

Pour le physicien, les mémoires quantiques sont vraiment fascinantes. Il est étonnant de pouvoir manipuler l'état quantique de photons uniques avec une telle précision. Par ailleurs, par l'échange de photons, il est possible d'intriquer des mémoires quantiques, des objets macroscopiques qui, à terme, seront à une centaine de kilomètres l'un de l'autre !

Pour les communications à longue distance, qu'en est-il de l'approche consistant à utiliser des satellites ?

Dans ce domaine, la Chine a une longueur d'avance. Elle n'hésite pas à prendre des risques, à investir et à mettre à disposition de ses chercheurs des moyens extraordinaires. Elle a ainsi rattrapé et dépassé les pays occidentaux. L'Europe commence seulement à réagir à cette concurrence. Il faut aussi souligner une différence cruciale de stratégie. L'État chinois est le premier client de ces développements, il soutient activement leur développement. En Europe, on demande au secteur privé d'être porteur. Mais les investissements sont encore lourds et les entreprises restent un peu frileuses. Historiquement, il faut rappeler que le succès phénoménal de l'internet classique n'a été possible que grâce à l'investissement des États et des entreprises nationales. Depuis, tous les grands opérateurs téléphoniques ont été privatisés...

Pour revenir à la Chine, en 2016, ce pays a mis en orbite le satellite *Micius*, dans le cadre de la mission scientifique *Quess*, sous la direction de Jian-Wei Pan, de l'Académie chinoise des sciences. En 2017, le satellite a servi de nœud de confiance dans une communication chiffrée entre Vienne, où Jian-Wei Pan a fait son doctorat, et Pékin.

Le satellite peut-il réaliser une distribution quantique de clé ?

Oui. En 2020, *Micius* a envoyé des paires de photons intriqués à deux stations en Chine, à Nanshan et Delingha, distantes de 1120 kilomètres l'une de l'autre. Les chercheurs chinois ont ainsi battu le record de distance pour une distribution quantique de clé sans nœud de confiance.

On peut aussi imaginer d'utiliser le satellite comme un répéteur quantique, mais il y a une contrainte importante : le satellite doit voir en même temps les deux stations au sol. Or un satellite comme *Micius* se situe en orbite basse, à moins de 600 kilomètres d'altitude ; son horizon est donc limité. Pour une communication entre les États-Unis et l'Europe par exemple, il faudrait une mémoire quantique capable de retenir un photon pendant plusieurs dizaines de minutes, voire une heure !

En outre, pour l'instant, cette technique est loin d'être parfaite. Les photons sont absorbés en grand nombre par l'atmosphère. Même dans

l'expérience de 2020, alors que le satellite produisait 6 millions de paires intriquées par seconde, le flux d'information n'était que de 0,12 bit par seconde. L'équipe de Jian-Wei Pan travaille au développement de sources plus intenses pour compenser ce débit très faible. D'autres pays sont aussi dans la course pour développer des satellites de communication quantique. Et des entreprises privées envisagent aussi des constellations de satellites opérant comme des nœuds de confiance.

Que manque-t-il encore pour construire l'internet quantique ?

Il ne faut pas négliger l'aspect logiciel. Il faudra mettre en place des protocoles capables de gérer les flux de données, de les envoyer au bon endroit, transmettre les informations des couches physiques aux applications, etc.

Le succès de l'internet classique vient en partie de l'uniformisation des protocoles. Aujourd'hui, chaque laboratoire et chaque entreprise a développé ses propres méthodes de communication quantique. L'Union internationale des télécommunications, sous l'égide des Nations unies, la Commission européenne (avec un consortium d'entreprises et d'instituts de recherche) et d'autres commencent à travailler sur le cas des communications et de l'internet quantique pour que tout le monde parle le même langage.

En dehors de la sécurité des communications, que peut-on attendre d'autre de l'internet quantique ?

L'internet quantique est un défi technique incroyable. Il est aussi, pour le physicien, un problème fascinant qui soulève des questions conceptuelles nouvelles (voir l'article pages 28 à 38). Il suscite également des attentes importantes concernant les ordinateurs quantiques. En téléportant l'information d'un ordinateur quantique à l'autre, l'internet quantique nous permettra d'exploiter pleinement l'association de ces machines pour décupler leur puissance.

Parmi les promesses des ordinateurs quantiques, si l'on parvient à manipuler assez de qubits, il sera possible de simuler des molécules complexes afin de développer de nouveaux médicaments ou des matériaux innovants. L'un des grands défis de l'humanité est la production d'énergie. Pour l'instant, nous n'arrivons pas à exploiter la lumière du soleil avec autant d'efficacité que la nature. Peut-être qu'avec les ordinateurs quantiques reliés par l'internet quantique, il sera possible de percer les secrets de la photosynthèse et d'améliorer les rendements des panneaux solaires. On en est encore loin, mais cet exemple montre que les enjeux sont énormes.

Propos recueillis par Sean Bailly

à lire



THEMA L'ordinateur quantique. Promesses et réalité

Quel est le principe des ordinateurs quantiques ? Quelles performances en attend-on ? Quels sont leurs enjeux ? Comment va-t-on les réaliser ? Le point dans ce n° 18 de la collection « Thema »

**En vente sur notre site
uniquement :**
boutique.pourlascience.fr

BIBLIOGRAPHIE

J. Yin *et al.*, **Entanglement-based secure quantum cryptography over 1,120 kilometres**, *Nature*, vol. 582, pp. 501-505, 2020.

S. Wehner *et al.*, **Quantum internet : a vision for the road ahead**, *Science*, vol. 362, article eaam9288, 2018.

M. Afzelius, N. Gisin et H. de Riedmatten, **Quantum memory for photons**, *Physics Today*, vol. 68, pp. 42-47, décembre 2015.

N. Gisin, **L'impensable hasard**, Odile Jacob, 2012.

H. J. Kimble, **The quantum internet**, *Nature*, vol. 453, pp. 1023-1030, 2008.