

néandertaliens et de gènes dénisoviens. D'où l'hypothèse que Denisova 11 pourrait être un hybride de mère néandertalienne et de père dénisovien.

Toutefois, les gènes de Denisova 3 montrent que, depuis la divergence entre les Néandertaliens et les Déniéoviens – il y a quelque 390 000 ans d'après l'horloge génétique –, ces deux populations se sont métissées au moins une fois. Dès lors, une autre façon d'expliquer les gènes de Denisova 11 serait qu'elle ait fait partie d'une population mêlant depuis longtemps les gènes néandertaliens et dénisoviens.

Afin de départager les deux hypothèses, les chercheurs ont choisi d'examiner des gènes particuliers dans le génome de Denisova 11. Il s'agit de gènes qui, chez les Néandertaliens et les Déniéoviens trouvés dans la grotte, sont homozygotes, c'est-à-dire dotés de deux versions (ou allèles) identiques (chez un individu, chaque gène existe en deux exemplaires, l'un hérité du père, l'autre de la mère). Après avoir établi la répartition statistique des allèles de ces gènes dans le génome de Denisova 11, les chercheurs ont constaté que cette répartition s'explique si l'individu est de mère néandertalienne et de père dénisovien, mais pas s'il appartenait à une population hybride.

Que conclure de l'existence de cette métisse? On savait déjà qu'à diverses époques, Néandertaliens et *Homo sapiens* se sont métissés (au Proche-Orient principalement) et que, en conséquence, tous les Eurasiens ont en eux 1 à 3% de gènes néandertaliens. On savait également que les Déniéoviens et les *H. sapiens* se sont aussi mélangés, puisqu'une comparaison des gènes de nombreuses ethnies a montré que nos contemporains mélanésiens ont entre 4 et 6% de gènes dénisoviens, tandis que certaines autres populations, tels les Aborigènes australiens, les Mamanwas des Philippines ou encore les Tibétains en ont des traces. Pour les chercheurs, tous ces indices suggèrent que les populations paléolithiques se mélangeaient souvent. De fait, il semble logique que les petits clans préhistoriques perdus dans la nature au point de ne se rencontrer que très rarement éprouvent le besoin, quand ils se voient, d'échanger des biens, des informations et des idées; et, manifestement, d'échanger aussi des gènes! ■

FRANÇOIS SAVATIER

V. Slon et al., *Nature*, vol. 561, pp. 113-116, 2018

Le créationnisme, une théorie du complot ?

Le créationnisme et le complotisme reposeraient en partie sur un mécanisme psychologique commun, le biais téléologique. Ce dernier serait aussi un obstacle pour accepter la méthode scientifique. Sebastian Dieguez, de l'université de Fribourg, en Suisse, commente ce résultat, qu'il a obtenu avec ses collègues.



Propos recueillis par SEAN BAILLY

SEBASTIAN DIEGUEZ
chercheur
en neurosciences
à l'université
de Fribourg, en Suisse

Qu'est-ce que le biais téléologique ?

La pensée téléologique, ou biais téléologique, est une notion complexe. C'est l'idée que tout objet ou événement a une fin en soi. Dès l'Antiquité, Aristote distinguait quatre types de causes dans la formation des choses, dont la cause finale. Cette dernière implique que toutes les choses ont une fin en soi. Voltaire s'est moqué de cette idée dans son œuvre *Candide* au travers des commentaires de Pangloss : « Remarquez bien que les nez ont été faits pour porter des lunettes ; aussi avons-nous des lunettes. »

Une grande partie de l'histoire des sciences a été un long combat pour comprendre que la bonne question était « comment » sont les choses, et non « pourquoi ». En effet, cette dernière question n'amène pas de réponse satisfaisante pour comprendre le monde.

Au niveau individuel, on retrouve la pensée téléologique chez l'enfant, qui demande avec insistance « pourquoi ? ». Cette pensée s'estompée grâce à l'éducation et à la science, qui apportent des outils de réflexion et des explications complexes et moins intuitives.

Ce biais persiste-t-il chez l'adulte ?

On retrouve le biais téléologique dans bien des situations. Certains pensent, par exemple, que les événements de leur vie personnelle ont un sens caché, sont les marques d'un destin. Dans les documentaires animaliers, le narrateur dit souvent que l'animal se comporte de telle façon pour préserver l'espèce ; cette façon simple de présenter les choses est efficace, mais elle est finaliste et incorrecte.

Le créationnisme, qui affirme que le monde a été créé avec un but, une finalité, est l'exemple le plus marquant de pensée téléologique. Plusieurs études ont montré une forte association entre biais téléologique et croyances créationnistes.

Quel lien établissez-vous entre le biais téléologique et le complotisme ?

Les adeptes de théories du complot pensent que certains événements sont planifiés par des conspirateurs qui ont un objectif. Il y a donc des similarités entre créationnisme et complotisme. Le créationnisme serait d'une certaine façon la théorie du complot ultime, celle de la création de toutes choses avec une fin en soi. Mes collègues et moi avons voulu savoir si le biais téléologique intervenait aussi dans la pensée complotiste.

Nous avons réalisé trois études auprès d'un total de 2 000 personnes avec des questionnaires dont certaines questions évoquaient des pensées téléologiques, complotistes ou créationnistes. Nous avons montré des corrélations fortes entre ces notions. Cela nous porte à penser que le créationnisme et le complotisme reposent au moins en partie sur ce biais cognitif. Nous ne pouvons cependant pas parler d'explication ultime à ces types de croyances, car le facteur téléologique ne représente qu'un élément parmi toutes les raisons qui mènent au créationnisme ou au complotisme. Nous avons aussi remarqué que ce facteur téléologique ne dépend ni de l'âge, ni du niveau d'étude des personnes interrogées.

Quelle conclusion tirez-vous de cette étude sur le rejet de la science ?

Nous avons pensé qu'il était intéressant de mettre en regard le rejet vis-à-vis de la science et les pensées complotistes. Et effectivement, d'après notre étude, il y a un lien très fort entre les deux. Nous concluons que le biais cognitif téléologique est un obstacle fort à l'acceptation de la science, de la méthode scientifique et de l'expertise scientifique. De nos jours, il est important de trouver des solutions à ce rejet, ne serait-ce que pour redonner confiance en l'expertise scientifique. Identifier les blocages cognitifs et attirer l'attention sur ce type d'obstacles est un premier pas. ■

P. Wagner-Egger et al., *Current Biology*, vol. 28, R847-R870, 2018

ASTROPHYSIQUE

LA RELATIVITÉ GÉNÉRALE VALIDÉE AU CENTRE DE LA VOIE LACTÉE

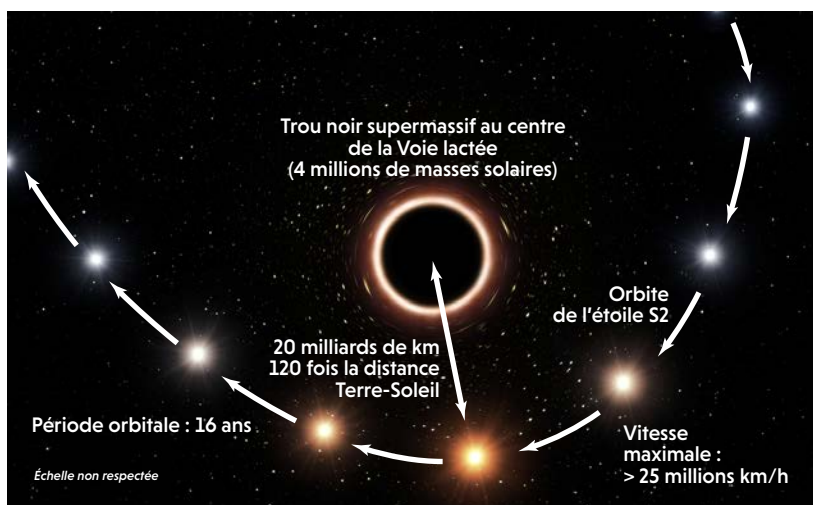
En mesurant le décalage spectral d'une étoile en orbite autour du trou noir central de la Galaxie, des astronomes ont confirmé une nouvelle fois la théorie de la gravitation d'Einstein.

La théorie de la relativité générale d'Einstein indique qu'un objet massif déforme l'espace-temps dans son voisinage. Aux abords de cet objet, le temps s'écoule plus lentement et les longueurs sont dilatées, du point de vue d'un observateur éloigné. L'une des conséquences est que la longueur d'onde d'un rayonnement émis aux abords de l'objet massif nous parvient décalée «vers le rouge», c'est-à-dire que la longueur d'onde est augmentée. On parle de décalage gravitationnel vers le rouge, pour ne pas le confondre avec l'effet Doppler dû au mouvement relatif entre la source et l'observateur. Cette conséquence de la relativité générale a été mesurée sur Terre dès 1959 par Robert Pound et Glen Rebka, aux États-Unis. Récemment, les astronomes du consortium international Gravity, impliquant le CNRS et les observatoires de Paris et Grenoble, ont testé cet effet près du trou noir Sagittarius A*, le trou noir supermassif qui se trouve au centre de la Voie lactée.

Les trous noirs sont des objets compacts qui déforment l'espace-temps au point que même la lumière ne peut s'en échapper. Cependant, autour de Sagittarius A*, des étoiles évoluent jusqu'à des distances très proches du trou noir, à l'instar de l'étoile S2. L'orbite de cet astre est très elliptique, de sorte qu'à son périastre (le point le plus proche de Sagittarius A*), la distance qui sépare l'étoile du trou noir est de seulement 120 fois la distance moyenne Terre-Soleil. À une distance aussi faible, les effets gravitationnels du trou noir sont intenses et le décalage gravitationnel vers le rouge de la lumière émise par l'étoile est important.

Entre 2003 et 2018, les astronomes ont mesuré le décalage vers le rouge de l'étoile S2 à l'aide des spectromètres en proche infrarouge Sinfoni du VLT (*Very Large Telescope*), au Chili, et Nirc2 de l'observatoire Keck, à Hawaï. En mai 2018, l'étoile S2 était à son périastre. Pour avoir une mesure très précise de sa position, les chercheurs ont utilisé un dispositif interférométrique, Gravity (qui a donné son nom à la collaboration), mis en service en 2016 au VLT.

Avec ces données, les membres du consortium ont montré que le décalage vers le rouge



L'étoile S2 est en orbite autour du trou noir supermassif au centre de la Voie lactée. Plus l'astre est proche du trou noir, plus la longueur d'onde de sa lumière nous parvient décalée vers le rouge.

2,6 %
DE LA VITESSE
DE LA LUMIÈRE,
SOIT ENVIRON
25 MILLIONS
DE KILOMÈTRES
PAR HEURE.
C'EST LA VITESSE
DE L'ÉTOILE S2
AU PÉRIASTRE
DE SON ORBITE
AUTOUR DU TROU
NOIR SUPERMASSIF
SITUÉ AU CENTRE
DE LA VOIE LACTÉE.

observé est compatible avec un effet relativiste dû au champ gravitationnel du trou noir supermassif. Les astronomes restent toutefois prudents. Le modèle utilisé est un système simple, un trou noir supermassif autour duquel gravite une seule étoile. Mais d'autres corps présents dans le voisinage, comme des trous noirs de masse stellaire, pourraient perturber l'orbite de l'étoile S2.

« Nous prévoyons maintenant de réaliser des observations similaires avec des étoiles moins brillantes que S2, mais plus proches de Sagittarius A*. Les effets de décalage vers le rouge seraient alors encore plus importants et permettraient de tester avec une précision supérieure la relativité générale », s'enthousiasme Thibaut Paumard, chargé de recherche du CNRS à l'observatoire de Paris, qui a participé à l'étude.

Pour aller plus loin, les chercheurs espèrent mesurer le décalage (la précession) de l'orbite de l'étoile S2 prévu par la relativité générale par rapport à celui prévu par la théorie de la gravitation newtonienne. Une perturbation supplémentaire que les chercheurs assurent pouvoir mesurer d'ici à 2020. ■

LUCAS STREIT

R. Abuter et al., *Astronomy & Astrophysics*, vol. 615, article L15, 2018

EN BREF

DU BOSON DE HIGGS AUX QUARKS « BEAUX »

Depuis sa découverte en 2012, les physiciens étudient le boson de Higgs et les façons dont il se désintègre. Les physiciens des expériences *Atlas* et *CMS*, au Cern, près de Genève, viennent de détecter sa désintégration en une paire quark-antiquark $b\bar{b}$. Ce « canal » de désintégration du boson de Higgs représente 60 % des cas. Bien que cette voie de désintégration soit la plus probable, sa signature est difficile à distinguer du bruit de fond. C'est ce qui explique pourquoi ce canal a été mis en évidence aussi tardivement.

LA STRATÉGIE DE LA LUCIOLE

Après avoir goûté une luciole (*Photinus pyralis*), les grandes chauves-souris brunes (*Eptesicus fuscus*) apprennent vite que ces insectes sont toxiques et non comestibles. Brian Leavell, de l'université d'État de Boise, aux États-Unis, et ses collègues ont montré que les mammifères volants utilisent deux stratégies pour reconnaître les lucioles : l'écholocation et la vision. Le signal bioluminescent des lucioles sert donc en partie à inciter leurs prédateurs à passer leur chemin !

UNE DALLE SCULPTÉE DU NÉOLITHIQUE

À Massongy, sur la rive française du lac Léman, la fouille d'une occupation du Néolithique et de l'âge du Bronze a livré un monument funéraire utilisé à plusieurs reprises entre 3900 et 1000 avant notre ère. Il s'organise autour d'une grande dalle de pierre de 3 mètres de long creusée de cupules (petites coupes) et entourée de nombreuses petites dalles, elles aussi creusées de cupules et incisées de lignes. Plusieurs tombes à inhumation ont été retrouvées, dont celle, datant de l'âge du Bronze final, d'une femme ornée d'un collier d'ambre.

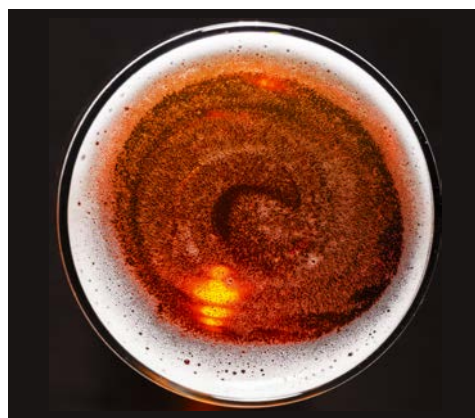
PHYSIQUE

LA MOUSSE À CONTRECOURANT

Faites tourner, par un mouvement de translation circulaire, votre verre rempli d'un liquide : une vague s'y forme. De toute évidence, elle tourne dans le même sens que le geste imprimé. Mais qu'en est-il de la mousse de votre bière ou de votre café ? *A priori*, elle suit le même mouvement. Pourtant, Frédéric Moisy, de l'université Paris-Saclay et du CNRS, et ses collègues ont montré que, dans certaines conditions, la mousse peut se mettre à tourner dans le sens inverse.

Lorsqu'un mouvement de translation circulaire est imprimé à un verre contenant un fluide, la surface de celui-ci s'incline à cause de la force centrifuge. La hauteur de la « vague » dépend alors de la vitesse de rotation et de l'amplitude du mouvement imposé. Le fluide ne peut jamais aller à contrecourant. Ce sont donc les propriétés des éléments présents à la surface qui peuvent conduire à un mouvement inverse.

Frédéric Moisy et ses collègues ont effectué des expériences avec un verre d'eau animé d'un mouvement constant et de faible amplitude. Ils l'ont saupoudré de divers matériaux qui flottent à la surface (mousse, microbilles de verre, cannelle et poivre). Ils ont augmenté peu à peu la quantité de mousse, par exemple, déposée à la surface. En petite quantité, le mouvement de



Dans un verre de bière en translation circulaire, la fine couche de mousse peut tourner à contresens.

la mousse suit celui de la rotation. Mais au bout d'un moment, la mousse finit par tourner à contresens. Le phénomène s'explique par la force de cohésion entre les bulles de la mousse. Le « radeau » qui se forme se comporte comme un solide bidimensionnel et élastique posé à la surface de l'eau. Lorsqu'il est petit, il est emporté par la vague. Mais quand il devient plus large, ses bords s'approchent des parois du récipient, où le fluide s'écoule plus lentement. Il en résulte des forces de friction et un couple mécanique qui conduit le radeau à tourner en sens inverse. ■

S. B.

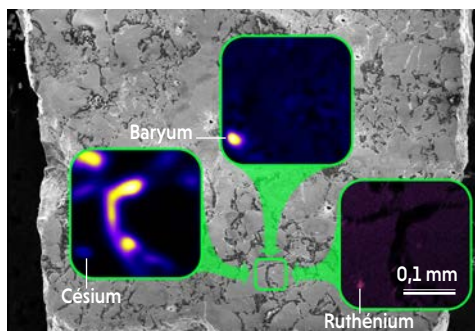
F. Moisy et al., *Europhysics Letters*, vol. 122(3), article 34002, 2018

PHYSIQUE NUCLÉAIRE

CAPTURE DE CÉSIMUM À OKLO

Dans les mines d'uranium d'Oklo, au Gabon, un processus naturel de réactions en chaîne autoentretenues de fission nucléaire s'est déroulé il y a environ deux milliards d'années et a fonctionné pendant plusieurs centaines de milliers d'années. Comme les réacteurs industriels, ce réacteur nucléaire naturel a produit des « déchets » radioactifs. Une partie de ces déchets a été évacuée dans les eaux d'écoulement et une autre partie est restée piégée sur place.

Grâce à des techniques d'imagerie, l'équipe d'Evan Groopman, du laboratoire de recherche navale américaine, à Washington, a découvert que des agrégats métalliques de ruthénium, présents au sein du réacteur, ont fixé des isotopes radioactifs de baryum et de césium. Ce résultat est intéressant, car les isotopes 134



L'imagerie des isotopes dans ce minéral d'uranium montre que le ruthénium a fixé le césium et le baryum.

et 137 du césium sont très volatils. Ils sont relâchés dans l'environnement après des catastrophes nucléaires, comme celles de Tchernobyl ou de Fukushima. Le ruthénium constituerait ainsi une piste pour piéger le césium radioactif produit par les réacteurs. ■

L. S.

E. E. Groopman et al., *PNAS*, vol. 115(35), pp. 8676-8681, 2018