

UNE PREUVE DE L'AVANTAGE DES ORDINATEURS QUANTIQUES

Pour la première fois, des chercheurs ont démontré dans un cas particulier que l'ordinateur quantique est réellement plus performant que l'ordinateur classique.

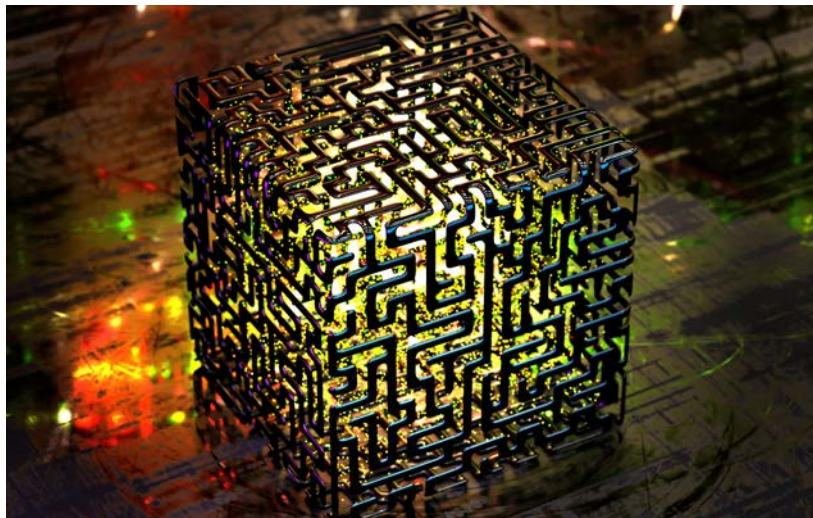
Aujourd'hui encore, la question de la performance d'un ordinateur quantique vis-à-vis de son alter ego classique est loin d'être évidente. Mais Robert König, de l'université technique de Munich, et deux collègues, du centre de recherche d'IBM à New York, viennent d'établir la première preuve formelle de l'avantage d'un ordinateur quantique dans une configuration bien particulière.

L'idée de l'ordinateur quantique est d'exploiter certains principes fondamentaux de la physique quantique, notamment la superposition des états. Ainsi, tandis qu'un bit d'information classique ne peut prendre que la valeur 0 ou 1, un bit quantique, ou qubit, peut être dans une superposition des états 0 et 1. Les propriétés de ce type d'états laissent penser qu'il est possible d'augmenter les capacités et la vitesse de traitement de l'information. L'inconvénient est que les superpositions d'états sont fragiles et sont détruites par la moindre interaction avec leur environnement. Leur maîtrise technique est encore un immense défi.

Plus surprenant, la démonstration de la supériorité de l'ordinateur quantique par rapport à l'ordinateur classique n'est pas non plus formellement établie pour résoudre des problèmes réels, même si certains arguments le suggèrent. Par exemple, l'algorithme (quantique) de Shor pour factoriser des nombres en nombres premiers est plus efficace que tous les algorithmes classiques connus. Cependant, cet argument repose sur une hypothèse forte et non démontrée concernant les algorithmes classiques de factorisation, à savoir qu'il ne peut pas en exister dont le temps de calcul augmenterait comme une fonction polynomiale du nombre à factoriser (si un tel algorithme existait, il serait considéré comme rapide et aussi performant que celui de Shor). Or cette hypothèse pourrait un jour être contredite.

Il existe encore d'autres types d'algorithmes quantiques, notamment utilisés pour effectuer des recherches au sein d'une liste, mais la preuve qu'ils sont plus performants que des algorithmes classiques manque également.

Pour mettre en évidence l'avantage des algorithmes quantiques, Robert König et ses



À quoi ressemblera l'ordinateur quantique de demain ? Il n'y a pas que la réalisation matérielle qui compte. Les performances des algorithmes quantiques sont aussi à l'étude.

1 MILLIARD D'EUROS

C'EST LE BUDGET SUR 10 ANS DU PROJET EUROPÉEN QUANTUM FLAGSHIP, QUI IMPLIQUE DES LABORATOIRES, DES UNIVERSITÉS ET DES INDUSTRIELS. L'OBJECTIF EST DE DÉVELOPPER LES APPLICATIONS DES TECHNOLOGIES QUANTIQUES.

collègues ont étudié un algorithme particulier qui effectue des opérations sur une chaîne de bits classiques, pour résoudre certains problèmes d'algèbre linéaire. Le temps d'exécution de cet algorithme dans un ordinateur quantique ne dépend pas de la taille de la chaîne de données en entrée. On parle dans ce cas de «circuit quantique à profondeur constante», la «profondeur» définissant d'une certaine façon le nombre d'étapes de calcul dans l'algorithme. Les trois chercheurs ont alors démontré qu'il est impossible de résoudre les problèmes considérés avec un ordinateur classique, car ce dernier nécessite une profondeur croissante si la quantité de données en entrée augmente.

Pour Benoît Valiron, du Laboratoire de recherche en informatique, à l'université Paris-Sud, «ce résultat est intéressant même s'il est très théorique et sans applications pratiques, du moins dans l'immédiat.» Il ajoute cependant que «là où ce résultat entre en résonance avec des choses éventuellement plus concrètes, c'est dans le fait que les circuits à profondeur constante (et faible) seront probablement les premiers systèmes que l'on sera capable de réaliser sur des processeurs quantiques». ■

S. B.

S. Bravyi et al., *Science*, vol. 362, pp. 308-311, 2018

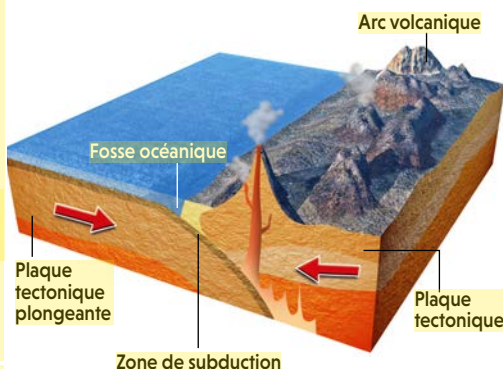
GÉOSCIENCES

L'EAU DE LA SUBDUCTION

Dans une zone de subduction, l'une des plaques tectoniques en collision plonge lentement dans le manteau. Ces plaques étant riches en eau, il est clair qu'elles sont à l'origine de l'apport d'eau dans les roches mantelliques. Mais les volumes de fluide impliqués sont mal connus.

Chen Cai et ses collègues, de l'université Washington de Saint-Louis, aux États-Unis, ont estimé la quantité d'eau qui est emportée vers l'intérieur de la planète dans la zone de subduction de la fosse des Mariannes (où se rencontrent la plaque tectonique Pacifique et la plaque tectonique des Philippines).

Les chercheurs ont utilisé une méthode d'imagerie qui exploite les ondes sismiques. Grâce à un réseau de 19 sismomètres répartis sur le fond de l'océan et de 7 stations sismologiques installées sur les îles proches de la fosse, ils ont analysé la propagation des ondes sismiques de 380 séismes survenus plus ou moins loin de la fosse des Mariannes. Ils ont ainsi pu estimer la



Lorsque deux plaques tectoniques se rencontrent, la plus dense s'enfonce dans le manteau et y apporte de l'eau.

teneur en eau de la roche jusqu'à des profondeurs de plusieurs dizaines de kilomètres dans la région de cette fosse. Ils concluent que 3 milliards de tonnes d'eau par an sont enfouies, soit quatre fois plus qu'on ne le pensait. Les conséquences, sans doute notables, sur les modèles du cycle de l'eau et de nombreux phénomènes géologiques tels que le volcanisme sont à étudier. ■

LAMBERT BARAUT-GUINET

C. Cai et al., *Nature*, vol. 563, pp. 389-392, 2018

EN BREF

COALESCENCES DE TROUS NOIRS : QUATRE DE PLUS !

Après une nouvelle analyse des données de 2016 et 2017 recueillies par leurs interféromètres géants aux États-Unis et en Italie, les membres de la collaboration *Ligo/Virgo* ont identifié quatre nouvelles détections d'ondes gravitationnelles. Le catalogue contient désormais onze événements, dont un est dû à la coalescence de deux étoiles à neutrons. Les dix autres correspondent à la fusion de deux trous noirs. Ces chocs titanesques ont fait vibrer l'espace-temps sous la forme d'ondes parvenues jusqu'à nous. Les interféromètres *Ligo* et *Virgo*, en cours de travaux d'amélioration, se remettront à écouter l'Univers au début de 2019. La moisson sera, à n'en pas douter, exceptionnelle.

cité
sciences
et industrie

l'année 2018 en sciences

rétro-actu

samedi 12 janvier
— à 14h30

© P. Gros

Retour sur les événements scientifiques qui ont marqué l'année 2018.

Une rétrospective en images illustrant les découvertes de l'année, qui ont fait bouger les lignes des connaissances ou qui ont ouvert des voies à des applications inédites. Un décryptage des découvertes majeures de l'année par des chercheurs et des journalistes, pour en comprendre la portée scientifique et analyser leur impact médiatique.

Il sera notamment question de l'introduction accidentelle en France d'un ver plat géant, nouvelle menace pour la biodiversité des sols, ainsi que des dernières avancées dans les domaines de l'astronomie, de la santé ou encore des technologies.

Une rencontre proposée par le magazine *Science Actualités* et les Conférences d'Universcience en collaboration avec les étudiants du master Journalisme culture et communication scientifiques de l'université Paris Diderot.

AVEC LE SOUTIEN DE **FORUM LA SCIENCE**

ÉVOLUTION

SANS DENTS NI FANONS

Si les baleines bleues ont des fanons (lames cornées qui garnissent la mâchoire supérieure) pour filtrer l'eau et attraper leurs proies, leurs ancêtres lointains avaient des dents. Dès lors, comment les fanons sont-ils apparus? Une hypothèse est que des ancêtres intermédiaires auraient eu à la fois des dents et des fanons. Carlos Peredo, de l'université George-Mason, aux États-Unis, et ses collègues ont une autre proposition.

Ces chercheurs ont étudié un fossile de baleine vieux de 33 millions d'années et d'un nouveau genre, *Maiabalaena*. Cet animal n'aurait eu ni dents ni fanons. Carlos Peredo et ses collègues suggèrent donc que les baleines auraient perdu leurs dents avant l'apparition des fanons. Mais alors, comment se nourrissait *Maiabalaena*? Par aspiration, supposent les chercheurs. ■

S. B.

C. Peredo et al., *Current Biology*, vol. 28, pp. 1-9, 2018

CHIMIE

UN REVÊTEMENT QUI RAFRAÎCHIT

La climatisation des bâtiments représenterait 10% de la consommation électrique mondiale. Face à ce souci économique et écologique, une solution serait d'utiliser des matériaux passifs qui réfléchissent la lumière du soleil et rayonnent dans l'infrarouge, de quoi réémettre plus d'énergie qu'ils n'en absorbent et ainsi avoir une température réduite par rapport à l'air ambiant.

Les revêtements réfrigérants actuels sont chers et fragiles. D'autres, sous forme de polymères contenant des pigments et appliqués comme une peinture, sont peu efficaces. Mais Jyotirmoy Mandal, de l'université Columbia, aux États-Unis, et ses collègues ont eu l'idée de leur retirer les pigments, à l'aide d'un solvant. Les pores vides ainsi obtenus modifient les propriétés optiques des polymères, qui réémettent alors efficacement le rayonnement: suivant les conditions atmosphériques, les chercheurs obtiennent une diminution de 4 à 6 °C de la température du matériau par rapport à l'air ambiant. ■

MARTIN TIANO

J. Mandal et al., *Science*, vol. 362, pp. 315-319, 2018

ÉTHOLOGIE

UN PROCESSUS CULTUREL CHEZ LA DROSOPHILE



Dans les expériences réalisées, une femelle choisit librement entre des mâles peints en vert (comme ici) ou en rose. D'autres femelles observent la copulation et copieront le choix effectué.

L'espèce humaine est foncièrement culturelle, mais elle n'est pas la seule à présenter de tels traits. Ce phénomène a été observé chez quelques oiseaux et quelques mammifères. De façon générale, la culture est définie comme un ensemble de traits et de comportements qui se transmettent par imitation, sous la forme d'un apprentissage social, et qui ne sont imputables ni à des variations génétiques ni à des conditions environnementales. La drosophile femelle est connue pour copier les préférences sexuelles de ses congénères après les avoir observées s'accoupler. Mais s'agit-il d'un trait culturel? Sabine Nöbel et Étienne Danchin, de l'université de Toulouse, et leurs collègues ont montré que c'est très probablement le cas.

Les chercheurs ont réalisé diverses expériences où, de façon générale, des drosophiles femelles choisissaient librement entre des mâles marqués de vert ou de rose, tandis que d'autres femelles observaient le choix opéré. Ils ont ainsi constaté que le comportement des femelles observatrices présente un aspect culturel: ces mouches tendaient à reproduire le choix de partenaire (rose ou vert) effectué par la majorité des femelles observées, ce qui est une forme de conformisme culturel.

Sabine Nöbel et ses collègues ont ensuite étudié comment ce trait de préférence sexuelle perdurait le long de chaînes de transmission où les observatrices deviennent ensuite les démonstratrices. Ils ont montré que le trait de préférence sexuelle pouvait se maintenir sur huit pas de transmission, mais s'estompait pour des raisons statistiques: la probabilité que plus de la moitié d'un groupe de démonstratrices dans l'expérience (six drosophiles) fasse une «erreur de choix» est relativement élevée. L'équipe a réalisé une simulation numérique qui s'accorde avec les observations et qui montre que la préférence sexuelle acquise perdure longtemps quand la taille du groupe atteint plusieurs dizaines d'individus. ■

S. B.

E. Danchin et al., *Science*, vol. 362, pp. 1025-1030, 2018