

BIBLIOGRAPHIE

A. Tilloy, **Et si la gravité n'était pas quantique ?**, *Pour la Science*, n° 495, janvier 2019.

F. Laloë, **Comprenons-nous vraiment la mécanique quantique ?**, EDP Sciences/CNRS Éditions (2^e édition), 2018.

S. Bose et al., **A spin entanglement witness for quantum gravity**, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 119(24), article 240401, 2017.

G. Ghirardi, **Collapse theories**, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, E. N. Zalta (ed.), 2016.

C. Rovelli, **Par-delà le visible : la réalité du monde physique et la gravité quantique**, Odile Jacob, 2015.

Roger Penrose a suggéré que la réduction dynamique puisse être un phénomène d'origine gravitationnel. Cette idée repose sur un fait étrange et intrigant : l'échelle de longueur naturellement associée à la gravitation quantique (la «longueur de Planck») est extrêmement petite et l'échelle d'énergie (l'«énergie de Planck») est extrêmement grande, mais l'échelle de masse naturellement associée à la gravitation quantique (la «masse de Planck») est de l'ordre du microgramme, valeur curieusement proche de celle qui distingue les systèmes «petits» (où les effets quantiques sont manifestes) des systèmes «grands», au comportement classique, non quantique. S'agit-il d'une coïncidence ou de l'indice d'un lien profond entre la gravitation et le problème de l'interprétation de la physique quantique ? Nous ne le savons pas encore.

UNE NOUVELLE GÉNÉRATION D'EXPÉRIENCES

Des indices utiles pourraient venir d'expériences en laboratoire qui sont à l'étude et seront peut-être réalisées dans un futur proche. Trois équipes ont ainsi récemment proposé des protocoles qui mettront à l'épreuve la nature quantique de la force gravitationnelle (voir l'encadré page 34). Le groupe autour de Markus

Aspelmeyer, de l'université de Vienne, en Autriche, et Sugato Bose, de l'University College, à Londres, et indépendamment Chiara Marletto et Vlatko Vedral, de l'université d'Oxford, ont proposé des expériences capables de mettre en évidence une superposition quantique de deux géométries différentes de l'espace-temps.

L'idée est d'observer l'intrication quantique de deux particules après avoir mis chacune d'elles dans une configuration qui serait la superposition quantique de deux positions différentes. L'intrication serait alors causée par la superposition quantique de deux versions de la géométrie de l'espace-temps, dues aux différentes positions des particules.

Si l'expérience devait montrer que l'espace-temps ne peut pas se mettre dans une superposition quantique d'états, cela indiquerait une relation nouvelle et profonde entre gravitation et quantique, peut-être le long des idées suggérées par Roger Penrose. Si, au contraire, dans le cas que nous pensons le plus probable, l'effet d'intrication est observé, alors celui-ci témoignerait que notre monde n'est pas dessiné sur la toile d'un espace-temps donné : il serait lui-même sujet aux mystères de la physique quantique. ■

Direction des relations avec les entreprises

cnrs

formation entreprises

Organisme de formation continue



250 formations technologiques courtes proposées par le CNRS dans ses laboratoires de recherche

pour les chercheurs, ingénieurs et techniciens



Domaines de formation

Big data et IA, génie logiciel, sciences de l'ingénieur, chimie, biologie, microscopie, urbanisme, enjeux sociétaux... et plus encore

+ de **1600 stagiaires** en 2018



Depuis 80 ans, nos connaissances bâtissent de nouveaux mondes

Découvrez nos stages sur
cnrsformation.cnrs.fr



contact : cfe.contact@cnrs.fr ou +33 (0)1 69 82 44 55

@CNRS_CFE

PASCALE SENELLART-MARDON

est directrice de recherche au CNRS et chercheuse en nanophotonique au Centre de nanosciences et de nanotechnologies du CNRS et de l'université Paris-Saclay. Avec deux ex-étudiants, elle a cofondé la société Quandela qui produit des sources de photons uniques pour l'ordinateur et les communications quantiques, dispositif qui a valu à cette start-up le grand prix i-Lab 2018, concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes.



L'ordinateur quantique devient un enjeu politique

Depuis plus de vingt ans, l'idée d'ordinateurs opérant sur des bits quantiques et non classiques, qui permettraient de faire des calculs aujourd'hui impossibles, stimule les imaginations et les recherches. S'est-on rapproché de l'objectif? Le point avec Pascale Senellart-Mardon, physicienne à la frontière de la recherche fondamentale et de la technologie.

Pouvez-vous nous rappeler ce qu'est un ordinateur quantique ?

C'est une machine «intriquante», c'est-à-dire un dispositif qui exploite la possibilité de superposer et d'intriquer les états quantiques de plusieurs systèmes physiques – c'est-à-dire de les lier de façon très étroite, spécifique à la physique quantique – afin de mettre en œuvre des calculs hors de portée des ordinateurs actuels.

D'où vient la puissance calculatoire particulière que vous évoquez ?

Pour le faire ressentir, j'aime bien utiliser cette métaphore : rechercher la solution d'un problème revient à essayer de faire traverser un labyrinthe complexe par un personnage.

Si c'est un ordinateur classique qui aide ce personnage, il lui fera, à chaque embranchement, essayer toutes les voies, rebrousser chemin au bout de chaque cul-de-sac, puis recommencer jusqu'à trouver la sortie. Il se peut que, par chance, le personnage trouve vite comment traverser, mais il se peut aussi qu'il meure avant que l'exploration systématique ne lui ait révélé la sortie du labyrinthe...

Si c'est un ordinateur quantique qui assiste le personnage, il le «superposera», à chaque embranchement, à un *alter ego* qui explorera l'autre voie. En d'autres termes, on aura simultanément l'état représenté par le personnage allant à gauche et l'état d'un *alter ego* allant à droite. Résultat : en une passe, l'ordinateur quantique fait essayer en parallèle toutes les voies au personnage. Il construit ainsi un état qui superpose tous les états d'*alter ego* effectuant tous les parcours possibles, y compris celui qui permet de traverser. Un témoin présent à la sortie permettra alors d'extraire, parmi la multitude d'*alter ego*, celui qui aura traversé le labyrinthe – autrement dit la solution au problème posé.

Cela revient en somme à une forme de parallélisme massif...

Exactement, un parallélisme massif et inhérent à une propriété subtile du monde quantique : l'existence d'états qui sont des superpositions de plusieurs états quantiques de base d'un certain système physique. Une autre façon de paralléliser consiste à «intriquer» l'état d'un système physique avec celui d'un autre, l'intrication étant un lien spécifiquement quantique, qui subsiste quelle que soit la distance séparant les deux systèmes. J'insiste sur un point : puisqu'il fonctionne sur un principe différent, l'ordinateur quantique ne remplacera pas l'ordinateur classique, mais il le complétera quand un problème sera hors de sa portée...

Quels types de problèmes dépassent l'ordinateur classique ?

Si nous disposions d'un ordinateur quantique, nous pourrions, de manière générale, résoudre

bien plus vite tous les problèmes d'optimisation, ceux où il faut rechercher une solution parmi un très grand nombre de possibilités. Par exemple, cette capacité pourrait nous aider à développer bien plus vite des molécules thérapeutiques, à réaliser des simulations pour trouver enfin la formule d'un supraconducteur à vraiment haute température, à faire de meilleures prévisions météorologiques, à optimiser les investissements financiers, etc.

Mais l'exemple emblématique est un problème arithmétique : avec un ordinateur quantique, on pourrait décomposer un très grand nombre en ses facteurs premiers beaucoup plus vite. Cela bouleverserait la cryptographie, puisque la sécurité du chiffrement RSA, le plus utilisé aujourd'hui, repose sur l'impossibilité, avec un ordinateur classique, d'effectuer la même tâche en un temps raisonnable.

Et où en sommes-nous ? Quels sont les obstacles à surmonter pour construire un ordinateur quantique ?

Vaste question ! Disons pour commencer que les théoriciens qui développent l'algorithmique quantique supposent de pouvoir disposer d'un certain nombre de bits quantiques, ou qubits (pour *quantum bits*). Un qubit est l'équivalent concret du personnage superposable que j'évoquais plus haut. Un bit classique ne peut valoir que 0 ou 1. Un qubit, lui, a deux états de base notés $|0\rangle$ et $|1\rangle$, et il peut être dans une superposition des deux, c'est-à-dire dans un état de la forme $a|0\rangle + b|1\rangle$. Ensuite, l'étape de calcul va créer des liens d'intrications multiples entre différents qubits, liens qui contribuent au parallélisme et permettent d'aboutir au résultat très efficacement.

Un ordinateur quantique consiste donc en un étage constitué d'un ensemble de qubits et en un étage qui effectue un calcul ?

Oui, comme dans un ordinateur classique, dans un ordinateur quantique, le calcul suppose l'assemblage d'un certain nombre de portes logiques, mais les portes logiques quantiques intriquent les qubits entre eux... Aujourd'hui, la difficulté technique essentielle à franchir pour obtenir un ordinateur quantique est triple : 1) disposer d'un grand nombre de qubits ; 2) parvenir à les combiner en des états intriqués ; 3) maintenir la cohérence de ces états assez longtemps pour que les calculs puissent aller à leur terme.

Ainsi, il faut d'abord avoir des qubits. Par quelles techniques y parvient-on ?

Il en existe de l'ordre d'une vingtaine, je crois, mais quatre filières font l'objet d'un développement intense. La plus avancée est celle des ions piégés, dans laquelle deux groupes mènent la course en tête : celui de Rainer Blatt, à >

> l'université d'Innsbruck, en Autriche, et celui de Chris Monroe, à l'université du Maryland, aux États-Unis.

La technologie des ions piégés est la mise en pratique de nos anciennes expériences de pensée de physique quantique: on réalise des dispositifs où des champs électriques et magnétiques piègent des ions disposés en série les uns à côté des autres; chaque ion, *via* l'état d'énergie d'un électron, constitue un qubit. Une impulsion laser appropriée permet de modifier l'état électronique d'un ion, pour en faire une superposition des états $|0\rangle$ et $|1\rangle$. Ensuite, l'enjeu est de construire des portes logiques quantiques qui, en pratique, intriquent les états des ions entre eux en jouant sur leurs fréquences d'oscillation dans leur piège commun.

Cette filière est très avancée puisque, pour faire des calculs, on dispose de temps de cohérence de quelques minutes, ce qui est très long. En théorie, cela permet d'empiler beaucoup de portes logiques... ce qui veut dire beaucoup d'opérations.

Combien de qubits contiennent les ensembles d'ions piégés que l'on a obtenus ainsi ?

Des annonces tapageuses dans les médias ont fait état de 70 qubits, mais seul est pertinent le nombre de qubits que l'on peut combiner tout en maintenant la cohérence quantique assez longtemps pour réaliser un calcul. De ce point de vue, le bon chiffre serait plutôt entre une quinzaine et une vingtaine... ce qui est aussi vrai des autres filières avancées d'aujourd'hui, que celles-ci exploitent des atomes ou des atomes artificiels.

Des atomes artificiels ? C'est-à-dire ?

Dans la filière des ions piégés, les qubits sont des états d'énergie d'électrons atomiques. Dans les autres filières dominantes, il s'agit aussi d'états d'énergie d'électrons, mais d'électrons liés à des «atomes artificiels», c'est-à-dire à de petits dispositifs microscopiques conçus pour lier une telle particule. Dans deux des autres filières, par exemple, les électrons sont liés soit au sein de petites boucles de courant en milieu supraconducteur, soit au sein de «boîtes quantiques» réalisées dans du silicium – de minuscules structures où l'électron est confiné.

Tandis que Google et IBM mènent la danse dans la première filière, des équipes des Pays-Bas, d'Australie et des États-Unis la mènent dans la deuxième. Des chercheurs du CEA et du CNRS à Grenoble s'y sont aussi lancés en 2016. Bref, dans ces filières, on a reconstitué au sein d'atomes artificiels l'équivalent d'une échelle des états d'énergie d'électrons atomiques. La très grande subtilité technique de la construction et du maintien en cohérence

des superpositions d'états en milieu solide a limité jusqu'à présent le nombre de qubits atteint: il est d'environ 20 dans le cas des dispositifs supraconducteurs, et de 2 dans le cas des boîtes quantiques en silicium...

Seulement 2 ? Pourquoi alors poursuivre dans cette voie ?

Ce nombre modeste de qubits du côté du silicium reflète le grand défi à relever pour que cette technologie soit viable: trouver le moyen d'augmenter le nombre de qubits intriqués. Pour autant, comme cette filière s'appuie sur la technologie CMOS qui sert à produire les microprocesseurs actuels, son potentiel industriel est grand et il est donc important de l'explorer. Si l'on parvenait à intriquer un grand nombre de qubits réalisés en semi-conducteurs, on aurait toute facilité pour les produire par millions...

Mais les intriquer en grand nombre ne suffit pas ; ne faut-il pas aussi réussir à conserver la cohérence des états correspondants ?

Oui, il y a aussi un défi du côté de la cohérence, comme dans tout système à l'état solide, mais le défi est aussi du côté de la «connectivité», c'est-à-dire la capacité à intriquer des qubits qui sont distants les uns des autres. Pour l'instant, l'état de l'art avec le silicium consiste à intriquer une boîte quantique avec sa plus proche voisine seulement !



Il faut maintenir la cohérence quantique assez longtemps pour réaliser un calcul



Existe-t-il une autre filière où l'on peut espérer intriquer un grand nombre de qubits sans perdre trop rapidement leur cohérence ?

La mienne, peut-être, qui est celle de l'ordinateur quantique optique. Dans cette voie, les qubits sont par exemple les états de polarisation de photons uniques, photons que l'on combine en les introduisant simultanément à l'entrée d'un circuit optique effectuant le calcul. Les portes logiques quantiques peuvent être réalisées à base de miroirs, de lames



semi-transparentes, c'est-à-dire de séparateurs de faisceau et autres déphaseurs, le tout relié à des détecteurs *via* un réseau de fibres optiques. Or les états photoniques peuvent voyager très loin sans perdre leur cohérence; donc, si l'on parvient à éviter les pertes, on peut réaliser un grand nombre de portes logiques. Et, ce qui ne gâche rien, les ordinateurs quantiques optiques sont évidemment compatibles avec les réseaux de communication optique.

Tout semble donc aller pour le mieux dans ce monde photonique ?

Sauf qu'il y a une difficulté de taille... Lorsqu'on effectue un calcul, il existe une probabilité élevée de n'aboutir à aucun résultat. Cela tient au principe des portes logiques qui utilisent des séparateurs de faisceau. Comme, à chaque séparateur, les photons intriqués ont 50% de chance de ne pas être transmis par la voie qui, après beaucoup d'autres embranchements, mènera au détecteur, il se peut qu'aucun signal ne sorte. Pour reprendre l'image de tout à l'heure, tout se passe comme si l'étage de calcul était un labyrinthe dont la traversée résout un problème difficile, mais qu'à chaque embranchement, le candidat perd la moitié de sa substance – de son intensité lumineuse utile – quand

La société IBM construit les premiers ordinateurs quantiques à base de circuits supraconducteurs, le dernier en date étant le Q System One (*ci-dessus*), qui a 20 qubits. IBM propose par ailleurs une plateforme en ligne où ses utilisateurs peuvent y faire fonctionner des processeurs quantiques de quelques qubits. L'objectif de cette initiative est d'accumuler de l'expérience dans l'exécution d'algorithmes afin d'explorer les possibilités de l'informatique quantique.

il se dédouble en un état superposé de son *alter ego* et de lui-même... Autrement dit, au bout d'un moment, on va perdre trop de lumière pour parvenir à faire le calcul.

La probabilité d'avoir un signal en sortie diminue donc avec le nombre de portes logiques. C'est un obstacle sérieux...

Oui, mais nous avons des solutions pour affronter cette difficulté. Des théoriciens ont trouvé d'autres moyens de faire des calculs à grande échelle: on ne partira plus d'états à un photon, mais, pour limiter le nombre de portes logiques, d'états intriqués à plusieurs photons. Cette autre façon de calculer repose sur une autre architecture de calcul quantique, dite «fondée sur la mesure».

Finalement, cette filière de l'ordinateur quantique et optique est-elle prometteuse ?

Elle a semblé au point mort pendant longtemps, parce que pour produire les états superposés de départ, il faut des sources de photons à la fois uniques – arrivant seuls – et absolument identiques – de même fréquence. Or les sources dont nous disposions dans le passé étaient si peu efficaces qu'il fallait pratiquement deux ou trois ans, le temps d'une thèse de doctorat, avant de parvenir à exécuter un petit calcul. ➤

> Et pourquoi la situation a-t-elle changé ?

Parce que mon équipe au Centre de nanosciences et de nanotechnologies a réussi à mettre au point un petit composant presse-bouton, qui peut émettre à volonté des photons un par un. Pour aller vite, nous avons mis une boîte quantique – un atome artificiel donc, où un électron ne peut occuper que certains niveaux d'énergie – à l'intérieur d'une cavité optique. Comme pour tous les atomes, si on excite cet atome artificiel, il va en se désexcitant émettre un seul photon, mais dans une direction quelconque. Ici, la cavité et les miroirs qui la constituent ont été choisis de telle façon qu'ils augmentent la probabilité que la lumière se concentre dans une direction donnée. En d'autres termes, grâce à la cavité, on contrôle l'«émission spontanée» de l'atome.

Sans cavité optique, tout se passe comme si l'énergie lumineuse émise par l'atome artificiel sortait d'une grande baignoire par une infinité de petits trous. Avec la cavité optique, on ajoute en pratique un énorme trou dans la baignoire... et naturellement la majorité de l'énergie lumineuse va maintenant s'écouler par ce trou. Il nous suffit alors de la collecter, avec une fibre optique. Notre «baignoire», les miroirs qui la constituent et la boîte quantique qu'elle contient forment une petite structure monolithique en semi-conducteur de 20 micromètres de diamètre (voir la photo ci-contre).

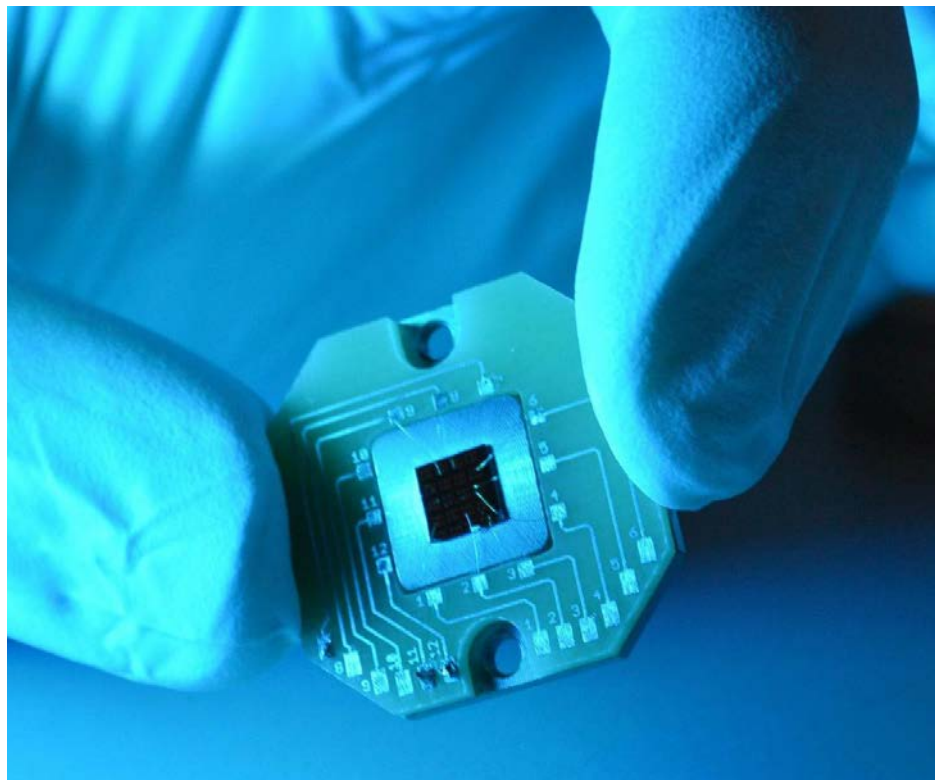
Ce qui a relancé la voie optique ?

Oui. En 2016, nous avons publié dans la revue *Nature Photonics* un article qui a eu un grand impact, puisqu'en deux ans, il a été cité plus de 400 fois. Depuis, nous sommes assaillis de demandes de chercheurs qui veulent utiliser nos sources de photons uniques pour faire du calcul quantique...

Comment réagissez-vous à cette situation ?

Comme nous ne pouvions pas faire face à toutes les demandes, avec Valérian Giesz et Niccolo Somaschi, nous avons créé la société Quandela. Mon rôle au CNRS consiste à faire de la recherche, et non à fabriquer des sources pour tous les chercheurs du monde qui en ont besoin. Maintenant, grâce à Quandela, nous pouvons leur fournir des sources qui, par rapport aux anciennes, réduisent le temps de calcul d'un milliard pour neuf qubits, c'est-à-dire ici neuf photons... Nous en avons déjà vendu en Australie, mais nous avons aussi des collaborations avec des chercheurs qui viennent dans notre laboratoire avec leur puce optique pour effectuer des calculs.

Si je comprends bien, l'aspect matériel de l'ordinateur quantique en est encore à ses débuts, bien que l'on progresse. Et pour l'aspect logiciel ? Existe-t-il déjà



des algorithmes ou des programmes pour ordinateurs quantiques ?

Les recherches dans ce domaine ont très longtemps été une activité de physiciens d'un côté, et de théoriciens faisant de l'algorithmique quantique de l'autre. Actuellement, quelque chose de nouveau apparaît : des informaticiens spécialistes des algorithmes commencent à envisager la programmation d'ordinateurs quantiques. Corrélativement, de grandes entreprises essaient de les encourager : cette année, au CES de Las Vegas, le plus grand salon d'électronique grand public du monde, IBM a ainsi présenté Q System One, un système à 20 qubits mis sur le réseau (voir la photo page précédente). Contre un abonnement onéreux, les gens qui s'intéressent au développement de logiciels quantiques peuvent s'en servir pour tester des algorithmes... La société Atos, en France, a une autre approche : en préparation de l'avènement du calcul quantique, elle a dédié un gros ordinateur classique à la simulation d'un ordinateur quantique, ce qui permet aussi de s'habituer aux calculs quantiques, de repérer les erreurs les plus dommageables, d'étudier la façon dont les utilisateurs s'y prennent...

L'Union européenne a lancé fin 2018 un « Quantum Flagship », un programme phare sur l'ordinateur et le calcul quantique. Un tournant pour la recherche européenne ?

Ce programme va financer à hauteur d'un milliard d'euros sur dix ans des projets pour

Ce dispositif commercialisé par la société Quandela émet à intervalles de temps réguliers quelque dix millions de photons infrarouges par seconde, tous identiques. En utilisant ces sources, on peut générer des jeux de photons, chacun d'eux constituant un qubit, puis les introduire au sein de circuits optiques afin d'effectuer un calcul quantique.

BIBLIOGRAPHIE

B. Zygelman,
**A First Introduction
to Quantum Computing
and Information**,
Springer, 2018.

P. Senellart et al.,
**High-performance
semiconductor quantum-
dot single-photon
sources**, *Nature
Nanotechnology*, vol. 12,
pp. 1026-1039, 2017.

M. A. Nielsen et I. L. Chuang,
**Quantum Computation
and Quantum Information**,
Cambridge University
Press, 2010.

D. Mermin, **Calculs
et algorithmes quantiques**,
EDP Sciences
et CNRS Éditions, 2010.

développer l'ordinateur quantique, les simulateurs, les communications et les capteurs quantiques, tout en maintenant un effort de recherche fondamentale. Cet investissement financier n'est finalement pas énorme, si l'on songe que la somme va se répartir sur l'ensemble de la communauté européenne. L'attribution des financements est démocratique, ce qui a du bon, mais cela empêche de concentrer l'investissement dans les projets les plus avancés. Personnellement, pour le moment, j'ai demandé dans ce cadre le financement de deux projets de recherche, mais je n'ai rien obtenu... Je n'ai pas été assez convaincante.

Il semble donc que la cavalerie européenne arrive, sans trop se presser... Comment cela se passe-t-il ailleurs ?

Je connais par exemple le cas des Chinois. En 2017, ils ont déjà secoué la communauté quantique internationale en mettant en œuvre une communication quantique depuis un satellite, alors que l'idée de faire cela avait été poussée en Europe, notamment par Anton Zeilinger, de l'université de Vienne. Les Chinois déploient déjà un réseau de communications quantiques sur des milliers de kilomètres. Au fil de nos progrès sur les sources de photons uniques, qui nous ont permis de relancer les travaux sur l'ordinateur optique, des équipes chinoises se sont engouffrées dans cette filière. Elles avancent extrêmement vite, sont fortes, ont de gros effectifs et n'ont apparemment pas de limites aux moyens qu'elles peuvent demander... Depuis peu, le chef de l'une de ces équipes explique dans les conférences que la Chine va démontrer l'avantage d'un ordinateur quantique par rapport aux plus gros calculateurs classiques grâce la technologie optique. Clairement, les Chinois ont mis un grand coup d'accélérateur sur les technologies quantiques.

Pour autant, l'ordinateur quantique est-il un objectif réaliste ? Pensez-vous que l'on arrivera

à intriquer des millions de qubits et que l'on saura maintenir la cohérence quantique assez longtemps pour effectuer de gros calculs ? Certains physiciens éminents, le Prix Nobel Serge Haroche notamment, ont déjà avancé l'idée que cela pourrait rester une utopie...

Comme tous les physiciens qui travaillent à maîtriser les effets quantiques subtils – l'intrication, la décohérence – pour rendre possible le calcul quantique, je vois l'énormité des obstacles à franchir et ils m'intimident. Quand j'y pense, j'ignore ce qui va se passer. Mais ça, c'est de la pensée linéaire, alors que nous sommes, avec tout ce qui est technologique, dans un domaine non linéaire, où l'on avance par des ruptures, comme l'illustrent les progrès permis par nos nouvelles sources de photons uniques.

Vos confrères pensent-ils comme vous ?

En 2015, j'ai participé aux États-Unis à un séminaire de réflexion sur la construction des futurs réseaux quantiques, où étaient invités des physiciens développant comme moi les composants quantiques, des théoriciens des réseaux quantiques et des gens des grandes entreprises de télécommunication, qui ont vécu la révolution de l'Internet à haut débit. Quand ils nous ont entendus rivaliser de prudence en évoquant nos difficultés pour avancer, leur message a été : « Mais arrêtez de vous prendre la tête ! Vous verrez. » De fait, même si l'on m'avait dit il y a dix ans que mon domaine ressemblerait à ce qu'il est aujourd'hui, je n'y aurais pas cru. Si l'on se rappelle où en étaient les télécommunications dans les années 1960, quand des opératrices connectaient les gens à l'aide de fiches dans des standards téléphoniques, est-ce que quelqu'un de cette époque aurait cru qu'aujourd'hui nous aurions tous à la main un petit ordinateur supercommunicant, capable de télécharger sans contact des films en quelques secondes, de synchroniser son horloge, de se connecter à un réseau mondial appelé Internet, de faire calculer à distance un trajet, de payer, etc. ?

Nous pouvons donc croire aux ordinateurs quantiques ?

Comment dire ? Le chemin que nous avons suivi pour aller du stade où nous en étions à l'époque des communications par sémaphores, au XVIII^e siècle, à celles de notre quotidien a aussi été une succession de promesses faites, d'échecs à les satisfaire, puis d'inventions d'alternatives ouvrant sur de nombreuses possibilités auparavant insoupçonnées. J'ai l'impression que dans la quête de l'ordinateur quantique, la même chose se passe... à un rythme effréné. ■

Propos recueillis
par François Savatier

**Les équipes chinoises
avancent très vite pour
démontrer l'avantage de
l'ordinateur quantique**

L'UNIVERS AVANT LE BIG BANG

- 7 dossiers rédigés par des chercheurs et des experts sur le sujet
- Une lecture adaptée sur écrans

3,99 €



Les *Thema* sont une collection de hors-séries numériques. Chaque numéro contient une sélection des meilleurs articles publiés dans *Pour la Science* sur une thématique.

Dans la collection *Thema* découvrez aussi



Pour lire votre numéro, rendez-vous dans votre compte client



boutique.pourlascience.fr/tous-les-numeros/thema.html