



Actualités quantique de novembre 2024

Nous voici dans le 64eme épisode de Quantum, le podcast qui décrypte et décortique l'actualité quantique mondiale et française.

Au menu des informations sur plein d'événements en France et dans le monde, puis des news business et scientifiques sur Quandela, Pasqal, la nouvelle startup américaine Qolab, Atom Computing et Microsoft, IBM, IonQ et D-Wave. Et, comme d'habitude, nous avons quelques perles côté bêtisier à la fin en cadeau.

Événements

Recherche à Risque

J'assistais le 7 novembre 2024 au ministère de la recherche et de l'enseignement supérieur à Paris à un séminaire de présentation du programme de "recherche à risque" lancé par l'État fin 2023. J'y étais invité en tant que membre du comité d'experts de sélection des projets à risque du Programme Inria Quadrant (PIQ), Inria étant l'un des organismes nationaux de recherche (ONR) impliqués dans cette démarche, en parallèle avec le CEA, le CNRS, l'INRAE et l'Inserm.



Ce programme de financement de la recherche à risque est opéré par les 5 ONR et a été doté de 150M€ pour le préprojet lancé fin 2023, un renouvellement étant planifié au printemps 2025, avec une dotation de 300M€. À ce stade d'expérimentation, 90 projets ont été retenus dont 17 en « transformation » (structurants et plus lourds et avancés) et 73 en « exploration » (orientés plutôt amorçage). Le CNRS dispose de 40M€ pour des projets de l'ordre de 2M€ dans le cadre de (RI)² 40M€ sont alloués au CEA pour son programme "Audace !" et 20 M€ pour le programme PIQ d'Inria.

Quid du quantique ? Je n'ai pas encore vu de projets dans le domaine passer chez Inria, mais il y en a au moins

un dont j'ai eu vent au CEA autour des qubits supraconducteurs. Avis aux amateurs ! C'est un moyen de financer sa recherche pour un chercheur à temps plein (pas doc/post-doc) qui a l'air plus simple que les mécanismes habituels. Mais il faut tout de même proposer quelque chose d'original.

Détails dans un post de 14 pages sur <https://www.oezratty.net/wordpress/2024/recherche-a-risque/>

French-Singaporean Quantum Symposium

Le Laboratoire international CNRS Majulab dirigé par Alexia Auffèves organisait son premier Symposium Franco-Singapourien sur le quantique la semaine du 5 au 7 novembre. Il y avait du **bon monde**, autant côté français que singapourien, avec, par exemple, Benoit Vermersch et Maud Vinet (Quobly), Eleni Diamanti (Welinq), Thomas Ayril (Éviden), Jean-Philip Piquemal (Qubit Pharmaceuticals), Shane Mansfield (Quandela), Joseph Mikael (EDF), et Olivier Tonneau (Quantonation). Côté Singapour, Kwek Leong Chuan (CQT, NTU, Majulab), un grand spécialiste des algorithmes quantiques, Yvonne Gao spécialiste des qubits supraconducteurs passée par Yale, et Joe Fitzsimmons d'Horizon Quantum. Et en plus une soirée cocktail à l'ambassade de France avec Valérie Péresse. Quelques détails dans un **article du CNRS**.

Journée UK National Quantum

De l'autre côté de la Manche avait lieu le 8 novembre le UK National Quantum Technologies Showcase 2024 organisé par Innovate UK, une journée dédiée aux acteurs du pays qui présentaient leurs solutions. L'événement rassemblait plus de 2000 participants dans un **lieu magnifique**. Le replay des conférences est **disponible**. Il y avait beaucoup de startups présentant leur offre dans différents segments du domaine des capteurs quantiques.



J'y ai déniché une présentation d'Orca Computing, une startup qui produit des QPU et mémoires quantiques photoniques et qui se positionne sur l'exécution d'algorithmes de machine learning quantique dans une session dédiée aux questions d'environnement. Mais comme c'est souvent le cas, les études de cas présentées n'indiquent rien en termes de performances avec ce qui pourrait être réalisé classiquement. En pratique, leurs études de cas utilisaient leur QPU PT-1 qui supporte 16 modes de photons, donc l'équivalent si je comprends bien de 8 ou 16 qubits, selon l'architecture. On ne peut pas être dans un régime d'avantage quantique dans ce cadre. Cela tourne parfaitement en émulation sur votre propre laptop.

Séminaire Teratec EDF algorithmes et capteurs

Les deux **journées Teratec** sur les algorithmes et les capteurs quantiques chez EDF à Palaiseau des 13 et 14

novembre (slides) étaient très intéressantes et fort riches en interventions de qualité.



Il y avait notamment trois spécialistes qui sont venus parler d'algorithmes de chimie quantique : Bruno Senjean (CNRS), Thomas Ayrat (EVIDEN) et Matthieu Saubanère (CNRS). Et puis un bon nombre d'intervenants côté hardware pour décrire leurs roadmaps FTQC. Pour les supraconducteurs : Benjamin Huard (ENS Lyon), Jérémy Stevens et Élie Gouzien (Alice&Bob) et Hermanni Heimonen (IQM). Pour les atomes froids, Shannon Whitlock (Strasbourg University), Loïc Henriot (Pasqal) et Chen Zhao (QuEra). Pour les spins, Tristan Meunier (CNRS, Quobly), Jean-Damien Pillet (QCMX Lab Ecole Polytechnique) et Quentin Schaefferbeke (C12). Pour les ions piégés : Winfried Hensinger (Sussex Center for Quantum Technologies et Universal Quantum), Falk Bonus (Universal Quantum) et Alistair Milne (Quantinuum). Et pour les photons, Pascale et Jean Senellart (CNRS, Quandela).

Cette conférence comprenait aussi un bon nombre de présentations sur les capteurs quantiques, avec un mix de définition de besoins utilisateurs pour les uns (NEA, Naval Group, EDF) et de présentation de prototypes ou produits pour les autres (SB Quantum, ENSTA, Kwan-Tek, ONERA, Thales, Exail).

GDR TEQ 2

Les deux **journées du GDR TEQ** ont eu lieu à Jussieu des 13 au 15 novembre pour faire le point de la recherche quantique au CNRS et aussi dans les autres ONR comme Inria, avec des intervenants de renom d'autres pays comme David Awschalom de l'Université de Chicago ([lien](#), [book of abstracts](#)). J'y ai redécouvert de nombreux papiers que j'avais vu passer sur arXiv et qui étaient présentés par les doctorants ou post-doctorants. Le prochain GDR TEQ aura lieu à Grenoble fin novembre 2025.



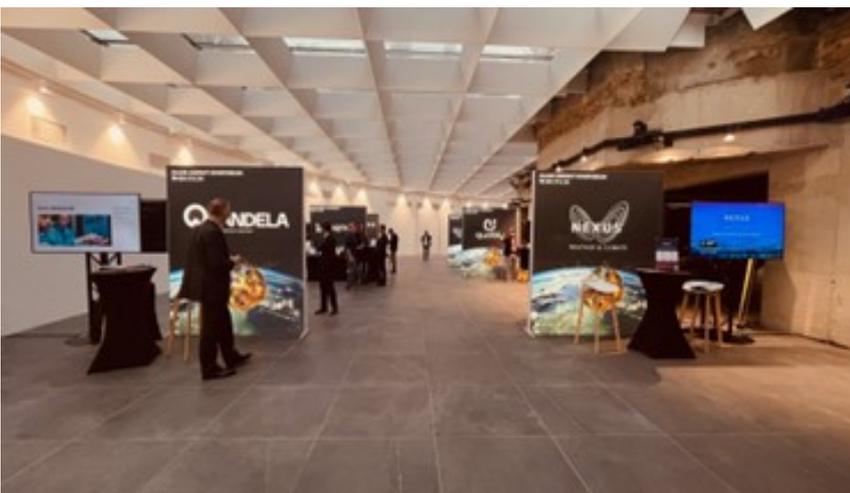
EQTC

L'événement **EQTC2024** (European Quantum Technologies Conference) rassemblait du 18 au 20 novembre les acteurs des projets européens quantiques à Lisbonne avec plusieurs centaines de participants. Le tout associait des talks techniques (sur les simulations quantiques, les communications quantiques, l'intégration HPC-QPU, les capteurs, le benchmarking) et plus business ou politiques. Comme sur the European Quantum Declaration (avec la participation d'Eleni Diamanti), sur la formation, le quantique dans la société (avec Raja Yehia représentant la QEI), la standardisation (avec Florent Staley du CEA).



Symposium Alain Aspect sur le climat

Le **second symposium Alain Aspect** organisé par Quantonation et Pasqal portait sur le climat. Cela commençait avec un panel animé par Etienne Klein (CEA) avec Alain Aspect et Tim Palmer, un physicien spécialisé dans les questions climatiques. C'était général mais de haute tenue. Dans les présentations, celles qui m'ont le plus marqué étaient celles de Pierre Gentine de Columbia University, de la chimiste Aurora Clark de l'Université d'Utah, Carleton Coffrin du Los Alamos Research Laboratory sur l'état de l'art du calcul quantique. Il y avait aussi Robert Whitney de la QEI. J'ai loupé les présentations de startups, devant donner un cours à l'EPITA. Les stands de startups (Quandela, Welinq, Quobly, Pioneeq, ...) étaient très bien présentés.



OVH Cloud Summit

Il avait lieu le 28 novembre à la maison de la Mutualité, avec l'annonce de l'évolution de leur roadmap quantique. Avec Pasqal (Georges-Olivier Reymond) et Quobly (Maud Vinet) qui intervenaient. Et l'annonce pour 2025 de l'accès à la QPU Pasqal de 100 qubits. A noter également leur partenariat avec IBM sur Qiskit.

Événement à venir

Q2B à Santa Clara des 10 au 12 décembre, **programme**. Dans les intervenants internationaux, notons Harmut Neven de Google dont la parole est rare, John Preskill et Scott Aaronson, deux habitués de la conférence, Helmut Katzgraber d'AWS, Andrew Dzurak de Diraq, Steve Blank, un auteur très connu sur les modèles économiques des startups que je suivais depuis 2011 pour rédiger mon guide des startups. Et pour les acteurs de l'écosystème français, Pierre Desjardins de C12, Shane Mansfield de Quandela, Juliette Peyronnet d'Alice&Bob, Maud Vinet de Quobly, Tom Darras de Welinq et Jean-François Bobier du BCG.

Je n'y vais pas mais je récupère les présentations et les vidéos lorsqu'elles sont généralement publiées fin janvier ou début février.

Quantum Energy Initiative Workshop à Grenoble du 6 au 10 janvier 2025. J'y ferais une intervention pour décrire les enjeux énergétiques du calcul à tolérance aux fautes (FTQC) allant du logiciel au matériel. **Programme et inscriptions** (gratuites).

Quantum Resource Korea du 17 au 21 mars 2025 (**programme**).

Quantum Computing Scalability Conference 2025, du 2 au 4 avril 2025 à Oxford (**programme**).

Quantum Summit de Dubai des 25 au 27 février 2025 (**programme**).

Quantum Days au Canada, du 19 au 21 mai 2025 à Toronto (**programme**).

France Quantum, le 10 juin 2025. Inscriptions bientôt ouvertes.

Et un inventaire d'événements vus des USA par Bob Sutor : <https://www.linkedin.com/pulse/upcoming-quantum-conferences-saturday-november-23-2024-robert-sutor-kw3ke/>.

France

Quandela

Début novembre, Quandela annonçait la mise en place d'une offre de cloud chez **Scaleway**. Elle permet d'accéder aux processeurs Ascella (6 photons, 12 modes) et Altair (10 photons, 20 modes) via l'interface et les APIs de l'outil Perceval. Le plus intéressant semble être la plateforme d'émulation qui tourne sur des GPU Nvidia et supporte jusqu'à 192 modes.

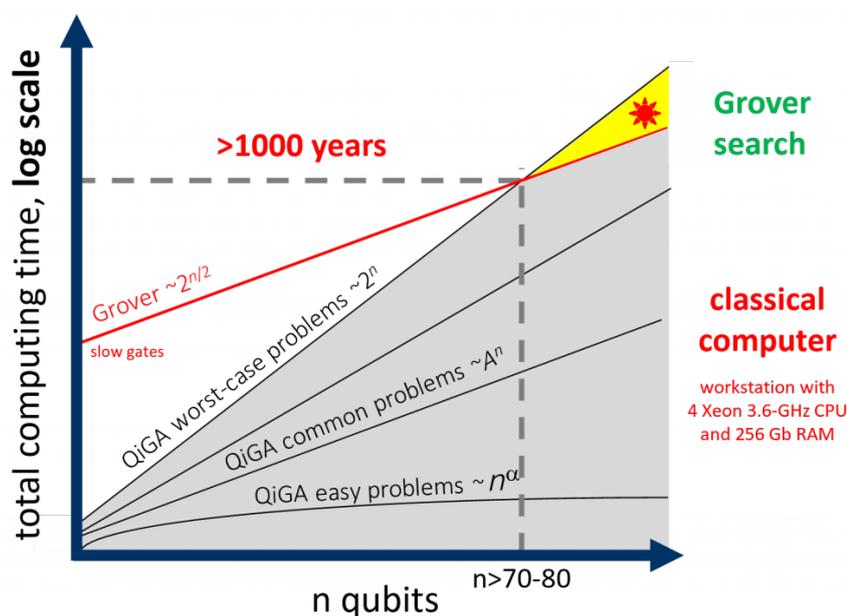
Pasqal

Le 21 novembre, Pasqal annonçait une nouveauté dans le cadre de son partenariat avec IBM. Il devait arriver ce qui devait arriver : Pasqal s'intègre dans Qiskit pour créer des workflows de calcul hybride analogique/digital quantique (**détails**). Il sera intéressant de voir comment les utilisateurs vont combiner le gate based d'IBM et le mode analogique actuel de Pasqal. Les synergies sont probables.

Grover dans PRX

Miles Stoudenmire (Flatiron Institute) et Xavier Waintal (CEA-IRIG) ont publié leur papier sur les limitations de l'algorithme de Grover dans PRX, l'une des revues les plus sérieuses du quantique. Leur arXiv datait de mars 2023 et a dû passer par un processus de revue très particulier et rigoureux. **Opening the Black Box inside Grover's Algorithm**, Stoudenmire and Waintal, PRX, November 2024.

Voici une explication simplifiée dans le chart ci-dessous : avec une version classique optimisée, même pour les problèmes les plus complexes, l'algorithme de Grover dépasserait un ordinateur classique seulement après des milliers d'années de calcul. Et l'ordinateur de référence n'est pas un supercalculateur mais une station de travail avec 4 processeurs Intel.



Cela a comme signification qu'une bonne partie des algorithmes quantiques d'optimisation ou de recherche qui reposent sur l'amplification d'amplitude et l'algorithme de Grover ne sont pas à même d'apporter un avantage quantique, même avec les plus beaux ordinateurs à tolérance aux fautes du futur. La question ouverte reste donc de trouver des algorithmes à même de résoudre des problèmes d'optimisation présentant soit une accélération quadratique utile en pratique, soit une accélération exponentielle.

Pourquoi la courbe rouge de Grover démarre-t-elle plus haut que les algorithmes classiques ? Cela vient de ce que l'échelle Y est exponentielle et que les portes quantiques sont bien plus lentes que le calcul classique. Cela pourrait changer en gros si on arrivait à avoir une « clock » plus rapide pour les ordinateurs quantiques, mais c'est très difficile.

International

Blueprint de Qolab

Vous ne connaissez sans-doute pas encore cette startup. Et pour cause, elle a été créée au début de l'année 2024. Elle a été lancée entre autres par John Martinis d'UCSB, l'ancien patron du hardware de Google qui avait créé la fameuse expérience Sycamore de 2019 liée à l'annonce de « suprématie quantique ». Avec de nombreux partenaires industriels dont HPE et académiques, la startup publiait le 19 novembre un blueprint de 64 pages sur arXiv. Il décrit de la tête aux pieds leur plan de création d'ordinateurs quantiques FTQC à base de qubits supraconducteurs.

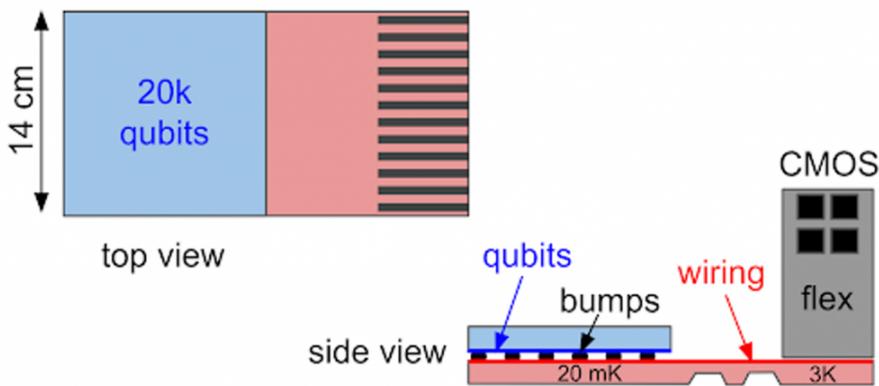


Figure 5: Qubit wafer (blue) bump-bonded to a 300-mm wiring wafer (red). The wiring wafer is thinned by micromachining for thermal isolation between the qubit temperature (20 mK) and 3 K. **The wiring wafer connects via spring contacts to flex circuitry** (gray) for the control wiring and CMOS electronics.

How to Build a Quantum Supercomputer: Scaling Challenges and Opportunities by Masoud Mohseni, John M. Martinis et al, arXiv, November 2024 (64 pages).

Et on y trouve plusieurs choses assez étonnantes et osées :

- Ils prévoient de créer des puces de 20 000 qubits supraconducteurs transmon de 14 x 14 cm. C'est énorme. Pour ce faire, ils comptent mettre en place une fabrication de qualité industrielle en s'appuyant pour l'instant sur la salle blanche d'essai de l'équipementier américain Applied Materials. Après, ils pourraient visiblement passer par TSMC.
- Ils vont utiliser de l'électronique de contrôle cryo-CMOS à 4K qui sera reliée à la puce de calcul par une technique originale : un wafer contenant 92 câbles microondes à plat. Il est probable qu'il en faudra plusieurs car la distance entre l'étage 15 mK et l'étage 3K d'un cryostat est généralement plus grande, d'autant plus qu'il faut généralement utiliser des étages intermédiaires de refroidissement de 100 mK et 1K.
- Ils prévoient d'utiliser en complément une technologie de p-bits, des bits classiques probabilistes, pour améliorer la capacité à traiter des problèmes d'optimisation combinatoire.
- HPE fournit le savoir faire sur l'intégration avec les HPC.
- Ils vont se focaliser sur les algorithmes de simulation chimiques, les seuls à même d'apporter un avantage quantique. On est d'accord.

Atom Computing et Microsoft

Le lendemain de Qolab, Atom Computing sortait deux preprints sur arXiv, dont l'un avec Microsoft. Le premier papier portait sur la publication de résultats sur les fidélités de leurs qubits qui utilisent le spin de noyaux d'atomes d'ytterbium. Le second concernait la réalisation de qubits logiques avec le même système.

Ils obtiennent des portes à deux qubits avec 99,72% de fidélité sur 256 qubits, mais avec de la post-sélection et 99,4% sans post-sélection. Les portes à un et deux qubits sont réalisées dans deux rangées d'atomes demandant le déplacement des atomes un peu comme le fait QuEra. Ils ont aussi créé un état intriqué de type GHZ de 24 qubits et réalisé un calcul avec 28 qubits logiques. Mais ces valeurs sont obtenues avec de la post-sélection ou

post-rejection, qui ne peut pas scaler sur un calcul avec plusieurs séries de portes quantiques. C'est une astuce que Microsoft avait déjà utilisée au printemps avec Quantinuum. Un autre point mérite d'être ici précisé : ils ne corrigent que des portes du groupe de Clifford, des portes X, Z et CZ. Mais pas les portes T qui servent à réaliser du calcul universel et notamment des algorithmes présentant une accélération exponentielle. Bref, on est encore loin du FTQC.

L'ensemble est proposé sur l'offre de cloud Azure Quantum.

High-fidelity universal gates in the ^{171}Yb ground state nuclear spin qubit by J. A. Muniz, B. J. Bloom et al, arXiv, November 2024 (14 pages).

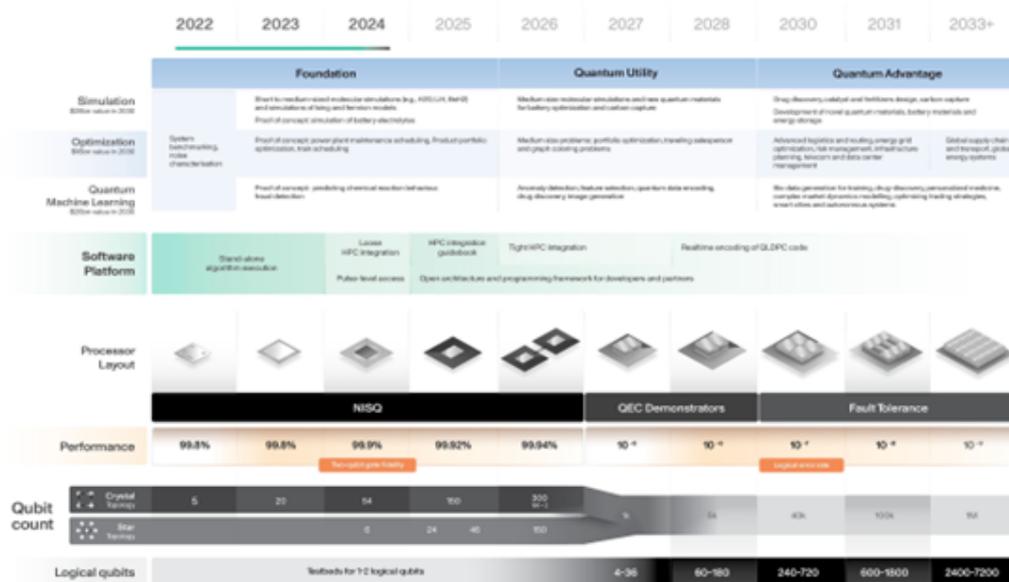
Logical computation demonstrated with a neutral atom quantum processor by Ben W. Reichardt, Matthew B. Hastings, Krysta M. Svore, Benjamin J. Bloom et al, Atom Computing, Microsoft, Stanford University, USC, arXiv, November 2024 (17 pages).

D-Wave

Sortie d'une **nouvelle version du processeur Advantage2** avec 4400 qubits. Grâce à la meilleure connectivité entre les qubits, la machine est bien plus puissante que l'Advantage de 5565 qubits.

Roadmap IQM

IQM révélait sa **nouvelle roadmap** le 13 novembre. Elle va jusqu'à la quantum utility d'ici moins de 10 ans puisqu'ils prévoient d'assembler entre 2400 et 7200 qubits logiques à partir d'un million de qubits d'ici 2033, une étape de 60 à 180 qubits logiques devant être atteinte d'ici 2028 avec 5000 qubits physiques. Ils prévoient pour ce faire d'intégrer deux topologies de qubits qui auront été exploitées séparément auparavant, la topologie Crystal (qui leur a permis d'atteindre des fidélités de 99,9% pour des portes à deux qubits) et la topologie Star. Ils prévoient d'atteindre une fidélité de 99,95%. La première étape sur ce chemin est une machine de 150 qubits en 2025. Au moins, elle existe puisque je l'ai vue chez eux en avril 2024. Ils prévoient d'utiliser des codes de correction d'erreur qLDPC qui nécessitent moins de qubits physique que les surface codes. Mais sans préciser s'ils feront appel à une connectique non locale pour les qubits au sein d'une puce. Il leur reste à résoudre de nombreux problèmes de connectique et de cryoélectronique. Mais ils ont l'air de bien étudier la question.

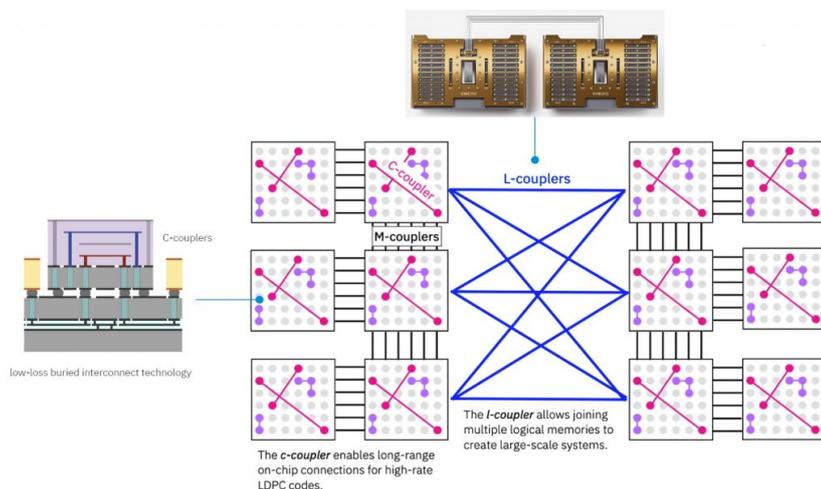


News IBM

Lors de sa conférence développeurs organisée à Yorktown Heights, IBM révélait de nouveaux éléments incrémentaux.

Côté hardware, ils mettaient en avant des prototypes – pas encore dans le cloud :

- Flamingo, qui relie deux puces Heron R2 avec quatre connecteurs flexibles (L-couplers) d'un mètre de long et mise en œuvre d'une porte CNOT entre les deux puces, avec une erreur de 3.5% pour une durée de 235 ns. Chaque connecteur a l'air de ne relier qu'une paire de qubits.
- Crossbill qui relie entre elles trois puces Herons côte à côte avec 548 coupleurs et 8 M-coupleurs entre puces, et 99% de fidélité dans les liaisons. Il n'est pas évident de savoir à quoi correspondent les 548 coupleurs en question. Plus un interposeur réalisé avec un wafer de 300 mm sur lequel sont placés le trois puces Heron.
- C-coupleurs et 6-way coupleurs prévus pour Kookaburra, pour des codes qLDPC.
- Nouveau cryo-CMOS pour le contrôle avec 16 canaux.



Côté Qiskit :

- Une nouvelle couche d'abstraction et nouvelles portes paramétrées.
- Un test réalisé avec 5000 portes à deux qubits. Toujours grâce à de la mitigation d'erreurs qui continue de s'améliorer. Cela permet de réaliser des circuits 100×100, soit 100 qubits et un circuit avec 100 cycles de porte de profondeur.
- Un progrès au niveau des CLOPS qui dépasse maintenant 150K avec Heron r2 et ses 156 qubits.
- Benchpress, leur outil de benchmark de SDK. Contient 1066 tests. Très performant pour la transpilation de circuit vs la concurrence.

Voir le **replay** de toutes les sessions de la conférence et **IBM Quantum delivers on 2022 100×100 performance challenge** by Jay Gambetta and Ryan Mandelbaum, IBM, November 2024.

IonQ et l'IA

L'action d'IonQ se porte très bien. Elle a doublé en un mois. Probablement vu que leur carnet de commande est rempli grâce à \$70M de projets financés par l'AFRL.

Ils mettent le paquet sur l'IA en annonçant prévoir de créer une intelligence de type humaine. Autant dire sans détours que c'est un énorme baratin qui n'est pas du tout crédible. C'est relié à ce papier : **Quantum Circuit Components for Cognitive Decision-Making** par Dominic Widdows et al, Entropy, Mars 2023 (22 pages) qui met en place un modèle probabiliste de décision qui gère des problèmes comme le dilemme du prisonnier. Voir **A Quantum Leap In AI: IonQ Aims To Create Quantum Machine Learning Models At The Level Of General Human Intelligence** par Paul Smith-Goodson.

Classement Tyto

Ce **classement** est produit avec de "l'IA et de la data science" par une agence de presse UK depuis 8 ans. Ils ont repéré des influenceurs de la tech en Allemagne avec 31%, France avec 27% puis UK et Pays-Bas. Ou nous sommes numéros 2 et 3 dans les « influenceurs » du quantique en Europe, derrière Sabine Hossenfelder.

Bullshit news

Samsung **voudrait** mettre des capacités de calcul quantique dans ses smartphones. Pas tout à fait. Il doit s'agir des puces de génération de nombres aléatoires d'IDQ, qui ne font pas de calcul.

Une startup Canadienne **Nirvanic Consciousness Technologies** (2024) veut appliquer un modèle de conscience quantique avec de l'IA. Voir **Vancouver-based Quantum-AI Startup Nirvanic Consciousness Technologies Emerges From Stealth** by Matt Swayne, The Quantum Insider, November 2024.

Bon, et nous avons aussi trouvé un **rasoir quantique**.

C'est la fin de la fête du quantique. Et fêtes de fin d'année obligent, nous vous retrouverons pour le prochain épisode début février... ? !

Cet article a été publié le 2 décembre 2024 et édité en PDF le 3 décembre 2024.
(cc) Olivier Ezratty – "Opinions Libres" – <https://www.oezratty.net>