



# Opinions Libres

le blog d'Olivier Ezratty

## Actualités quantiques d'octobre 2023

Dans ce 52<sup>ème</sup> épisode de l'actualité quantique Quantum, **Fanny Bouton** et moi-même continuons d'écumer l'actualité quantique en essayant toujours de lire entre les lignes et les nuages de fumée. En audio et en texte !

### Événements

#### QuantAlps Days

J'ai assisté aux deux journées de présentations scientifiques de l'écosystème de la recherche quantique de Grenoble, avec des intervenants issus de tous horizons, côté physique fondamentale, technologies quantiques, contrôle des qubits, et même questions sociétales, une des spécialités de Grenoble. Avec des chercheurs du CNRS (Institut Néel, LPMMC), du CEA (Leti, IRIG, LIST), d'Inria et d'UGA.

La conférence avait lieu à l'IRIG, le laboratoire de recherche fondamentale du CEA à Grenoble où l'équipe PHELIQS dirigée par Manuel Houzet occupe environ 200 chercheurs.



Quelques points clés des présentations:

- Nancy Kawalek (Université de Chicago) sur la manière de développer l'intérêt pour les sciences quantiques via l'art.
- Les ateliers de "design fiction" sur l'impact sociétal du quantique d'ici 2050 avec Thierry Ménissier, Tiana Delhome, Amélie Favreau et Julien Ridouard d'UGA. Une initiative intéressante qui associe des personnes de milieux très divers. J'étais intervenu à son lancement fin novembre 2022. Elle peut avoir tendance à poser des questions mettant la charrue avant les bœufs dans la réflexion dans la mesure où l'on peut avoir tendance à créer des fictions elles-mêmes construites sur des fictions.
- Julia Meyer de l'IRIG sur la matière topologique.
- Point sur les qubits de spin avec Biel Martinez Diaz (CEA) et Matias Urdampilleta (Néel).

- La connectique 3D des circuits quantiques avec Candice Thomas (Leti) qui présentait comment on assemble des chips de qubits avec des chips de connectique entre qubits, le tout en environnement et avec des matériaux supraconducteurs.
- Des interventions sur la cryogénie, sur le contrôle des qubits (Baptiste Jadot et Eric Guthmuller du Leti), sur les amplificateurs paramétriques (Luca Planat de Silent Waves), sur les mémoires cryogéniques (Ricardo Sousa du Leti) et sur la correction d'erreurs (Valentin Savin du Leti).
- Beaucoup de posters très intéressants sur la cryoélectronique de contrôle et de lecture des qubits.

Agenda : **QuantAlps Days**.

### **Journée Minalogic DGA**

Il s'agissait d'une **journée** organisée conjointement par le pôle de compétitivité Minalogic et la DGA à Lyon le 5 octobre sur les applications duales des technologies quantiques. Elle avait lieu au Campus Numérique de la Région Auvergne-Rhône-Alpes.

En pratique, c'était un moyen pour la DGA de présenter sa roadmap, son analyse de l'état de l'art des technologies quantiques et la manière dont elle interagit avec les startups et PME du domaine.

J'y ai fait une présentation sur le bilan d'un an d'actualités focalisée sur le calcul quantique. **Mes slides**.

Il y avait un panel sur la cryptographie post-quantique (avec notamment CryptoNext Security et QuRisk) ainsi que des interventions de « maîtres d'œuvre industriels : Atos/Eviden (Olivier Hess), Thales (Frédéric Barbaresco) avec Félicien Schopfer (LNE) au sujet du projet de benchmarking BACQ), et Naval Group. Un point scientifique avec Thierry Chanelière (QuantAlps), l'électronique de contrôle (Tanguy Sassolas du CEA) et les qubits de spin (Xavier Jehl du CEA IRIG). Des entreprises et startups intervenaient avec des pitches de 10 minutes dont Quobly (Maud Vinet), Quandela (Shane Mansfield), mais aussi DiamFab, Radiall, Silent Waves, Absolut System, Riber et Serma Technologies.

### **BIG de Bpifrance**

C'est le grand événement annuel de Bpifrance organisé à l'Accor Arena de Paris que nous avons loupé tous les deux.

Quelques startups du quantique étaient bien mises en valeur, y compris sur la grande scène du « BANG », où intervenait **Pascale Senellart** de Quandela, sur le thème de la fierté. D'autres startups qui intervenaient dans différents panels comme Quandela avec Marine Xech et aussi Frédéric Beigbeder de Quantonation il nous semble.

### **Inauguration de la Maison du Quantique**

Elle avait lieu lundi 23 octobre à Station F. Cette maison cocréée par le Lab Quantique, GENCI/HQI et Quantonation vise à réunir sous un même toit les acteurs de l'écosystème du quantique. Y sont hébergées quelques startups ou collaborateurs de startups comme ColibrITD, Quandela et quelques autres. Le tout est soutenu par EDF, BCG, Thales, Janssen et d'autres industriels.

Y intervenaient notamment Paul Midy (député de l'Essonne), Neil Abroug (SGPI) et Michel Paulin (OVHcloud) qui a notamment **annoncé** l'installation du premier ordinateur quantique français dans le cloud, celui de Quandela.

## Prix Nobel de physique 2023

Il a été **attribué** début octobre à deux chercheurs français, Anne L'Huillier et Pierre Agostini qui travaillent respectivement en Suède et aux USA, ainsi qu'à l'Autrichien Ferenc Krausz.

Cela fait 50% de « part de marché » pour des français sur deux ans. Et deux Autrichiens de suite car l'un des deux autres en 2022 était Anton Zeilinger, lui aussi autrichien.

Pour travaux sur les lasers attosecondes qui ont la particularité de permettre l'étude de la matière au niveau des électrons. Peut-être en saura-t-on un jour plus sur eux et sur leur comportement jugé étrange.

## Visite ENSTA

J'ai visité en octobre le laboratoire de Davide Boschetto (LOA) de l'ENSTA, planqué dans les arbres derrière l'ENSTA, le Laboratoire d'Optique Appliquée (LOA). Ils y travaillent sur les NV centers et les lasers attosecondes, les mêmes que ceux qui ont valu le prix Nobel à deux français. J'ai fait des rencontres très intéressantes avec les doctorants et post-docs de l'équipe de Davide.



## Inauguration usine C12 à Paris

Le 27 octobre avait lieu l'inauguration de l'usine de qubits à nanotubes de carbone de C12... dans le quartier latin. Et en présence de Jean-Noël Barrot (gouvernement) et de Valérie Pécresse (présidente de la région IDF).



Peut-on vraiment parler d'usine ? En pratique oui, car ces nouveaux locaux de C12 comprennent trois niveaux, l'un avec les bureaux et un local technique avec deux cryostats pour tester les puces de qubits, un étage avec une petite salle blanche pour produire les puces silicium et supraconductrices qui servent au contrôle des nanotubes de carbone (*ci-dessous*), une salle pour fabriquer ces nanotubes et une autre pour les sélectionner et les caractériser.



### **European Quantum Technologies Conference à Hanovre**

Elle avait lieu du 16 au 20 octobre 2023. Il s'agissait d'une belle conférence avec de nombreuses interventions de nombreux universitaires, entreprises (Airbus, Thales, Bosch, Infineon), et startups européennes comme ParityQC, LuxQuanta, AQT (Thomas Monz, qui a montré mon scatter plot des fidélités de qubits), Qblox, Multiverse, Creotech Instruments (une startup polonaise sur l'électronique de contrôle), QZabre, Toptica, Kiutra, Qureca. Y intervenaient notamment Eleni Diamanti, Pascale Senellart et aussi Guido Pupillo (Université de Strasbourg et QPerfect). Et aussi pas mal de monde de la Commission Européenne comme Gustav Kalbe et Pascal Maillot.

C'était bien européen ! On devrait arriver à faire cela en France ! Voici le **Programme**.

### **QAI Ventures à Bâle**

Je suis passé à Bâle (Suisse) le 31 octobre pour intervenir dans un workshop investisseur/startups organisé par QAI Ventures, un accélérateur de startups des technologies quantiques qui est dirigé par Alexandra Beckstein et est associé au fonds d'investissement européen Redstone VC. Avec un talk d'une heure et une rencontre avec quelques startups qui présentaient leur société devant ces investisseurs: Kipu Quantum, Anaqor et QDG.

### **QECC 2023**

Cette conférence est entièrement dédiée à la correction d'erreurs et avait lieu à Sidney en Australie. Il s'agissait de la 6<sup>ième</sup> édition de la conférence et elle rassemblait 230 participants avec des intervenants tels que le fameux Craig Gidney de Google, Shruti Puri de Yale et Michael Beverland de Microsoft. Et aussi Nicolas Delfosse, un français qui était depuis 6 ans chez Microsoft et vient de passer chez IonQ.

### **Actualité entrepreneuriale et scientifique**

#### **Kwan-Tek**

La startup de capteurs quantique de Lorient Wainvam-E a eu des difficultés financières mais a été sauvée. Elle renait sous le nom de Kwan-Tek et est reprise par l'un de ses cofondateurs Rémi Geiger que nous avons reçu en avril 2022 dans le 44<sup>ème</sup> épisode de Decode Quantum.

Elle se refocalise sur des usages plus industriels que santé des capteurs à base de NV centers d'après ce que j'ai compris.

### **Pasqal**

Pasqal a **annoncé** faire partie d'un consortium européen PANDA qui développe un ordinateur quantique photonique à variables continues.

Alors, ils abandonnent les atomes froids ? Pas du tout ! Il s'agit d'un projet européen financé dans le cadre du challenge l'EIC Pathfinder-2023. Le projet est en fait mené par l'équipe de Nicolas Treps et Valentina Parigi du LKB / Sorbonne Université (respectivement 34<sup>e</sup> épisode et 28<sup>ème</sup> épisode de Decode Quantum) qui sont effectivement spécialistes des photons à variables continues.

Le projet associe aussi **Pixel Photonics** (Allemands, détecteurs de photons), **ICFO** (Espagne) et **l'IOGS** (Paris). Il s'agit de développer une preuve de concept à bas TRL d'une interface entre matrice d'atomes froids et des photons pour générer des états quantiques photoniques servant au calcul ou aussi à de l'interconnexion entre processeurs quantiques. Pour Pasqal, c'est probablement un moyen de préparer l'avenir lorsqu'il faudra relier plusieurs QPUs entre eux.

### **Atom Computing**

Cette startup américaine **annonçait** avoir atteint 1180 qubits en coiffant au poteau IBM qui doit sortir sa machine Condor de 1121 qubits d'ici la fin de l'année.

Mais, là, il s'agit d'atomes froids. Ils utilisent en effet des atomes froids, mais dont l'état quantique servant à gérer les qubits est le spin du noyau au lieu du niveau d'énergie de l'électron de la couche de valence. Ils obtiennent des temps de stabilité de plus de 40 secondes ce qui est très bien. Mais le contrôle des spins de noyau est délicat.

Ils utilisent du strontium 87. Il a 49 neutrons et est donc un fermion ! Un nombre pair de neutrons donne un spin total de l'atome qui est impair, donc c'est un fermion. Et le spin du noyau est aussi non entier, ce qui permet de le contrôler (spin haut/bas).

L'ordinateur a un setup voisin de celui de Pasqal avec une chambre froide, des atomes placés dans le vide en matrice avec des lasers et des SLM/AOD. Avec notamment des pinces optiques qui permettent de placer les atomes au bon endroit. Puis des lasers qui permettent d'activer les portes quantiques.

On est en mode gate base et pas en simulation. La mesure de l'état des qubits est non destructive et que cela permettra de faire de la correction d'erreurs. Mais elle est délicate.

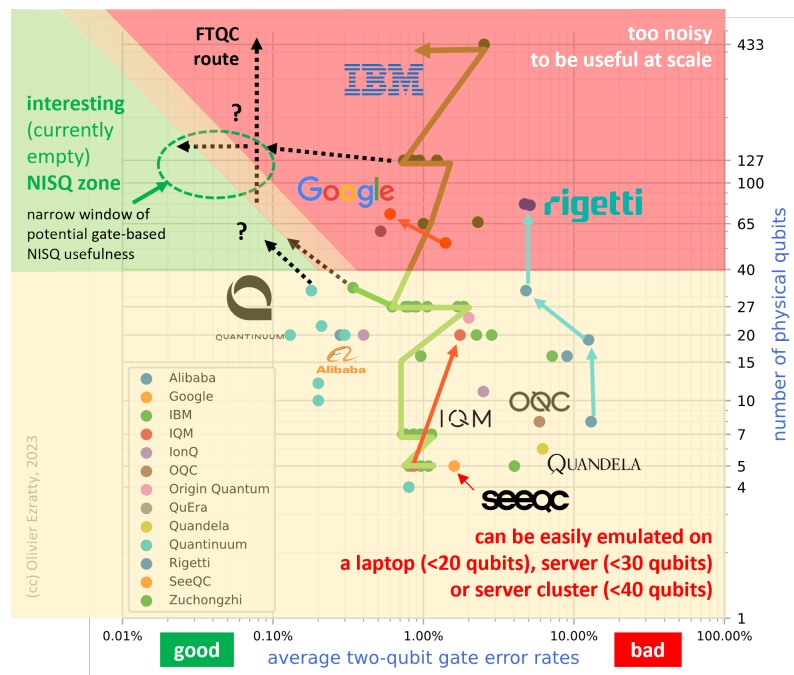
Les fidélités n'ont pas été indiquées donc c'est à prendre avec circonspection. Je ne serais pas étonné qu'ils utilisent cette machine pour créer quelques qubits logiques. Mikhail Lukin en a déjà fait à Harvard (+QuEra) avec une soixantaine d'atomes.

En tout cas, le bilan est que les atomes froids progressent beaucoup en ce moment.

### **IQM**

IQM annonçait début octobre la sortie d'un processeur de 20 qubits supraconducteurs. Cela complète la machine à 5 qubits qu'ils commercialisent pour environ 1 M€ au Universités.

Dans leur roadmap, ils doivent livrer 54 qubits aux Allemands en 2024. C'est une étape intermédiaire. Je ne sais pas s'ils utilisent leurs qubits maison unimon créés par Mikko Mottonen à VTT ou des transmons classiques. Ils ont annoncé leur fidélité qui n'est pas extraordinaire avec 98,25% pour des portes à deux qubits. Elle est moins bonne que ce qu'ils avaient avec 5 qubits (c.f. ci-dessous, mon scatter plot à jour des fidélités des ordinateurs quantiques "commerciaux", qui se trouve aussi dans **Understanding Quantum Technologies 2023**). Cela fait penser à l'approche en zig-zag d'IBM, avec quelques années de décalage.



IQM annonçait aussi un premier Q-Score officiel d'un ordinateur quantique à portes, de 8. Ce qui ne va pas très loin mais est un commencement. Le classique en est à plusieurs dizaines de milliers...

## Fujitsu

Le Japonais présentait un ordinateur quantique supraconducteur de 64 qubits codéveloppé avec RIKEN. NTT a développé le logiciel de contrôle des qubits. Ils veulent à terme atteindre 1000 qubits.

Mais ils n'ont pas publié ses fidélités. On sait juste que RIKEN a atteint des fidélités de portes à deux qubits comprises entre 96% et 99.1% selon RIKEN et **Subspace variational quantum simulator** by Kentaro Heya et al, PRR, May 2023 (12 pages).

## IonQ

Chris Monroe **quitte la société** et retourne à la recherche fondamentale. C'était le CSO et le cofondateur de la société en 2015. On ne sait pas pourquoi il est parti. Retour à la science ? Désaccord avec les autres cofondateurs ou le CEO ?

Dans le même temps, ils ont obtenu un « algorithmic volume » de 29 qubits avec le barium qui remplacera l'ytterbium dans leurs prochaines générations d'ordinateurs quantiques. Le barium se contrôle avec des fréquences optiques voisines de celles des télécoms, ce qui permet d'envisager de connecter sans transduction les processeurs quantiques entre eux via des liaisons photoniques longue distance.

## Un excellent "review paper" d'AWS sur les algorithmes quantiques

Amazon avec diverses Universités US, Allemandes et du Royaume Uni publiaient un excellent « review paper » sur les algorithmes quantiques, leurs avantages et inconvénients, leurs besoins en ressources et leur comparaison avec les meilleurs algorithmes classiques. C'est un beau travail de qualité de 337 pages à consulter. Il couvre aussi bien les modèles NISQ et FTQC.

Voir **Quantum algorithms: A survey of applications and end-to-end complexities** by Alexander M. Dalzell, Fernando G. S. L. Brandão et al, AWS, RWTH Aachen University, Imperial College London, Caltech, October 2023 (337 pages). Voir aussi les **explications** sur le blog d'Amazon.

### Un rapport du CIGREF qui fait peur sur le quantique

Il comprend 10 hypothèses servant à secouer les directions informatiques des grandes entreprises. L'une d'entre elle, assez hardie, prévoit que l'informatique quantique va devenir mature et largement utilisée en 2030, y compris pour casser des clés RSA 2048 bits.

C'est la version optimiste des scénarios, qui n'est pas très argumentée, en tout cas d'un point de vue scientifique et technologique. L'autre scénario d'une tempête solaire qui bousille toute l'électronique mondiale est plus plausible en comparaison.

Voir **10 Ruptures à l'horizon 2030-2040**, Cigref, Octobre 2023 (148 pages).

### Understanding Quantum Technologies disponible sur Amazon

Ça y est, après avoir publié le 28 septembre dernier la sixième version de ta bible, la voilà disponible sur **Amazon** en trois volumes depuis le 22 octobre. Elle est à respectivement 25€, 42€ et 42€ pour ces trois volumes. Et Amazon livre cela en deux jours.

Pourquoi faut-il autant de temps pour la rendre disponible par rapport à la version en ligne en PDF qui est, il faut le rappeler, gratuite ? C'est lié au travail de « post-production » pour bien formater le document selon les règles d'Amazon qui changent un peu tous les ans. J'ai aussi planché sur la qualité des illustrations, dont j'ai passé certaines au format vectoriel pour qu'elles d'impriment bien et s'affichent aussi mieux sur liseuses. Et puis, j'intègre aussi des mises à jour en continu, notamment en tenant compte de l'actualité scientifique et entrepreneuriale, tant que cela ne modifie pas la pagination.

---

C'est un objet vivant. Il en est à la version 6.7. Le log est à la fin du bouquin.

---

En vue du prochain épisode, n'hésitez pas à nous envoyer vos questions à [fanny.bouton@ovhcloud.com](mailto:fanny.bouton@ovhcloud.com) ou [olivier@oezratty.net](mailto:olivier@oezratty.net).

Cet article a été publié le 4 novembre 2023 et édité en PDF le 17 mars 2024.  
(cc) Olivier Ezratty – “Opinions Libres” – <https://www.oezratty.net>