



# Opinions Libres

le blog d'Olivier Ezratty

## Actualité quantique de l'été 2023

Dans cet épisode du podcast Quantum de rentrée, Fanny Bouton et moi-même vous proposons un récapitulatif de ce qui s'est passé depuis entre début juin et fin août 2023. Cela fait pas mal de choses au programme !

Il s'agit au passage de notre 50<sup>e</sup> épisode de Quantum, lancé il y a quatre ans en septembre 2019. Nous rappelons à nos auditeurs que nous faisons cela pro bono et sans modèle économique, pour le plaisir de participer à l'animation de l'écosystème quantique en France pour commencer. Cela complète les entretiens Decode Quantum où nous avons dépassé les 60 épisodes et qui nous permettent de rencontrer des gens extraordinaires dans l'écosystème quantique français et maintenant, international, d'apprendre et de partager plein de choses sur les technologies quantiques !

### Événements

Le début de l'été a été riche en événement comme il se doit, avec :

5 juin à Toulouse avec une conférence organisée par le **Cerfacs** sur le **calcul quantique au service de l'industrie**.

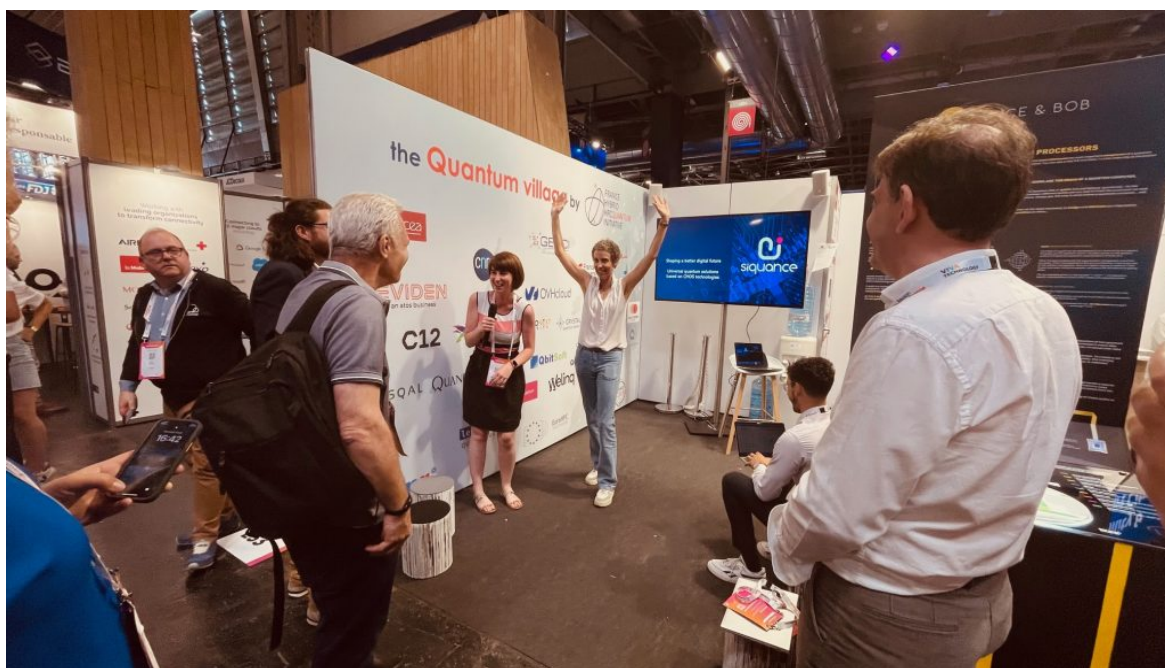
8 juin à Toulouse également avec une conférence organisée par l'**IMFT** sur le **calcul quantique dans la mécanique des fluides**. J'y intervenais en keynote pour faire un point d'ensemble de l'état de l'art du calcul quantique. C'était complété par des interventions d'EDF, Alice&Bob, Pasqal et de l'ONERA.

8 juin avec une superbe journée scientifique à l'IOGS en l'honneur d'**Alain Aspect** avec Philippe Grangier, William Phillips, Jean Dalibard, Nicolas Gisin, Pascale Senellart, Bruno Desruelles, Antoine Browayes, Vincent Josse, Serge Haroche, Alain Aspect. Et en tout, rien moins que 5 prix Nobel présents ! Le replay de la journée est **disponible**.

13 juin avec le second **France Quantum**, qui accueillait 700 personnes à Station F, et était clôturé par les assises du quantique de la région Ile de France. Un prix d'honneur était remis à Pascale Senellart (C2N, Quandela) pour sa carrière et un prix startup pour Pasqal. A noter les intervention d'Octave Klaba, le fondateur d'OVHcloud, d'Alain Aspect et Valérie Péresse qui faisaient la clôture de l'événement, et de tout un tas d'autres intervenants. Il y avait aussi l'annonce C12 / OVHcloud du notebook Callisto. Tous les replays sont **disponibles**.



14 au 17 juin : **Vivatech** avec notamment le stand HQI “Village Quantique” qui animait l’écosystème quantique français avec des stands et des interventions de presque tous ! Et aussi le stand CNRS qui accueillait WeLinQ et Siquance/Quobly ainsi que des interventions d’Alain Aspect.



20 juin : inauguration de l’usine d’assemblage d’ordinateurs quantique de **Quandela** à Massy avec Jean-Noël Barrot, Nicolas Dufourcq et Alain Aspect en plus de Valérien Giesz et Niccolo Somaschi de Quandela. C’était complété par la remise de l’insigne d’Officier de l’Ordre National du Mérite à Pascale Senellart par Jean-Noël Barrot, qui avait déjà été faite chevalière en 2014.

22 juin à Strasbourg pour le **360° Grand Est**, où je participais à une **table ronde** avec Christophe Couteau du L2N de l’UTT et Sébastien Buffechoux de QPerfect.

28 juin avec la **journée quantique des Leti Innovation days**. Elle comprenait un contenu scientifique très intéressant, notamment sur les qubits silicium (Silvano de Franceschi du CEA IRIG), sur Pasqal (Pierre Favier), sur les TWPA avec Luc Planat de Silent Waves, sur les qubits de chat d’Alice & Bob (Antoine Gras), sur la tolérance de panne à l’Inria (Christophe Vuillot), sur C12 (Pierre Desjardin), sur la photonique avec Quandela

(Sébastien Voissier) et Ségolène Olivier du CEA Leti...

Fin juin : la fin du hackathon international de **Thales** au moment du salon du Bourget avec deux équipes finalistes gagnantes, l'une de Thales/Fraunhofer en Allemagne et l'autre de Singapour (**informations**).

3 au 7 juillet : l'**école d'été** d'une semaine sur le calcul quantique organisée par EDF, Inria et le CEA, où j'intervenais pour présenter l'état de l'art du calcul quantique côté matériel et logiciels, du NISQ au FTQC. Elle accueillait une cinquantaine de participants d'excellent niveau !

3 au 7 juillet : le congrès de la **Société Française de Physique** à la Cité des Sciences qui fêtait sa 150<sup>e</sup> année. Avec les interventions de Serge Haroche, Antoine Browayes, Eleni Diamanti, Alexia Auffèves, etc. Cela comprenait de beaux débats sur le lien entre science et politique. Et aussi sur le réchauffement climatique et ce que peuvent faire les physiciens.

Evénements à venir :

La **QBE** qui a lieu à Paris les 25 et 26 septembre, au Palais des Congrès de la Porte Maillot. **Inscriptions**.

Le **GDR TEQ** du 22 au 24 novembre 2023 à Montpellier. Cela fait suite aux épisodes précédents organisés au C2N en novembre 2022 et à l'ENS Lyon en novembre 2021. Le GDR TEQ (technologies quantiques) a pris la suite du GDR IQFA en 2023. Il s'agit d'un groupement de recherche CNRS, mais qui valorise aussi ce que font les chercheurs Inria et CEA. **Inscriptions**.

## Industrie

**Siquance** devient **Quobly** et lève 19M€ en juillet plus 2.5M€ d'un grant de l'EIC. Ils sont en plein recrutements et sont déjà une dizaine !

**Alice&Bob** et les chercheurs associés de la startup ont publié plusieurs papiers scientifiques récemment sur fiabilité de leurs qubits. Ils auront des échantillons de qubits bientôt testables dans le cloud, à petite échelle (1 à 4). Voir notamment **Quantum control of a cat-qubit with bit-flip times exceeding ten seconds** by Ulysse Réglade, Pierre Rouchon, Alain Sarlette, Mazyar Mirrahimi, Philippe Campagne-Ibarcq, Raphaël Lescanne, Zaki Leghtas et al, July 2023 (17 pages) et **Autoparametric resonance extending the bit-flip time of a cat qubit up to 0.3 s** by Antoine Marquet, Antoine Essig, Nathanaël Cottet, Audrey Bienfait, Théau Peronnin, Sébastien Jezouin, Raphaël Lescanne, Benjamin Huard et al, Alice&Bob and ENS Lyon, July 2023 (26 pages).

**Intel et ses 12 qubits Tunnel Falls**. Dans cette annonce de Juin 2023, Intel présentait son premier prototype de processeur quantique à base de qubits de spin silicium/germanium. Dans la lignée du modèle OEM traditionnel d'Intel, il a été fourni à des académiques américains pour commencer : Université du Maryland, DoE Sandia National Laboratories, Université de Rochester et Université Wisconsin-Madison. Le chipset a été fabriqué sur wafers de 300 mm wafers dans la fab D1 d'Hillsboro dans l'Oregon, avec une lithographie EUV ASML et avec un rendement de 95%. Le chip est minuscule et ne fait que 50nm x 50nm et comprend 62 pins de contrôle.

**IBM et l'utilité du calcul quantique**. Avec un papier publié en juin qui a fait du bruit et indique qu'avec 127 qubits et de la mitigation d'erreurs, un calcul de modèle d'Ising pourrait positionner la solution dans le régime de l'avantage quantique. Le calcul tourne sur 100 qubits et avec une profondeur de calcul de 60 cycles de portes, ce qui est un très bon niveau pour des qubits supraconducteurs et illustre l'intérêt à cette échelle de la mitigation d'erreur. La prouesse est documentée dans un court papier publié dans Nature: **Evidence for the utility of quantum computing before fault tolerance** by Youngseok Kim, Kristan Temme, Abhinav Kandala et al, IBM Research, RIKEN iTHEMS, University of Berkeley and the Lawrence Berkeley National Laboratory, Nature, June 2023 (8 pages), complété par un post de blog d'IBM **New paper from IBM and UC**

**Berkeley shows path toward useful quantum computing** by Ryan Mandelbaum, IBM, June 2023 et par un article bien documenté dans Forbes: **IBM's Latest Research Paper Signals A New Era Of Quantum Computing Is Here** by Paul Smith-Goodson, Moor Insights and Strategy, Forbes, June 2023.

Les auteurs sont prudents, indiquant “...*fully expect that the classical computing community will develop methods that verify the results we presented*”. Et au passage, leur modèle d’Ising est très théorique et ne correspond pas à la résolution d’un problème métier. Convertir un problème d’optimisation métier en modèle d’Ising est tout à fait possible. On fait cela régulièrement sur D-Wave et Pasqal, mais cela a un coût (un “overhead”) qu’il faut prendre en compte.

Ce qui est remarquable est la réaction de la communauté scientifique, notamment du calcul classique, qui n’a pas tardé pour proposer des émulations ou simulations classiques du modèle classique d’IBM. Cela a commencé avec un papier de Miles Stoudenmire et al du Flatiron Institute proposant une solution avec une précision de  $10^{214}$  et tournant plus rapidement que le QPU d’IBM, en 2 minutes. Et avec une précision meilleure en 7 minutes sur un seul processeur Intel Skylake CPU avec seulement 0,3 Go de mémoire. Voir **Efficient tensor network simulation of IBM’s kicked Ising experiment** by Joseph Tindall, Matt Fishman, Miles Stoudenmire and Dries Sels, June 2023 (9 pages).

Cela a continué d’autres prouesses du même genre telles que :

**Fast classical simulation of evidence for the utility of quantum computing before fault tolerance** by Tomislav Begušić and Garnet Kin-Lic Chan, Caltech, June 2023 (4 pages).

**Effective quantum volume, fidelity and computational cost of noisy quantum processing experiments** by K. Kechedzhi et al, Google AI, NASA, June 2023 (15 pages). Avec un calcul en une seconde sur un GPU.

**IBM et la correction d’erreurs.** IBM fait la promotion de ses ordinateurs quantiques actuels dans un régime NISQ bruité. Mais ils travaillent en parallèle sur la correction d’erreurs et la tolérance de pannes à plus long terme. En août 2023, il publiaient un intéressant papier dévoilant leur stratégie consistant à utiliser des codes de correction d’erreur de type LDPC qui leur permettraient de créer des qubits logiques avec beaucoup moins de qubits physiques (288 au lieu de 4000 pour un taux d’erreur cible TBD et un taux d’erreur physique de 0,1%). Cela présuppose que les qubits soient interconnectés à longue distance, ce qui est dans les plans d’IBM pour les processeurs à venir. Voir **High-threshold and low-overhead fault-tolerant quantum memory** by Sergey Bravyi, Andrew W. Cross, Jay M. Gambetta, Dmitri Maslov, Patrick Rall and Theodore J. Yoder, IBM, August 2023 (38 pages).

**Google en remet une sur la suprématie**, et on passe de 53 à 70 qubits et à 48 ans de calcul en classique comparé à quelques minutes en quantique. Discrètement, Google précise dans son papier que la suprématie de 2019 qui comparait 2.5 minutes en quantique vs 10,000 ans en classique, dure maintenant 6 secondes en classique (sur l’Aurora Frontier de 22 MW quant même et avec une mémoire infinie). Comme si le classique progressait plus vite que le quantique grâce aux calculs à base de réseaux de tenseurs. Il s’agit toujours d’un “randomized benchmarking” avec un calcul aléatoire sans données en entrée ni de données utiles en sortie. Donc à prendre avec des pincettes. On attend les mises en œuvre en mode quantum inspired. Voir **Phase transition in Random Circuit Sampling** by A. Morvan et al, Google AI, April 2023 (39 pages).

**Majorana le retour mais pas sûr.** Entre novembre 2022 et juin 2023, Microsoft a publié un nouveau papier sur ses recherches concernant les fermions de Majorana, aussi appelés Majorana Zero Modes (MZM). A peine publié, les résultats étaient contestés. Le papier avait en fait été soumis à PRX Quantum et les referees l’avaient rejeté. Il a été finalement accepté par une autre revue du même groupe de l’APS : PRA (“Physical Review A”) avec d’autres referees, tout en étant assorti d’un avertissement de précaution, les données expérimentales de

Microsoft n'ayant pas été fournies aux reviewers. Voir **InAs-Al Hybrid Devices Passing the Topological Gap Protocol** by Morteza Aghaee et al, PRB, July 2022-June 2023 (54 pages), **Microsoft says its weird new particle could improve quantum computers** by Karmela Padavic-Callaghan, New Scientist, June 2023 et **Editorial: Transparency in Physical Review Articles**, Randall D. Kamien et al, June 2023. On retrouve le chercheur Sergei Frolov de Pittsburgh University qui explique le pot aux roses dans une série de tweets.

**Chine** qui **annonce** un processeur à base de qubits supraconducteurs de 176 qubits avec une nouvelle version de Zuchongzhi-2. Cela les place entre IBM (433 qubits) et les autres (Rigetti avec 80, Origin Quantum avec 24, Alibaba avec 20, OQC avec 8, IQM avec 4, etc.). Le nouveau QPU est censé être disponible quelque part dans le cloud, mais derrière la muraille de Chine. Aucune information détaillée n'a été publiée sur les fidélités de ces qubits, ni aucun papier scientifique. Donc, ne nous précipitons pas trop pour parler d'avance chinoise, même s'ils font des progrès.

**LK 99.** Nous évoquons le feuilleton de l'été du supraconducteur coréen à température ambiante. Case closed. Il n'est pas supraconducteur à température ambiante. Envolés les rêves (!!!) de lignes à haute tension sans déperdition d'énergie ! La communauté scientifique internationale s'est bien mobilisée pour reproduire l'expérience coréenne et cela n'a pas loupé, il y avait des erreurs de protocole et sur la manière de mesurer la supraconductivité. Qui plus est, les rêves d'ordinateurs quantiques à base de qubits supraconducteurs fonctionnant à température ambiante n'étaient pas fondés.

**Russes** et leurs 16 qubits à base d'ions piégés, présentés à Vladimir Poutine. Contrairement à ce que certains ont imaginé, cela ne va pas aider les Russes à battre l'Ukraine. Vous pouvez émuler 16 qubits parfaits sur votre laptop ou même votre smartphone avec **Quirk** !

### **Bullshit quantum economics**

Des économistes font une étude d'impact économique des ordinateurs quantiques. Ils arrivent à la conclusion qu'ils vont dégrader la productivité des entreprises lors de leur début car ils sont compliqués à maîtriser. C'est un peu à côté de la plaque car ils ne se posent même pas la question de la complexité de leur mise au point. Ils font des parallèles entre l'histoire de l'informatique classique qui aurait connu un phénomène équivalent entre les années 1970 et 1980, mais négligent le fait que le calcul quantique sera au début un marché de niche, probablement un sous-marché du calcul HPC. Voir **How to introduce quantum computers without slowing economic growth** by Chander Velu and Fathiro H. R. Putra, Nature, August 2023.

**Mon bouquin.** Je prépare sa 6<sup>ième</sup> édition qui sortira entre fin septembre et octobre 2023. Il a encore pris de l'embonpoint avec 220 pages de plus. J'y travaille depuis avril 2023 avec un gros rush pendant l'été. La bibliographie comprend plus de 3000 articles scientifiques qui totalisent plus de 100 000 pages et 14 000 slides compulsés (mais pas lus en entiers, il ne faut pas se la jouer...). J'ai développé plus de 3000 lignes de macros VBA pour optimiser ma productivité. Oui, désolé, je n'utilise pas LaTeX pour produire cet ouvrage. Le WYSIWYG n'existe pas encore vraiment dans ce monde. J'ai aussi ajouté une centaine de sociétés repérées dans le domaine.

### **Distractions**

Le film **Oppenheimer** mettait bien en avant la physique quantique. On y croise Albert Einstein, Niels Bohr, Max Born, Werner Heisenberg, Isaac Isidore Rabi et même Richard Feynman. Born, cela vous dit quelque chose ? Et surtout l'approximation Born-Oppenheimer, indispensable en chimie quantique.

Les séries TV et téléfilms fleurissent qui mettent en avant un ordinateur quantique qui sait tout et qui voit tout. C'était le cas pour la dernière saison de **Black Mirror**, celles de **Hijack** et **Fondations** et avec **Agent Stone**

---

(Heart of Stone aux USA).

Sur ce, vous pouvez redémarrez sur les chapeaux de roue cette rentrée scolaire et travail de 2023 !

Cet article a été publié le 1 septembre 2023 et édité en PDF le 18 mars 2024.  
(cc) Olivier Ezratty – “Opinions Libres” – <https://www.oezratty.net>