



Opinions Libres

le blog d'Olivier Ezratty

Actualités quantique d'octobre 2024

Nous voici dans le 63 ième épisode de Quantum, le podcast francophone de l'actualité quantique qui persiste et perdure maintenant depuis plus de 5 ans.

Au menu de cet épisode : de nombreux voyages (Grenoble, Munich, New York). Des nouveautés chez Quobly, Quandela, IBM, QuEra, des prix Nobel de physique et de chimie à la sauce de l'IA, des levées de fonds à l'étranger, des frayeurs d'origine chinoise côté cybersécurité, et quelques éléments nouveaux pour notre bêtisier quantique habituel.

Événements

Nous faisons ici le tour des événements auxquels nous avons participé ou dont nous avons entendu parler, en France et dans le monde. Il est impossible d'être exhaustif tant ces événements sont nombreux dans l'écosystème, aussi bien côté scientifique que « business ».

- **QuantAlps Days** les 30 septembre et 1^{er} octobre à Grenoble.

Nous y étions tous les deux. C'était la **troisième édition** de ces deux journées qui permettent à l'écosystème de la recherche quantique grenobloise associant UGA, le CEA, le CNRS et Inria de mettre en avant ses récents travaux. Ils accueillait aussi des chercheurs externes à Grenoble.



Il y avait notamment **Hélène Bouchiat** du LPS Orsay et de l'Académie des Sciences qui traitait des courants supraconducteurs dans de structures 1D à base de fils en bismuth et 2D, qui aboutissent à des objets quantiques avec une protection topologique, associés aux isolants topologiques. Elle creuse aussi le domaine des graphènes.

Camille Biros d'UGA intervenait côté sciences sociales sur les métaphores utilisées dans la promotion et la pédagogie du quantique. Ils ont analysé 10 documents de vulgarisation issus de 3 sociétés et 7 académiques et y

ont détecté 335 métaphores. Un bon exemple est l'écrasement de la fonction d'onde. C'était suivi d'un atelier de travail intéressant où les participants classaient les textes identifiés, avec un petit jeu pour deviner leur origine. Certains textes pourtant issus d'académiques frisaient l'horrible bêtisier, comme les deux exemples ci-dessous. Le premier exemple est relatif aux effets de l'intrication après les mesures des deux qubits intriqués, et le second essaye maladroitement de décrire une pince optique. Ce n'est pas le laser qui a la bonne forme, mais son rayon qui est modifié par des dispositifs tels que les AOD (acousto-optical deflectors) et les SLM (spatial light modulators) qui, respectivement, modifient au pixel près la direction et la phase des rayons émis.

Une fois observée, la superposition quantique des deux qubits s'effondre et le qubit non observé prend la position opposée à celle du qubit observé.

Un laser ayant la bonne forme pour piéger un atome de Rydberg est une pince optique.

Signe Seidelin de l'Institut Néel présentait l'usage de cristaux de terres rares dopés à base d'euporium utilisés en optomécanique.

Manuel Houzet qui dirige le Laboratoire Quantique PHELIQS du CEA IRIG décrivait des phénomènes de thermodynamique quantique dans les jonctions Josephson.

Sébastien Tanzilli du CNRS présentait le projet CryoNext, l'un des programmes de la stratégie nationale quantique, doté de 34M€ sur 72 mois et lancé officiellement en juin 2024. Il en profitait pour faire l'inventaire des programmes de cette stratégie qui expliquent où est passé le 1M€ associé : le **PEPR** (recherche fondamentale dirigée), le programme **HQI** (calcul hybride, piloté par GENCI et le CEA), **QuantXium** (pré-incubation, piloté par le CNRS), **QuantEdu** (formation), **ASIS** (isotopes rares), **AtomCTRL** (lasers pour le refroidissement), **Metriqs** (LNE, benchmarking), **QLoop** (ex grand défi LSQ, électronique de contrôle, correction d'erreurs) and **PROQCIMA** (DGA). Cryonext vise à créer des fermes de cryostat pour le calcul FTQC. Le programme couvre de la R&D en cryogénie et la création de démonstrateurs. Cela couvre tous les besoins : photonique, semi-conducteurs, supraconducteurs, communications et capteurs, réfrigération magnétique, et thermométrie.

Peter Vermaas de TU Delft qui pilote le volet sociétal de Quantum Delta aux Pays-Bas et notamment les questions d'éthique des technologies quantiques, décrivait les initiatives pour créer un « quantique éthique ». Son motto : trouver des applications réalistes et ayant un impact sociétal, sans se plonger dans la dimension scientifique et technologique qui n'est pas abordable.

Val Zwiller le chief scientist de Single Quantum qui crée des sources et détecteurs de photons uniques. Il est d'origine française. Il décrivait notamment un spectromètre quantique avec une array de 64 pixels, utilisé en astrophysique. C'est le produit d'une nouvelle startup créée en Suède, Quantum Scopes. Elle vise notamment le domaine de l'astrophysique.

Cyril Branciard de l'Institut Néel parlait d'indefinite causal orders. Un sujet très théorique où l'on peut superposer des successions d'opérations quantique dont l'ordre est indéfini et superposé. Cf **Reassessing the advantage of indefinite causal orders for quantum metrology** by Raphaël Mothe, Cyril Branciard, and Alastair A. Abbott, Physical Review A, June 2024 (29 pages).

YoshiChika Otani de l'Université de Tokyo traitait de différents courants de spin (magnons, spinons, ...).

QuantAlps annonçait en octobre la création de la maison du quantique de Grenoble, dans le cadre du programme HQI. Elle sera implantée dans les locaux de Y-Spot au CEA. Xavier Waintal en est le directeur scientifique !

- **Séminaire Teratec AQADOC** à Jussieu le 2 octobre piloté par Teratec, EDF, avec Welinq, Pasqal et Quandela, entre autres (slides). Le sujet : l'interconnexion entre ordinateurs quantiques, indispensable pour atteindre un régime utile d'avantage quantique en mode FTQC. Diverses méthodes de partitionnement d'algorithmes quantiques étaient présentées par Welinq.



- **Journée Quantique Minalogic** à Lyon le 2 octobre (programme), le même jour dans une tour à Lyon avec une vue imprenable. J'ai fait un keynote sur l'état de l'art du calcul quantique (slides), le cinquième depuis 2020. La conférence comprenait aussi une présentation des écosystèmes des régions (Nouvelle Aquitaine, Grand Sud, Strasbourg) ainsi qu'une intervention de Lydia Baril sur le Danemark, sachant que depuis octobre, elle est devenue "VP hardware domain" chez Pasqal. Fanny Bouton intervenait sur la stratégie européenne d'OVHcloud. Il y avait de plus un panel sur les standards et le benchmarking et un

autre sur la cybersécurité.

- **Bpifrance BIG** à Bercy le 10 octobre, le grand rendez-vous de l'entrepreneuriat. Avec notamment un panel avec Jean-François Bobier du BCG, Cécile Perrault d'Alice&Bob, Frédéric Barbaresco de Thales, et Christophe Legrand de Pasqal ([vidéo](#)). Maud Vinet de Quobly intervenait dans la grande scène du BANG pour parler de progrès en 7 minutes ([vidéo](#)) tout comme Christophe Jurczak de Quantonation ([vidéo](#)). Théau Péronnin d'Alice&Bob intervenait la veille dans la journée Deep Tech ([vidéo](#)).
- **Alain Aspect** faisait mi-octobre une visite à **Taiwan** et en Corée du Sud, accueilli comme un prince et intervenant dans de nombreux événements. Il était fait **docteur honoris causa de NTU**, intervenait auprès d'étudiants et de lycées, et visitait un événement organisé par Foxconn. En Corée, il était accompagné de **Georges-Olivier Reymond**, le CEO de Pasqal.



- **Munich Quantum Software Forum (programme)** et visite de l'écosystème de Munich, des 21 au 25 octobre. J'ai découvert cet écosystème qui est le plus important en Allemagne, loin devant les autres régions. Ils ont environ 270 chercheurs à temps plein et 600M€ de financements sur 5 ans. J'ai rencontré diverses équipes de recherche principalement autour des atomes froids et des supraconducteurs. Et côté entreprises, Planq (calcul à base d'atomes froids en mode gate-based) et Toptica (lasers). Et aussi LRZ, le centre de calcul HPC hybride, qui héberge deux QPU d'IQM de 5 et 20 qubits et un d'AQT de 20 qubits. La conférence sur les logiciels quantiques portait sur le génie logiciel avec des interventions de BMW, SAP, IBM, Google, Intel, Planq, IQM, entre autres. La présentation de Google sur la correction d'erreurs était la plus intéressante. Il y avait environ 200 participants dont 5 français.



- Je participais à la conférence **Quantum+AI** à New York le 29 octobre pour y intervenir sur le rôle des LLM dans le domaine des technologies quantiques (**support de présentation**). La conférence durait 2 jours au Brookfield Center, à quelques encablures du mémorial de 9/11 au sud de Manhattan. Elle alignait des présentations venant plutôt du monde des « industry vendors ». Multiverse, IBM, Q-CTRL, Nvidia, IDQ, Pasqal, Quantum Signals (Iordanis Kerenidis), JPMorganChase (Marco Pistoia), etc. À noter le sponsoring et l'intervention de la région allemande de Baden-Wurtemberg (Stuttgart, Ulm, Karlsruhe). Le contenu portait sur le croisement de l'IA et du quantique et cela partait un peu dans tous les sens de ce point de vue-là. J'ai aussi rencontré Miles Stoudenmire au Flatiron Institute, l'un des grands spécialistes mondiaux des réseaux de tenseurs. Son laboratoire est d'ailleurs dirigé par un Français, Antoine Georges qui est aussi professeur au Collège de France.



Événements à venir :

- Le **French-Singaporean Quantum Symposium** des 5 au 7 novembre 2024 ([agenda](#)).
- Les deux **journées GDR TEQ** à Jussieu des 13 au 15 novembre qui feront le point de la recherche quantique au CNRS et avec des intervenants de renom d'autres pays comme David Awschalom de l'Université de Chicago ([lien](#), [book of abstracts](#)).
- Les deux **journées Teratec** sur les algorithmes et les capteurs quantiques chez EDF à Palaiseau les 13 et 14 novembre ([lien](#)).
- Le **Symposium Alain Aspect** sur le climat organisé par Pasqal les 19-20 novembre à Saint Germain en Laye chez Exail ([programme et inscriptions payantes](#)).
- **Quantum Matter** du 20 au 23 mai à Grenoble, une grande conférence internationale avec un tas de **pointures académiques** : Immanuel Bloch (Ludwig-Maximilians University, Munich), Yasunobu Nakamura (University of Tokyo), Jay Gambetta, Pedram Roushan (Google), William Oliver (MIT), Lieven Vandersypen, Menno Veldhorst et Giordano Scappucci (TU Delft), Andrew King (D-Wave), Natalia Ares (Oxford University), Antoine Browaeys, Eleni Diamanti, Patrice Bertet, ...
- **International Conference on Quantum Computing**, Institut Poincaré à Paris les 12-16 mai. Ça a l'air bien mais l'[agenda](#) n'est pas encore disponible.
- **France Quantum** le 10 juin à Station F.

Actualité France

Annonces scientifiques de Quobly

Quobly commence à publier quelques papiers scientifiques concernant l'avancement de ses qubits.

En septembre 2024, à la conférence SiQEW en Suisse sur les qubits de spins, ils présentaient avec leurs partenaires académiques du CEA-Leti et de l'Institut Néel du CNRS des résultats avec deux quantum dots couplés, dans une puce fabriquée par GlobalFoundries avec le processus 22FDX (FD-SOI). Lors d'une autre conférence, ESSERC, en Belgique, ils présentaient une lecture de qubits à partir d'un composant cryo-CMOS qui pourrait être intégré directement dans la puce des qubits, et avec une fidélité de lecture de 99,9% et réalisée en 2.2µs (mais à 4K, ce qui est encore trop chaud). Voir **22FDX as a platform for qubit devices** by Giselle Elbaz, Maud Vinet, Tristan Meunier, Bruna Cardoso Paz et al, Quobly, CEA-LETI, Institut Néel, September 2024 (accès payant). On n'a pas encore de fidélités de portes à un et deux qubits mais cela avance.

En octobre 2024, Quobly et ses partenaires académiques démontraient une autre avancée, avec un système de lecture de l'état des qubits utilisant deux transistors à un seul électron, permettant de se passer de résonateurs qui prennent beaucoup de place. La lecture atteint une fidélité de 99,9%, identique à l'expérience précédente, en utilisant une bande passante de 1MHz, permettant à terme de multiplexer un grand nombre de qubits.

Compact frequency multiplexed readout of silicon quantum dots in monolithic FDSOI 28nm technology by Quentin Schmidt, Baptiste Jadot, Tristan Meunier, Yvain Thonnart, Franck Badets et al, Quobly, CEA-Leti, UGA, CNRS Institut Néel, arXiv, October 2024 (4 pages).

Notons aussi que Maud Vinet (CEO) a gagné le prix **EY Entrepreneur de l'année**.

Annnonce de roadmap FTQC de Quandela

En octobre 2024, Quandela **annonçait** sa roadmap qui va jusqu'en 2030. Ils prévoient 24 qubits physiques et 2K opérations, et de réaliser un premier qubit logique en 2025, puis 50 qubits logiques avec 10^6 opérations et une interconnexion quantique entre QPU en 2028 et enfin, d'atteindre plusieurs centaines de qubits logiques en 2030. Ils annoncent aussi pouvoir multiplier par 25, de 400 à 10 000, le nombre des opérations quantiques par seconde (QOPS). Voir aussi **Ils utilisent la lumière pour faire du calcul quantique** par Serge Abiteboul et Claire Mathieu, Le Monde, octobre 2024, contenant une interview de Pascale et Jean Senellart.



IQM chez Eviden

La machine IQM Spark de 5 qubits a été livrée à Eviden à Angers. Que faire avec 5 qubits ? Des tests de petits

algorithmes et des caractérisations de portes quantiques et de lecture des qubits. Cette machine devrait être accessible dans le cloud Eviden un de ces jours.



Qubit de tungsten au CEA

Cela semble bien curieux mais c'est très sérieux. Une équipe de recherche internationale pilotée par le laboratoire SPEC du CEA à Saclay démontrait des qubits de spins de noyaux avec des temps de cohérence de plusieurs secondes avec un contrôle cohérent et la lecture d'état. Cette technique pourrait notamment servir à créer des mémoires quantiques. Voir **Individual solid-state nuclear spin qubits with coherence exceeding seconds** by James O'Sullivan, Thierry Chanelière, Philippe Goldner, Daniel Esteve, Denis Vion, Patrice Bertet, Emmanuel Flurin et al, CEA, UGA, Chimie Paristech, University of Toulon, UCL, arXiv, October 2024 (14 pages).

Actualité Étranger

Prix Nobel de Physique et de Chimie 2024

Les salves de prix Nobel de physique et de chimie 2024 ont récompensé des chercheurs sur des travaux portant sur l'intelligence artificielle. John Hopfield et Geoff Hinton pour la physique. C'est une première avec un « computer scientist », Hinton, qui n'est pas physicien. Mais Hopfield est bien un physicien et on lui doit les réseaux qui portent son nom. Cela a généré un peu d'émotion chez les physiciens. David Baker de l'Université de Washington, Seattle, pour la conception de protéines à base d'outils informatiques, et Demis Hassabis et John M. Jumper de Google DeepMind, pour Alpha Fold.

Sur X, j'avais débattu avec des internautes qui pensaient que le prix Nobel de physique devrait aller aux grands inventeurs de la correction d'erreur comme Peter Shor, Alexei Kitaev et Dorit Aharonov. Je me disais que cela serait très curieux, seulement l'un d'entre eux étant physicien. Et boum, Hinton obtient le Nobel sans être physicien. Au moins, il est ici associé avec un physicien. Et ce qu'il a créé au début des réseaux de neurones a

un impact énorme et pratique, y compris pour les physiciens qui exploitent le machine learning dans plein de domaines, comme pour calibrer les fréquences de contrôle de qubits supraconducteurs. Pour les deux de DeepMind, les travaux sont incontestablement de la « chimie » computationnelle. Les prouesses d'AlphaFold sont indéniables pour le calcul du repliement de protéines. Avec des millions d'entre elles qui ont été calculées. Cela d'ailleurs repousse très loin l'éventualité qu'un ordinateur quantique soit utile de ce point de vue-là.

Ouverture d'un Quantum Data Center IBM en Allemagne

Ce « data center » était Inauguré par le chancelier Scholz le 1^{er} octobre 2024 à Ehningen, près de Stuttgart. Dans les locaux d'IBM. Il s'agit dans un premier temps d'un System One Eagle de 127 qubits, qui sera suivi ensuite d'un processeur Heron de 133 ou 156 qubits. On notera au passage que l'appellation de « data center » est inappropriée dans la mesure où un ordinateur quantique n'est pas du tout adapté au stockage de données, et surtout à leur récupération. Ce terme provient du monde du cloud où, effectivement, les « data centers » comprennent en général trois types de ressources : calcul (compute), stockage (storage) et réseau (networking). Il semble par ailleurs que le centre d'IBM ne comprenne pas de calculateur HPC. Les ordinateurs quantiques d'IBM de ce centre sont accessibles aux chercheurs et entreprises allemands par le biais d'un accès géré par l'un des Fraunhofer Institute.

Levée de fonds de Q-CTRL

Nous avons évoqué la fois dernière le cas de Riverlane et de sa levée de fonds de \$75M. Ici, Q-CTRL réalise une levée de \$59M ce qui porte à \$113M le total des fonds levés par cette startup australienne. Elle est spécialisée dans la « suppression d'erreurs » alors que Riverlane fait de la détection de syndromes dans la correction d'erreurs. Cette technique est appliquée en amont de la mitigation d'erreurs en régime NISQ et peut aussi l'être en amont de la correction d'erreurs en régime FTQC.

Google investit dans QuEra

QuEra **annonçait** que Google investissait chez eux. C'est la startup américaine concurrente de Pasqal. L'annonce ne vient pas de Google. Le montant n'est pas précisé. Cela fait suite à un investissement passé de Google dans IonQ. Qu'en penser ? C'est bien difficile. On peut juste considérer que Google prend au sérieux la filière des atomes froids, tout en continuant en interne d'investir dans les supraconducteurs.

Zapata AI fait faillite

Zapata est en **dépôt de bilan**. Ce n'est pas la première startup qui disparaît mais la plus grande. Ils avaient fait un virage vers l'IA et une SPAC qui ne leur ont donc pas réussi. Ils sont aussi à l'origine de la plateforme full-stack Orquestra.

Applications for Climate Change

L'Open Quantum Institute basé au CERN et issu de GESDA produisait un nouveau livre blanc sur les cas d'usage des technologies quantiques répondant aux objectifs de l'ONU sur le développement durable. 10 études de cas couvrent la lutte contre la faim, la santé, l'eau, l'énergie et le climat. Voir **OQI White Paper SDG Use Cases**, Octobre 2024 (40 pages). En pratique, il s'agit d'une compilation pour chaque cas d'usage de divers algorithmes, qui nécessitent toujours des ressources de calcul futuristes du champs de la tolérance de pannes.

Nouvelle frayeurs cyber

Deux papiers académique Chinois ont une fois de plus semé le trouble dans le monde de la sécurité. Ils prétendent permettre de casser à la fois les clés asymétriques de type RSA et des clés de chiffrement

symétriques de type AES.

Le premier papier datant de mai 2024 porte sur la factorisation de nombres entiers à l'aide d'un quantum annealer de D-Wave. Il factorise de tous petits entiers : de 20 bits avec une version, et de 50 bits avec une version hybride reposant sur l'algorithme classique de Schnorr qui est connu pour très mal scaler. Le papier est à prendre avec de nombreuses pincettes car les clés cassées peuvent l'être avec un laptop (celle de 50 bits peut l'être avec un code Python pas optimisé et en 12 ms, *ci-dessous*), le papier ne donne pas d'indication sur la taille du quantum annealer de D-Wave qui serait nécessaire pour casser des clés utilisées en production (RSA-2048 ou clés symétriques) et enfin, ils n'estiment pas le temps de calcul nécessaire qui risque d'être astronomique. Sachant que D-Wave Advantage a 5600 qubits et que leur roadmap s'arrête à 7000 qubits.

Le second papier porte sur l'usage du même D-Wave Advantage qui casserait des clés "Present", "Gift-64" et "Rectangle" utilisées dans le SPN (Substitution-Permutation Network) qui est exploité dans le chiffrement symétrique AES utilisé dans les applications militaires et dans la finance. Le quantum annealing "numérique" (émulé) ferait cela en 600 seconds avec des résultats non optimaux et le quantum annealing génèrerait un résultat correct en 2048 secondes. Seulement, ils ne précisent pas la taille des clés cassées. Il semble qu'elles ne correspondent pas aux clés en production comme AES-256 bits. On retombe dans le cas précédent avec l'absence d'estimations de ressources pour les casser. Bon, par ailleurs, le papier en question n'est pas disponible.

Quelques sources sur cette affaire de FUD :

<https://nattothoughts.substack.com/p/chinas-quantum-tunneling-breakthrough>

<https://www.scmp.com/news/china/science/article/3282051/chinese-scientists-hack-military-grade-encryption-quantum-computer-paper>

Chinese Scientists Report Using Quantum Computer to Hack Military-grade Encryption by Matt Swayne, The Quantum Insider, October 2024.

<https://www.forbes.com/sites/craigsmith/2024/10/16/department-of-anti-hype-no-china-hasnt-broken-military-encryption-with-quantum-computers/>

<http://cjc.ict.ac.cn/online/onlinepaper/wc-202458160402.pdf>

<https://arstechnica.com/information-technology/2024/10/the-sad-bizarre-tale-of-hype-fueling-fears-that-modern-cryptography-is-dead/>

Bullshit quantique

Un développeur dénommé Davide Gessa créé un émulateur supportant 7 qubits avec un Arduino Uno qui coute environ 20€.

<https://medium.com/@dakk/quantum-computing-on-arduino-0c67eab4fdcf>

Une version Quantique de Doom dénommée Quandoom a été développée. Petit détail, elle demande 70 000 qubits et 80 millions de portes quantiques. Donc, un gros ordinateur à tolérance de fautes du futur. On se contentera donc du Doom classique.

<https://github.com/Lumorti/Quandoom>

<https://www.pcgamer.com/hardware/doom-will-run-on-a-literal-potato-but-apparently-quantum-computers-still-arent-powerful-enough-to-run-even-this-wireframe-version-natively/>

Un site de rencontres japonais qui prétend être « quantique »: <https://hitomatch.com/> . Au mieux, ils font du « quantum inspired ». Ou du pipeau.

Découverte d'une coiffeuse en Belgique qui propose une « *coiffure énergétique et quantique* ». Il s'agit « *d'harmoniser l'ADN physique avec l'ADN quantique en transcendant les mémoires limitantes vers le processus d'évolution de notre être de hautes fréquences* ». Elle est aussi ostéopathe.

<https://www.enosmose.com/coupe-energetique/>

Rendez-vous début décembre pour la suite des événements !

Cet article a été publié le 5 novembre 2024 et édité en PDF le 11 novembre 2024.
(cc) Olivier Ezratty – “Opinions Libres” – <https://www.oezratty.net>