



Opinions Libres

le blog d'Olivier Ezratty

Actualités quantiques de février 2025

Nous voici dans le 67^{ième} épisode de Quantum, le podcast de l'actualité quantique. Dans cet épisode, où je suis toujours en compagnie de **Fanny Bouton** d'OVHcloud, nous allons revenir sur le centenaire du quantique à l'Unesco, sur deux voyages de Fanny au Canada puis aux Émirats Arabes Unis, sur diverses annonces, dont celles de Quandela, Quobly, Microsoft avec Majorana-1, PsiQuantum avec Omega, Amazon avec Ocelot, IonQ et son acquisition d'ID Quantique, des levées de fonds chez QuEra et Quantum Machines, et quelques papiers scientifiques intéressants.

Événements

Voici le point sur quelques événements passés et à venir.

100 ans du quantique à l'UNESCO à Paris

Nous avons assisté au siège de l'Unesco à Paris à l'événement de lancement de l'année internationale des sciences et technologies quantiques, qui comptait un peu moins de 1000 participants. Il s'agissait d'une journée et demie de conférences associant quelques keynotes et de nombreux panels portant notamment sur les questions sociétales associées aux technologies quantiques. Il y avait du beau linge venu du monde entier. Les tables rondes étaient généralement ennuyeuses sauf celle à laquelle participait Alain Aspect qui a notamment dénoncé les efforts d'Elon Musk pour « acheter » Wikipedia. Dans les keynotes, celui d'Anne l'Huillier (lauréate du prix Nobel de physique en 2023) était très didactique.

La meilleure intervention était celle de Bill Phillips (lauréat du prix Nobel de physique en 1997, *ci-dessous*). Le panel sur l'industrie du quantique rassemblait 5 américains, 1 Suisse et 1 Singapourien. Aucun Européen ! Il semblerait que cela vienne de l'influence de l'organisation qui en avait été confiée à l'APS (American Physical Society) et au consortium américain QED-C.



Canada

Fanny Bouton participait aux **Quantum Days** à Toronto sous la neige. 200 personnes assistaient à cette conférence qui était scientifique. Elle a pu visiter **Xanadu** et leur projet de data center-immeuble qui hébergerait 100 qubits logiques photoniques. Soit environ 9000 m2. Ils ont besoin de se financer pour créer ce mastodonte dont la taille est vraiment déraisonnable. Et ce n'est que pour 100 qubits logiques alors qu'il en faudrait des milliers. Quelqu'un leur dit ? Elle est aussi allée à Montréal et Sherbrooke.

Dubaï et Abu Dhabi

Fanny Bouton y était pendant une semaine avec une délégation française accompagnée par Business France et Lola Richard. C'était à l'occasion du **Quantum Innovation Summit** organisée par Malak Trabelsi-Loeb avec un total de 200 personnes en tout dont 100 des intervenants et exposants. Cela comprenait des keynotes et panels avec notamment la participation de Quandela (Niccolo Somaschi leur CEO), Pasqal, Multiverse, Thales, Loic Le Loarer (coordinateur de la stratégie quantique nationale) et Neil Abroug (qui joue ce rôle chez Inria depuis septembre 2024).



Il y avait notamment Matthias Troyer de Microsoft et Elvira Shishenina, maintenant chez Quantinuum. C'était

surtout un lieu de networking. Il y avait des rendez-vous qualitatifs préparés par Business France comme avec Etisalat. Le groupe français a aussi fait une visite du laboratoire TII d'Abu Dhabi et de la branche locale de Sorbonne Université. Les EAU ont l'ambition de devenir autonomes d'un point de vue technologique et mettent le paquet sur la formation et l'attraction des talents.

À venir

L'inauguration du **laboratoire CESQ** à Strasbourg la première semaine de mars où j'interviens le 6 mars. OVHcloud y finance le hackathon organisé pendant cette semaine-là.

Je serais au **MIT à Boston** le 4 avril 2025 pour le lancement de leur Quantum Index dans ce qu'ils appellent le **Business of Quantum Summit**. J'en profiterai pour visiter les startups QuEra et Atlantic Quantum et quelques laboratoires sur place.
<https://www.eventbrite.com/e/business-of-quantum-summit-tickets-1228582075059?aff=oddtcreator>.

La seconde édition de la conférence scientifique **International Conference on Quantum Computing (ICOQC2025)** se tient à l'Institut Poincaré à Paris du 12 au 16 mai. Elle couvre tout de la physique au hardware et au logiciel. J'y serais les premiers jours.

Le **Forum Teratec** aura lieu à **Vincennes** le 21 mai. J'y présenterai les conclusions du rapport de l'Académie des Technologies sur le FTQC auquel j'ai contribué. Cette présentation sera suivie d'un panel animé par Catherine Lambert qui présidait ce groupe de travail. Elle sera accompagnée d'autres contributeurs à la rédaction de ce rapport. La session sera conclue par Loïc Le Loarer, ci-devant coordinateur de la stratégie nationale quantique au SGPI.

La conférence **Quantum Matter** a lieu à Grenoble la même semaine avec des top guns scientifiques des qubits supraconducteurs et silicium.

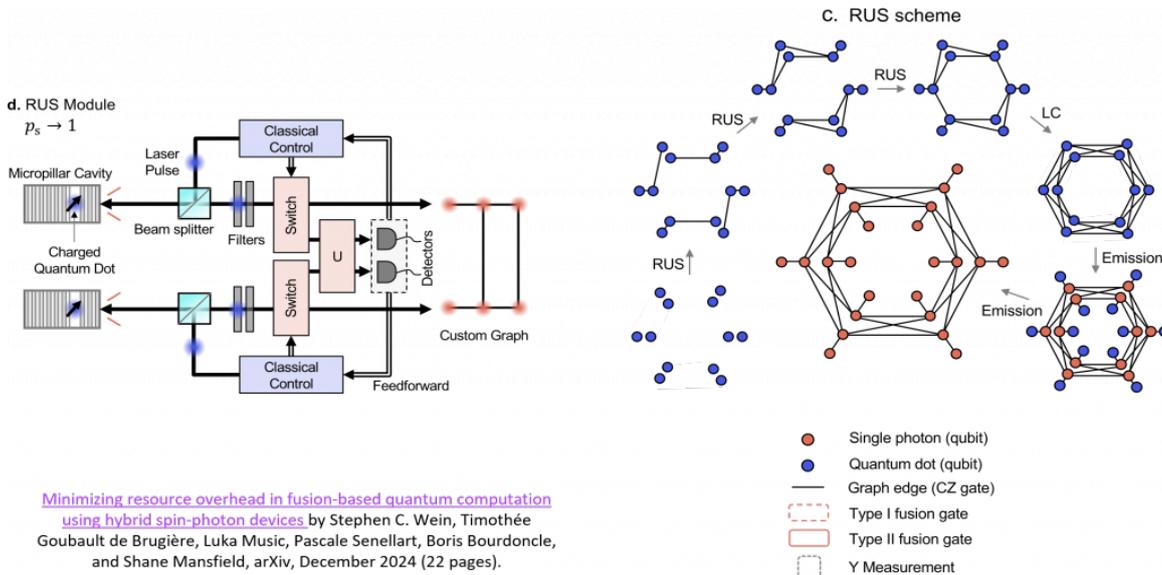
Et toujours **France Quantum** le 10 juin à Station F. Vous pouvez contacter Fanny Bouton pour obtenir une invitation gratuite. fanny.bouton@ovhcloud.com.

France

Quandela

Quandela applique la méthode Google Willow pour faire parler de ses avancées scientifiques ! Début février 2025, ils annonçaient une avancée sur leur architecture de calcul pour le calcul à tolérance aux fautes en lien avec un papier arXiv publié en décembre 2024.

Il s'agit d'une technique de génération de « cluster states » de photons intriqués exploitant leurs sources déterministes de photons à base de quantum dots. Avec cette technique, les quantum dots sont des qubits statiques dont le spin est leur degré de liberté. Il est contrôlé magnétiquement et permet de générer des séries de photons intriqués qui sont ensuite post-sélectionnés de manière efficace. L'article décrit une réduction d'un facteur de 100 000 du nombre de sources de photons requises pour réaliser du calcul FTQC par rapport à l'architecture de PsiQuantum et Xanadu. C'est significatif et pourrait permettre de rendre le calcul quantique raisonnable en terme de "footprint", comparativement à des deux concurrents dont les systèmes FTQC prévus sont de taille totalement délirante.



La méthode consiste à utiliser des paires de quantum dots pour générer de manière quasi-déterministe des paires de photons qui sont ensuite intriqués par paires via une porte non déterministe avec la technique dite RUS (repeat until success) tandis que les photons successifs issus de chaque quantum dot sont déjà intriqués entre eux. Cela leur permet d'arranger des réseaux de photons intriqués dans l'espace et dans le temps, représentés par des graphes de forme diverse dans leurs schémas. Il leur faudra 12 quantum dots pour créer un qubit logique et 12 000 sources pour créer un ordinateur quantique « utility grade ».

Quandela announces a 100,000-fold reduction in the number of components needed for fault-tolerant calculations, a major breakthrough for photonic quantum computing by Quandela, February 2025.

Minimizing resource overhead in fusion-based quantum computation using hybrid spin-photon devices by Stephen C. Wein, Timothée Goubault de Brugière, Luka Music, Pascale Senellart, Boris Bourdoncle, and Shane Mansfield, arXiv, December 2024 (22 pages).

The impact of hole g-factor anisotropy on spin-photon entanglement generation with InGaAs quantum dots by P. R. Ramesh, Aristide Lemaître, Pascale Senellart, Loic Lanco, Nadia Belabas, Olivier Krebs et al, Quandela, C2N, arXiv, February 2025 (13 pages).

Quobly

Quobly inaugurerait ses nouveaux locaux à Grenoble dans le nouveau bâtiment BHT3, et avec un étage technique au rez-de-chaussée avec deux cryostats et des outils de tests de chips, dont un fonctionnant dans un premier temps à température ambiante. Il y avait une bonne centaine de personnes présentes représentant toutes les facettes de l'écosystème de la société, dont Orano, ColibriTD, le CEA, etc. *Ci-dessous*, Tristan Meunier, François Perruchot et Maud Vinet, les trois cofondateurs de la société.



Ils ont aussi gagné un **financement de l'EIC** d'un montant non public mais qui se chiffre en millions d'Euros.

Ils relayaient aussi une publication scientifique d'une collaboration avec le CEA-Leti leur ayant permis de créer un mécanisme de lecture de leurs qubits rapidement et avec moins de consommation d'énergie, 10 fois moins qu'avec l'ancienne génération et avec un circuit 2 fois plus compact. Cela s'inscrit dans leur stratégie consistant à créer un ordinateur quantique qui soit très compétitif en termes de consommation d'énergie et de prix d'acquisition. Dans **CEA and Quobly Report Simultaneous, Microsecond Qubit-Readout Solution With 10x Power-Use Reduction** by Quobly, February 2025.

Livre blanc sur les atomes froids de Quantonation

Quantonation a produit un **livre blanc** sur le calcul quantique à base d'atomes froids. C'est plein de citations d'illustres scientifiques comme Alain Aspect et aussi Immanuel Bloch. C'est du bon marketing technologique réalisé pour Pasqal.

International

Microsoft Majorana-1

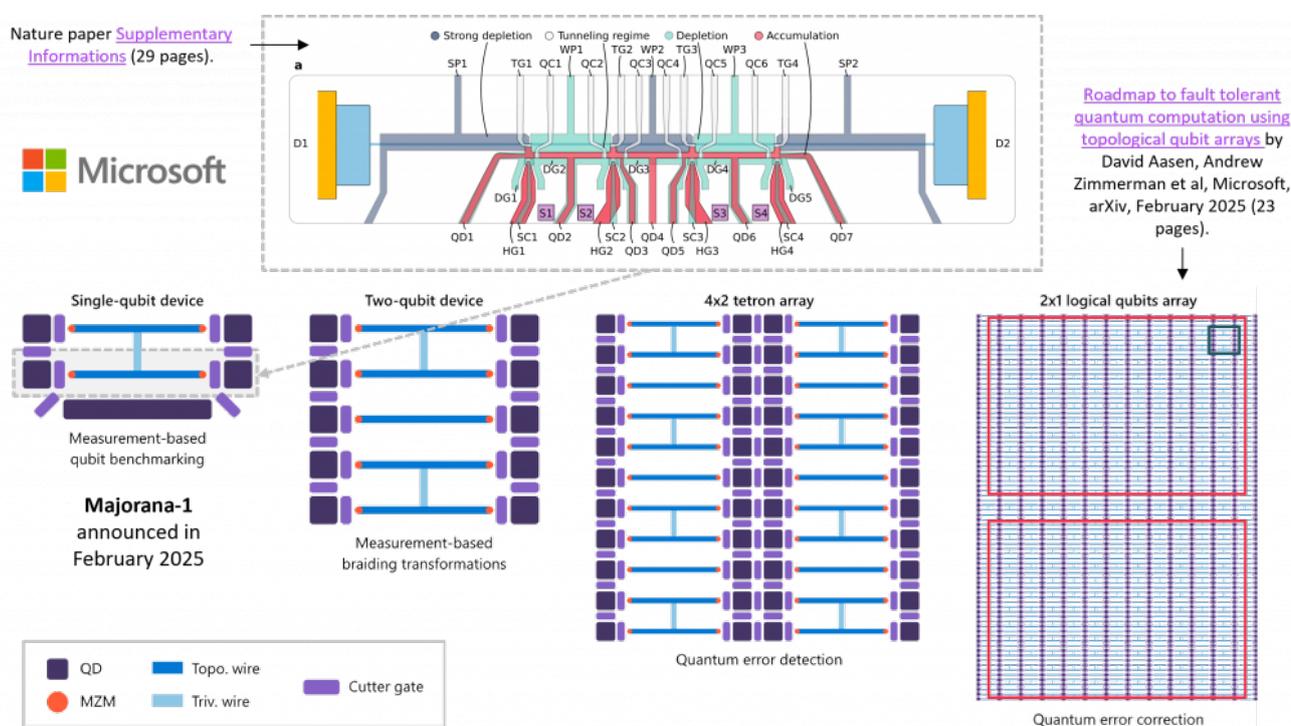
C'est un peu la grande annonce du mois qui fait autant de bruit que Google Willow en décembre 2024. Ils annonçaient la réalisation de leur première puce à un qubit physique topologique, Majorana-1, publiaient un blueprint contenant une sorte de roadmap technique, et un papier dans Nature démontrant la mesure d'un fermion de Majorana dans une puce contenant l'équivalent d'une moitié de qubit topologique. Contrairement à l'annonce de Google, celle-ci a été accueillie de manière moins unanime vu le mauvais *track-record* de la société dans le domaine avec des surpromesses du passé et un papier dans Nature de 2018 rétracté en 2021.

Alors, décryptage :

- Les **qubits physiques** sont protégés contre certains types d'erreurs grâce à leur caractère « topologique », à priori des erreurs de Pauli (X pour l'amplitude et Z pour la phase). Le taux d'erreurs physiques visé par Microsoft est compris entre 10^{-4} et 10^{-6} . Ce n'est pas bien loin des qubits de chat d'Alice&Bob qui ont un taux d'erreur de flip de 10^{-6} . Ces qubits sont appelés des « tetrons », car réalisés avec quatre fermions de Majorana qui sont les deux extrémités de deux nanofils supraconducteurs, assemblés avec des

hétérostructures en indium, arséniure et aluminium, sur des wafers InP (phosphore d'indium). Un qubit complet a une taille de $5 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m}$.

- Le **roadmap** de Microsoft consiste à créer une puce avec 2 qubits physiques, puis à 8 qubits puis à 371 qubits pour tester deux qubits logiques. Puis, plus tard, une puce d'un million de qubits physiques qui supporterait jusqu'à 1000 qubits logiques.
- Le **chiplet** contenant la puce des qubits contient aussi une puce supportant le résonateur permettant la lecture du qubit. Ces deux puces opèrent à une température de 50 mK qui est légèrement supérieure à celle des qubits supraconducteurs (15 mK) mais inférieure à celle des qubits en silicium (500 mK). Ces résonateurs sont bien plus grands que les qubits, donc cela déplace le problème de la taille des qubits ailleurs, sans compter l'électronique de contrôle qui pour l'instant fonctionne à température ambiante.
- Les **portes quantiques** sont réalisées avec des mesures sur les qubits. Elle s'appuie sur des mesures en base X, Y et Z pour les portes à un qubit et de parité XX, YY et ZZ pour les portes à deux qubits dans le cadre d'opérations de « braiding » (« tressage topologique ») pour les portes à deux qubits.



La polémique associée à l'annonce vient du fait que le papier dans Nature démontre la capacité à « lire » l'état d'un fermion de Majorana. Cela consiste à déterminer si le nombre d'électrons circulant dans un nanofil est pair ou impair... sur un milliard d'électrons, via un simple quantum dot. En fait, l'équipe éditoriale de Nature indique que le papier ne prouve pas que des MZM ont été véritablement détectés. Ce que Microsoft a mesuré n'est pas forcément un état topologique MZM mais potentiellement un état d'Andreev, qui n'en présente pas les caractéristiques et n'est pas suffisant pour protéger les calculs du bruit. Parmi les quatre referees, deux sont opposés à la publication du papier, et dans les deux qui restent, il semble que l'un d'entre eux soit « conflicté », ayant publié des papiers de Microsoft par le passé dont un a dû être rétracté, en 2021.

Il semblerait cependant que la puce présentée aux médias cette semaine par Microsoft ne corresponde pas à celle testée dans le papier Nature et qu'un nouveau papier devrait être publié sur cette nouvelle version de leur puce à un qubit physique pour laquelle la mesure du MZM semblerait plus probante. On doit donc faire preuve de patience et leur faire confiance sur parole !

Vous en saurez plus dans un papier plus détaillé que je publierai d'ici peu sur ce site.

Roadmap to fault tolerant quantum computation using topological qubit arrays by David Aasen, Andrew Zimmerman et al. Microsoft, arXiv, February 2025 (23 pages).

Interferometric single-shot parity measurement in InAs–Al hybrid devices by Microsoft Azure Quantum, Justin Zilke et al, Nature, February 2025 (6 pages) et les **Supplementary Informations** du papier (29 pages).

Microsoft unveils Majorana 1, the world's first quantum processor powered by topological qubits – Microsoft Azure Quantum Blog by Chetan Nayak, Microsoft Azure Quantum Blog, February 2025. Nayak est le patron du hardware quantique de Microsoft.

PsiQuantum Omega

Cette fois-ci, c'est PsiQuantum qui remet le couvert avec une annonce qui rappelle celle de Google Willow sur la forme. Leur arXiv d'avril 2024 est maintenant publié dans Nature, avec plus d'informations, et une sauce marketing autour avec un nom pour leur puce : Omega. Les défis décrits en avril 2024 dans leur papier sont toujours les mêmes au niveau des efficacités des sources et détecteurs de photons et des pertes dans les PICs et fibres. Ils sont bien documentés. Il suffit de lire ! Et cela leur prendra certainement du temps de tous les régler. Ils prévoyaient à l'origine de livrer 100 qubits logiques d'ici 2030. Wait and see!

PsiQuantum Announces Omega, a Manufacturable Chipset for Photonic Quantum Computing – PsiQuantum by PsiQuantum, February 2025.

A manufacturable platform for photonic quantum computing by PsiQuantum Team, Nature, February 2025 (15 pages) et les **Supplemental materials** (24 pages).

Amazon Ocelot

Bis repetita. Amazon annonçait le lendemain même sa puce de qubits de chats Ocelot. Elle correspond à celle qui était dans un arXiv de septembre 2024 que nous avons déjà commentée ! La puce comprend 5 qubits de chats et 4 qubits supraconducteurs transmon qui servent à les contrôler. Elle a été testée avec un premier niveau de correction d'erreurs. C'est un bon début.

Hardware-efficient quantum error correction via concatenated bosonic qubits by Harald Putterman, Oskar Painter et al, Nature, February 2025 (9 pages), **Supplementary Informations** (51 pages) et **Peer Review File** (17 pages).

Hardware-efficient quantum error correction using concatenated bosonic qubits by Harald Putterman, John Preskill, Fernando G.S.L. Brandão, Matthew H. Matheny, Oskar Painter et al, arXiv, September 2024 (60 pages).

IonQ et IDQ

IonQ annonçait en février 2025 un investissement majoritaire dans IDQ sous la forme d'un échange d'action avec SK Telecom qui était leur principal actionnaire. C'est curieux compte-tenu de la stratégie d'IDQ qui ne privilégie pas le partage d'intrication dans son offre de communication quantique.

Et puis, nous avons un **changement de CEO**, David Chapman étant remplacé par un Niccolo de Masi. Il **baratine** autant que le précédent. Il y a beaucoup de bronca des investisseurs sur X. Ils se **sentent leurrés** par les surpromesses de l'ancien CEO sur les perspectives de vente et d'applications pratiques de leur ordinateur dans les entreprises. Que ce soit avec les 36 qubits physiques actuels du système Forte, ou avec les 64 qubits

attendus cette année, c'était clairement survenu. Ce n'est pas simple pour les investisseurs d'y voir clair en ne regardant que des chiffres et des courbes prévisionnelles de vente !

Voici le **podcast enregistré en 2024** avec Grégoire Ribordy, le CEO d'IDQ.

Lancement de Zuriq

Jonathan Home et des collègues d'ETH Zurich lancent une nouvelle startup pour créer un ordinateur quantique à base d'ions contrôlés dans des pièges de Penning, par micro-ondes et champs électriques. Ils ont levé \$4.2M de fonds d'amorçage. L'approche de ZuriQ donne beaucoup plus de liberté dans le transport des ions comparé aux pièges de Paul.

Qolab

Qolab a mis à jour son blueprint sur arXiv. **How to Build a Quantum Supercomputer: Scaling from Hundreds to Millions of Qubits** by Masoud Mohseni, John M. Martinis et al, arXiv, November 2024-January 2025 (76 pages). Et ils me remercient pour le feedback que je leur avais donné en décembre dernier, lors d'un call auquel avait participé John Martinis.

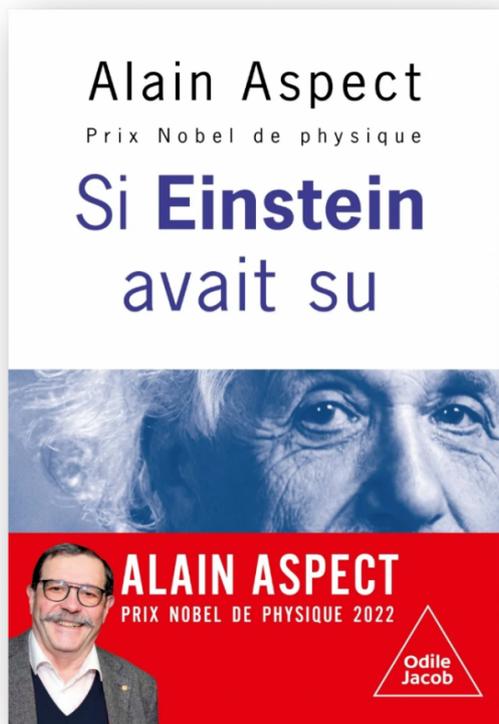
Le papier est toujours aussi intéressant. En particulier, et en contraste avec le blueprint de Microsoft, il décrit bien les enjeux de scalabilité des ordinateurs quantiques "solidstate" (supra, silicium, ...) par tranche de nombre de qubits : passer de 10 à 100, de 100 à 1000, de 1000 à 10 000, etc. de nouveaux défis se présentent à chaque étape, qui sont à la fois scientifiques et technologiques.

Nouveaux papiers scientifiques

Voici plusieurs papiers scientifiques récents parmi les centaines de nouveaux qui paraissent chaque mois sur les technologies quantiques et la recherche fondamentale associée:

- Un bon review paper sur la simulation chimique provenant de Chine : **Fault-tolerant quantum algorithms for quantum molecular systems: A survey** by Yukun Zhang, Xiao Yuan et al, ByteDance, Peking University, South China Normal University, arXiv, February 2025 (28 pages).
- Un papier des équipes de Google et de ses partenaires universitaires qui propose une nouvelle manière plus efficace de réaliser une simulation chimique, applicable au fameux cas du complexe FeMoCo. Le calcul descend à quelques heures. **Fast quantum simulation of electronic structure by spectrum amplification** by Guang Hao Low, Robbie King, Dominic W. Berry, Qiushi Han, A. Eugene DePrince III, Alec White, Ryan Babbush, Rolando D. Somma, and Nicholas C. Rubin, Google, Caltech, arXiv, February 2025 (43 pages).
- Un bon review paper sur le quantum machine learning : **Quantum Machine Learning: A Hands-on Tutorial for Machine Learning Practitioners and Researchers** by Yuxuan Du, Min-Hsiu Hsieh, Patrick Rebentrost, Dacheng Tao et al, CQT, Foxconn, arXiv, February 2025 (260 pages).
- Un papier chinois intéressant sur la connectivité non locale au sein d'un chip de qubits supraconducteurs. Permet de mettre en œuvre une correction d'erreurs moins coûteuse à partir de codes qLDPC. 99.37 % de fidélités, ce qui est pas mal. Mais cela ne scale pas bien au-delà d'une centaine de qubits. **Scalable Low-overhead Superconducting Non-local Coupler with Exponentially Enhanced Connectivity** by Haonan Xiong, Luming Duan et al, arXiv, February 2025 (15 pages).

Et en bonus, citons le dernier ouvrage d'Alain Aspect, "Si Einstein avait su" (Janvier 2025, 363 pages). Je suis en train de le lire et ai atteint la moitié. C'est passionnant et j'apprends plein de choses. Il nous plonge au cœur des débuts de l'histoire de la physique quantique, confronte Niels Bohr et Albert Einstein. Puis il raconte la fameuse histoire de l'intrication, la manière dont John Stewart Bell a créé son fameux théorème et les inégalités qui portent son nom. Et s'en suit bien évidemment l'histoire de son expérience et les débuts de la seconde révolution quantique. C'est suffisamment vulgarisé pour le grand public et suffisamment technique pour les spécialistes pour que tout le monde y trouve son compte.



Levée de fonds de QuEra

\$230M ! Pas mal. Dont une part qui vient de Google et d'un fonds d'investissement Turcs.

Levée de fonds de Quantum Machines

\$170M ! C'est la plus grosse levée de fonds de startup de technologie habilitante. **Quantum Machines Raises \$170M as Its Customer Base Exceeds 50% of Companies Developing Quantum Computers** by Quantum Machines, February 2025.

Relativiser la menace de la Chine

J'ai été interviewé par Rachel Cheung. Elle a publié mon chart sur les investissements publics et privés par régions et pays normalisé sur 5 ans qui remet la Chine à sa place. L'article comprend une très belle enquête sur les startups en Chine. Une enquête journalistique bien rare comme on n'en fait quasiment plus !

The Quantum Panic – The U.S. wants to be prepared for whatever quantum technologies bring, but is it time to rightsize the threat from China? by Rachel Cheung, The Wire China, February 2025.

Création de la Quantum Datacenter Alliance

Nu Quantum, Quantinuum, Cisco, OQC, Qphox, QuEra ont lancé cette **QDA**, qui ont l'air de se focaliser sur

l'interconnexion d'ordinateurs quantiques.

Nu Quantum Partners With Leaders to Launch Quantum Datacenter Alliance by Matt Swayne, The Quantum Insider, February 2025.

Bullshit

IA et Quantique, cela continue ! Exemple avec cette startup UK, SECQAI, qui prétend faire des LLMs avec du calcul quantique. C'est survenu, en tout cas sur le court et moyen terme. Avec un communiqué de presse, sans publication technique associée. Cela fait désordre. Et on sait en général qu'un LLM n'est pas facile à faire ingérer par un ordinateur quantique, même FTQC, que ce soit pour l'entraînement du fait de la quantité de données d'entraînement, ou pour les inférences, de part le nombre de paramètres. Mais je me répète sans doute !

SECQAI Launches World's First Quantum Large Language Model (QLLM), to Shape the Future of AI by SecQAI, February 2025.

SECQAI Announces Launch of Hybrid Quantum Large Language Model by Matt Swayne, The Quantum Insider, February 2025.

A la prochaine fois... !

PS: Fanny Bouton et moi-même animons ce podcast depuis 2019 comme les podcasts Decode Quantum depuis 2020. Ces podcasts permettent d'animer l'écosystème quantique en France (Quantum) et dans le monde (Decode Quantum, maintenant, avec une majorité des épisodes enregistrés en anglais). Nous faisons cela pro-bono, sans modèle économique. Ce n'est pas notre activité principale. Fanny Bouton et moi-même sommes actifs dans l'écosystème à plusieurs titres : elle est de son côté "quantum lead" chez OVHcloud et cofondatrice de l'événement France Quantum, et du mien, je suis enseignant (EPITA, CentraleSupélec, ENS Paris Saclay, etc.), auteur et chercheur indépendant, formateur, expert technique auprès de différents organismes (Bpifrance, l'ANR, l'Académie des Technologies, etc.) et aussi cofondateur de la Quantum Energy Initiative.

Cet article a été publié le 4 mars 2025 et édité en PDF le 5 mars 2025.
(cc) Olivier Ezratty – "Opinions Libres" – <https://www.oezratty.net>