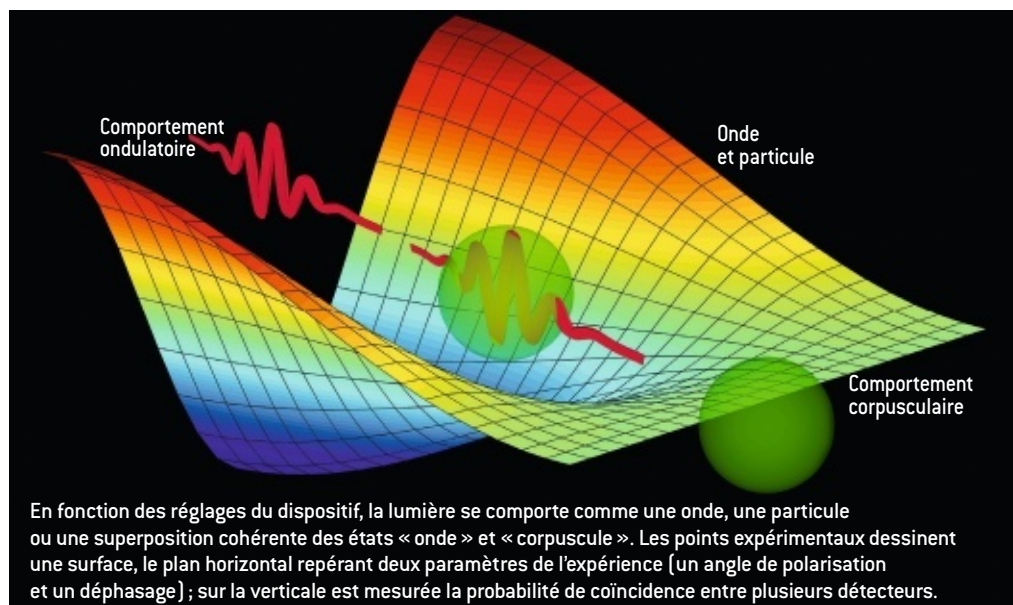


Physique

Onde, particule ou entre les deux



En 1924, le physicien français Louis de Broglie découvrait la dualité onde-corpuscule : tout objet a des propriétés à la fois ondulatoires et corpusculaires. Puis, en 1927, le physicien danois Niels Bohr proposait le principe de complémentarité : plus un objet quantique se comporte comme une onde, moins il se comporte en corpuscule, selon l'expérience à laquelle l'objet est soumis. La lumière se comporte ainsi tantôt comme une onde, dans les expériences d'interférence par exemple, tantôt comme une particule (le photon), comme dans l'effet photo-électrique. Deux équipes, l'une en France, l'autre en Grande-Bretagne (Jeremy O'Brien, Université de Bristol), ont mis au point des dispositifs permettant d'étudier finement cette complémentarité, et montrent que la lumière peut être dans une combinaison cohérente d'un état corpusculaire et d'un état ondulatoire.

Expliquons l'expérience française, menée par Sébastien Tanzilli du Laboratoire de physique de la matière condensée à Nice (CNRS et Université Nice-Sophia Antipolis), en collaboration avec le Labora-

toire matériaux et phénomènes quantiques à Paris (CNRS et Université Paris Diderot). Elle utilise un interféromètre où la lumière doit traverser deux miroirs semi-réfléchissants avant d'atteindre deux détecteurs placés en sortie. Dans cette configuration dite fermée, la lumière a deux chemins possibles pour parvenir à chaque détecteur. Elle présente alors un comportement ondulatoire : l'onde emprunte les deux chemins à la fois, ce qui se traduit par des interférences sur les détecteurs (la probabilité de détection par chaque appareil dépend de la différence de parcours).

Si l'on retire le second miroir semi-réfléchissant, le dispositif est dans une configuration « ouverte », où il n'y a plus d'interférence : chaque photon arrive sur l'un ou l'autre des détecteurs avec une même probabilité de 50 pour cent, ce qui correspond à un comportement corpusculaire.

L'expérience de l'équipe de S. Tanzilli a consisté à superposer les deux situations, ouverte et fermée. Pour ce faire, les physiciens ont conçu un miroir semi-réfléchissant quantique, qui est pré-

sent si le photon incident a une polarisation verticale, et absent si cette polarisation est horizontale.

Ainsi, une polarisation mixte créerait une superposition quantique des états ouvert et fermé de l'interféromètre, donc une superposition des états corpusculaire et ondulatoire. Pour contrôler la superposition, les physiciens ont utilisé une paire de photons intriqués, système où les propriétés des deux photons restent intimement corrélées l'une à l'autre quelle que soit leur distance. Un photon-test est envoyé dans l'interféromètre tandis que son jumeau est envoyé dans un autre appareil qui en contrôle la polarisation.

En faisant varier la polarisation du photon jumeau, donc celle du photon-test, les physiciens ont fait varier la superposition des états corpusculaire et ondulatoire : ils passent ainsi continuellement d'un comportement purement corpusculaire de la lumière à un comportement purement ondulatoire (la situation étant caractérisée par les corrélations entre plusieurs détecteurs).

→ Sean Bailly

Science, vol. 338, pp. 634-640, 2012

En bref

STRIATUM SOUS INFLUENCE

Le striatum est une aire cérébrale qui régule les mouvements. Il est influencé par diverses régions du cerveau, telles l'aire tegmentale ventrale et la *substantia nigra pars compacta*, via la dopamine, un neurotransmetteur. Des chercheurs américains ont montré que leurs neurones à dopamine relâchent aussi un autre neurotransmetteur, nommé GABA, qui inhibe les neurones du striatum. Cette cotransmission de neurotransmetteurs aidera peut-être à comprendre les troubles moteurs, telle la maladie de Parkinson.

BLEU CONTRE SOMNOLENCE

La lumière bleue, en stimulant les cellules ganglionnaires de la rétine, augmente la vigilance. Des chercheurs français et suédois ont étudié la somnolence de conducteurs soumis à cette lumière ou ayant bu du café ou du café décaféiné (placebo). Les résultats montrent que la lumière bleue permet de garder la même vigilance que le café. Le nombre de franchissements inappropriés des lignes latérales au sol, moins fréquent que dans le cas du placebo, l'indique.

LE POULS DES VOLCANS

En utilisant des images prises par satellite, Estelle Chaussard et Falk Amelung, de l'Université de Miami, ont effectué un suivi de l'ensemble de l'arc volcanique de Sunda, en Indonésie. Sur la période allant de 2006 à 2009, ces chercheurs ont constaté un gonflement du sol autour de six volcans, correspondant au remplissage en magma de réservoirs sous les volcans. Trois de ces volcans sont entrés en éruption depuis. Une méthode prometteuse pour anticiper une éruption !

En bref

PLANÈTE À QUATRE ÉTOILES

Seules six exoplanètes étaient connues pour être en orbite autour d'un système de deux étoiles. Découverte grâce au télescope *Kepler* et au travail d'astronomes amateurs et professionnels, la planète PH1 a une période de révolution de 138 jours autour d'un système binaire formé d'une naine blanche et une naine rouge, tournant l'une autour de l'autre en 20 jours. Deux autres étoiles sont en orbite autour des deux premières à une distance équivalente à 1 000 fois la distance Terre-Soleil. Ainsi, PH1 appartient à un système global en interaction gravitationnelle contenant pas moins de quatre étoiles !

Géosciences

Le tsunami du lac Léman en 563 modélisé

La plupart des raz-de-marée se déroulent sur les côtes maritimes à la suite d'un tremblement de terre. Les lacs ne sont cependant pas à l'abri de ce genre de désastres. Par exemple, en 563, un tsunami sur le lac Léman, déclenché par l'effondrement d'une montagne proche du Rhône, a provoqué des destructions importantes et fait de nombreuses victimes.

Pour comprendre l'origine de cette vague destructrice, Katrina Kremer et ses collègues, de l'Université de Genève, ont analysé les sédiments du fond du lac, en effectuant un sondage de sismique réflexion (des ondes sont créées, se propagent dans le sol et sont réfléchies à l'interface de deux couches géologiques) et des prélèvements de carottes de 7 à 12 mètres de long. L'étude montre qu'il existe dans la partie la plus profonde du lac une couche de turbidite, un dépôt sédimentaire, longue de dix kilomètres, large de cinq et épaisse d'environ cinq mètres.

Compte tenu de ce volume de turbidite, K. Kremer et ses collègues ont modélisé numériquement

la propagation et la taille de la vague dans le lac. Celle-ci aurait atteint près de 13 mètres près de Lausanne, située sur la rive Nord, et près de 8 mètres à Genève, à l'autre bout du lac. Le tsunami aurait traversé le lac d'Est en Ouest en près de 70 minutes. Comme l'indiquent les témoignages de l'époque, une telle vague aurait détruit le pont de Genève, des moulins et passé par-dessus les murs de la ville.

→ S. B.

K. Kremer et al., *Nature Geoscience*, en ligne le 28 octobre 2012



La cité de Genève, sur les bords du lac Léman, a connu un tsunami en 563.

Mharr-Bogdan Lazar/Shutterstock.com



Muséum national d'Histoire naturelle

Le stratotype Hettangien

Coordonné par Micheline Hanzo

Le temps du géologue est divisé en étages définis par les fossiles qu'ils contiennent. Afin d'établir des références universelles, certains sites où les couches géologiques correspondant à ces étages affleurent ont été qualifiés de « stratotypes ».

La collection *Patrimoine géologique* a pour objet de publier des synthèses sur chacun des stratotypes situés en France.

Le stratotype de l'Hettangien est donc une référence géologique internationale. Il est de ce fait aussi la célébrité d'Hettange-Grande, localité de Moselle où il a été défini.

Suite à bien des controverses, c'est Eugène Renevier qui, en 1864, en fut l'initiateur, séduit par les travaux de son prédécesseur Olry Terquem, sur des niveaux particulièrement riches en fossiles.

Ce stratotype historique méritait d'être protégé ! Il obtint le statut de Réserve naturelle nationale d'Hettange-Grande en 1985. *Bildstock*, pavés, pierres à four, etc., témoignent de l'exploitation du matériau gréseux du site stratotypique.

Bien documenté, richement illustré, cet ouvrage constitue une synthèse des connaissances acquises sur l'Hettangien au niveau de son stratotype, et de la Lorraine belgo-luxembourgeoise, en évoquant plus brièvement d'autres sites du même âge en France.



317 p. • 232 figs • 35,90 € TTC • format 16,5x24 cm
ISBN 978-2-85653-688-9

ouvrage en vente à la librairie des Publications
Scientifiques face à la Grande Galerie de l'Évolution

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MUSÉUM

Commandes et renseignements :
Muséum national d'Histoire naturelle
Publications Scientifiques

Case postale 41 • 57 rue Cuvier • 75231 Paris cedex 05
Tél. : 01 40 79 48 05 • Fax : 01 40 79 38 40
diff.pub@mnhn.fr • <http://www.mnhn.fr/pubsci>

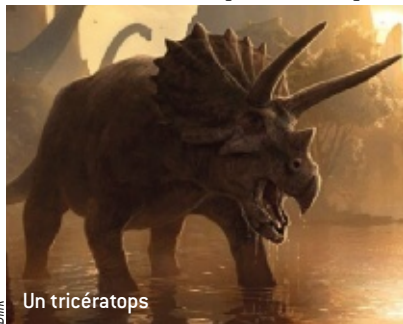
Paléontologie

Déguster un tricératops

Certains mets ne se dégustent que selon un rituel particulier. Ainsi, les ortolans s'avalent rôtis, en une seule bouchée. L'amateur averti se couvrirait la tête d'un linge pour ne rien perdre des odeurs et ne recracherait rien... De même, les tyrannosaures respectaient quelques règles pour consommer un tricératops fraîchement abattu. C'est ce qu'a montré le paléontologue Denver Fowler, du Muséum des Rocheuses à Bozeman, dans le Montana.

Son équipe a étudié de nombreux spécimens de tricératops et s'est intéressée à ceux qui présentaient des traces de dents de tyrannosaure. Le plus intrigant était les nombreuses perforations et marques de traction mises au jour sur la collerette des tricératops, des organes pourtant dépourvus de valeur nutritive.

Selon les paléontologues, ces traces témoignent d'une volonté de la part des prédateurs d'accéder aux muscles dodus du cou. Pour ce faire, rien n'est plus efficace qu'une décapitation de la proie.



Blick

Un tricératops

D'autres marques à la base du crâne soutiennent ce scénario.

Les tyrannosaures étaient ainsi des gourmets qui se décarcassaient pour atteindre leur morceau de choix, les sot-l'y-laisse du Crétacé!

→ Loïc Mangin

Journal of Vertebrate Paleontology, sous presse, 2012

Physique nucléaire

Élément 113 : fin de la quête ?

L'uranium, dont le noyau atomique contient 92 protons, est le dernier élément du tableau périodique qui existe à l'état naturel. Les éléments dont les noyaux contiennent davantage de protons sont instables et sont produits artificiellement. Depuis les années 1940, les éléments plus lourds sont créés dans différents laboratoires du monde. En août 2012, une équipe japonaise, du Centre Nishina du RIKEN, a observé une réaction dans laquelle l'élément 113 (noyau à 113 protons) a été produit sans ambiguïté.

En bombardant une mince couche de bismuth (noyaux à 83 protons) avec un faisceau énergétique de zinc (noyaux à 30 protons), les physiciens ont produit, par une réaction de fusion, l'élément 113. Pour valider une telle observation, il faut étudier en détail les produits de la désintégration en cascade du noyau instable en éléments plus légers, qui s'accompagne de l'émission de particules alpha. Après six désintégrations, l'élément 113 produit un noyau de ménélevium bien connu. Si la découverte est homologuée, l'équipe japonaise aura le privilège de nommer le nouvel élément. Le nom de japonium est évoqué; il s'agirait du premier noyau lourd découvert en Asie de l'Est.

→ S. B.

K. Morita et al., Journal of the Physical Society of Japan, vol. 81, 103201, 2012

Chimie

La chimie ultrafroide dopée par des effets quantiques

Près du zéro absolu, le monde n'est pas aussi figé qu'on ne le pense. Les atomes peuvent réagir et former des états liés. À ces températures, des effets quantiques tels que des résonances deviennent visibles. Ces effets purement quantiques ne sont pas prévus par la mécanique classique et peuvent augmenter la réactivité. Une équipe en Israël les a mis en évidence pour une réaction d'ionisation.

Pour révéler de tels phénomènes, plusieurs équipes ont conçu des dispositifs permettant de réduire l'énergie de collision entre molécules, ce qui équivaut à réduire la température. L'équipe de Michel Costes, de l'Institut des sciences moléculaires de l'Université de Bordeaux et du CNRS, a utilisé deux jets de molécules à basse température qui se croisent. La vitesse relative des molécules des deux faisceaux définit la température de collision. En juillet dernier, M. Costes et ses collègues ont observé pour la première fois des résonances compatibles avec les modèles, dans des collisions de faisceaux à environ trois kelvins.

Pour réduire encore la température de collision, l'idée de l'équipe de Edvardas Narevicius, de l'Institut Weizmann en Israël, a été de faire fusionner deux fais-

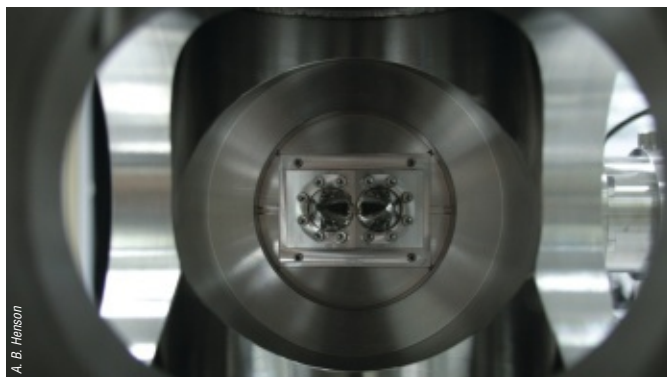
ceaux moléculaires arrivant parallèles l'un à l'autre, de façon que la vitesse relative des molécules soit nulle. Pour ce faire, un premier faisceau est émis sur une trajectoire rectiligne tandis que le second est progressivement dévié, à l'aide de champs magnétiques appropriés, pour fusionner avec le premier.

L'équipe israélienne s'est concentrée sur un type de réaction : l'ionisation de Penning. Lors d'une collision entre un atome neutre excité et un autre atome neutre dans son état fondamental, l'énergie d'excitation du premier sert à ioniser le second. Pour une température de collision supérieure à dix kelvins, les chercheurs ont retrouvé un comportement compatible avec la chimie classique. À des températures inférieures et jusqu'à dix millikelvins, ils ont observé des résonances, donc la formation d'états liés qui conduisent à la réaction d'ionisation de Penning.

Ces dispositifs de très basse température permettront d'étudier des réactions chimiques qui, notamment, pourraient jouer un rôle dans les nuages moléculaires du milieu interstellaire.

→ S. B.

S. Chefdeville et al., Phys. Rev. Lett., vol. 109, 023201, 2012; A. B. Henson et al., Science, vol. 338, pp. 234-238, 2012



A. B. Henson

Vue de face du dispositif par lequel les deux faisceaux de particules fusionnent.