



Opinions Libres

le blog d'Olivier Ezratty

Actualités quantiques de l'été 2024

Nous voici de retour après cette pause estivale habituelle pour le **61^e épisode de Quantum**, le podcast de l'actualité quantique française et mondiale. Toujours avec Fanny Bouton (OVHcloud) et moi-même (auteur, enseignant, formateur, etc.).

Nous avons évidemment plein de nouvelles à partager. Cela commence avec notre rencontre avec les lauréats de prix Nobel de physique en Allemagne à Lindau début juillet, la Q2B à Tokyo en juillet, des nouvelles sur les startups françaises (Pasqal, PioniQ, Silent Waves), puis à l'international, avec des ions piégés (Oxford Ionics, Universal Quantum), des atomes froids (PlanQC, Inflection, Nanofiber QT, HYQ Inc), des supraconducteurs dont une annonce toute fraîche de Google sur des qubits logiques qui commencent à être meilleurs que les qubits physiques, qui fait beaucoup de bruit et nécessite de prendre du recul.

Événements

Lindau Nobel Laureate meeting

Cet été a démarré avec notre participation à un événement unique au monde. Le Lindau Nobel Laureate meetings qui fait se rencontrer entre 30 et 40 lauréats du prix Nobel de physique et de chimie avec plus de 600 jeunes scientifiques du monde entier triés sur le volet par leurs institutions académiques.

J'étais invité à participer un **panel** comprenant notamment deux lauréats du prix Nobel de physique, le français Serge Haroche et l'américain Bill Phillips. Il portait notamment sur les perspectives ouvertes par le quantique mais aussi les effets de la « hype » qui perturbe pas mal les scientifiques. Cela durait 1h30. Il y avait aussi **Heike Riel** d'IBM Zurich, **Lene B. Oddershede** (fondation Novo Nordisk, Denmark), **Francesca Pietracaprina** de la startup finlandaise Algorithmiq et dont nous reparlerons. L'un des points marquants était l'insistance de Serge Haroche pour financer la recherche « qui ne sert à rien ». En tout cas, à court terme. Par opposition, Alain Aspect qui est intervenu deux fois de la salle, insistait sur le besoin d'encourager les scientifiques à créer des startups le bon moment venu. J'ai pu notamment évoquer le rôle des gouvernements dans le financement d'une approche long terme dans le domaine. Cela remuait aussi des questionnements sur l'équilibre entre les incertitudes scientifiques et technologiques. La plupart des scientifiques, jeunes ou Nobel, rencontrés sur place est de place la barre nettement du côté des incertitudes technologiques. Après, tout dépend de la manière dont on définit une incertitude scientifique. En tout cas, la science et l'ingénierie sont très intriquées dans l'histoire.

Et puis, nous avons pu enregistrer trois entretiens de la série Decode Quantum, deux avec des lauréats du Nobel de physique, **David Wineland** et **Bill Phillips**, puis un troisième avec quatre jeunes scientifiques : **Caroline Tornow** (ETH Zurich), **Francesca Pietracaprina** (Algorithmiq), **Yaroslav Herasymenko** (TU Delft) et **Adam Shaw** (Caltech). Nous avons évoqué leurs parcours personnels, leurs domaines de recherche et discuté

de la manière dont la science fonctionnait. Nous publierons ces trois podcasts courant septembre et octobre.

Voir aussi mon post **Back from Lindau**, Juillet 2024.

Q2B Tokyo

Où Fanny Bouton était ! L'organisation était voisine de l'édition de Santa Clara (décembre) et Paris (mars). Il y avait notamment Pasqal et C12, avec la présence d'Alice&Bob. Et puis Amazon, IBM (avec Jay Gambetta), Q-CTRL, Strangeworks et Quantinuum, et aussi de grands groupes japonais investis dans le quantique comme Fujitsu

Les vidéos sont disponibles.

Conférences scientifiques

Il y avait aussi environ **52 conférences scientifiques** sur le quantique dans le monde entre juillet et août 2024 ([source](#)). Dont « Fault tolerant quantum technologies » en Espagne, début août et une conférence sur la thermodynamique quantique qui se tenait à l'Université du Maryland.

A venir, le séminaire **TQCI** sur le projet **AQADOC** à Jussieu le 2 octobre 2024 qui vise une audience à partir de Masters M2 et doctorat. Il regroupera des académiques et des industriels (Thalès, Naval groupe, des énergéticiens, en plus d'EDF). Il portera sur les techniques de calcul distribué classiques et quantiques et sur le couplage HPC-quantique. On y retrouvera donc naturellement EDF, Weling, Pasqal et Quandela.

France

GGA-CGM investit dans Pasqal

Le leader mondial du transport maritime annonçait en juillet un investissement d'un montant non précisé dans Pasqal ainsi que la création d'un laboratoire de recherche conjoint à Tangram, près de Marseille. On rappellera que CGA-CGM est aussi cofondateur de Kuytai, la startup cofondée avec Xavier Niel et Eric Schmidt dans l'IA en novembre 2023.

CMA CGM Group and Pasqal join forces to leverage quantum technologies for maritime transport and logistics by Pasqal, July 2024.

PioniQ est une nouvelle startup française du quantique issue de l'ESPCI qui planche sur la création d'une technologie disruptive de stockage de l'énergie à base de perovskite céramique "h-Bar", qui est sans lithium, cobalt et nickel. Pourquoi quantique ? Parce que le procédé s'appuie sur des transitions entre phases de matière quantique. **Quantonation** a investi dedans en amorçage. La société est cofondée par Brigitte Leridon (CEO), Clément Barraud (COO) et Rémi Federicci (CTO), tous issus de la recherche (ESPCI, MPQ).

TWPAI de Silent Waves

En juin, l'équipe de Silent Waves et de l'Institut Néel avec des chercheurs de KIT en Allemagne publiaient un papier proposant la création d'un isolateur qui peut potentiellement remplacer les circulateurs utilisés avec les amplificateurs bas-bruit pour la lecture des qubits supraconducteurs ou silicium. C'est une technologie importante pour la montée en échelle.

A Traveling Wave Parametric Amplifier Isolator by Arpit Ranadive, Bekim Fazliji, Gwenael Le Gal, Giulio Cappelli, Guiliam Butseraen, Edgar Bonet, Eric Eyraud, Sina Böhling, Luca Planat, A. Metelmann, and Nicolas Roch, arXiv, June 2024 (21 pages).

International

Il y a pas mal de nouvelles côté ions piégés, atomes froids, supraconducteurs.

Ions piégés

Record dans les ions piégés avec Oxford Ionics

Cela fait suite aux records de Quantinuum. Après 2023 qui était l'année des atomes froids, va-t-on dire que 2024 est l'année des ions piégés ? Ils obtiennent de très belles fidélités sur quelques qubits dont des portes à deux qubits à 99,97%. Mais pas de connectivité many-to-many. Celle-ci repose sur le mouvement des ions (ions shuttling).

Scalable, high-fidelity all-electronic control of trapped-ion qubits by C. M. Löschnauer, J. Mosca Toba, A. C. Hughes, S. A. King, M. A. Weber, R. Srinivas, R. Matt, R. Nourshargh, D. T. C. Allcock, C. J. Ballance, C. Matthiesen, M. Malinowski, and T. P. Harty, arXiv, July 2024 (12 pages).

Universal Quantum

En juillet 2024, Universal Quantum annonçait la création d'un circuit ASIC supportant leur architecture UQConnect et le transfert d'ions entre modules avec une fidélité de 99.999993%. Cela semble indiquer que leur stratégie de scale-out consistant à placer des puces de contrôle d'ions côte à côte pourrait scaler correctement. Modulo la lenteur connue des portes quantiques sur des ions. Il fonctionne à 70K. La startup a un million de qubits physiques dans sa roadmap.

Universal Quantum develops key enabler of million-qubit quantum computer, Juillet 2024.

HYQ Co, une nouvelle startup sur les ions piégés en Chine

Créé en 2022 à Beijing et financée en 2024 à hauteur de \$27M, la startup opère un ordinateur quantique à ions piégés dans le cloud, le HYQ-A37 avec 37 ions $^{171}\text{Yb}^+$. Ils ont aussi créé un ordinateur quantique analogique à base d'ions et supportant jusqu'à 300 ions. Ils développent aussi des stabilisateurs de lasers à bande étroite et divers autres composants pour le contrôle d'ions.

A site-resolved two-dimensional quantum simulator with hundreds of trapped ions by S.-A. Guo et al, Nature, November 2023-May 2024 (22 pages in arXiv).

Hamiltonian learning for 300 trapped ion qubits with long-range couplings by S.-A. Guo, L.-M. Duan et al, Tsinghua University, Hefei National Laboratory, HYQ Co, New Cornerstone Science Laboratory, arXiv, August 2024 (xx pages).

Atomes froids

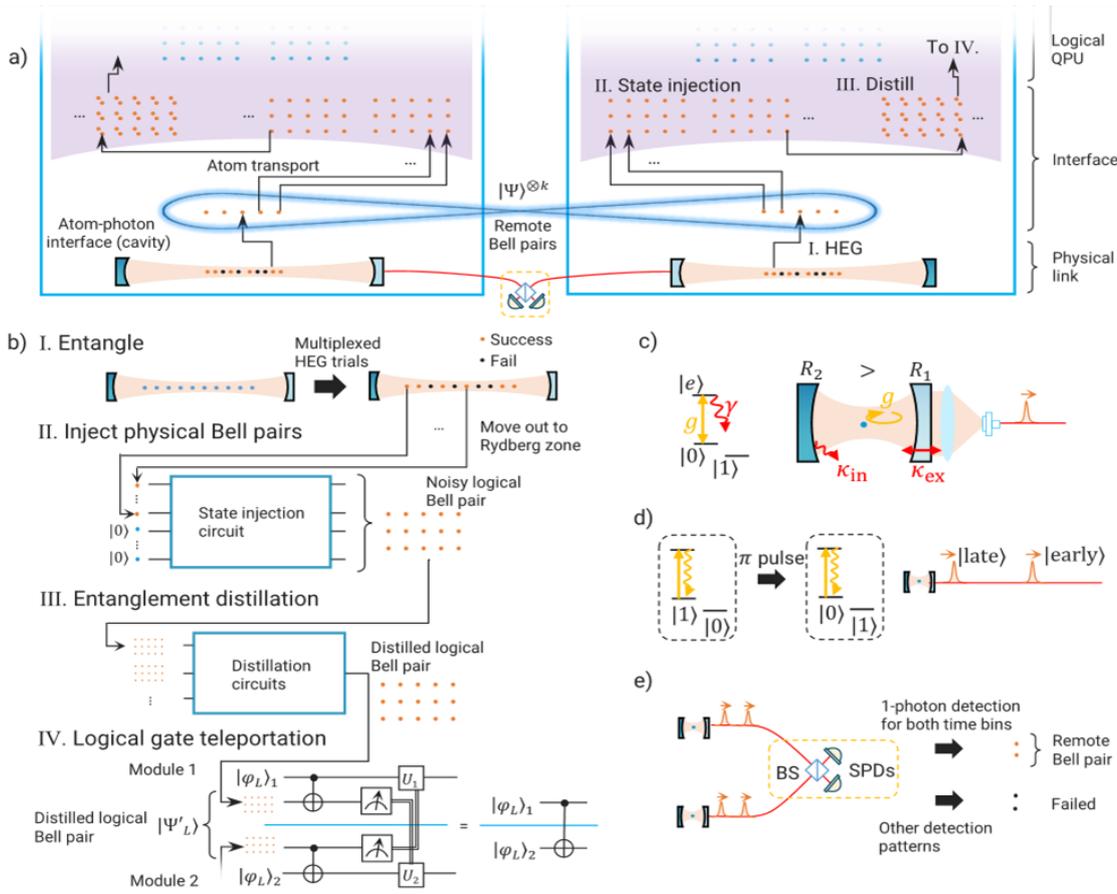
Levée de fonds de PlanQC

La startup allemande PlanQC lève 50M€. Notamment auprès du DeepTech & Climate Fonds (DTCF) allemand. Cela complète une commande de DLR de 29M€ qui datait de 2022 et qui impliquait des partenaires comme ParityQC en Autriche.

Nanofiber QT

Cette startup japonaise développe une technologie de connectivité photonique entre atomes froids exploitant un réseau de fibres optiques. Ils publiaient un blueprint sur le sujet en juillet. Cela fait un peu penser à ce que

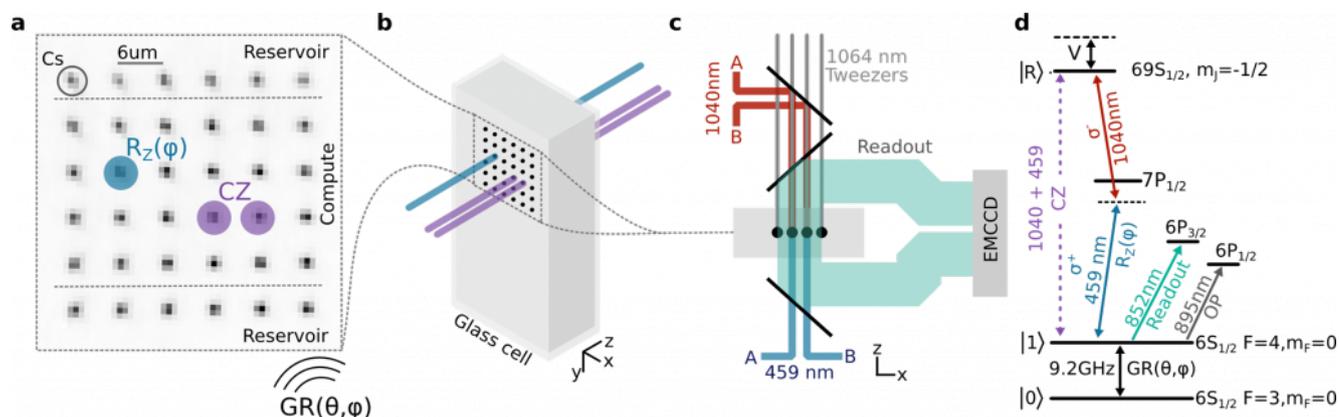
Photonic (Canada) souhaite faire, mais avec des qubits de cavités dans le silicium plutôt qu'avec des atomes neutres.



Scalable Networking of Neutral-Atom Qubits: Nanofiber-Based Approach for Multiprocessor Fault-Tolerant Quantum Computer by Shinichi Sunami, Shiro Tamiya, Ryotaro Inoue, Hayata Yamasaki, and Akihisa Goban, Nanofiber QT, University of Tokyo, University of Oxford, arXiv, July 2024 (22 pages).

Inflection

Ils publiaient aussi un blueprint sur arXiv en août 2024. Ils n'envisagent pas de déplacer les atomes pour réaliser des portes à deux qubits mais plutôt des lasers focalisés précisément sur les atomes, leur permettant d'avoir des portes bien plus rapides. Mais les atomes doivent probablement être plus espacés. Ils obtiennent des fidélités de portes à deux qubits CZ de 99,35%, ou 99,73% en excluant les pertes d'atomes. Les portes à un qubit RZ sont à 99.902%. Puis une lecture des qubits non destructive avec moins de 1% d'erreurs. Leur plateforme de tests comprend pour l'instant 32 atomes, piégés dans un cube de verre. Auparavant, ils avaient annoncé contrôler plus de 1000 atomes. Reste à associer les deux prouesses puis à faire de la correction d'erreurs sur l'ensemble !



A universal neutral-atom quantum computer with individual optical addressing and non-destructive readout by A. G. Radnaev, Mark Saffman, T. W. Noel et al, arXiv, August 2024 (22 pages).

Supraconducteurs

IBM Heron r2 Fez

Heron était sorti en décembre 2023 avec 133 qubits et de bonnes fidélités à 99.7% pour les portes à deux qubits CZ. Une **nouvelle release** a été mise en route dans le cloud relativement discrètement à la fin du printemps avec 156 qubits. Ils sont un peu meilleurs que Heron r1 Torino avec 133 qubits. C'est la base de départ de Flamingo qui associera plusieurs de ces processeurs avec une connectique microondes les reliant entre eux.

IQM

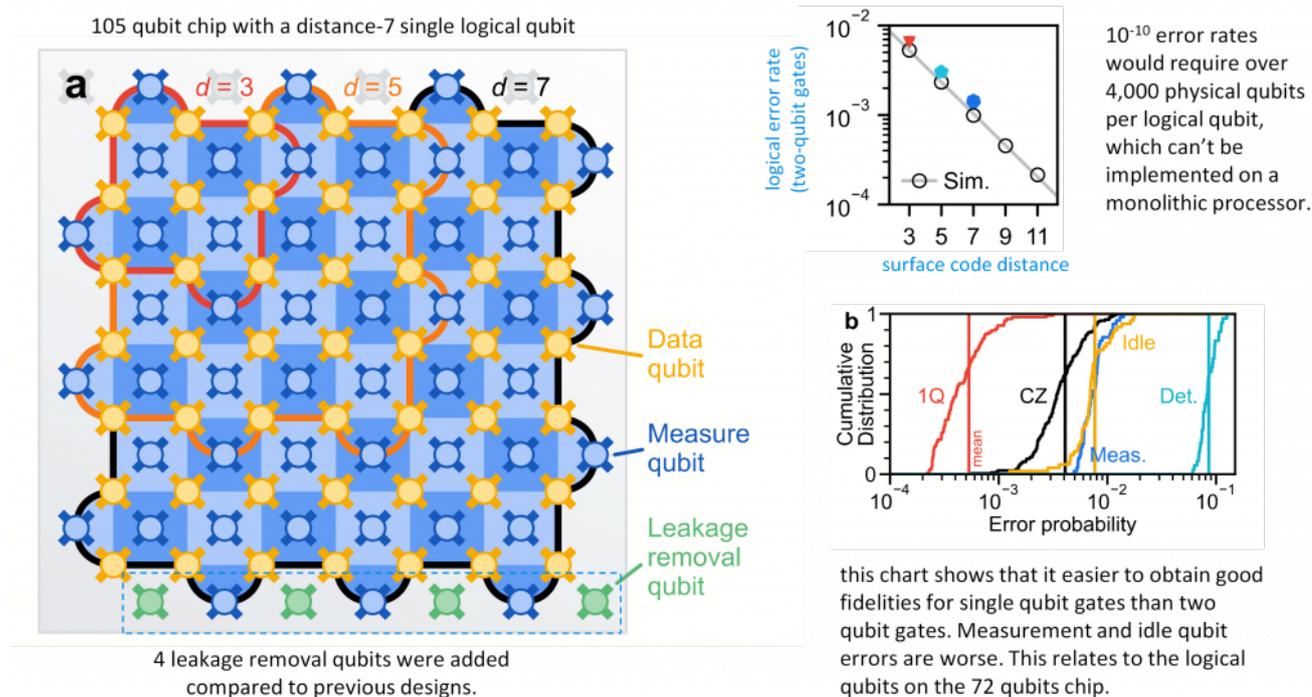
Ils **annonçaient** avoir obtenu 99,9% de fidélités sur des portes à deux qubits sur plusieurs paires de qubits isolés, grâce à l'emploi de leur propre salle de fabrication. C'est un progrès notable mais qui doit être corroboré par un benchmarking standard (XEB) de portes à deux qubits avec leurs futurs processeurs de 50 et 150 qubits avec une connectivité complète entre les qubits. IQM utilise des tunable couplers comme IBM et Google pour limiter les effets du crosstalk entre qubits.

Google

Grosse nouvelle avec la sortie d'un preprint de Google présentant leur premier qubit logique qui est meilleur que les qubits physiques. Enfin ! Et au passage, des tests réalisés avec un nouveau processeur de 105 qubits qu'ils avaient sous le coude depuis début 2023 et ont dû faire évoluer par itérations depuis. Cela leur et nous permet de fêter dignement les 5 ans de la suprématie de Sycamore d'octobre 2019, qui nous avait valu de démarrer cette série de podcasts sous l'impulsion de Fanny !

Quantum error correction below the surface code threshold by Rajeev Acharya, Frank Arute, Michel Devoret, Edward Farhi, Craig Gidney, William D. Oliver, Pedram Roushan et al, Google, arXiv, August 2024 (27 pages).

Dans le détail, tout est évidemment assez compliqué. Ils gèrent un seul qubit logique sur lequel ils corrigent une porte à un qubit. Avec la puce Sycamore à 72 qubits physiques, ils arrivent à corriger une porte à deux qubits (une CZ). Mais les qubits logiques ne sont pas arrangés de la même manière. Ils obtiennent 0,143% de taux d'erreur pour une CZ corrigée, ce qui est pas mal.



Avec 72 qubits physiques, ils arrivent à corriger les erreurs en temps réel grâce à une panoplie de techniques à base de machine learning. Cela ne fonctionne pas (encore) en temps réel sur 105 qubits physiques car le coût de la détection d'erreur augmente quadratiquement avec la distance du surface code. Deux points intéressants et nouveaux sont intégrés dans ces puces : la correction d'erreurs de fuites (leakage, lorsque l'oscillateur anharmonique du qubit supraconducteur s'échappe de l'état $|0\rangle$ et $|1\rangle$) avec des qubits dédiés, indiqués dans le schéma ci-dessus, et la capacité à réduire de quatre ordres de grandeur l'effet des erreurs corrélées générées par les rayons cosmiques, grâce à une technique de gap engineering des jonctions Josephson créée avec l'aide de Michel Devoret (ex Yale, ex CEA).

Ce n'est pas encore de la tolérance de pannes au sens propre du terme. Et ils ne supportent pas encore de support de portes T qui sont nécessaires pour obtenir une accélération exponentielle. A contrario, QuEra dans l'expérience de décembre 2023 supporte une porte à trois qubits CCZ qui permet de construire un jeu de portes quantiques universel.

Ils estiment qu'il faudrait 1457 qubits physiques pour créer un qubit logique avec 10^{-6} erreurs. Et cela ne tient pas forcément sur une seule puce. Ce qui nécessitera a minima de relier plusieurs puces entre elles via des liaisons microondes. Bref, il y a encore du travail pour "scaler".

Au passage, le papier de Google est signé par 243 personnes de chez eux et quelques autres comme William D. Oliver du MIT et Michel Devoret qui est à cheval entre Google et UCSB. C'est une information en soi !

Autres domaines

Cryoelectronics with SQUIDs

Au lieu d'utiliser du SFQ, une technique d'électronique supraconductrice adoptée notamment par la startup américaine SeeQC, des chercheurs chinois de Tsinghua University et du Hefei National Laboratory proposent d'utiliser des SQUIDs CPW (coplanar waveguides) et l'usage de l'effet Casimir, assez original dans ce cadre. Cela reste une technologie supraconductrice mais différente. Ils le testent aussi bien pour le drive que pour le readout. Cela pose certainement plein de questions, notamment côté calibrage des pulses en phases et nombre de photons, le lien entre leur puce et celle des qubits (distance required, effets divers, TSVs si flip-chip bonding, demux du signal de pilotage dont ils ne parlent pas vraiment, ...).

A cryogenic on-chip microwave pulse generator for large-scale superconducting quantum computing by Zenghui Bao, Yan Li, Zhiling Wang, Jiahui Wang, Jize Yang, Haonan Xiong, Yipu Song, Yukai Wu, Hongyi Zhang, and Luming Duan, arXiv, July 2024 (12 pages).

Riverlane lève \$75M

Cette levée a été **réalisée** avec comme nouveaux investisseurs FirstPlanet Partner, ETF Partners et EDBI qui est basé à Singapour. Le lead investor investit d'habitude dans des projets de green tech. C'est une tendance en ce moment. Comme pour PlanQC. Riverlane produit une technologie logicielle et silicium pour le décodage de syndromes de correction d'erreur.

Plus rapide que quoi ?

Une enquête de QuEra pas très scientifique qui indique que les personnes sondées dans les entreprises pensent que le progrès est plus rapide que prévu dans le calcul quantique. On se demande quel est le repère. L'approche de ce genre d'enquête est peu scientifique.

Survey Report: The Current and Future State of Quantum Computing by QuEra, July 2024 (17 pages).

Avantage énergétique... classique sur le NISQ

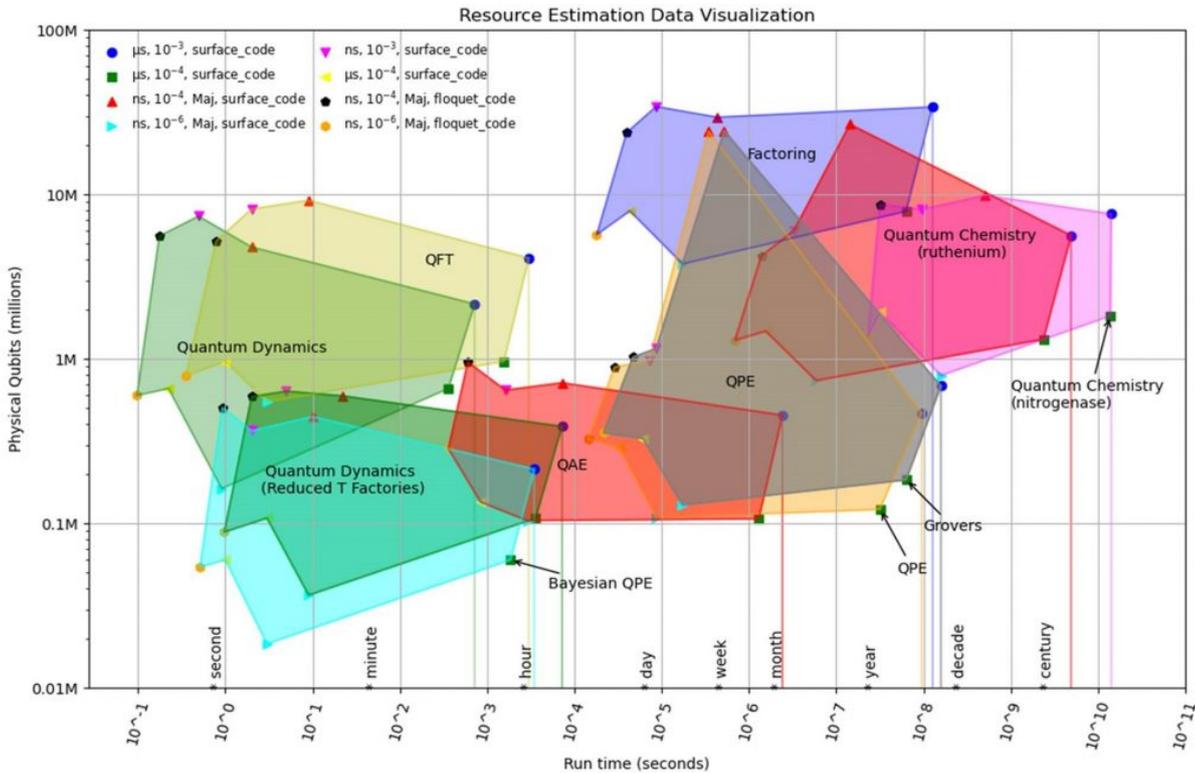
L'équipe de Jian-Wei Pan en Chine démontre un avantage énergétique... classique en reproduisant numériquement l'expérience de la suprématie de Google de 2019. Un gain d'un ordre de grandeur en temps de calcul (x12) ainsi qu'en consommation d'énergie (/7). Il serait bon qu'ils le fassent aussi avec Sycamore 72 qubits ou avec les derniers 56 qubits de Quantinuum qui sont de très bonne qualité.

Achieving Energetic Superiority Through System-Level Quantum Circuit Simulation by Rong Fu, Jian-Wei Pan, et al, arXiv, June 2024 (11 pages).

Leapfrogging Sycamore: Harnessing 1432 GPUs for 7 times Faster Quantum Random Circuit Sampling by Xian-He Zhao, Jian-Wei Pan, Ming-Cheng Chen et al, arXiv, June 2024 (8 pages).

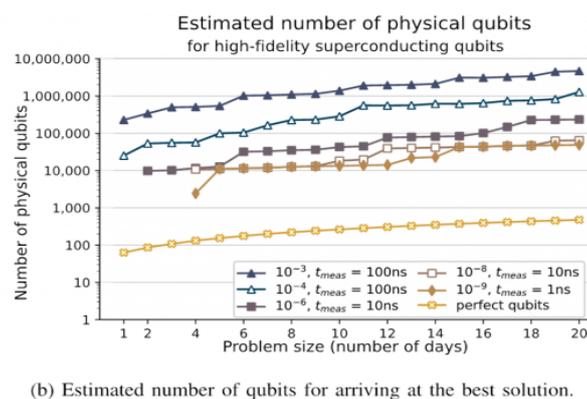
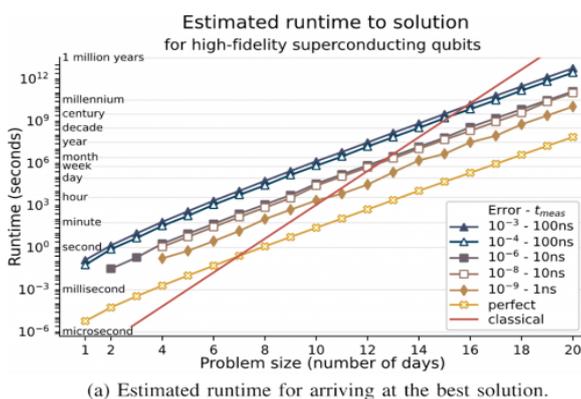
Estimations de ressources en régime FTQC

Le cabinet d'analystes GQI publiait en août une compilation d'estimations de ressources d'algorithmes FTQC basée sur l'analyse de 174 études de cas. Cela donne un chart plein de patateïdes qui positionne les besoins de ces classes d'algorithmes en nombre de qubits physiques et en temps de calcul. On y voit qu'avec des hypothèses optimistes de fidélités en 99,9% à grande échelle, les temps de calcul en simulation chimique risquent d'être prohibitifs. Cela va nécessiter leur parallélisation, vu que les circuits sont généralement exécutés au moins un millier de fois (pour QPE). Mais cela ne sera possible que si le prix des machines le permet.



The GQI Quantum Resource Estimator Playbook – Quantum Computing Report by Doug Finke, Quantum Computing Report, August 2024.

En août, une équipe de chercheurs allemands a réalisé une estimation de ressources pour fait de l'optimisation industrielle d'usine ("industrial shift scheduling problem") dans l'automobile. C'est un algorithme qui trouve des solutions exactes, à base de recherche Grover. Planning de production qui tient compte de sites de production multiples, et diverses contraintes opérationnelles et juridiques. Le résultat est qu'un avantage quantique demanderait des taux d'erreur de qubits physiques de 10^{26} et des temps de lecture de qubits en-dessous de 10 ns en raison de l'avantage qui n'est que quadratique avec Grover. La conséquence est que les algorithmes classiques utilisant des réseaux de tenseurs, et des heuristiques, ont de beaux jours devant eux.



Puis un papier de synthèse sur la simulation chimique à base d'ordinateurs quantiques par Garnet Chan. Il est très intéressant et bien documenté, notamment sur un mythe concernant FeMoCo et le procédé Haber-Bosch, qui serait efficace à 5% tandis que la nature le serait à 95%. Et bien, ce serait faux ! La nature n'est pas plus efficace. Simuler FeMoCo ne permettra pas de produire plus efficacement des engrais. Par contre, la simulation de nouveaux catalyseurs pour améliorer l'efficacité du procédé Haber-Bosch aura du sens. Modulo le fait qu'elle a besoin de milliers de qubits logiques.

Quantum chemistry, classical heuristics, and quantum advantage by Garnet Kin-Lic Chan, arXiv, July

2024 (45 pages). Key problems: the computation of ligand affinities in drug discovery, understanding biological nitrogen fixation, and ambient pressure high temperature superconductivity.

Bullshits de l'été

Résoudre un problème de voyageur du commerce avec un seul qubit.

C'est la proposition de chercheurs en Allemagne de résoudre un problème du voyageur de commerce (TSP) en utilisant un seul qubit. L'article est époustouflant, mais comporte de nombreuses failles, comme le fait de ne pas expliquer comment l'algorithme superpose plusieurs rotations d'un seul qubit dans une sphère de Bloch, qui représente déjà un état superposé. Il mentionne également que la mesure nécessite une tomographie, ce qui est coûteux. L'article ne fournit aucune estimation des ressources ni aucune mise en œuvre physique.

Solving The Travelling Salesman Problem Using A Single Qubit by Kapil Goswami, Gagan Anekonda Veereshi, Peter Schmelcher, and Rick Mukherjee, Universität Hamburg, arXiv, July 2024 (17 pages)

Quantum Financial System (QFS)

Un système bancaire parallèle émergent supposé concurrencer SWIFT et utiliser l'or, le platine et l'argent comme contreparties tangibles. Le concept est promu par certains acteurs du monde des crypto-monnaies qui souhaitent démanteler le monopole du système monétaire et mettre fin à "l'esclavage financier et au contrôle de la population". L'architecture technique n'est pas définie. Elle pourrait exploiter l'IA ainsi que diverses technologies quantiques comme l'informatique quantique. Un peu comme le Bitcoin, il n'a pas de créateur identifié. Il y a encore quelques entreprises construites autour comme **QFS Ledger** et **Quantum Financial System**. C'est de la méta-crypto-hype.

The Quantum Financial System (QFS) A Paradigm Shift in Banking by Harmony-Monica Jenkins, July 2024.

Quantum Financial System: Revolutionizing Finance or Conspiracy Theory? by George Kingslay, April 2024.

What is the "New Quantum Financial System"? by Altcoin Investor, March 2024.

The Quantum Financial System: What to Know by Owais Ali, AZoQuantum, October 2023.

Et mon livre ?

Je planche sur la 7^e édition du livre "Understanding Quantum Technologies", qui va approcher les 1600 pages. Avec plein de nouveautés, dans tous les domaines et notamment côté algorithmes quantiques.

Les relecteurs sont les bienvenus pour début septembre ! N'hésitez pas à vous manifester si vous êtes volontaires et avez un peu de temps à y consacrer.

Sa sortie est prévue comme chaque année fin septembre.

A la prochaine !

Cet article a été publié le 31 août 2024 et édité en PDF le 5 septembre 2024.
(cc) Olivier Ezratty – “Opinions Libres” – <https://www.oezratty.net>