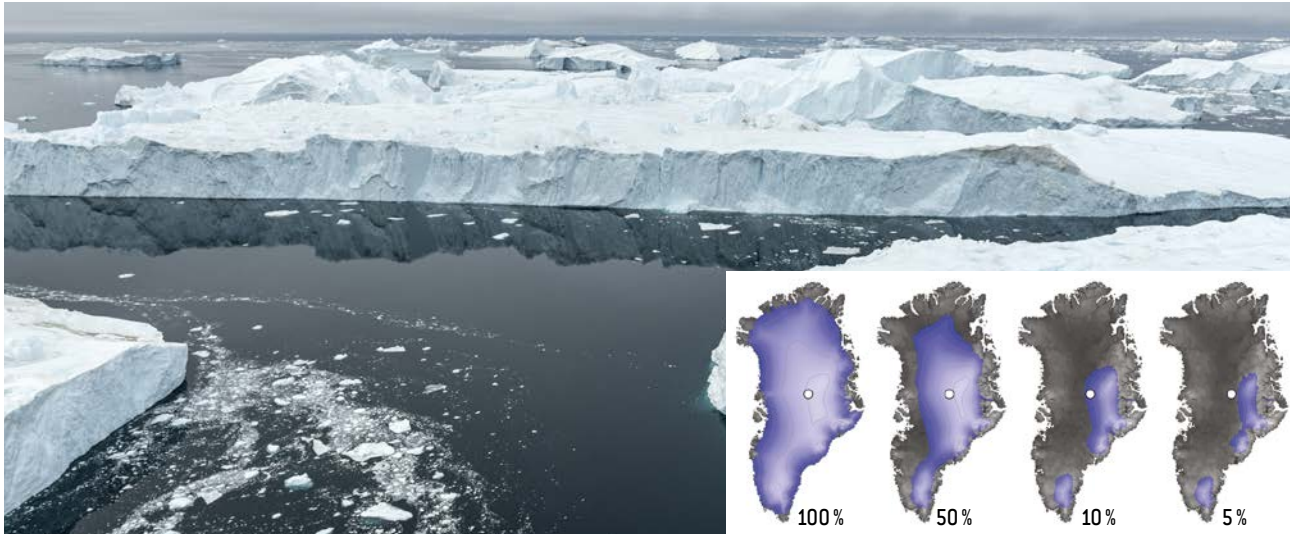


## Climatologie

### La calotte groenlandaise, plus instable qu'on ne le pensait

Au cours du dernier million d'années, la couche de plusieurs kilomètres de glace qui recouvre normalement le centre du Groenland a disparu pendant des dizaines, voire des centaines de milliers d'années, chaque fois que la température moyenne terrestre s'est stabilisée à un niveau comparable à l'actuel.



Au Groenland, les glaciers qui débouchent sur la mer transportent des sédiments boueux. L'étude de ces derniers montre que la seule partie de la calotte glaciaire restée quasi immuable recouvre les montagnes orientales.

**D**eux études sur le passé groenlandais intriguent : selon la première, l'est du Groenland est couvert de glace depuis des millions d'années ; selon la seconde, le centre du Groenland s'est retrouvé plusieurs fois à l'air libre au cours du dernier million d'années.

Pour parvenir à ces conclusions, les chercheurs ont mesuré dans les sédiments marins de l'est groenlandais et dans la roche sous-jacente à la calotte glaciaire d'épaisseur plurikilométrique du centre du Groenland les variations des concentrations en béryllium 10 (noté  $^{10}\text{Be}$ ) et en aluminium 26 (noté  $^{26}\text{Al}$ ).

Ces deux isotopes radioactifs sont produits par la fragmentation de noyaux de silicium et d'oxygène sous l'effet du rayonnement cosmique. Ce dernier étant divisé par deux tous les 40 centimètres de roche et tous les 120 centimètres de glace, son flux est négligeable à la base d'un épais glacier. Dans ce cas, seuls des muons, particules qui interagissent très peu, traversent

toute l'épaisseur et brisent encore quelques noyaux.

L'équipe de Paul Bierman, de l'université du Vermont aux États-Unis, a constaté que les sédiments marins transportés en mer puis relâchés par les icebergs de l'est du Groenland contiennent très peu de  $^{10}\text{Be}$  et de  $^{26}\text{Al}$  (environ 5000 atomes par gramme). Typiques d'un bombardement muonique, ces faibles teneurs sont maintenues sur l'épaisseur sédimentaire accumulée durant les 7,5 derniers millions d'années. On en déduit qu'au cours de cette période, la base boueuse des glaciers orientaux du Groenland se trouvait sous les glaciers.

Quant à l'équipe de Joerg Schaefer, de l'observatoire terrestre Lamont Doherty à New York, elle a mesuré les teneurs des mêmes isotopes dans un échantillon rocheux épais de 1,5 mètre et prélevé sous la calotte glaciaire du centre du Groenland. Les teneurs importantes constatées (10 000 à 25 000 atomes  $^{10}\text{Be}$  par gramme et 55 000 à 90 000 atomes  $^{26}\text{Al}$ ) indiquent que le rayonnement

cosmique a atteint ces roches dans le passé. Combien de temps l'écran de glace est-il resté absent ? À partir des teneurs mesurées, les chercheurs estiment que cela a été le cas pendant 280 000 ans au cours du 1,1 dernier million d'années.

Chargés par la revue *Nature* de lever cette contradiction apparente, Pierre-Henri Blard et Guillaume Leduc, du CNRS, ainsi que Neil Glasser, un collègue anglais, ont pointé qu'à l'est du Groenland, une longue chaîne de montagnes atteint parfois 2 000 mètres d'altitude. Lors des périodes chaudes, les glaciers ont donc pu s'y maintenir, tandis qu'ils disparaissaient au centre du Groenland. Or, au cours du dernier million d'années, la température moyenne terrestre a été comparable à deux reprises à celle d'aujourd'hui. Et que s'est-il probablement passé à chaque fois ? La glace a disparu du centre du Groenland pendant des dizaines, voire des centaines de milliers d'années tandis que l'océan mondial est monté de 7 à 10 mètres...

**François Savatier**

*Nature*, vol. 540, pp. 202-203, 252-260, 2016

**7,5**  
millions d'années

C'est la durée pendant laquelle les montagnes de l'est du Groenland ont été constamment recouvertes de glace

## Physique quantique

### Une étoile à neutrons révèle un effet quantique

**L**a physique quantique nous a appris que le vide n'est pas vraiment vide: même l'endroit le plus dénué de matière fourmille de particules dites virtuelles, qui surgissent par paires particule-antiparticule et s'annihilent aussitôt. Or Roberto Mignani, de l'Institut d'astrophysique spatiale et de physique cosmique à Milan, et son équipe ont mis en évidence l'effet sur les propriétés du vide d'un champ magnétique intense dues aux particules virtuelles.

Les théoriciens avaient prédit que lorsque des ondes lumineuses traversent un tel vide, celles dont la composante électrique est perpendiculaire au champ magnétique externe interagissent davantage que les autres avec les particules virtuelles. Elles se propagent alors plus lentement, ce qui conduit à un effet global de polarisation de la lumière. Le phénomène est nommé biréfringence magnétique du vide.

Suivant une idée proposée en 2002 par l'Israélien Nir Shaviv, l'équipe de Roberto Mignani a



Une étoile à neutrons présentant un champ magnétique intense a permis de mettre en évidence un phénomène quantique: la biréfringence magnétique du vide.

observé cet effet en analysant la lumière émise par une étoile à neutrons. De tels astres présentent un champ magnétique, de l'ordre de  $10^9$  teslas (à titre de comparaison, le champ magnétique terrestre est d'environ  $4,7 \times 10^{-5}$  tesla).

Ces astronomes ont observé l'étoile à neutrons RXJ1856.5-3754 à l'aide de l'instrument Fors, muni d'un polarimètre et installé au VLT (*Very Large Telescope*), au Chili. Ils ont mesuré un degré de polarisation lumineuse, attribué à l'effet

de biréfringence magnétique du vide, de 16,4 %.

Des expériences de laboratoire telles que PVLAS, en Italie, et BMV, à Toulouse, tentent aussi de mettre en évidence cet effet. Le champ magnétique y est de l'ordre de la dizaine de teslas. Les physiciens utilisent alors un dispositif optique sensible à des variations infimes de polarisation dans un laser. Ils espèrent détecter l'effet d'ici à quelques années.

**Sean Bailly**

*MNRAS*, vol. 465, pp. 492-500, 2017

## Du microbiote au pancréas

Dans le pancréas, les cellules bêta produisent l'insuline, une hormone qui régule la concentration de sucre dans le sang. Mais chez les personnes atteintes de diabète de type 1, ces cellules sont détruites ou endommagées. Comment favoriser le développement de ces cellules? Karen Guillemin, de l'université de l'Oregon, aux États-Unis, et son équipe ont montré que des bactéries du microbiote intestinal stimulent le développement précoce des cellules bêta chez le poisson zèbre.

Les chercheurs ont observé qu'une croissance rapide des cellules bêta coïncidait avec la colonisation du système digestif du poisson par des bactéries du genre *Aeromonas*, qui produisent une protéine notée Befa (*Beta cell expansion factor A*). Cette protéine favoriserait le développement des cellules bêta.

Des protéines homologues à Befa, produites par des bactéries du microbiote humain, stimulent aussi le développement des cellules bêta chez le poisson zèbre. Qu'en est-il chez l'homme?

## Neurobiologie

### La molécule qui déforme le temps

**P**ourquoi une heure semble-t-elle si courte quand vous êtes plongé(e) dans un livre ou un jeu qui vous passionne? Parce que votre perception du temps est déterminée par votre horloge interne, à savoir des signaux électriques périodiques émis par votre cerveau. Or un afflux de dopamine ralentit la cadence de ces derniers, viennent de découvrir Sofia Soares et deux collègues du centre Champalimaud, à Lisbonne. Ainsi, lorsque vous pratiquez une activité agréable, la dopamine, que l'on sait associée au plaisir, réduirait le nombre de tics cérébraux produits pendant un temps fixé, transformant une

heure interminable en quelques « minutes neuronales ».

Pour le montrer, les chercheurs ont mesuré la perception des durées chez des souris, en leur apprenant à presser avec le nez un bouton particulier selon que l'intervalle entre deux sons était supérieur ou inférieur à 1,5 seconde. Ils ont constaté que lorsqu'on bloque, à l'aide de produits pharmaceutiques, les neurones dopaminergiques (producteurs de dopamine), les performances des animaux se dégradent, signe qu'ils ne perçoivent plus le temps de la même façon.

Pour étudier plus précisément cette influence sur le temps perçu,

les chercheurs ont ensuite activé artificiellement les neurones dopaminergiques des souris par des techniques dites d'optogénétique. Le temps a paru s'accélérer pour les animaux: un même intervalle entre deux sons était plus souvent estimé comme court (inférieur à 1,5 seconde).

Ce résultat va à l'encontre d'un certain nombre d'autres travaux, selon lesquels la dopamine tendrait plutôt à étirer le temps. La synthèse reste donc à faire. La dopamine en sera en tout cas l'un des éléments essentiels.

**Guillaume Jacquemont**

*S. Soares et al., Science*, vol. 354, pp. 1273-1277, 2016



L'activation de neurones producteurs de dopamine suffit pour que le temps semble soudain passer plus vite.



## L'eau gèle à 105 °C...

... dans des nanotubes de carbone. C'est l'observation réalisée par l'équipe de Michael Strano, du MIT. Dans des conditions habituelles de pression et de température, l'eau gèle à 0 °C et bout à 100 °C. Il est bien connu qu'en variant un peu ces conditions, ces valeurs changent légèrement. Placer l'eau dans des tout petits volumes a aussi un effet, mais les variations sont de l'ordre d'une dizaine de degrés. Dans des nanotubes 50 000 fois plus fins qu'un cheveu, le changement est spectaculaire !

## Le blob transmet son savoir

Composé d'une unique cellule, le blob, *Physarum polycephalum*, n'a pas de cerveau. Pourtant, Audrey Dussutour et David Vogel, du Centre de recherche sur la cognition animale, à Toulouse, avaient montré il y a quelques mois que le blob peut apprendre que le sel est assez inoffensif et ainsi traverser un pont couvert de cette substance pour atteindre de la nourriture. Plus fort : le blob transmet ce savoir lorsqu'il fusionne avec un autre blob. Les blobs fusionnés traversent aussi des ponts de sel. Et si, après au moins trois heures en contact, les chercheurs séparent les blobs, celui qui ne détenait pas ce savoir l'a acquis !

## Du rythme neuronettoyant

Hannah Iaccarino et ses collègues du MIT ont constaté que, chez des souris dont le cerveau est envahi de plaques amyloïdes (des structures associées à la maladie d'Alzheimer), une fréquence d'activité cérébrale (de 40 hertz) est réduite lorsqu'elles réalisent des tâches d'apprentissage ou de mémorisation. Les chercheurs ont alors forcé le cerveau des rongeurs à produire cette fréquence électrique en éclairant les neurones avec des lasers pulsés. Ils ont alors vu que le cerveau des souris se vidait de ses plaques amyloïdes. Le mécanisme reste à élucider.

## Paléontologie

# La très longue incubation des dinosaures

**N**euf mois pour un bébé humain, 45 jours pour un bébé autruche. Combien pour un bébé dinosaure ? Entre 11 et 85 jours se dit-on, puisque c'est la fourchette dans laquelle entre toujours la durée d'incubation d'un oisillon. Pour en avoir le cœur net, Gregory Erickson, de l'université de Floride, et des collègues ont passé au scanner à rayons X des dents fossilisées de deux dinosaures non aviens encore dans l'œuf : celles d'un embryon de *Protoceratops* – un petit herbivore de la taille d'un mouton du désert de Gobi – et celles d'un embryon d'*Hypacrosaurus* – un énorme dinosaure à bec de canard de l'Alberta au Canada.

Le comptage des stries marquant chacun des jours de la croissance de ces dents à l'intérieur

de l'œuf leur a révélé de longues durées d'incubation : presque trois mois pour le *Protoceratops*, et six mois pour l'*Hypacrosaurus*.

Ainsi, l'incubation des œufs de ces espèces non aviennes de dinosaures mobilisait leurs parents plus longtemps qu'on ne le constate chez les oiseaux modernes. Or pour devenir mature une fois la coquille brisée, un bébé dinosaure devait pouvoir rester en vie pendant plus d'une année malgré tous les dangers ; et pour croître rapidement, il lui fallait des ressources considérables. Tout compte fait, il semble que l'incubation puis la maturation d'un dinosaure non avien aient nécessité 15 à 18 mois. En comparaison, une autruche atteint sa taille adulte en 14 mois et il s'agit du plus gros des oiseaux actuels, dont la plupart

sont des passereaux matures en quelques mois...

On comprend dès lors que les dinosaures non aviens, qui ne pouvaient voler à la recherche de nourriture et devaient s'occuper pendant au moins un an de leur progéniture après avoir attendu des mois l'éclosion des œufs, aient eu plus de mal que les oiseaux à survivre au cataclysme de la chute de la météorite de Chicxulub, il y a 65 millions d'années. Dans la nature perturbée et peu productive qui a résulté de l'impact, les parents oiseaux, eux, ont pu voler loin en quête des ressources nécessaires pour nourrir des poussins, lesquels étaient rapidement capables de les imiter.

**F.S.**

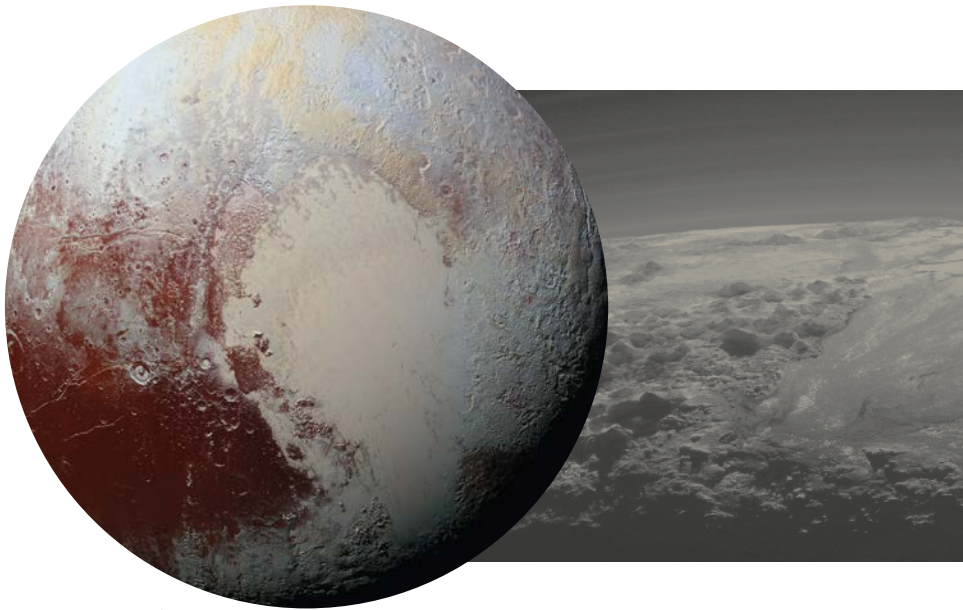
G. M. Erickson et al., *PNAS*, en ligne le 3 janvier 2017

## Insolite

# L'australopithèque qui chaussait du 42

**L**e site tanzanien de Laetoli, célèbre pour ses traces d'australopithèques, n'a pas encore livré tous ses secrets. Fidelis Masao, de l'université de Dar es Salam, et des collègues viennent d'y découvrir les traces d'un individu qui aurait pesé environ 48 kilogrammes pour 1,65 mètre de haut : cela en fait le plus grand australopithèque connu. Un individu masculin, pensent les chercheurs, qui aurait eu un rôle social comparable à celui d'un gorille mâle.





NASA/JHUAPL/SwRI

## Astrophysique

# Au cœur des secrets de Pluton

*Sur la planète naine, la région nommée Sputnik Planitia présente une structure atypique, témoin d'une histoire géologique globale.*

Lors de son passage près de Pluton en juillet 2015, la sonde *New Horizons* a révélé une zone claire en forme de cœur à la surface de la planète naine. Au sein du lobe gauche de ce cœur se niche une étonnante région nommée Sputnik Planitia. Plusieurs équipes de chercheurs, dont Tanguy Bertrand et François Forget, du Laboratoire de météorologie dynamique de l'université Pierre-et-Marie-Curie et du CNRS, se sont penchées sur cette région pour en comprendre l'origine.

Sputnik Planitia est une vaste région de 1000 kilomètres de diamètre couverte d'une glace lisse et sans cratères (ce qui indique que cette formation est jeune, âgée de moins de 10 millions d'années). Ce glacier se trouve dans une dépression probablement née de l'impact d'une météorite ayant laissé un cratère profond dans la croûte de Pluton. Tanguy Bertrand et François Forget ont étudié comment s'est formée au fond du cratère la glace, composée d'azote, de méthane et de monoxyde de carbone. Ces trois éléments sont normalement à l'état gazeux dans l'atmosphère de Pluton, où la température est d'environ 40 kelvins (-233 °C). Mais cette

région, du fait de sa position et de l'inclinaison de Pluton, est plus froide en moyenne et favorise la condensation de l'atmosphère de la planète naine (composée surtout d'azote) sous la forme de glace solide. En outre, au fond du bassin, la pression de l'atmosphère est plus forte, ce qui permet à l'azote de se condenser à une température moins basse que sur les terrains situés en dehors du bassin.

Le glacier, de plusieurs kilomètres d'épaisseur, est plus dense que la croûte de la planète naine, composée de glace d'eau. Une autre équipe suggère que le glacier aurait alors contribué à enfoncer la surface, de sorte que le fond de Sputnik Planitia occupe maintenant une dépression, située 6 à 13 kilomètres plus bas que les régions alentours.

Cette importante structure géologique a créé une anomalie dans le champ gravitationnel de Pluton, d'où une influence sur l'interaction dynamique avec son satellite Charon. Les deux corps n'étant pas parfaitement sphériques mais plutôt ovoïdes, les forces de marée ont *a priori* conduit le système Pluton-Charon dans la configuration la plus stable, celle où les grands axes des corps sont alignés. Mais la

formation de Sputnik Planitia a perturbé cet équilibre : Pluton a basculé sur son axe et cette région s'est rapprochée de l'équateur. Aujourd'hui, le système Pluton-Charon évolue de telle façon que Sputnik Planitia se trouve toujours presque aux antipodes de Charon. Par ailleurs, le basculement de Pluton a provoqué de fortes tensions et compressions à sa surface, ce qui a fracturé la croûte de glace et conduit à la formation de montagnes et de canyons.

Comment la dépression a-t-elle fait basculer la planète ? Si l'on considère le modèle géologique le plus simple de Pluton, un cœur rocheux entouré d'une croûte de glace d'eau, le basculement de Sputnik Planitia vers l'équateur ne serait possible que si l'épaisseur du glacier était de 40 kilomètres, une valeur trop grande pour être réaliste. Une autre possibilité serait que sous la glace se trouve un océan d'eau liquide, qui serait plus proche de la surface sous Sputnik Planitia. Comme Encelade ou Dioné, deux lunes de Saturne, Pluton cacherait donc un océan d'eau liquide !

**S. B.**

T. Bertrand et F. Forget, J. T. Keane et al.,  
F. Nimmo et al., D. P. Hamilton et al.,  
*Nature*, vol. 540, pp. 86-99, 2016

Pluton a été photographiée de près par la sonde *New Horizons*. L'une des images les plus étonnantes est celle de cette région claire en forme de cœur qui ressort sur cette vue en fausses couleurs (à gauche). Dans le lobe gauche se trouve la structure Sputnik Planitia. Au centre et à droite, les photographies de la sonde montrent des montagnes de glace et peut-être un cryovolcan.



## L'étrange étoile de Tabby

Objets en transit, pluie de comètes ou structure extraterrestre... comment expliquer les baisses irrégulières de luminosité de l'étoile de Tabby ? De nombreuses hypothèses ont été avancées, sans convaincre. Grâce à une étude statistique menée sur la durée et l'amplitude des variations de luminosité, Mohammed Sheikh et ses deux collègues de l'université de l'Illinois suggèrent que le phénomène est interne à l'étoile. Celle-ci serait dans un état hors équilibre et en passe de subir une transition de phase dont la nature reste à déterminer.

## Nouvelle ville antique en Iraq

Chose rare depuis quelques années, des chercheurs de la direction des Antiquités de la province kurde de Dahuk et de l'université de Tübingen viennent de trouver une ville mésopotamienne de l'âge du Bronze. En fouillant un tell, c'est-à-dire une colline formée par une longue occupation humaine, ils ont identifié, près du village de Bassetki, une ville fortifiée en terre dès 2700 avant notre ère, qui est restée florissante pendant pas moins de 1200 ans ! Vers 1800 avant notre ère, des bâtiments de pierre y ont même été érigés. Ces fouilles précèdent la construction d'une autoroute.

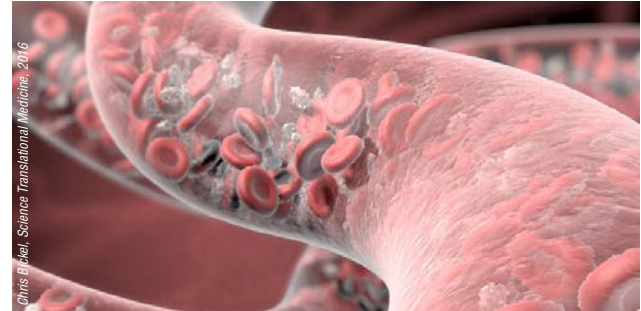
## Biochimie

### Un antidote au monoxyde de carbone ?

**L**e monoxyde de carbone est responsable d'environ 4000 intoxications par an en France, d'après l'Institut national de veille sanitaire. Alors qu'il n'existe actuellement pas d'autres soins que l'oxygénothérapie pour ce poison, Ivan Azarov, de l'université de Pittsburgh, aux États-Unis, et ses collaborateurs ont mis au point une protéine modifiée capable de piéger le monoxyde de carbone présent dans la circulation sanguine, susceptible d'être utilisée comme antidote.

Lorsqu'il est respiré, le monoxyde de carbone passe dans le sang, où il se fixe à l'hémoglobine à la place du dioxygène, formant ainsi la carboxyhémoglobine, très stable : le dioxygène ne peut alors plus être transporté, ce qui cause une hypoxie des organes, suivie de la mort de l'organisme.

Les biologistes ont mis au point la neuroglobine mutante H64Q-CCC dont l'affinité pour le monoxyde de carbone est 500 fois supérieure à celle de l'hémoglobine. Stable, et soluble dans les milieux physiologiques, elle



Des chercheurs ont développé une protéine, une neuroglobine, qui se lie au monoxyde de carbone et l'élimine de la circulation sanguine.

fixe également 10 000 fois plus le monoxyde de carbone que le dioxygène, faisant ainsi d'elle un possible antidote.

Les chercheurs ont montré *in vitro* que cette neuroglobine séquestre rapidement le monoxyde de carbone fixé sur l'hémoglobine : dans des globules rouges saturés en monoxyde de carbone, seules 25 secondes sont nécessaires pour que son taux soit réduit de moitié en présence de H64Q-CCC, contre 20 minutes lors des oxygénothérapies hyperbares employées aujourd'hui.

Lorsque des souris ont été exposées à des concentrations létales en monoxyde de carbone, l'injection de H64Q-CCC a permis la survie de 80 % d'entre elles, contre 0 à 10 % dans les deux groupes témoins. Les auteurs de cette étude estiment que si l'efficacité et la non-toxicité de H64Q-CCC se confirment sur les grands mammifères, un tel traitement pourrait être rapidement testé chez l'homme.

**Martin Tiano**

I. Azarov et al., *Science Translational Medicine*, vol. 8, article 368ra173, 2016

## Physique des particules

### Première mesure du spectre de l'antihydrogène

**A**u Cern, près de Genève, tout un département est dédié à l'étude de l'antimatière et à la comparaison entre particules et antiparticules. Les membres de l'expérience *Alpha* viennent de montrer qu'une partie du spectre des atomes d'hydrogène et d'antihydrogène est bien identique.

Ces observations relèvent de la spectroscopie, qui consiste à analyser le rayonnement émis par un atome après qu'il a été excité. En effet, d'après la physique quantique, chaque électron d'un atome occupe une orbitale, associée à une énergie définie. Lorsqu'un atome se désexcite, un électron passe d'une orbitale

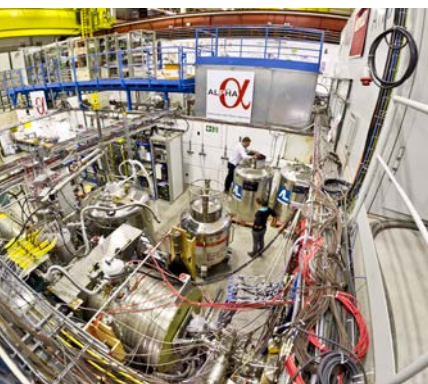
d'énergie élevée à une autre d'énergie moindre. L'atome émet alors un photon dont l'énergie correspond exactement à l'écart d'énergie entre les deux orbitales.

Le spectre de l'atome d'hydrogène a été mesuré avec une précision extraordinaire. Qu'en est-il de l'atome d'antihydrogène, constitué d'un antiproton et d'un positron ? Étudier l'antimatière est un défi, car, dans notre monde composé de matière, la moindre antiparticule produite interagit rapidement avec son environnement et s'annihile. Il faut donc isoler les antiparticules et les confiner assez longtemps si l'on veut effectuer des mesures. Dès 2010, les

membres de l'expérience *Alpha* avaient montré qu'il était possible de produire et piéger des atomes neutres d'antihydrogène dans un champ magnétique. Les physiciens ont ensuite amélioré le dispositif et ont réalisé récemment les premières mesures spectroscopiques de l'antihydrogène. Ils ont observé la transition entre l'état fondamental 1s (celui de plus basse énergie) et l'état suivant noté 2s. La différence d'énergie entre les deux états est identique à celle de l'hydrogène avec une excellente précision, de l'ordre de 2 pour 10 milliards.

**S. B.**

M. Ahmadi et al., *Nature*, en ligne le 19 décembre 2016



© Cern/Maximilien Brice/Alpha

L'expérience *Alpha*, au Cern, étudie les propriétés de l'antimatière, en particulier de l'antihydrogène, dont l'atome est constitué d'un antiproton et d'un positron.

## Paléontologie

### Chaîne alimentaire fossile

Il y a 48 millions d'années, un serpent venait d'ingérer un iguane, qui venait d'avaler un insecte, quand il dut fuir et mourir dans le lac de Messel. Ce paléolac volcanique devait être dangereux, car il constitue l'un des plus extraordinaires pièges à fossiles connus. De très nombreux animaux s'y sont noyés avant de chuter sur le fond anoxique du lac, où ils ont été étonnamment bien conservés, souvent avec des chairs et le contenu de leur estomac. C'est ainsi qu'au sein du fossile d'un boa de un mètre de long, des chercheurs de l'institut Senckenberg, à Francfort-sur-le-Main, ont découvert un petit iguane allongé; et à l'intérieur de l'estomac de l'iguane, des fragments brillants de la cuticule d'un coléoptère. Trois niveaux de la chaîne alimentaire ont été fossilisés en même temps!

F. S.

K. T. Smith et A. Scanferla, *Palaeobio Palaeoenv.*, vol. 96, pp. 589-599, 2016

## Génétique

### Qui sent l'asperge ?

Lors de la digestion des asperges, l'organisme produit des métabolites, méthanthiol et S-méthyl thioesters, qui se retrouvent dans les urines et sont à l'origine d'une odeur caractéristique désagréable. Mais tout le monde ne perçoit pas ce «parfum». Lorelei Mucci, de la faculté de santé publique Harvard TH Chan, à Boston aux États-Unis, et ses collègues ont étudié l'origine de cette anosmie, l'incapacité à sentir cette odeur particulière.

Les chercheurs ont interrogé 6 909 personnes et les résultats montrent que 58 % des hommes et 61,5 % des femmes sont incapables de détecter l'odeur des asperges dans les urines. L'analyse du génome des participants a permis d'identifier 871 mutations de type polymorphisme d'un seul nucléotide sur le chromosome 1 et portant sur plusieurs gènes liés aux récepteurs olfactifs OR2.

L'odorat est un des sens les plus mal compris. L'étude d'anomalies, d'hyperosmies ou d'anosmies, comme celle de l'odeur de l'asperge, permettra peut-être de mieux élucider les mécanismes de la perception des odeurs.

Marion Surinon et Ferdinand De Naurois

S. C. Markt et al., *BMJ*, en ligne le 13 décembre 2016

## Physique

### Les sauts du proton dans l'eau

Les transferts de protons et d'électrons entre molécules jouent un rôle central dans le transport de charges en milieu aqueux. Si le transfert d'électrons est très bien vu par l'expérience, celui des protons – le mécanisme de Grothuss – ne l'avait jamais été. En collaboration avec des collègues américains, Matias Fagiani, Harald Knorke et Knut Asmis, de l'institut Wilhelm-Ostwald pour la chimie physique et théorique de l'université de Leipzig, viennent d'isoler l'empreinte spectroscopique du transfert d'un proton entre un ion hydronium –  $\text{H}_3\text{O}^+$  – et une molécule d'eau.

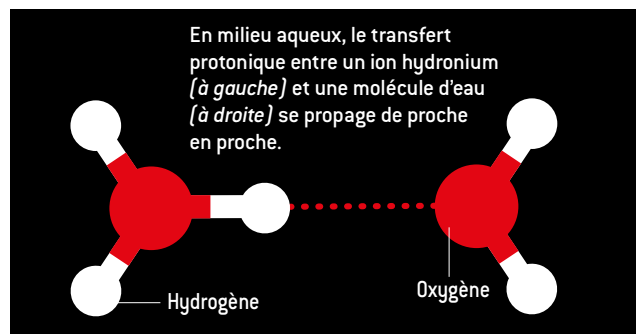
Comment ont-ils fait? Outre le transfert de protons entre ions hydronium et molécules d'eau, l'agitation thermique induit de très nombreuses déformations et vibrations moléculaires. Pour saisir, parmi tous ces mouvements, le saut du proton, c'est-à-dire sa bascule d'un ion hydronium vers une molécule d'eau, les chercheurs ont travaillé à réduire l'agitation. Ils ont préparé de

nombreux agrégats de molécules d'eau dans un piège à ions à très basse température; ils ont aussi mené l'expérience dans l'eau lourde  $\text{D}_2\text{O}$ , ce qui remplace tous les atomes d'hydrogène par du deutérium D; finalement, ils ont introduit dans le piège des espèces ( $\text{D}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{D}_2\text{O}$ ) avides de se combiner avec un proton, et donc aussi avec un deuteron  $\text{D}^+$ , son équivalent dans l'expérience.

L'«aspiration» par ces espèces d'un deuteron appartenant à un ion  $\text{D}_3\text{O}^+$  a provoqué dans le piège de multiples transferts d'un deuteron vers une molécule  $\text{D}_2\text{O}$  voisine et par là renforcé le signal spectroscopique. La mise en œuvre de tous ces choix dans un appareil combinant la spectrométrie infrarouge et la spectroscopie de masse a livré des spectrogrammes sur lesquels les effets du transfert protonique sur toutes les molécules à proximité sont identifiés ainsi que le saut du proton lui-même.

F. S.

Science, vol. 354, pp. 1131-1135, 2016



#### Cheval celtique à deux têtes

Dans le Baden-Württemberg, des fouilles viennent de livrer trois tumulus celtes du Hallstatt (VIII<sup>e</sup> au V<sup>e</sup> siècle avant notre ère). Bien conservées, ces tombes se trouvent à proximité de la Heuneburg, ancienne grande ville fortifiée celtique en Europe centrale. L'une d'elles contenait les restes d'un char. Une autre, une curieuse figurine de cavalier assis sur ce qui semble être un cheval à deux têtes opposées. Son style le date du VII<sup>e</sup> ou VIII<sup>e</sup> siècle. Il s'agirait de la poignée d'un vase ou d'un cou-vercle, brisée au cours d'un pillage.

#### Jet-stream de fer dans le noyau terrestre

Le champ magnétique terrestre – généré par les mouvements du noyau liquide de la planète – dérive globalement vers l'ouest. Mais deux zones où l'intensité du champ est plus intense, situées l'une sur la Russie, l'autre sur le Canada, se déplacent plus vite que l'ensemble du champ

magnétique. Grâce aux mesures plus précises des satellites *Swarm*, Philip Livermore et ses collègues confirment les résultats de précédentes études. La cause de ces observations: un courant de fer liquide large de 420 kilomètres localisé dans le noyau liquide et s'y déplaçant assez vite, à environ 40 kilomètres par an, d'est en ouest.

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



Retrouvez plus d'actualités sur [www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)