

- mais la démontrer solidement pourrait demander encore un certain temps.

Sommes-nous près d'atteindre la suprématie quantique ?

Selon de nombreux témoignages, Google frappe à la porte de la suprématie quantique et pourrait la démontrer bientôt. Une annonce avait déjà été faite en ce sens en 2017, avant d'être rétractée, et la nouvelle « annonce » fin septembre 2019 a relancé les spéculations. Mais un certain nombre d'autres équipes ont le potentiel pour atteindre bientôt la suprématie quantique,

du circuit, et les pièges offrent un temps de stabilité plus long pour effectuer le calcul avant que les états des qubits ne soient submergés par le bruit ambiant (on parle de décohérence). Mais les portes utilisées pour manipuler les ions sont très lentes – des milliers de fois moins rapides que les portes supraconductrices – et les ions individuels peuvent parfois s'échapper des pièges et se déplacer de façon incontrôlée.

À l'heure actuelle, les circuits quantiques supraconducteurs semblent progresser le plus rapidement. Mais de sérieux obstacles d'ingénierie se dressent devant les différentes approches. Une nouvelle avancée technologique majeure sera nécessaire avant qu'il soit possible de construire des ordinateurs quantiques dignes de ce nom. « L'informatique quantique aurait besoin d'une invention analogue au transistor – une technologie révolutionnaire qui fonctionne presque sans faille et qui soit facile à déployer à grande échelle, précise Adam Bouländ. Mais bien que les progrès expérimentaux récents aient été impressionnants, mon sentiment est que nous n'avons pas encore trouvé cette clé technologique. »

LES ORDINATEURS QUANTIQUES SERONT-ILS TOLÉRANTS AUX PANNES AVANT D'ÊTRE VRAIMENT UTILES ?

Si la suprématie quantique était démontrée, que se passerait-il ensuite ?

Si un ordinateur quantique atteint la suprématie pour un problème artificiel tel que l'échantillonnage aléatoire de circuits, la question suivante est évidente : quand pourra-t-il faire quelque chose d'utile ?

Le jalon de l'utilité est parfois nommé « avantage quantique ». « Pour une utilisation concrète – comme des services financiers, de l'intelligence artificielle ou de la chimie –, quand et comment pourra-t-on voir un ordinateur quantique faire bien mieux que n'importe quel concurrent classique connu ? », s'interroge Robert Sutor, de chez IBM, dont des clients comme JP Morgan et Mercedes-Benz ont déjà commencé à explorer les applications des puces quantiques IBM.

Un deuxième jalon serait la création d'ordinateurs quantiques tolérants aux erreurs. Ces ordinateurs seraient capables de corriger les erreurs dans un calcul en temps réel, ce qui permettrait en principe de mener des calculs quantiques sans erreur. Mais la principale proposition dans ce sens, connue sous le nom de « code de surface », exige un surcoût massif de milliers de qubits correcteurs d'erreur pour chaque qubit logique utilisé pour un calcul. La tolérance aux erreurs en informatique quantique est donc bien au-delà des capacités actuelles de la technologie. La question de savoir si les ordinateurs quantiques devront être tolérants aux pannes avant de pouvoir être vraiment utiles est ouverte. ■

notamment au sein des entreprises IBM (voir *Une suprématie contestée*, par K. Hartnett également, page 92), IonQ et Rigetti, ou à l'université Harvard.

Ces équipes suivent plusieurs approches distinctes pour construire un ordinateur quantique. Google, IBM et Rigetti explorent la piste des circuits supraconducteurs. IonQ utilise des ions piégés par des lasers. Le projet de Harvard, dirigé par Mikhail Lukin, utilise des atomes de rubidium. La démarche de Microsoft, qui implique des « qubits topologiques », paraît plus spéculative. Chaque approche a ses avantages et ses inconvénients.

Les circuits quantiques supraconducteurs ont l'avantage d'être constitués d'un matériau solide. Ils peuvent être construits avec les techniques de fabrication existantes, et leurs portes effectuent des opérations très rapides. De plus, les qubits ne bougent pas, ce qui peut être un problème avec d'autres technologies. Mais ces circuits doivent être refroidis à des températures extrêmement basses et chaque qubit d'une puce supraconductrice doit être calibré individuellement, ce qui rend difficile l'adaptation de cette technologie aux milliers de qubits ou plus qui seront nécessaires à un ordinateur quantique utile en pratique.

Les ions piégés offrent un bilan contrasté entre avantages et inconvénients. Ils sont tous identiques, ce qui facilite la fabrication

BIBLIOGRAPHIE

J. MARTINIS ET S. BOIXO, *Quantum Supremacy Using a Programmable Superconducting Processor*, *Google AI Blog*, 2019. <http://bit.ly/Goo-Supr>