



# Opinions Libres

le blog d'Olivier Ezratty

## Actualités quantiques d'octobre 2022

Dans le 42<sup>e</sup> épisode de Quantum, le podcast de l'actualité quantique, **Fanny Bouton** et moi-même faisons comme d'habitude le tour des popottes du quantique en France et ailleurs. Dans le quantique 42 n'est pas la réponse à toutes les questions. C'est plutôt la constante alpha 137, ou bien encore  $h$ , la constante de Planck.

### Prix Nobel d'Alain Aspect

On l'attendait depuis longtemps, la belle surprise est tombée le 4 octobre 2022 avec le prix Nobel d'Alain Aspect. Pour la petite histoire, c'est le premier scientifique que nous avons rencontré lors de nos débuts dans la découverte du quantique en 2018. Il partageait ce prix avec deux autres scientifiques, l'Américain John Clauser et l'Autrichien Anton Zeilinger. Ils étaient récompensés pour leurs travaux sur l'intrication quantique et pour trois expériences clés : un premier test des inégalités de Bell invalidant l'hypothèse de variables cachées (Clauser), un second test avec un choix aléatoire de la polarisation des photons postérieur à leur émission (Aspect) puis une téléportation de qubit (Zeilinger). Nous revenons sur le fait que l'expérience d'Alain Aspect ne prouvait pas spécifiquement la notion d'intrication, mais plutôt l'absence de variables cachées locales pouvant expliquer la corrélation des mesures quantiques de photons intriqués.

Voir à ce sujet **The Universe Is Not Locally Real, and the Physics Nobel Prize Winners Proved It** par Daniel Garisto, Scientific American, Octobre 2022 ainsi que les explications au scalpel bien plus précises que ci-dessus de la chercheuse allemande **Sabine Hossenfelder**.

Mais le débat est loin d'être clos et les physiciens continuent de débattre de la question. Une solution avancée est le superdéterminisme promu par Carl H. Brans, Sabine Hossenfelder et Tim Palmer selon lesquels il existe des variables cachées qui pourraient violer les inégalités de Bell. Pour Philippe Grangier, une autre explication serait que la fonction Psi qui décrit un état quantique est incomplète car elle ne comprend pas d'information sur le contexte de la mesure. Vu dans **Why ? is incomplete indeed: a simple illustration** by Philippe Grangier, Octobre 2022 (2 pages).

En tout cas, l'impact de ces travaux est immense dans tous les piliers des technologies quantiques puisque l'on retrouve l'intrication dans le calcul quantique sous toutes ses formes, dans les communications quantiques ainsi que dans certains capteurs quantiques.

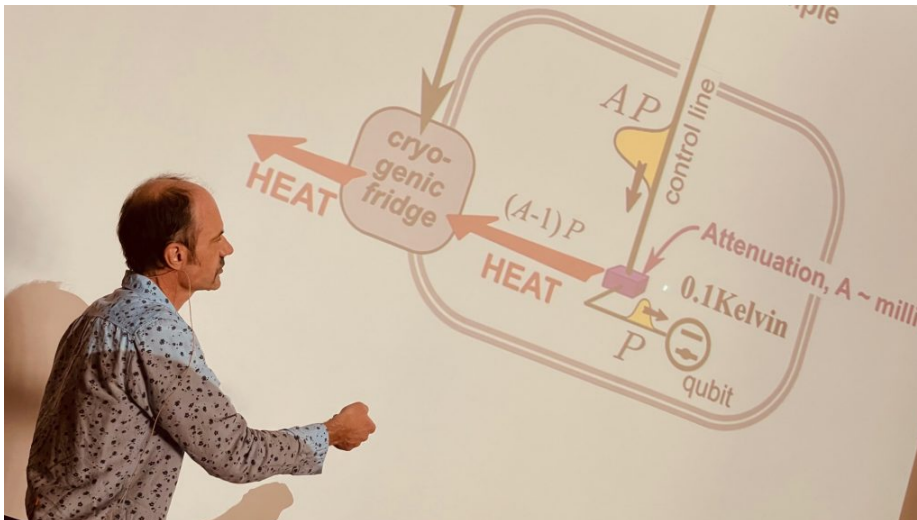
### Semaine du Quantique à Grenoble

Le hackathon organisé par QuantX et Minalogic à Grenoble les 1 et 2 octobre 2022 a vu gagner trois équipes associant des entreprises/organisations et des développeurs issus notamment des écoles d'ingénieur de Grenoble (Phelma, Ensimag). Il s'agissait des équipes du Ministère des Armées (avec Alice&Bob), de Thales et de CACIB.



*Elvira Shishenina (QuantX) au début de la session de pitch des équipes du hackathon.*

Lors de la journée quantique Minalogic du 4 octobre, j'avais pu faire le point sur les technologies de calcul en compagnie de Maud Vinet. Il y avait aussi (entre autres), des présentations intéressantes de Shane Mansfield (de Quandela, sur les photons), Alastair Abbott (d'Inria, sur la correction d'erreurs), Ségolène Ollivier (CEA-Leti) et Jean-Philippe Gérard (CEA-IRIG, sur les sources de photons). Les vidéos de cette conférence seront bientôt publiées.



*Robert Whitney (CNRS LPMMC, QEI) intervenant lors des journées QuantAlps, sur l'énergétique du calcul quantique. En liaison avec la QEI.*

Les deux journées de la fédération QuantAlps qui suivaient étaient également très intéressantes. A noter justement que QuantAlps organise une visite des laboratoires de recherche quantique de Grenoble le 24 novembre 2022.

### **BIG de Bpifrance le 7 octobre**

Il y avait du quantique partout dans ce grand événement. A commencer par un panel sur les technologies habilitantes que j'animais avec Tom Darras (WeLinQ), Luca Planat (Silent Waves), Guillaume de Giovanni (Viqthor) et Neil Abroug (SGPI). Mais il y avait aussi Maud Vinet qui intervenait dans un panel sur la gouvernance de startups, Pierre Desjardins dans un panel sur les talents et Charles Beigbeder dans un panel sur l'investissement. Et enfin Théau Péronnin d'Alice&Bob intervenait en plénière et Quandela sur un stand.



*Maud Vinet intervenant dans un panel sur la gouvernance lors de BIG.*

### **Le Lab Quantique le 19 octobre**

Le Lab Quantique faisait sa rentrée chez Quantonation en présentant son nouveau bureau et son plan d'action.

Il comprend Elvira Shishenina (présidente, BMW), Jean-Gabriel Boinot (vice-président, Quantonation), Kenzo Bounegta (general manager, Quantonation), Constantin Dalyac (relations étudiants, Pasqal), Alexandre Krajenbrink (Maisons du quantique, Quantinum), Jonas Landman (contenus, Qc-Wave/Université d'Edinbourg) et Valérian Giesz (relations internationales, Quandela). Le gros morceau du plan d'action est le lancement de Maisons du quantique.

### **Annnonce du DeepNum20 de la FrenchTech**

Le 27 octobre 2022 sur le site Inria de Palaiseau, Jean-Noël Barrot, le Ministre délégué en charge du numérique, annonçait les 22 lauréats de ce programme, avec pour le quantique, Alice&Bob, Pasqal et Quandela, complétés par Cailabs. Ce programme propose un accompagnement des startups via une 'account manager' qui les aidera à accompagner leur croissance et à résoudre les problèmes avec des différents services de l'Etat.

### **Lancement du projet Européen EuRyQa**

A Strasbourg, UNISTRA (Université de Strasbourg) lance une nouvelle infrastructure européenne pour l'informatique quantique avec des atomes de Rydberg, EuRyQa. Il est piloté par Guido Pupillo, chercheur à l'Institut de Science et d'Ingénierie Supramoléculaires (Université de Strasbourg/CNRS), Shannon Whitlock (Université de Strasbourg/CNRS) et Pasqal. Ils lançaient en octobre 2022 le projet European infrastructure for Rydberg Quantum Computing (EuRyQa) doté de 5M€ sur 3 ans, dans le cadre du programme Horizon Europe. Il utilisera l'infrastructure d'informatique quantique "aQCess – Atomic quantum computing as a service" hébergée au Centre Européen de Sciences Quantiques. Cela a un lien avec le modèle gate-based de programmation des qubits à base d'atomes neutres.

### **Conférence Optica à Saint Germain en Laye**

Cette conférence a lieu au siège d'ixBlue les 8 et 9 novembre et comprend des intervenants de haut vol du monde entier autour du thème de la photonique, qui comprend aussi les qubits pilotés par des lasers (ions piégés, atomes neutres). Valérian Giesz y interviendra. J'y serais le premier jour.

### **LOQCathon QICS**

C'est le premier hackathon organisé par Quandela en partenariat avec OVHcloud. Il a lieu à Jussieu les 7, 8 et 9 novembre. Les équipes présentent leurs résultats l'après-midi du mercredi 9 novembre. Il est coorganisé par QICS, le cluster quantique de Sorbonne Université dont fait partie le LIP6.

### **EcoEx d'OVHcloud à l'Olympia**

Le 8 novembre, le quantique sera à l'honneur dans l'événement de prestige organisé par OVHcloud à l'Olympia. Avec un panel rassemblant Valerian Giez (Quandela), Maud Vinet (startup en cours de création sur les qubits silicium à Grenoble) et Christophe Legrand (Pasqal) dans un panel animé par Fanny Bouton. Fanny nous explique pourquoi OVHcloud met en avant le quantique à cette occasion.

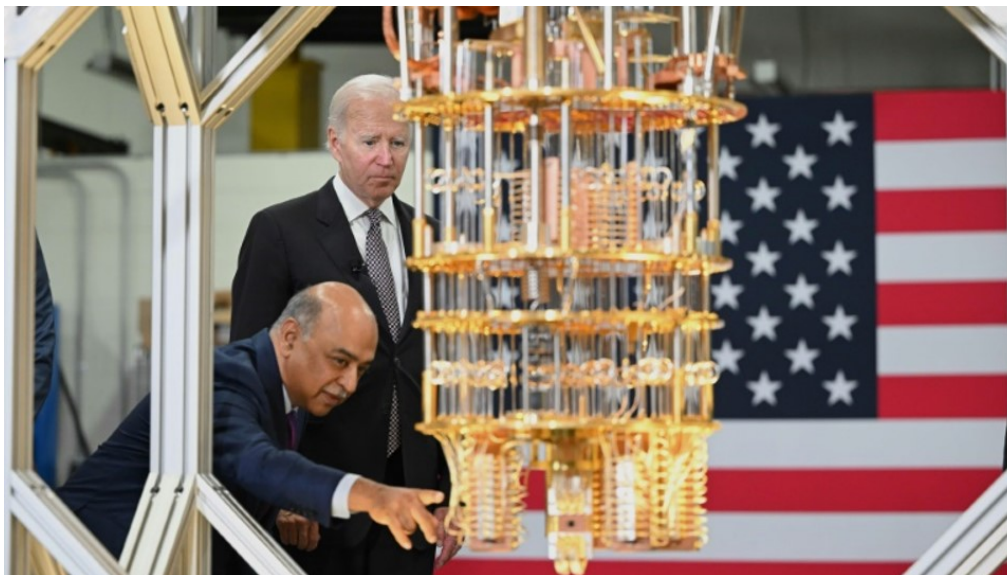
### **Design fiction sur les technologies quantiques**

Cette **événement** est organisé à Grenoble le 21 novembre 2022 par INOVACS. Il vise à réfléchir sur les futurs envisageables permis par les technologies quantiques. L'événement démarrera par deux keynotes, l'un de Nicolas Nova qui est co-fondateur du Near Future Laboratory et spécialiste du Design Fiction. Il expliquera en quoi raconter des histoires permet de fabriquer le futur et comment cela peut aider les innovateurs à créer des scénarios pour inventer les sociétés d'avenir. Et moi-même qui décrirai l'impact potentiel des technologies quantiques. La seconde partie comprendra des ateliers de brainstorming avec les participants dont, normalement, un bon nombre d'étudiants d'UGA aussi bien en sciences "dures" qu'en SHS (science humaines et sociales).

L'organisateur INOVACS est une fédération de recherche comme QuantAlps, qui est dédiée à la thématique "Innovation, connaissances, société". Créée en 2010, elle rassemble 18 laboratoires de recherche en sciences humaines et sociales et en sciences de l'ingénieur qui mènent des recherches pluridisciplinaire sur les questions relatives à l'innovation.

### **Aux USA**

Des journalistes de la presse internationale étaient invités dans le laboratoire quantique de **Google** à Santa Barbara. En croisant leurs informations, on apprenait indirectement qu'ils avaient leur propre unité de fabrication de qubits supraconducteurs à Santa Barbara et qu'ils testaient déjà un processeur quantique de plus de 100 qubits sur lequel ils expérimenteraient leur premier qubit logique ayant un taux d'erreur potentiellement inférieur aux qubits physiques sous-jacents. En juillet 2022, ils avaient publié un papier sur un qubit logique de 49 qubits physiques mais avec un taux d'erreur qui n'était pas meilleur que les qubits physiques sous-jacents. Dans **Suppressing quantum errors by scaling a surface code logical qubit** par Rajeev Acharya et al, Google AI, Juillet 2022 (44 pages).



Le Président Joe Biden visitait **IBM** à Poughkeepsie dans le cadre du CHIPS act et se faisait expliquer le fonctionnement d'un ordinateur quantique par le CEO d'IBM et Jay Gambetta, le VP en charge du quantique chez IBM. Nous revenons sur le CHIPS act et la volonté des USA de reprendre pied dans l'industrie des semi-conducteurs qui est maintenant dominée par Taiwan et la Corée du Sud.

## Science

La recherche va bon train sur la création de **cluster states** de photons. Quandela y travaille avec des sources de clusters déterministes. En Chine, un papier était récemment publié sur la création de cluster states de variables continues sur deux dimensions le temps et la fréquence des photons. Voir **Generation of large-scale continuous-variable cluster states multiplexed both in time and frequency domains** par Peilin Du et al, October 2022.

Création d'une **classe de complexité NISQ**. Cette classe est proposée par un groupe de chercheurs de Berkeley, Harvard, Caltech et Microsoft. Elle décrit des classes de problèmes hybrides qui pourraient être résolus par des calculateurs NISQ. Ces classes sont situées entre BPP (problèmes traitables par des ordinateurs classiques) et BQP (problèmes traitables par des ordinateurs quantiques... à tolérance de panne). En pratique, la majorité de ces classes est plus proche de BPP que BQP. Mais ce travail n'intègre pas les classes de problèmes traitées par des annealers et simulateurs quantiques. Voir **The Complexity of NISQ** par Sitan Chen, Jordan Cotler, Hsin-Yuan Huang et Jerry Li, Octobre 2022 (52 pages).

Un pre-print de chercheurs néerlandais propose une classification bien utile des **algorithmes hybrides**. Ils considèrent à juste titre que tous les algorithmes sont hybrides et les classent en deux catégories avec des sous-catégories : ceux où la partie classique est générique et n'est pas liée aux applications et ceux où elle est dépendante des applications. Horizontaux. Comme le VQE. Voir **Classification of Hybrid Quantum-Classical Computing** par Frank Phillipson et al, Octobre 2022 (8 pages). De quoi faire de bons schémas pour l'édition 2023 de mon livre...

Un **article d'IBM** explique avec une bonne pédagogie la correction d'erreur. Elle comprend trois catégories : la Quantum Error Suppression (QES) qui est réalisée au niveau du hardware, la Quantum Error Mitigation (QEM) qui est adaptée aux calculateurs quantiques bruités (NISQ), a lieu après les calcul, et utilise des méthodes statistiques et souvent du machine learning. Enfin, la Quantum Error Correction (QEC) corrige les erreurs après chaque opération avec les notions de qubit logique et de tolérance de panne. Il faudrait en ajouter une quatrième : la Measurement Error Mitigation (MEM) qui corrige les erreurs de mesures.

Un article décrit l'intérêt de **D-Wave** pour les algorithmes d'optimisation. Il est basé sur l'emploi du D-Wave Advantage sorti en 2020 avec ses 5000 qubits. Il montre la capacité de gérer des problèmes avec 5000 décisions binaires et 40000 paramètres et l'existence de classes présentant un potentiel d'avantage quantique, mais sans preuve irréfutable. Un tel avantage serait envisageable avec une prochaine génération d'annealer D-Wave. Voir **On the Emerging Potential of Quantum Annealing Hardware for Combinatorial Optimization** par Byron Tasseff et al, Octobre 2022 (25 pages).

### Choses discutables

**Mastercard** sort une **carte de crédit** avec une PQC. Est-ce vraiment nécessaire ? Pas vraiment. On peut supposer que vos dépenses sur cartes sont anodines et n'auront pas beaucoup de valeur lorsqu'un ordinateur quantique sera capable de les déchiffrer d'ici plusieurs décennies.

Un **rapport de Capgemini** fait le lien entre technologies quantiques (capteurs compris) et la « sustainability », en reprenant la classification des Nations Unies. Quand on regarde le **détail** des cas d'usages un par un, on se rend compte à quel point c'est spéculatif. Un bon exemple est la rubrique **SDG 5: Gender Equality** » où ils racontent que le quantum machine learning va permettre de réduire les biais de genre dans les entreprises. « *Any advanced technology, like QML or AI, is essentially a power tool that can be harnessed to enhance equality. For example, AI-powered gender decoders could help employers use more gender-sensitive and more inclusive language to increase diversity* ». Comme s'il fallait de la QML pour faire cela intelligemment !!! C'est le solutionnisme technologique dans sa grande splendeur.

Enfin, on n'a pas arrêté de parler du **cerveau quantique** cette semaine, sur la base d'une publication d'un chercheur irlandais prétendant qu'une expérience **démontrerait** que le cerveau fonctionnerait comme un ordinateur quantique. La presse reprend à son compte un **article** publié par le laboratoire à l'origine de l'expérience. Le papier d'origine relate d'une expérience qui cherche à démontrer une intrication entre spins de noyaux d'atomes dans le cerveau. Elle est approximative et macroscopique, mettant en jeu des milliards d'atomes. Un bon protocole de test d'intrication comme celui de l'expérience d'Alain Aspect doit porter sur des objets quantiques uniques. Ici, par exemple, des paires d'atomes dont on étudierait le spin de noyau. C'est impossible à réaliser dans le cerveau avec une IRM dont la précision est autour du mm<sup>3</sup>. Partant de là, l'interprétation des résultats de l'expérience n'est que conjecture, notamment sur la conscience et la comparaison totalement inappropriée avec un ordinateur quantique. C'est un raccourci fréquent en biologie quantique qui rapproche des phénomènes nanoscopiques (ici, pas véritablement démontrés) avec des mécanismes macroscopiques comme la « conscience » ou l'intelligence. C'est dans la lignée de la théorie Orch-OR de Roger Penrose et Stuart Hameroff et d'expériences sur les microtubules des axones qui sont elles aussi surinterprétées.

La biologie quantique est pourtant un champ scientifique respectable. Toute la chimie repose sur des phénomènes quantiques, et même relativistes ! La photosynthèse des plantes, les cryptochromes qui orientent les oiseaux, tout ça est quantique. Là où elle dévie, c'est lorsqu'elle cherche à utiliser le phénomène de l'intrication pour expliquer la conscience ou l'intelligence. C'est une forme de réductionnisme, consistant à vouloir expliquer des phénomènes complexes par un seul mécanisme (ici, nanoscopique). C'est ensuite récupéré par les charlatans de la médecine quantique.

Cet article a été publié le 31 octobre 2022 et édité en PDF le 18 mars 2024.

