**LT-04112017-L’ordinateur quantique séduit les géants de la Silicon Valley**

Ce rêve de scientifique est devenu un moteur pour les géants de l’industrie. IBM, Microsoft, Intel et Google viennent de confirmer leur intérêt pour l’ordinateur quantique, une machine qui pourrait surpasser les supercalculateurs d’ici à une décennie

«Quel ordinateur utiliserons-nous pour faire des simulations de physique?» s’était interrogé le Prix Nobel de physique Richard Feynman en 1981. Et le facétieux chercheur de lancer une idée folle: pourquoi ne pas créer un ordinateur dont le fonctionnement reposerait sur les propriétés qu’il est censé étudier? Un ordinateur quantique, pardi! Trente-six ans plus tard, le message a convaincu les géants de l’informatique.

Le 23 octobre, Google a annoncé la mise à disposition de logiciels dédiés à ces futures machines. Quelques jours plus tôt, Intel avait présenté un prototype de processeur quantique. Deux exemples d’incursions industrielles dans un univers qui nous dépasse, celui de l’infiniment petit.

**Du bit au qbit**

Les physiciens le savent, quand on étudie de près un électron, un atome ou une particule de lumière, leur nature échappe au sens commun. Ces objets peuvent se trouver à deux endroits à la fois ou dans plusieurs états en même temps. On peut aussi les intriquer — les lier — puis les éloigner de mille kilomètres sans défaire leur attache ou téléporter certaines de leurs propriétés. Un comportement propre à révolutionner le fonctionnement des ordinateurs, avait perçu Richard Feynman.

**Lire aussi:** [La téléportation quantique grandeur nature](https://www.letemps.ch/sciences/2016/09/19/teleportation-quantique-grandeur-nature" \t "_blank)

Haut du formulaire

Bas du formulaire

Dans une puce électronique, l’information élémentaire est portée par le bit, qui peut valoir 0 ou 1 suivant qu’un courant passe ou pas dans un circuit élémentaire, le transistor. Cette physique est celle de la certitude: soit le courant circule, soit il n’y en a pas. Une certitude qui a un prix: un bit, c’est un transistor et deux possibilités. Avec la physique quantique, les compteurs s’affolent: 100 qbits — l’équivalent quantique du bit — représentent autant de transistors classiques qu’il y a d’atomes dans l’univers!

Une fois franchi le seuil de 49 qbits, l’ordinateur quantique aura prouvé qu’il est plus performant que les supercalculateurs

Et les cerveaux s’affolent aussi, puisque le qbit peut valoir 0 et 1 en même temps, ou même une infinité de valeurs comprises entre 0 et 1. Sans oublier que la physique quantique est le royaume de l’incertitude et des probabilités. On ne dit pas «le résultat du calcul est 1», mais «j’ai 60% de chances pour qu’il soit 1». Cela change tout dans notre manière de concevoir nos algorithmes et nos programmes, une vraie tempête cérébrale.

D’où l’arrivée sur le créneau de Google, dont on avait découvert l’appétit quantique quand le géant avait débauché, en 2014, l’universitaire américain John Martinis, l’un des meilleurs spécialistes des puces quantiques. Google vient de lancer un ensemble d’outils gratuits, destiné à programmer ces futurs ordinateurs. Chez Microsoft, on prépare, entre autres, un langage de programmation dédié. Quant à IBM, pépinière à Nobel et pionnier de la puce quantique, il a relié un prototype au cloud pour permettre aux scientifiques de se faire la main sans bourse délier.

**Qbit logique**

Pourtant, l’ordinateur quantique est encore dans les limbes. Il y a six ans, une puce capable de gérer 2 qbits pouvait faire des choses simples, retrouver un numéro dans un annuaire… de quatre personnes! Aujourd’hui, le prototype d’Intel contient 17 qbits, ce qui correspond à 132 000 transistors classiques, l’équivalent d’une puce antédiluvienne pour PC, l’Intel 80286 sorti en 1982… Mais cette équivalence est toute théorique puisqu’on est loin de pouvoir résoudre de vrais problèmes tant les qbits sont capricieux et fragiles, si prompts à interagir avec leur environnement. Chaque qbit est donc entaché d’erreur. Si bien qu’il en faudra beaucoup pour corriger ces erreurs et représenter ce qu’on appelle un qbit logique, un qbit réellement utilisable.

«Avec les taux d’erreurs que l’on constate aujourd’hui, il faudra peut-être des milliers de qbits physiques pour représenter un seul qbit logique», souligne Damien Stiegler, du groupe de physique du calcul de l’Ecole polytechnique fédérale de Zürich (EPFZ). La puce d’Intel sera donc vouée à la mise au point de techniques de correction d’erreur, dans le cadre d’un projet qui associe l’Université de technologie de Delft (QuTech) aux Pays-Bas, mais aussi le groupe d’Andreas Wallraf à l’EPFZ et la start-up suisse Zurich Instruments.

**Spin et ions**

Aujourd’hui, les concepteurs de qbits travaillent principalement dans trois directions. La plus en vogue est la Jonction Josephson, un composant refroidi près du zéro absolu (–273°C). «Leur fabrication s’appuie sur des techniques classiques de l’industrie électronique, justifie Frank Wilhelm-Mauch, de l’Université de la Sarre, qui prépare un rapport sur l’informatique quantique pour le gouvernement allemand. Et il est relativement facile de les interconnecter pour créer des composants complexes. On pourrait en associer des millions.»

La seconde direction, historiquement la première, est l’utilisation d’ions — des atomes débarrassés d’un ou de plusieurs électrons — piégés dans un encombrant fatras de lasers. «Leur avantage est un taux d’erreur plus bas que celui des supraconducteurs.» En revanche, chaque qbit ajouté est un casse-tête — notamment géométrique — et oblige à tout reconstruire. «Il existe aussi une troisième voie, qui s’appuie sur une propriété magnétique des particules, le spin, dans des structures nanométriques. Le démarrage a été laborieux, mais ce procédé a rattrapé une grande partie de son retard. Ses performances égalent celles des supraconducteurs il y a cinq ans.»

**Plusieurs applications possibles**

Quelles applications attendre de ces futures machines? «On sait que l’ordinateur quantique sera très utile pour concevoir des matériaux, des molécules pharmaceutiques ou résoudre des problèmes d’optimisation, par exemple pour trouver le plus court chemin dans un réseau», indique Andreas Wallraff. De même, il devrait doper l’apprentissage par les machines et l’intelligence artificielle. Et bien sûr prolonger l’idée de Richard Feynman, puisque les ordinateurs classiques ne peuvent simuler le comportement de systèmes comportant plus d’une quarantaine de qbits.

«Une fois franchi le seuil de 49 qbits, l’ordinateur quantique aura prouvé qu’il est plus performant que les supercalculateurs pour ce type de simulation.» On chercherait donc à construire des ordinateurs quantiques pour… étudier les ordinateurs quantiques? Bien sûr, c’est même le plus sûr moyen de les améliorer! N’oublions pas que si les puces classiques ont connu une évolution si spectaculaire depuis les années 1970, c’est bien grâce à la capacité de simulation des machines qu’elles permettent de construire.