuler l'innovation.

Plusieurs raisons à cette prolifération. De nombreux domaines de recherche sont devenus si complexes et coûteux que les collaborations à grande échelle sont le meilleur moyen d'avancer. La Big Science est depuis longtemps la norme en physique des hautes énergies, où l'exploration des limites de la nature exige l'utilisation de gigantesques accélérateurs de particule, tel le LHC (Grand collisionneur de hadrons) au Cern, près de Genève. En biologie, les débuts de la Big Science datent des années 1990, avec le projet *Génome humain*. Concentré sur 13 ans, il a été cofinancé à hauteur de trois milliards



L'IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE nucléaire permet de visualiser l'activité de régions du cerveau. Le *Human Brain Project* a pour objectif de simuler les quelque 86 milliards de neurones du cerveau humain et leurs interactions.

L'AUTEUR



Stefan THEIL est journaliste et éditeur basé à Berlin. Il est depuis peu résident du centre

Joan Shorenstein à l'université Harvard, aux États-Unis.

de dollars par les Instituts de la santé et le département de l'Énergie américains, avec pour objectif d'établir le séquençage de l'ADN humain. Au début des années 2010 vient le tour des neurosciences. Presque en même temps que le projet européen, les États-Unis dévoilent l'initiative *BRAIN* (*Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies*). Israël, le Canada, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, le Japon et la Chine annoncent eux aussi la mise en place d'importants programmes de recherche en la matière. Pour Tom Insel, directeur de l'Institut américain de santé mentale, l'une des entités gérant le projet *BRAIN*, ce sont à la fois l'inquiétude liée à l'extension et au coût des troubles mentaux, et l'enthousiasme suscité par les techniques de neuromanipulation – telle l'optogénétique –, qui ont galvanisé les responsables politiques et les scientifiques.

Pourtant, en montrant comment ce type de projet peut vite s'égarer, le *Human Brain Project* montre les limites de ces dépenses somptuaires à l'égard de problématiques complexes. Fructueuses quand elles s'appliquent à des objectifs technologiques bien définis, tels que la construction de fusées ou le décodage du génome, ces coûteuses initiatives gérées par un petit groupe de scientifiques et d'administrateurs sont-elles à même de développer un projet aussi fondamental que la compréhension du cerveau humain ?

Parmi les neuroscientifiques de la génération de Henry Markram (il a aujourd'hui 53 ans),