

2



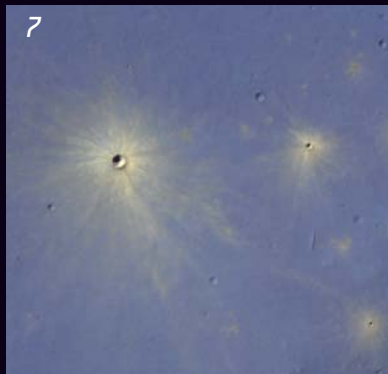
© NASA/JPL-Caltech/Cornell/ASI (à droite)/UMN (à gauche)



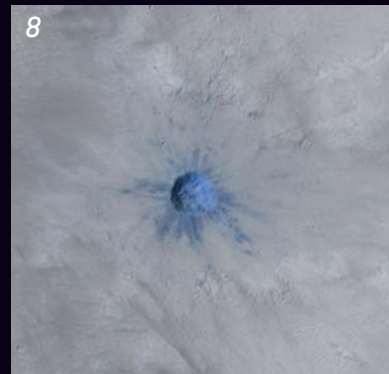
6



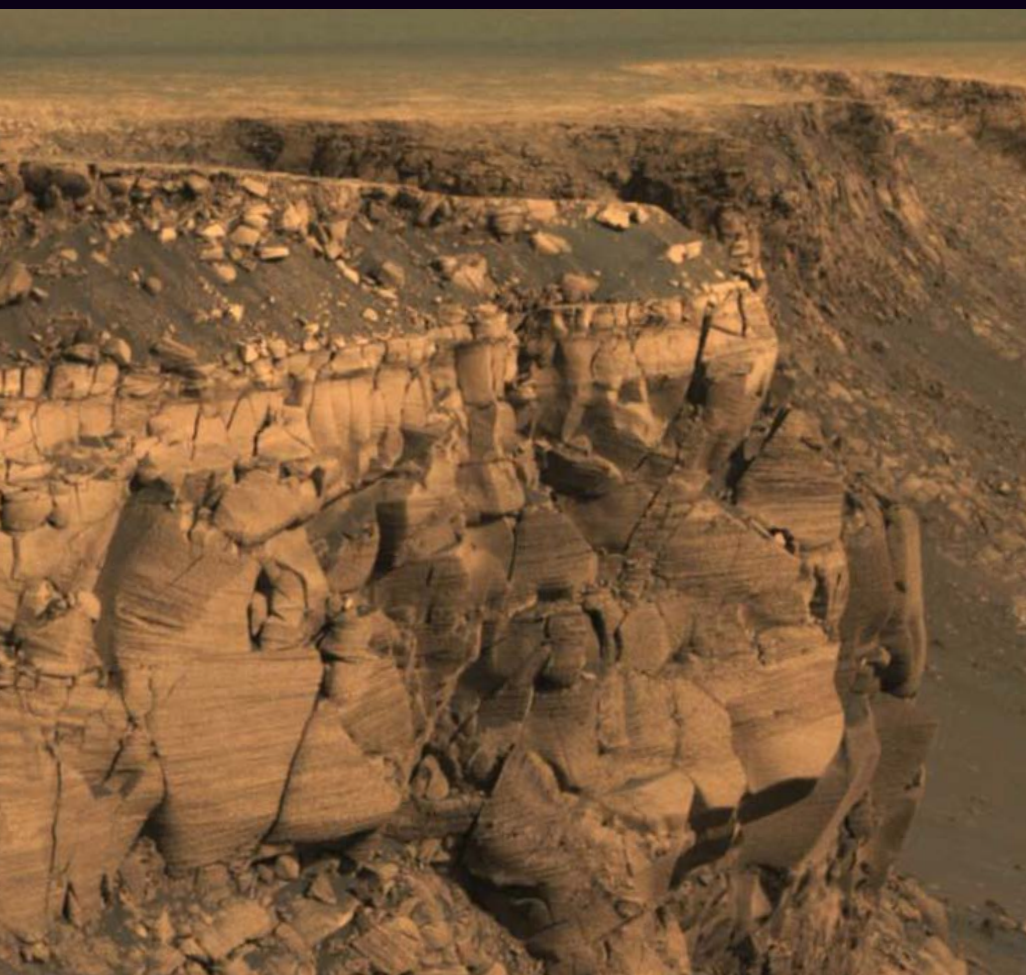
7



8

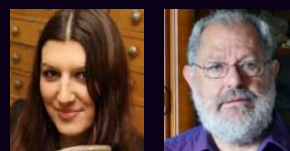


© NASA/JPL Université d'Arizona



© NASA/JPL/Cornell

■ LES AUTEURS



Jessica FLAHAUT est postdoctorante à la Faculté des sciences de la Terre et du vivant de l'Université libre d'Amsterdam.

Pierre THOMAS est géologue au Laboratoire de géologie de Lyon (LGL-TPE) et professeur à l'École normale supérieure de Lyon. Il est le responsable scientifique d'un site traitant de l'actualité scientifique et géologique sur Mars.

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/ressources/dossiers-thematiques/nouvelles-mars>

Par-delà l'horizon

À ses débuts, la théorie quantique a semblé imposer des limites à la science et aux techniques.

L'exemple du calcul quantique montre qu'au contraire, de nouveaux horizons s'ouvrent.

Au XIX^e siècle, quelqu'un, probablement Camille Flammarion, a représenté la quête de la connaissance par une gravure. Agenouillé dans un paysage terrestre stylisé, un voyageur passe la tête à travers le firmament, là où ciel et terre se rencontrent, et contemple l'inconnu (*voir la figure page 53*). Un temps réputée issue de la Renaissance, la « gravure sur bois de Flammarion » invite à deux interprétations diamétralement opposées de ce qu'est la connaissance.

Selon la première, elle n'est limitée que par une barrière imaginaire que l'activité scientifique finit toujours par franchir ; selon la seconde, la connaissance est limitée par une barrière véritable que l'on ne peut franchir que par l'imagination. Dans cette dernière vision, nous serions donc enfermés à l'intérieur de la bulle finie de ce qui nous est familier. Nous ne pouvons

donc espérer comprendre que le monde de notre expérience directe, tandis que ce qui se trouve à l'extérieur de la barrière reste inaccessible à la compréhension et à l'explication. L'activité scientifique ne fait-elle que nous dévoiler l'impossibilité de dépasser notre horizon habituel, ou transcende-t-elle la bulle du familier pour révéler des horizons nouveaux ? Nous allons voir que, dans le domaine du calcul, elle nous a amenés à franchir la barrière infranchissable que semblait constituer l'horizon quantique derrière lequel se trouve le monde microscopique.

Pour beaucoup, la théorie quantique montrerait clairement que c'est la seconde vision – la vision pessimiste de la connaissance – qui s'impose. Les théoriciens ont très tôt enseigné à son propos une irrationalité délibérée : « Si vous pensez que vous comprenez la théorie quantique, c'est que vous

ne la comprenez pas. » « Vous n'avez pas le droit de poser cette question. » « La théorie est insondable, et donc le monde aussi. » « Les choses sont comme cela, sans raison ni explication. » Voilà le genre de phrases qu'on lisait dans les manuels de physique quantique et les textes de vulgarisation...

Pour autant, les avancées des dernières décennies contredisent ces allégations. Depuis que la théorie quantique existe, les physiciens ont souvent pensé que des obstacles en découlent, qui empêchent d'exploiter la nature quantique aussi facilement que la physique classique (non quantique) nous a habitués à le faire. Toutefois, aucun de ces obstacles ne s'est jamais concrétisé. Au contraire, la théorie quantique s'est révélée libératrice. Loin d'être limitantes, les propriétés fondamentalement quantiques telles que la superposition des états, leur intrication, la quantification et l'aléatoire se sont montrées d'une grande fécondité. Grâce à elles, toutes sortes de dispositifs aux effets presque miraculeux, tels les lasers, les circuits intégrés, les horloges atomiques, etc., ont été mis au point.

Et ce n'est que le début. Nous allons exploiter de plus en plus les phénomènes quantiques au sein de systèmes de communications et de calcul d'une puissance

quantique

David Deutsch et Artur Ekert

jusque-là inconcevable. Nous sommes en train de découvrir de nouvelles façons d'exploiter la nature et de produire du savoir.

En 1965, Gordon Moore, l'un des fondateurs d'Intel, prédisait que le nombre de transistors par microprocesseur doublerait tous les deux ans environ. Cette «loi de Moore» reste vérifiée depuis plus d'un demi-siècle... Pour autant, il était déjà clair en 1965 qu'elle trouverait une limite physique lorsqu'on s'approcherait de l'échelle atomique. Et après ? Après, les ingénieurs entreraient dans le domaine de l'inconnu.

Par-delà l'incertitude

De même, dans la vision usuelle de la théorie quantique, le principe d'incertitude de Heisenberg est censé représenter un horizon de l'inconnaissable, même avec toute la technique du monde. Il édicte en effet que plus notre connaissance d'une certaine propriété d'un système est précise, plus notre connaissance de certaines autres propriétés du même système sera imprécise. La détermination précise de la position d'une particule, par exemple, implique que celle de sa vitesse devient imprécise. Ce qui ne peut être connu ne pouvant être maîtrisé, les tentatives de

L'ESSENTIEL

■ **Le caractère quantique des phénomènes microscopiques était censé limiter la précision des observations qui y sont possibles.**

■ **Enracinée dans certaines visions philosophiques, cette idée est erronée.**

■ **Certains traits des phénomènes quantiques peuvent être observés avec une précision absolue, par exemple afin de créer des bits et exécuter des calculs binaires.**

■ **Les phénomènes quantiques peuvent aussi être exploités pour de nouveaux types de calculs, voire de raisonnements.**

© Shutterstock/DrHilch

manipulation d'objets microscopiques semblent donc se heurter à un aléa sous-jacent, à des corrélations (des rapports entre phénomènes) inexplicables en physique classique et à d'autres remises en question de la hiérarchie temporelle entre causes et effets. Dès lors, une conclusion incontournable semble s'imposer : la fin du progrès des techniques de l'information ne saurait qu'être proche.

Aujourd'hui pourtant, des physiciens contrôlent de façon routinière divers phénomènes quantiques et ils ne se heurtent pas à de telles barrières. Ils codent de l'information à l'aide d'atomes ou de particules élémentaires, puis, en dépit du principe d'incertitude, la traitent avec une extrême précision. Ils créent ainsi des fonctionnalités qui ne pourraient être réalisées autrement. De quoi s'agit-il ?

Examinons d'abord le bit classique, c'est-à-dire la brique de base de l'information telle qu'on la conçoit classiquement. Pour un physicien, un bit est un système physique qui peut être placé dans l'un de deux états, représentant deux valeurs logiques, oui ou non, vrai ou faux, et que l'on note 1 ou 0. Dans les ordinateurs dits classiques, un bit peut correspondre à la présence ou à l'absence d'une charge dans