

PALÉOANTHROPOLOGIE

NOUS SOMMES BIEN ISSUS DE NOMBREUX MÉTISSAGES

La simulation par ordinateur des métiassages ayant conduit aux génomes d'*Homo sapiens* actuels suggère une très ancienne hybridation.

Il y a quelque 700 000 ans, les bifaces apparaissent en Europe. Ces marqueurs de la culture matérielle acheuléenne signalent l'arrivée en Eurasie d'une vague africaine d'humains qui, s'y mêlant sans doute aux populations archaïques déjà présentes, sera à l'origine des Néandertaliens et de leurs cousins orientaux les Denisoviens. Une vision que confirme l'équipe d'Alan Rogers, de l'université de l'Utah, aux États-Unis, après avoir testé quelle modélisation des hybridations successives entre populations ancestrales explique au mieux les génomes actuels.

Les chercheurs ont échaudé huit modèles de métiassages successifs plausibles. Ils envisagent d'abord une hybridation des «Superarchaïques» – les Eurasiens d'avant l'arrivée de la vague africaine d'il y a 700 000 ans – avec ce qu'ils nomment les «Néandersoviens», les ancêtres communs aux Néandertaliens et aux Denisoviens en Eurasie (les paléoanthropologues parleraient d'*Homo heidelbergensis* eurasiens). Ensuite, suivant les modèles, ils tiennent compte ou pas des métiassages connus: le premier entre les Denisoviens et une population inconnue, que les auteurs ont supposée être superarchaïque; le deuxième entre les ancêtres d'*H. sapiens* et ceux d'*H. neanderthalensis* (il y a plus de 200 000 ans, mais on ignore où); le troisième entre les Néandertaliens tardifs et les *H. sapiens* nouvellement arrivés en Eurasie il y a quelque 50 000 ans.

Pour discriminer les modèles, ils ont utilisé une méthode statistique fondée sur un programme de comparaison des fréquences d'un jeu particulier de motifs ancestraux dans les génomes reconstitués d'un Africain yoruba, d'un Français, d'un Anglais, d'un Néandertalien européen, d'un Néandertalien sibérien et d'un Denisovien avec celles que l'on mesure dans les génomes actuels. Le modèle le plus performant est celui qui reproduit les génomes contemporains avec la plus petite erreur statistique calculée.

Le modèle ayant gagné est celui qui joint au métiassage entre Superarchaïques et Néandersoviens les trois autres déjà connus. Les chercheurs ont choisi un taux de mutation faisant consensus et un intervalle



Un crâne d'*Homo heidelbergensis*, c'est-à-dire de Néandersovien, en regard d'un crâne d'*Homo sapiens*.

500 000 ANS

LA SÉPARATION
ENTRE
NÉANDERTALIENS
ET DENISOVIENS
SE SERAIT PRODUITE
IL Y A 500 000 ANS,
ET NON
IL Y A 380 000 ANS
COMME
ON LE PENSAIT
AUPARAVANT.

intergénérationnel intermédiaire entre celui des humains actuels et celui des chimpanzés, afin de dater par l'horloge génétique les divergences entre formes humaines.

Ils sont ainsi parvenus à la conclusion que la population superarchaïque s'est séparée de nos ancêtres africains anciens il y a 1,9 million d'années en s'installant en Eurasie (où les plus anciens fossiles retrouvés datent de 1,8 million d'années). Puis des Néandersoviens très peu nombreux sont à leur tour sortis d'Afrique il y a quelque 700 000 ans (arrivée des bifaces en Europe) et se sont hybridés avec la population superarchaïque locale avant de se scinder en une lignée néandertalienne et une autre dénisovienne. La séparation aurait été effective il y a quelque 500 000 ans et non vers 380 000 ans comme on le pensait auparavant. Finalement, ces chercheurs placent le métiassage tardif entre Néandertaliens et *H. sapiens* il y a 50 000 ans. Un modèle qui reproduit bien la vision actuelle de l'évolution des Eurasiens, mais dont les performances – point à ne pas oublier! – dépendent crucialement des valeurs choisies pour ses paramètres. ■

FRANÇOIS SAVATIER

A. R. Rogers et al., *Science Advances*, vol. 6(8), article eaay5483, 2020

EN BREF

UNE TAILLE BIEN DÉTERMINÉE

Les étoiles à neutrons sont des objets très denses et, à masse fixée, leur rayon est en fait assez bien déterminé. Mais à quel point ? Collin Capano, de l'institut Max-Planck de physique gravitationnelle, en Allemagne, et ses collègues ont montré, en exploitant les données provenant d'une fusion de deux de ces corps détectée en 2017, qu'une étoile à neutrons typique, de 1,4 masse solaire, a un rayon compris entre 10,4 et 11,9 kilomètres avec une probabilité de 90 %.

Nature Astronomy, 9 mars 2020

MINUSCULE DINOSAURE

Un dinosaure de la taille des plus petits colibris actuels ? C'est peut-être ce qu'ont découvert Lida Xing, de l'université chinoise de Géosciences, à Pékin, et ses collègues, grâce à un morceau d'ambre du Myanmar vieux de 99 millions d'années. Ce fragment contient un crâne complet long de 1,5 centimètre, appartenant à une nouvelle espèce à la classification encore incertaine, et exhibant des caractères typiques de la miniaturisation, comme des organes sensoriels proportionnellement grands.

Nature, 11 mars 2020

RÉCHAUFFEMENT ET INCENDIES

Les feux de brousse de l'été 2019-2020 en Australie ont battu de tristes records, avec près de 20 millions d'hectares de végétation brûlés. Quel rôle a le réchauffement climatique dans la survenue d'événements aussi extrêmes ? D'après l'étude menée par Geert Jan van Oldenborgh, de l'institut royal météorologique des Pays-Bas, le dérèglement climatique augmente actuellement d'au moins 30 % la probabilité de telles catastrophes – une valeur qui sera en hausse avec l'aggravation du réchauffement.

Nat. Hazards and Earth Syst. Sci., 11 mars 2020

CHIMIE

DES TRANSISTORS SOUPLES

Cassants et rigides, les composants de l'électronique ne sont pas toujours adaptés à toutes les utilisations. Afin de contourner cette difficulté, des chercheurs explorent la piste de l'ionotronique, où des polymères remplacent les semi-conducteurs cristallins. Hyeong Jun Kim, de l'université du Massachusetts, aux États-Unis, et ses collègues ont mis au point des systèmes composés d'ionoélastomères.

L'électronique moderne est fondée sur le comportement des électrons au niveau de jonctions entre semi-conducteurs dopés : des surplus de charges positives (p) d'un côté de la jonction et négatives (n) de l'autre contraignent les électrons à circuler dans une direction unique. Ces jonctions p-n sont à la base des diodes et des transistors.

Est-il possible de concevoir des jonctions p-n avec d'autres matériaux que des semi-conducteurs cristallins ? Pour résoudre les problèmes des premiers dispositifs ionotroniques qui utilisaient des ions dans des hydrogels, l'équipe de Hyeong Jun Kim a synthétisé deux ionopolymères élastiques. L'un, polycationique, est chargé positivement grâce à des groupes imidazolium inclus dans sa structure ; il intègre aussi des ions négatifs



Les chercheurs ont créé des jonctions p-n avec des élastomères en vue de transistors flexibles et transparents.

mobiles. Il remplace le semi-conducteur dopé p. L'autre, polyanionique, contient des groupes sulfonate chargés négativement et des ions positifs mobiles : il se substitue au semi-conducteur dopé n. Mis en contact, ces deux ionoélastomères se comportent comme une jonction p-n, où les porteurs de charges, ions négatifs et positifs, remplacent les électrons des semi-conducteurs cristallins. Mais ils forment cette fois un dispositif transparent, souple et étirable. ■

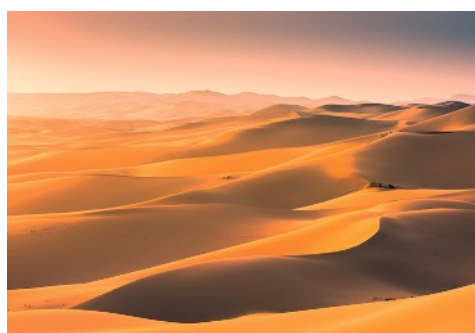
MARTIN TIANO

H. J. Kim *et al.*, *Science*, vol. 367, pp. 773-776, 2020

PHYSIQUE

DES DUNES QUI SE REPOUSSENT

Dans les déserts de sable, le vent crée d'élégantes dunes et les déplace. Leur vitesse de migration varie : seule, plus une dune est volumineuse plus elle voyage lentement. Or les dunes sont rarement isolées ; les petites dunes devraient alors avancer plus rapidement que les grosses et des « collisions » devraient se produire, ce qui est très rarement observé. Pour résoudre cette énigme, Karol Bacik, de l'université de Cambridge, et ses collègues ont construit un dispositif simple – des tas de sable plongés dans un volume d'eau soumis à un courant constant – et mesuré la vitesse de déplacement de deux dunes identiques placées l'une derrière l'autre. Ils ont observé que la dune en aval du flux d'eau (et donc la première dans leur déplacement) avance plus vite que sa congénère, ce qui tend à limiter les



Isolée, une dune plus petite avance plus vite, mais des dunes proches subissent un couplage qui les écarte.

collisions entre dunes ! Les chercheurs ont montré que la dune en amont créait des tourbillons, lesquels migrent vers la dune en aval et accélèrent l'« érosion » et la migration de cette dernière. ■

L. G.

K. A. Bacik *et al.*, *Physical Review Letters*, vol. 124, article 054501, 2020

GÉNÉTIQUE

DES CHROMOSOMES CLANDESTINS CHEZ LES PLANTES À FLEURS

Pourquoi certaines plantes à fleurs ont-elles des chromosomes regroupés non par deux, mais par trois ou quatre, voire plus ? Des biologistes apportent une réponse.

Le fraisier des bois est diploïde : chaque cellule porte deux lots de ses chromosomes de base. Mais il existe aussi dans la nature des fraisiers avec jusqu'à dix lots de chromosomes. De fait, parmi les plantes à fleurs, nombreuses sont celles qui portent plus de deux lots : elles sont devenues « polyploïdes » au cours de l'évolution. La polyploïdie est cruciale d'un point de vue évolutif. Elle favorise en effet l'apparition de nouvelles espèces, en raison d'une barrière de fécondation entre individus n'ayant pas le même nombre de lots.

Bien qu'elle existe tant chez les plantes que chez les animaux, la fréquence des espèces polyploïdes chez les plantes à fleurs étonne les scientifiques, car divers mécanismes sont connus dans la nature pour empêcher leur polyploïdisation. Yanbo Mao, de l'université de Brême, en Allemagne, et ses collègues viennent d'expliquer comment certaines plantes à fleurs contournent l'un de ces processus de contrôle.

En général, chez les plantes qui se reproduisent de façon sexuée, deux plants diploïdes donnent un plant fils diploïde. Mais des anomalies surviennent parfois, soit pendant la production des gamètes, soit lorsque deux gamètes mâles fécondent simultanément un gamète femelle (polyspermie). Cela modifie le nombre de lots de chromosomes de la cellule œuf (ou « zygote »), et entraîne souvent la non-viabilité de l'embryon ou son infertilité. Dans le cas contraire, il en descend toute une lignée de plantes polyploïdes.

Mais chez les plantes à fleurs, la reproduction est plus complexe, car un même grain de pollen féconde plusieurs cellules femelles : l'une, le zygote, donnera l'embryon, et deux autres deviennent un tissu nourricier nommé « endosperme ». Or un mécanisme spécifique, le « blocage triploïde », empêche l'endosperme de se développer si le gamète mâle qui l'a formé portait un lot de chromosomes en trop. Comme les gamètes mâles du grain de pollen sont génétiquement identiques, ce blocage empêche donc le développement du zygote en un individu fils triploïde, et devrait limiter très fortement l'apparition de lignées polyploïdes. Pourquoi, alors, ces dernières restent-elles si nombreuses ?



Le fraisier du Chili, *Fragaria chiloensis*, est octoploïde : son patrimoine génétique comporte 8 lots de chromosomes homologues, pour un total de 56 chromosomes.

LES CHERCHEURS ONT, DANS UNE AUTRE EXPÉRIENCE, INTRODUIT CHEZ DES DONNEURS MÂLES UNE MUTATION NEUTRALISANT LE BLOCAGE TRIPLOÏDE. ALORS QU'ILS ATTENDAIENT UNE PROPORTION DE DESCENDANTS TRIPLOÏDES MULTIPLIÉE PAR 16, LE RAPPORT N'A ÉTÉ QUE DE 2, SIGNE QUE LA POLYSPERMIE CONTOURNE LE BLOCAGE.

Peut-être grâce à la polyspermie. En 2017, une équipe allemande avait montré qu'il était possible d'obtenir des plants viables d'*Arabidopsis thaliana* (arabette des dames) polyploïdes à partir de parents diploïdes, par ce type de fertilisation. Yanbo Mao et ses collègues viennent d'expliquer comment.

À cette fin, ils ont observé, toujours chez *A. thaliana*, des situations où la polyspermie n'apporte des chromosomes en trop que dans le zygote, et non dans l'endosperme. Avec, à la clé, une descendance triploïde qui se développe toujours, puisque le blocage triploïde concerne seulement l'endosperme ! Pour ce faire, les chercheurs ont passé en revue 56 000 graines après pollinisation. Parmi elles, dix résultaient d'une double fécondation – la polyspermie est rare. Si tous ces embryons étaient polyploïdes – donc leur zygote originel l'était –, l'endosperme de la plupart ne l'était pas. Reste à savoir quel rôle ce mécanisme de contournement a joué dans l'apparition et l'évolution des plantes polyploïdes. ■

L. G.

Y. Mao et al., *eLife*, vol. 9, article e52976, 2020

ASTROPHYSIQUE

PLUIE DE FER SUR WASP-76B

Certains exoplanètes présentent des phénomènes météorologiques très exotiques. C'est le cas de la planète Wasp-76b, très proche de son étoile et en verrouillage gravitationnel avec celle-ci. En présentant toujours la même face à l'étoile, la température y monte jusqu'à 2400 °C. Grâce au spectrographe Espresso du VLT (*Very Large Telescope*) au Chili, David Ehrenreich, de l'université de Genève, et ses collègues ont montré que le fer est vaporisé sur la face éclairée. Puis des vents violents transportent le métal gazeux vers la face à l'ombre, où la température n'atteint que 1500 °C. Le métal se condense alors rapidement en gouttelettes... Résultat : il pleut du fer sur ce monde aux conditions extrêmes. ■

SEAN BAILLY

D. Ehrenreich *et al.*, *Nature*, en ligne le 11 mars 2020

ÉTHOLOGIE

DES PERROQUETS PROBABILISTES

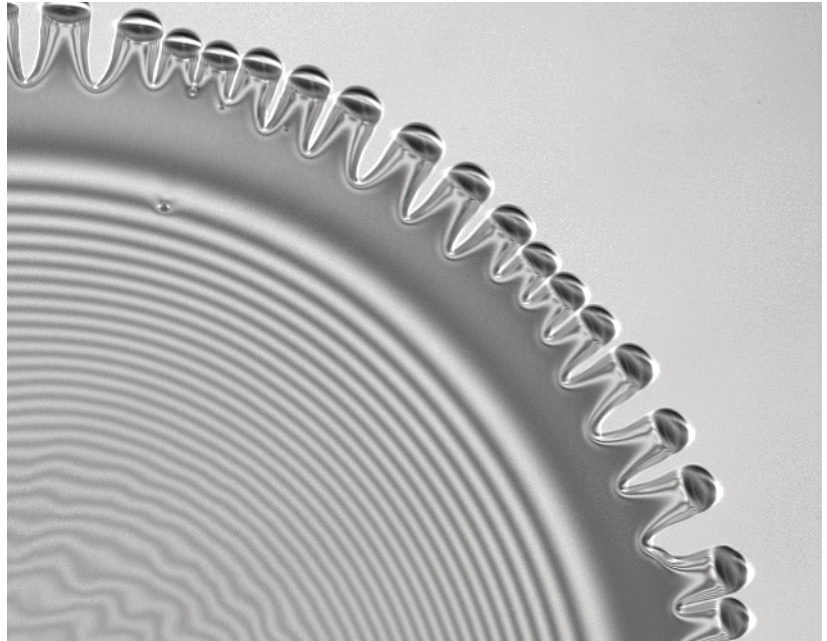
Dans la vie courante, il nous faut souvent prendre une décision en estimant la probabilité de tel ou tel événement. Une capacité qui n'était prouvée jusque-là que chez les grands singes. Mais Amalia Bastos et Alex Taylor, de l'université d'Auckland, en Nouvelle-Zélande, ont découvert que les perroquets en sont aussi dotés. Dans leur étude, une expérimentatrice apprenait à chaque oiseau qu'une petite barre noire lui vaudrait une récompense alimentaire, puis plongeait chacune de ses mains dans une boîte transparente contenant des barres noires et orange en proportions différentes, et en ressortait une barre tenue dans son poing fermé devant l'animal. Celui-ci indiquait ensuite du bec le poing que l'expérimentatrice devait ouvrir. Le perroquet a presque toujours choisi la main ayant pioché dans la boîte comptant la plus grande proportion de barres noires, signe qu'il considérait avoir plus de chances d'en obtenir une noire ! ■

GUILLAUME JACQUEMONT

A. P. M. Bastos *et al.*, *Nature Communications*, vol. 11, article 828, 2020

PHYSIQUE

DES DOIGTS CRÉÉS PAR UNE GOUTTE



On dépose une goutte d'un mélange de deux liquides sur une plaque. Si ces liquides ont des tensions de surface très différentes, des « doigts » se forment ; sinon, ce sont des gouttelettes.

On sait que le comportement du filet d'eau coulant d'un robinet n'est pas toujours le même. Quand la colonne d'eau dépasse une certaine longueur – qui dépend du débit –, elle se décompose en gouttelettes. Derrière cette observation se cachent plusieurs aspects de la mécanique des fluides, comme l'effet de la tension superficielle, une force due aux interactions microscopiques entre les molécules et qui influe sur la forme des interfaces entre deux milieux fluides (gazeux ou liquides). Parfois, la tension superficielle conduit à des effets plus surprenants : Asher Mouat et ses collègues, de l'université Emory, aux États-Unis, ont étudié les excroissances qui naissent sur le bord de gouttes formées d'un mélange de deux liquides aux propriétés physiques différentes.

Les chercheurs ont réalisé plusieurs mélanges, contenant chacun une espèce majoritaire (le solvant) et une espèce présente en très petite quantité (le soluté). Ils ont déposé une goutte de chaque mélange sur une surface de silicium très lisse. À mesure que la goutte s'étale puis s'évapore, soit des « doigts » de liquide s'étendent vers l'extérieur sur tout le pourtour de la goutte, soit de simples gouttelettes se forment.

Comment expliquer cette différence ? D'après Asher Mouat et ses collègues, cela serait lié à la tension superficielle. On peut associer à chaque liquide une tension de surface avec l'air. Les physiciens ont remarqué que, lorsque le solvant et le soluté ont des tensions de surface proches, des gouttelettes se forment, alors qu'une différence importante entre les deux donne lieu à des « doigts ». Ce qu'ils ont ensuite retrouvé par la théorie : un mécanisme d'instabilité similaire à celui du filet d'eau du robinet est à l'œuvre. ■

L. G.

A. P. Mouat *et al.*, *Physical Review Letters*, vol. 124, article 064502, 2020

PHYSIQUE THÉORIQUE

UNE CONSTANTE À L'ÉPREUVE DES TROUS NOIRS

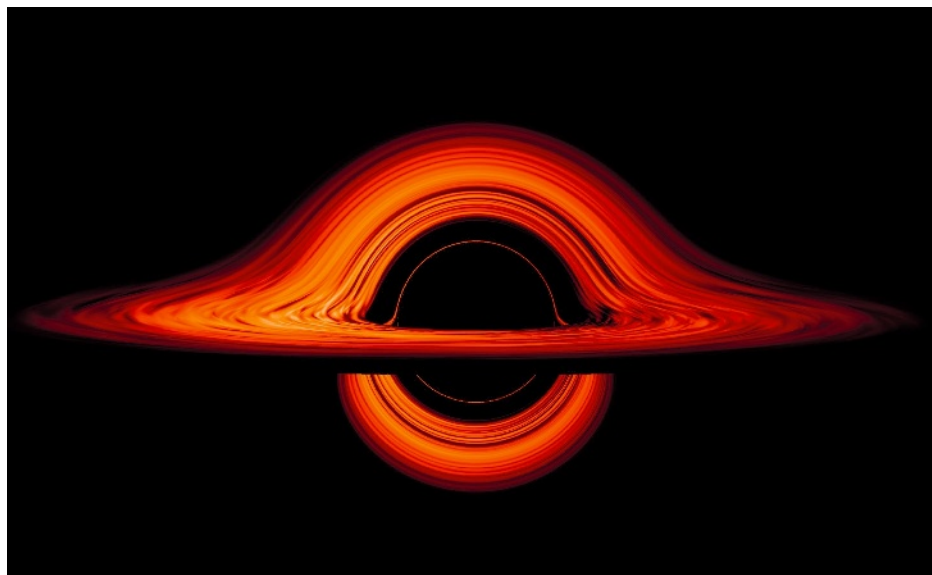
Selon certaines théories physiques, la « constante de structure fine », associée à l'interaction électromagnétique, serait en fait une grandeur variable. Mais de nouvelles mesures semblent infirmer cette idée.

En physique, le choix de certains mots est parfois déroutant. Une grandeur constante devrait être immuable, non ? Mais parfois, les chercheurs imaginent qu'une constante ne l'est pas vraiment ! C'est le cas en physique des particules. Le modèle standard fait notamment intervenir la « constante de structure fine », un nombre sans dimension qui caractérise l'intensité de l'interaction électromagnétique (par exemple entre électrons et photons). Dans le cadre de certaines théories, comme la théorie des cordes, qui tentent de concilier la relativité générale et la physique quantique – des théories restées à ce jour incompatibles –, la constante de structure fine pourrait varier. Cependant, Aurélien Hees, de l'observatoire de Paris, et ses collègues ont utilisé des observations d'étoiles proches d'un trou noir supermassif pour montrer que même dans ces conditions physiques extrêmes, il n'y a pas de variation détectable de la constante de structure fine.

L'idée que ce nombre lié à l'électrodynamique quantique (la formulation quantique de l'électromagnétisme), noté α et égal à environ $1/137$, ou $7,297 \times 10^{-3}$, soit en fait variable n'est pas nouvelle : il pourrait bien l'être, mais en présentant des variations trop faibles pour qu'elles soient détectables avec les mesures actuelles. Pour tenter de mettre en évidence de telles variations, des astrophysiciens réalisent depuis plusieurs décennies des mesures de phénomènes physiques qui font intervenir ce nombre, comme en spectroscopie stellaire.

Certaines longueurs d'onde très précises, absorbées par l'atmosphère d'une étoile, sont absentes ou moins intenses dans la lumière reçue : ce sont les « raies d'absorption ». Or les longueurs d'onde des raies d'absorption font intervenir de façon cruciale la constante de structure fine. Si α varie, ces longueurs d'onde sont modifiées. Pour l'instant, aucune mesure n'a indiqué de façon probante de tels changements, ni dans le temps (en examinant des étoiles très lointaines, donc dans l'Univers jeune) ni en fonction de l'environnement de l'étoile.

Aurélien Hees et ses collègues ont cette fois cherché des variations dans un contexte inédit :



Les astrophysiciens cherchent des variations éventuelles de la constante de structure fine dans des conditions physiques extrêmes, comme au voisinage des trous noirs supermassifs (ici, une vue d'artiste).

10⁵

LES CINQ ÉTOILES ÉTUDIÉES SONT VIEILLES ET FROIDES : LEUR ATMOSPHÈRE, CONTENANT DE L'OXYGÈNE ET DU CARBONE, LEUR CONFÈRE DES RAIES D'ABSORPTION TRÈS NETTES ET NOMBREUSES. DE PLUS, LEURS LONGUEURS D'ONDE DÉPENDENT FORTEMENT DE α , JUSQU'À 10⁵ FOIS PLUS QUE POUR LES ÉTOILES JEUNES.

à proximité d'un trou noir supermassif, Sagittarius A*, situé au centre de la Voie lactée. Les chercheurs ont exploité des mesures de spectroscopie réalisées entre 1995 et 2018 sur cinq étoiles proches du centre de la galaxie, et mesuré les longueurs d'onde de leurs raies d'absorption, en cherchant un décalage par rapport aux valeurs habituelles, mesurées dans un environnement contrôlé sur Terre.

Leur résultat confirme les études précédentes : ils n'ont détecté aucune variation significative de la constante de structure fine. L'équipe a aussi obtenu une borne sur la variation potentielle de α entre sa valeur au voisinage immédiat des étoiles en question et sa valeur habituelle. La variation relative de α (c'est-à-dire la variation rapportée à sa valeur connue) ne peut pas dépasser $6,8 \times 10^{-6}$. Une limite similaire à d'autres bornes obtenues précédemment pour des quasars. Les théories actuelles tiennent bon ! ■

L. G.

A. Hees et al., *Physical Review Letters*, vol. 124(8), article 081101, 2020

UNE CIBLE INTESTINALE

La régulation des nutriments dans l'organisme est assurée par des circuits parfois complexes. Dans une sous-population de cellules de l'intestin de la drosophile, Siamak Redhai, de l'Imperial College, à Londres, et ses collègues ont mis en évidence une protéine, *Hodor*, sensible aux ions zinc. Quand elle se lie à ces ions, elle ouvre un canal pour des ions chlore, ce qui facilite non seulement la détection de nutriments, mais aussi le développement de la larve : quand elle est altérée, la drosophile accuse un retard de croissance. Le gène codant *Hodor* étant propre aux insectes, l'équipe de chercheurs propose de l'altérer chez des moustiques tels qu'*Anopheles gambiae* afin de neutraliser les populations de ces insectes vecteurs de maladies. ■

S. B.

S. Redhai et al., *Nature*, en ligne le 18 mars 2020

LE NEUTRON UN PEU PLUS À NU

Parce qu'il est constitué de quarks électriquement chargés, le neutron peut être globalement neutre, mais présenter une distribution de charge dotée d'un axe privilégié, ce qui donnerait lieu à un « moment dipolaire électrique » non nul. Grâce à une nouvelle expérience, Guillaume Pignol, du Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie, à Grenoble, et ses collègues ont réduit de moitié la limite supérieure sur cette grandeur. Pourquoi est-ce important ? Le modèle standard de la physique des particules ne serait qu'une approximation à basse énergie d'une théorie plus fondamentale qui reste à découvrir. Or cette théorie pourrait contenir un mécanisme qui produit un moment dipolaire électrique non nul. La mesure de celui-ci donne donc un indice sur cette théorie. Mais, surtout, le mécanisme en jeu expliquerait aussi pourquoi l'Univers contient de la matière, plutôt que de l'antimatière... ou rien ! ■

S. B.

C. Abel et al., *Physical Review Letters*, vol. 124, article 081803, 2020

PRIX ABEL 2020 : HILLEL FURSTENBERG ET GREGORI MARGULIS



Hillel Furstenberg (à gauche) et Gregori Margulis (à droite), récompensés pour leurs travaux en théorie ergodique et pour l'application de techniques ergodiques à d'autres domaines.

Contrairement à la médaille Fields, le prix Abel n'est pas réservé aux mathématiciens de moins de quarante ans, mais vise à honorer toute la carrière des lauréats. Cette année, l'Académie norvégienne des sciences et des lettres a décerné cette distinction à l'Israélo-Américain Hillel Furstenberg, qui a enseigné à l'université hébraïque de Jérusalem, et au Russo-Américain Gregori Margulis, qui occupe une chaire de recherche à l'université Yale, pour leurs travaux liés à la théorie ergodique, une branche des probabilités.

La théorie ergodique puise ses sources dans la physique statistique. Elle s'intéresse à un type de système dans lequel, pour estimer la valeur moyenne d'une grandeur sur tous les éléments de ce système, on peut calculer la moyenne temporelle de cette grandeur pour un élément fixé de ce système ; c'est le cas, par exemple, pour les molécules d'un gaz et leur vitesse moyenne. Les deux mathématiciens ont développé de nouvelles méthodes en théorie ergodique et, surtout, jeté des ponts entre ce domaine et d'autres champs des mathématiques, comme la géométrie, la combinatoire, la théorie des groupes ou la théorie des nombres.

Par exemple, en théorie des groupes (des structures algébriques munies d'une opération inversible, comme l'ensemble des nombres entiers et l'opération d'addition), Hillel Furstenberg a étudié d'un point de vue ergodique les chemins parcourus dans un groupe en effectuant des opérations entre des éléments pris au hasard ; on parle de « marches aléatoires » sur les groupes. En combinatoire, Gregori Margulis a, lui, adapté des notions ergodiques pour exhiber des familles de graphes dits « expanseurs », c'est-à-dire dont les sous-ensembles de sommets sont très connectés, très importants en informatique théorique. ■

L. G.

Site du prix Abel :
<https://www.abelprize.no/>