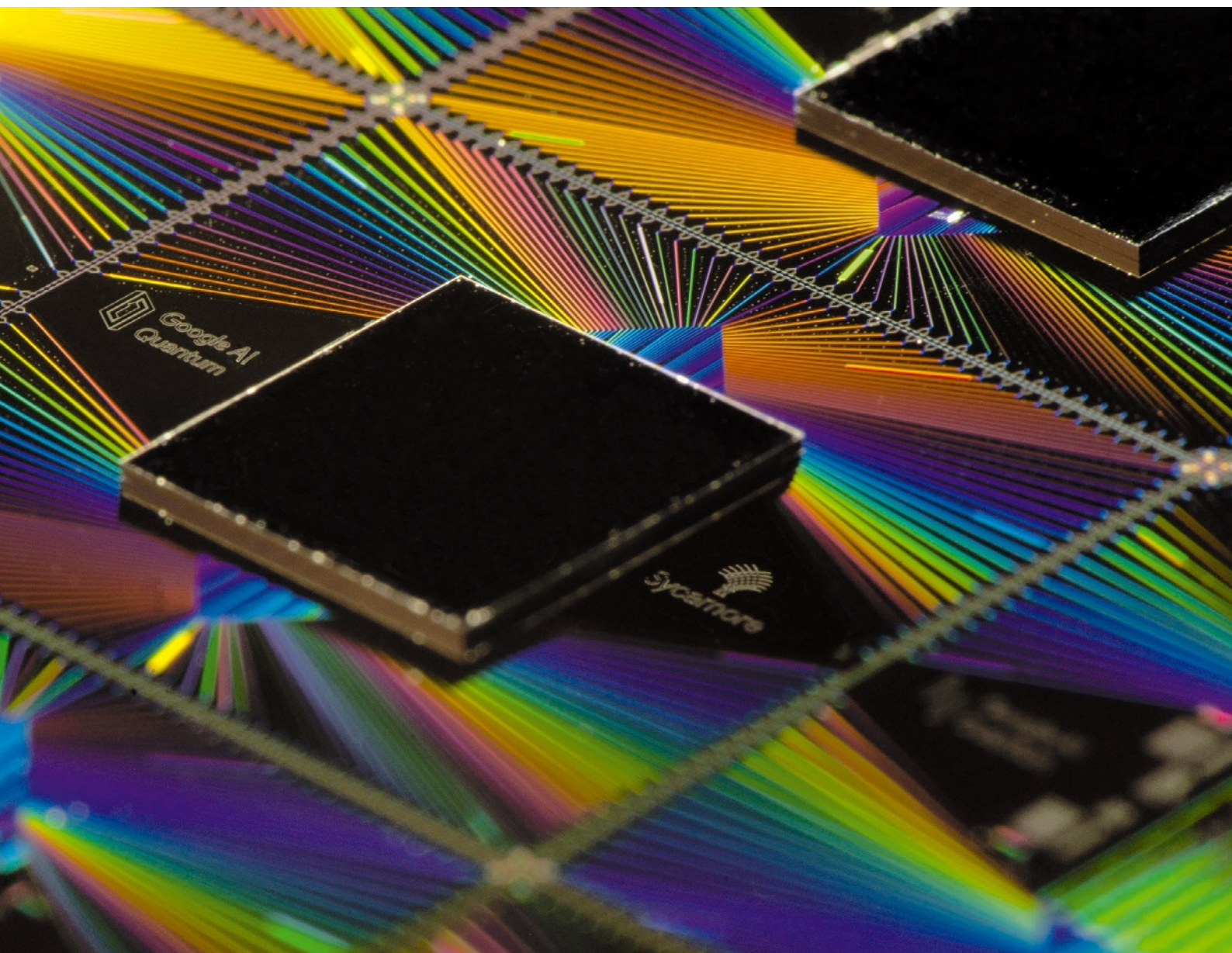




que le seuil de la suprématie quantique n'aurait pas encore été franchi. Dans un article posté en ligne, la société d'informatique avance des preuves montrant que le supercalculateur le plus puissant du monde peut quasiment suivre le rythme de la nouvelle machine quantique de Google. Par conséquent, IBM a fait valoir que la déclaration de Google devrait être reçue «avec une grande dose de scepticisme».

Pourquoi tant de confusion? Des accomplissements majeurs, comme celui-ci, ne sont-ils pas censés prendre la forme de succès retentissants et sans ambiguïté? Cet épisode rappelle que les révolutions scientifiques ne se font pas du jour au lendemain, et que la suprématie quantique, en particulier, implique plus de nuances que ne le laissent paraître les manchettes tonitruantes des médias.

De quoi parle-t-on? Les calculateurs quantiques sont en développement depuis des décennies. Les ordinateurs ordinaires, ou classiques, exécutent des calculs en utilisant des bits, chacun prenant une valeur définie, (0 ou 1). Les calculateurs quantiques quant à eux encodent l'information à l'aide de bits quantiques, ou qubits, qui se comportent selon les règles étranges de la mécanique quantique. Ces ordinateurs visent à exploiter ces caractéristiques particulières pour effectuer rapidement des calculs à un niveau dépassant de loin les capacités de n'importe quelle machine ordinaire. Mais, pendant des années, les ordinateurs quantiques parvenaient à peine à égaler la puissance de calcul d'une simple calculatrice de poche.

En 2012, John Preskill, chercheur en physique théorique à l'institut de technologie de >

Sycamore, le calculateur quantique de Google, a-t-il atteint la suprématie quantique ?

Google a annoncé que son ordinateur quantique (à gauche) a atteint la suprématie quantique. Pour certaines tâches, il surclasserait donc le supercalculateur le plus rapide du monde, le Summit d'IBM (à droite). IBM remet en question cette affirmation.



➤ Californie, a inventé l'expression «suprématie quantique» pour décrire le moment à partir duquel un ordinateur quantique surpasse même le meilleur des supercalculateurs. Le terme a marqué les esprits, mais les experts en sont venus à interpréter différemment sa signification. Ces divergences expliquant la situation qui nous intéresse ici: Google prétend avoir atteint ce seuil, et IBM lui dénie cette victoire.

Avant d'expliquer ce que la suprématie quantique signifie, clarifions ce qu'elle ne signifie pas: le moment à partir duquel un ordinateur quantique est capable d'exécuter un calcul impossible pour un ordinateur classique. En effet, on sait depuis Alan Turing qu'un ordinateur classique peut effectuer n'importe quel calcul, ce n'est qu'une question de temps. «Si on leur en donne assez, les ordinateurs, qu'ils soient classiques ou quantiques, peuvent résoudre les mêmes problèmes», explique Thomas Wong, de l'université Creighton, à Omaha, dans le Nebraska, aux États-Unis.

La plupart des experts interprètent la suprématie quantique comme le seuil à partir duquel un ordinateur quantique exécute un calcul qui, à toutes fins pratiques, ne peut être

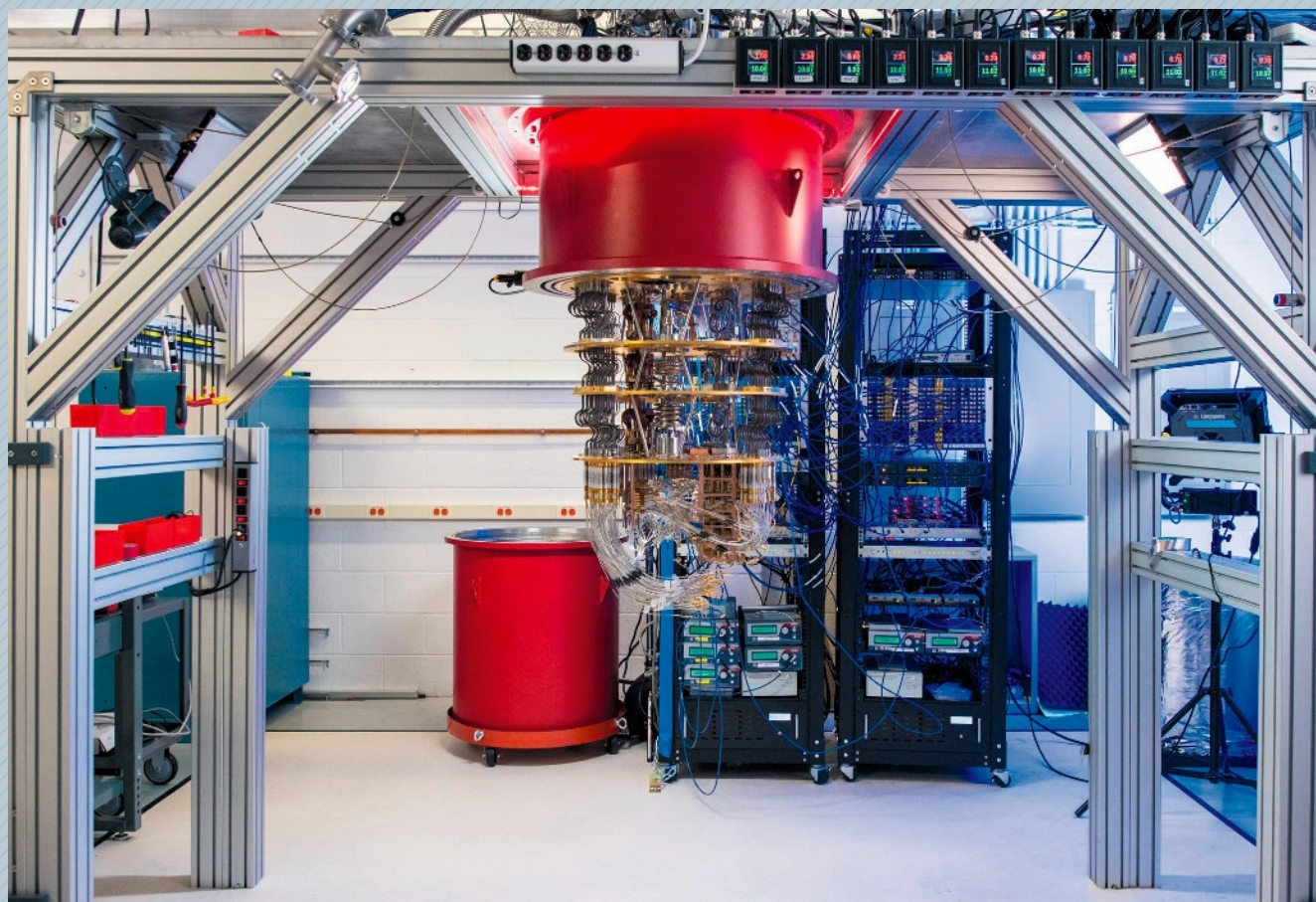
égalé par un ordinateur classique. L'essentiel du désaccord entre Google et IBM porte sur ce qu'il faut entendre par «pratique».

10 000 ANS CONTRE 60 HEURES

Dans son étude, Google prétend qu'il a fallu 200 secondes à son processeur Sycamore pour effectuer un calcul pour lequel le meilleur supercalculateur actuel du monde – le Summit d'IBM – aurait besoin de 10 000 ans, ce qui n'est pas très «pratique». Cependant, IBM prétend que Summit, qui occupe un espace correspondant à deux terrains de basketball au Laboratoire national d'Oak Ridge, dans le Tennessee, peut exécuter ce calcul en deux jours et demi.

Google maintient son estimation de 10 000 ans, bien que plusieurs experts en informatique soutiennent qu'IBM a probablement raison sur ce point. «La déclaration d'IBM me paraît plus plausible», nous a écrit Scott Aaronson, de l'université du Texas à Austin.

En supposant qu'IBM ait raison, peut-on considérer deux jours et demi comme un délai pratique? Peut-être pour quelques tâches, mais certainement pas pour d'autres. Pour cette raison, les scientifiques ont généralement une



idée plus précise en tête lorsqu'ils parlent de suprématie quantique. Ils font la distinction entre les programmes exécutés en un temps polynomial «rapide» et en un temps exponentiel «lent». Les programmes rapides le restent, même lorsqu'on leur soumet un très grand nombre. Les programmes lents ralentissent exponentiellement à mesure que la taille des problèmes posés augmente.

Dans son étude, Google démontre que son ordinateur quantique de 53 qubits effectue un calcul spécialisé (appelé «échantillonnage de circuit aléatoire») en temps polynomial rapide. Or, pour l'heure, un ordinateur classique ne peut effectuer pareille tâche qu'en un temps exponentiel lent. Pour William Fefferman, de l'université de Chicago, ce constat est bien plus important que n'importe quel délai impliqué, qu'il s'agisse de deux jours et demi ou de 10000 ans. «L'estimation du temps n'est pas très importante, précise-t-il. Je pense qu'IBM ne devrait pas invalider les déclarations principales de Google, en dehors de l'estimation de 10000 ans.»

Ce qui compte, c'est que la machine de Google résout un problème de calcul d'une façon fondamentalement différente de celle dont un

ordinateur classique est capable. Cette différence signifie que, à chaque fois que son ordinateur quantique croît d'un simple qubit, un ordinateur classique aura besoin de voir sa taille doubler pour suivre le rythme. Lorsqu'un ordinateur quantique aura atteint les 70 qubits – probablement d'ici aux deux prochaines années – un supercalculateur classique aura besoin d'un espace équivalent à celui d'une ville pour l'égaliser.

ÉCHEC ET MAT

Scott Aaronson – empruntant l'analogie d'un ami – explique que la relation entre les ordinateurs quantiques et classiques, à la suite de l'annonce de Google, ressemble beaucoup à celle, dans les années 1990, entre le champion d'échecs Garry Kasparov et le supercalculateur Deep Blue... d'IBM. Le champion arrivait à suivre les premières versions qui allaient s'améliorant, mais il apparaissait clairement qu'il allait être inéluctablement dépassé par son adversaire algorithmique. IBM, désormais à la place de Garry Kasparov, «peut faire son baroud d'honneur durant l'ère de transition qui durera peut-être un an ou deux, explique Scott Aaronson. Mais, fondamentalement, il est mat.» ■

BIBLIOGRAPHIE

F. ARUTE ET AL., Quantum supremacy using a programmable superconducting processor, *Nature*, vol. 574, pp. 505-510, 2019.

E. PEDNAULT ET AL., Leveraging Secondary Storage to Simulate Deep 54-qubit Sycamore Circuits, 2019. <https://arxiv.org/abs/1910.09534>