

Perspectives

Apériodique – n°22/025 – 20 janvier 2022

Le point de vue

Les champions français de l'ordinateur quantique

Les acteurs mondiaux de l'informatique quantique diffèrent par leur taille, leurs moyens, mais surtout par leurs *qubits*. Dans cette compétition mondiale, la France démarre 2022 sur les chapeaux de roues avec l'annonce de la fusion de Pasqal avec l'entreprise néerlandaise Qu & Co. Ce bon début d'année s'inscrit dans la continuité d'un millésime 2021 marqué par les belles levées de fonds des start-up Pasqal (25 M€), C12 Quantum Electronics (10 M\$) et Quandela (15 M€).

La course aux *qubits*

Dans l'ordinateur quantique, le *qubit* remplace le *bit* de nos ordinateurs classiques. Contrairement à un *bit* qui prend soit la valeur 0, soit la valeur 1, un *qubit* peut avoir ces deux valeurs en même temps, grâce à une propriété particulière de la physique quantique appelée « superposition ». De plus, les *qubits* peuvent être « liés » entre eux, grâce à une autre propriété, appelée « intrication ». En combinant ces deux propriétés, on dispose d'un ensemble de *qubits* qui sont en même temps dans toutes les configurations possibles : un système à 2 *qubits* est ainsi simultanément dans les états 00, 01, 10 et 11. L'intérêt ? Réaliser une opération sur ces *qubits* revient à la réaliser au même moment sur toutes ces configurations.

C'est ce qui se passe dans un ordinateur quantique avec ses fameux *qubits* qui ont une « incarnation » physique, sous la forme d'une particule capable d'être superposée et intriquée.

Passage en revue des technologies portées par nos champions français.

Pasqal parie sur les atomes froids

Fondée en 2019, Pasqal est une des start-up les plus avancées dans la fabrication d'un ordinateur quantique. Elle a intégré tout récemment l'entreprise Qu & Co, spécialisée dans le volet logiciel. Pasqal collabore déjà avec EDF, Crédit Agricole Corporate and Investment Bank, le constructeur de missiles MBDA, et depuis peu, Thales, sur des projets utilisant du calcul quantique.

L'ordinateur de Pasqal utilise des « atomes froids » en guise d'incarnation des *qubits*, plus précisément des atomes de rubidium refroidis à l'aide de lasers à une température proche du 0 absolu (-273.15°C). Une machine de Pasqal comprenant un millier de *qubits* est attendue courant 2023, et pourra alors faire ses premières preuves sur la plateforme nationale de calcul quantique, annoncée tout récemment par Florence Parly, la ministre des Armées, Frédérique Vidal, la ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et Cédric O, le secrétaire d'État chargé de la Transition numérique et des Communications électroniques.

Quandela passe de la lumière aux *qubits*

À sa création en 2017 en tant que *spin-off* de l'Université de Paris-Saclay, Quandela produisait des sources de photons uniques, c'est-à-dire des appareils capables d'émettre une par une les particules élémentaires qui composent la lumière. Grâce à ce savoir-faire, l'entreprise a pu développer un ordinateur quantique utilisant des photons comme *qubits*. Contrairement aux autres types de *qubits*, les photons ont l'avantage

d'être très stables, même à température ambiante. Ils sont donc peu susceptibles de perdre leur état superposé, si important pour un ordinateur quantique. L'entreprise vise une mise à disposition sur le *cloud* d'un ordinateur quantique courant 2022.

Alice&Bob adopte un chat

La start-up créée en 2020, du nom des deux personnages illustrant les exemples dans le domaine de la cryptographie (les points A et B), a choisi de se positionner sur une technologie également développée par les grandes entreprises du numérique, mais d'une façon plus novatrice. En effet, si les *qubits* basés sur les supraconducteurs sont aussi à la base des ordinateurs quantiques développés notamment chez IBM et Google, Alice&Bob en développe un type dit « de chat » (en référence au chat de Schrödinger), que les créateurs de la start-up ont contribué à mettre au point. Ce *qubit* a un taux d'erreurs bien plus faible que celui de ses concurrents, ce qui devrait permettre à Alice&Bob de produire un ordinateur quantique nécessitant, au bas mot, 1 000 fois moins de *qubits* pour fonctionner que ceux d'IBM et Google.

C12 Quantum Electronics cherche le tube de l'année

Enfin, C12 Quantum Electronics, créée en 2020, utilise des électrons en guise de particules. Plus précisément, c'est le « spin » des électrons, qui est d'une certaine manière leur sens de rotation, qui sera utilisé. C12 se place ainsi sur le même créneau qu'Intel, qui développe également un ordinateur quantique utilisant des spins d'électrons. Dans le détail, C12 Quantum Electronics fabrique des nanotubes de carbone 12 (d'où son nom), un isotope du carbone. L'objectif est d'utiliser ces nanotubes pour piéger des électrons, formant ainsi les *qubits*. Dans le cas de C12, comme d'ailleurs dans celui d'Alice&Bob, ces *qubits* ne peuvent fonctionner qu'à une température proche du 0 absolu.

Qui gagnera la course à l'ordinateur quantique ?

S'il est hasardeux de chercher à déterminer quelle technologie sera la grande gagnante de la course mondiale à l'ordinateur quantique, voire même de décréter qu'il n'y en aura qu'une seule, il est clair que la France et son écosystème sont bien engagés dans la compétition. Malgré la puissance financière de leurs compétiteurs, les start-up françaises bénéficient en effet de l'excellence de la recherche et de l'enseignement en mathématiques et en physique des universités et grandes écoles, un atout de taille dans cette phase de la compétition dans laquelle ce sont des progrès de recherche fondamentale qui apportent un avantage. Restera à conserver la tête du peloton lors de la phase d'industrialisation. ■

Frédéric Jehl

Frederic.jehl@credit-agricole-sa.fr

Consultez nos dernières parutions en accès libre sur Internet :

Date	Titre	Thème
20/01/2022	Italie – scénario 2021-2023 : garder le cap	Italie
20/01/2022	Fintech Outlook T4 et Bilan 2021 – La célébration !	Fintech, banque
19/01/2022	Brésil – L'optimisme (timidement)	Amérique latine
18/01/2022	Zone euro – Conjoncture flash : normalisation des revenus des ménages et de la profitabilité des entreprises au T3 2021	Zone euro
17/01/2022	Perspectives économiques 2022	Monde
17/01/2022	Zone euro – Scénario 2022-2023 : un scénario résilient au choc d'offre et à la Covid-19 endémique	Zone euro
14/01/2022	Monde – L'actualité de la semaine	Monde
13/01/2022	Réindustrialisation ou comment sortir de la dépendance ?	Monde
13/01/2022	Israël – Un environnement porteur et une économie performante malgré la crise	Afrique et Moyen-Orient
11/01/2022	Pologne – Une nouvelle année qui sera encore marquée par l'inflation	PECO
10/01/2022	Espagne – Scénario 2021-2023 : nouvel an, nouvelles incertitudes	Espagne
10/01/2022	Royaume-Uni – Des révisions significatives du PIB par l'ONS nous conduisent à réajuster nos prévisions	Royaume-Uni
07/01/2022	Monde - L'actualité de la semaine	Monde
07/01/2022	Allemagne – Scénario 2021-2023 : les hivers se succèdent mais ne se ressemblent pas...	Allemagne
07/01/2022	Kazakhstan – Où l'on se souvient du rôle stratégique de l'Asie centrale...	Asie centrale
06/01/2022	France – Scénario 2021-2023 : malgré les incertitudes, la reprise se confirme	France
05/01/2022	Marché immobilier de bureaux : impacts à venir du développement du télétravail	Sectoriel

Crédit Agricole S.A. — Études Économiques Groupe

12 place des Etats-Unis – 92127 Montrouge Cedex

Directeur de la Publication et rédacteur en chef : Isabelle Job-Bazille

Documentation : Dominique Petit - **Statistiques** : Robin Mourier

Contact: publication.eco@credit-agricole-sa.fr

Consultez et abonnez-vous gratuitement à nos publications sur :

Internet : <https://etudes-economiques.credit-agricole.com>

iPad : application **Etudes ECO** disponible sur l'App store

Android : application **Etudes ECO** disponible sur Google Play

Cette publication reflète l'opinion de Crédit Agricole S.A. à la date de sa publication, sauf mention contraire (contributeurs extérieurs). Cette opinion est susceptible d'être modifiée à tout moment sans notification. Elle est réalisée à titre purement informatif. Ni l'information contenue, ni les analyses qui y sont exprimées ne constituent en aucune façon une offre de vente ou une sollicitation commerciale et ne sauraient engager la responsabilité du Crédit Agricole S.A. ou de l'une de ses filiales ou d'une Caisse Régionale. Crédit Agricole S.A. ne garantit ni l'exactitude, ni l'exhaustivité de ces opinions comme des sources d'informations à partir desquelles elles ont été obtenues, bien que ces sources d'informations soient réputées fiables. Ni Crédit Agricole S.A., ni une de ses filiales ou une Caisse Régionale, ne sauraient donc engager sa responsabilité au titre de la divulgation ou de l'utilisation des informations contenues dans cette publication.