



Actualité quantique de janvier 2022

Dans le 35^e épisode de Quantum, le podcast de l'actualité quantique, **Fanny Bouton** et moi-même continuons d'essayer de décrypter l'actualité des technologies quantiques.

Ce mois-ci nous avons pas mal de grain à moudre avec une actualité dense aussi bien en France qu'à l'étranger. Voici un verbatim du podcast et les références des événements ou documents cités.

Les un an du plan quantique le 21 janvier

J'ai publié un **papier de 15 pages** pour faire le point du plan quantique un an après son annonce le 21 janvier. Est-il résumable en un tweet ? Pas évident. Mais on va essayer : un bon nombre de composantes du plan ont été lancées en moins d'un an ce qui est pas mal : le plan pour la recherche (PEPR), un plan sur la formation, l'annonce d'une plateforme de calcul quantique hybride, des partenariats internationaux comme avec les Pays-Bas, des startups qui se portent bien et arrivent à se financer et à grandir, un appel à projet de lancé sur la cryptographie post-quantique et d'autres sur les technologies habilitantes. Mince, cela ne tient plus en un seul tweet ! Et cela n'évoque pas ce qu'il faut améliorer comme dans le logiciel.

Voir aussi l'**interview** de Neil Abroug, le coordinateur de la stratégie nationale, dans l'Usine Digitale, par Julien Bergounhoux.

Lancement de la plateforme de calcul quantique hybride le 4 janvier 2022 à l'IOGS

Dans le cadre d'un cofinancement de la France et de l'Union Européenne, la centrale d'achats du GENCI va faire l'acquisition de processeurs quantiques dont le premier sera installé en 2023 au centre de calcul de recherche TGCC opéré par le CEA à Bruyère le Chatel en région parisienne. Ces processeurs complèteront le supercalculateur Joliot Curie qui est déjà installé sur place, avec ses presque 10 PFLOPS de puissance de calcul, associant des CPU Intel et AMD et des GPU Nvidia. Cela servira à créer des solutions logicielles hybrides prototypes associant ce supercalculateur et des processeurs quantiques, à commencer probablement par le simulateur quantique de Pasqal et d'autres qui pourront suivre comme ceux de Quandela.

L'événement de lancement du 4 janvier accueillait aussi des représentants de LUMI (centre de calcul en Finlande) et Julich CSC (idem en Allemagne) qui vont aussi déployer ce genre de solution, le premier avec un processeur à base de qubits supraconducteurs, probablement d'IQM, et le second, également avec un simulateur quantique comme au TGCC. Il y avait aussi des représentants du CEA (**Jacques-Charles Lafoucrière**), d'IQM (Finlande), AQT (Autriche), Atos (**Philippe Duluc**), Pasqal (**Georges-Olivier Reymond**), du CERN, Thales, EDF et Teratec. Avec des keynotes de **Jordanis Kerenidis** sur le quantum machine learning, **Elham Kashefi** sur l'ingénierie logicielle quantique et **Elvira Shishenina** sur le hackathon QuantX d'octobre 2021. Côté État, l'événement était clôturé par les interventions, à distance, des Ministres **Frédérique Vidal** (recherche et enseignement supérieur), **Cédric O** (Numérique) et **Florence Parly** (Ministère des Armées).

Cela avait été précédé par une rencontre en visioconférence entre Cédric O, accompagné de Neil Abroug, et les collègues de ce dernier des USA, du Royaume-Uni, du Canada et des Pays-Bas, histoire de créer ou de renforcer des partenariats autour des technologies quantiques.

Financements européens dans le quantique

Sur 2021, la moisson française des ERC Starting Grants a été plutôt bonne. Le pays arrive en première position dans les ERC de cette catégorie finançant des chercheurs en début de carrière avec 7 projets financés, soit environ 10M€ de subventions (vs 2 projets en Allemagne).

Il s'agit d'Audrey Bienfait (CNRS, ENS Lyon), Philippe Campagne-Ibarcq (Inria), Jacopo De Nardis (Université Cergy), Anais Dréau (CNRS, Laboratoire Charles Coulomb), Igor Ferrier-Barbut (CNRS, IOGS), Emmanuel Flurin (CEA) et Romain Geneaux (CEA).

J'en parlais déjà dans l'article sur les un an de la stratégie quantique.

Fusions-acquisitions

Tout d'abord de Pasqal avec Qu&Co

Le 11 janvier était **annoncée** la fusion d'un acteur du hardware avec un acteur du software quantique, Pasqal (France) et Qu&Co (Pays-Bas), dans la lignée de la fusion entre **Honeywell Quantum Systems** (USA) et **Cambridge Quantum Computing** (UK) l'été 2021, qui a engendré **Quantinuum** et une entité de près de 400 personnes.

Pasqal a besoin de renforcer son offre logicielle, ce d'autant plus qu'elle n'est pas aussi dense dans la simulation quantique que dans le calcul quantique à base de portes. Qu&Co travaille avec diverses entreprises telles que LG, Airbus, Siemens, J&J. Ils sont surtout spécialisés dans les algorithmes de simulation chimique. C'est l'un des premiers marchés visés par Pasqal. Cela facilitera l'expansion internationale de Pasqal, qui va ainsi disposer de filiales aux Pays-Bas, en Allemagne, au Royaume Uni et en Espagne. Il ne manque plus que les USA ! Georges-Olivier Reymond est et restera CEO de Pasqal tandis que le fondateur de Qu&Co, Benno Broer, devient le Directeur Commercial de Pasqal.

Rahko acquis par Odyssey Therapeutics

Mais ce n'est pas la seule fusion de ce mois. Juste avant était annoncée l'acquisition de **Rahko** (2018, UK) par **Odyssey Therapeutics** (USA), une société de biotechs spécialisée dans la découverte de traitements contre les maladies inflammatoires et les cancers. Rahko est un spécialiste du quantum machine learning. Là, c'est une « quantification » d'un acteur qui ne l'est pas encore.

Actualité scientifique

Des progrès dans les **qubits silicium** en Australie avec des travaux d'une équipe pilotée par **Andrea Morello** de l'UNSW en partenariat avec les **Sandia Labs** du Département de l'Energie aux USA. Les qubits associent le spin nucléaire de deux atomes d'ions phosphores implantés dans du silicium et le spin d'un électron libre. Ils ont réalisé une expérience de portants quantiques à deux qubits sur un dispositif (une C-Z) avec une fidélité moyenne de 99.95% pour les portes à un qubit et 99.37% pour deux qubits et 98.95% pour la mesure. C'est bien, mais ce sont des portes isolées, pas des portes dans un dispositif avec un grand nombre de qubits. Conceptuellement, cela fait un peu penser aux qubits de chat d'Alice&Bob, mais avec du silicium et avec les chats remplacés par les spins nucléaires.

Voir **Precision tomography of a three-qubit donor quantum processor in silicon** par Mateusz Madzik,

Andrea Morello et al, Janvier 2022.

Et a u s s i
<https://newsroom.unsw.edu.au/news/science-tech/quantum-computing-silicon-hits-99-cent-accuracy>

Vidéo d'explication : <https://www.youtube.com/watch?v=bjLUhg5mKic&t=7s>

Une équipe de chercheurs internationale pilotée par le CEA et **Patrice Bertet** du laboratoire SPEC fait des progrès dans les **mémoires quantiques à base d'ions d'erbium**. L'équipe comprend des UMR CNRS des Universités Paris-Saclay, Aix Marseille, Grenoble Alpes/Institut Néel (avec **Thierry Chanelière**), Chimie Paristech, et de Hong Kong, UK et d'Allemagne. Ces mémoires exploitent le spin des électrons. Le tout accompagné de publications dans "Sciences Advanced", "Nature" et "Nature Physics".

Ces ions d'erbium (Er^{3+}) sont isolés dans une matrice cristalline de CaWO_4 (du tungstate de calcium, aussi appelé scheelite) avec des temps de stabilité de 23 ms. C'est adapté à la fois au calcul quantique et à la création de mémoires quantiques. L'énergie de transition de spin de l'erbium est dans le spectre micro-ondes (7 GHz) et les ions possèdent aussi une transition optique de 1500 nm, qui correspond à la longueur d'onde des liaisons fibres télécom. Cela pourrait servir à convertir des états quantiques entre photons micro-ondes et optiques, ce qui permettrait des échanges entre processeurs et mémoires quantiques. Les ondes de spin pourraient être des vecteurs d'échange d'informations entre bits quantiques supraconducteurs. Fonctionne visiblement à une température de 10mK.

Par certains côtés, cette technologie est une variante des NV centers qui permettent aussi de contrôler des spins d'électrons dans des structures cristallines, mais de diamant (carbone) en lieu et place du tungstate de calcium. Ici, un atome de calcium est remplacé par un ion d'erbium.

Sources :

- **Des recherches fondamentales qui enrichissent l'écosystème quantique**
- **Temps de cohérence record pour un spin dans un cristal naturel : un bon qubit pour réaliser un réseau quantique**
- Voir **Twenty-three millisecond electron spin coherence of erbium ions in a natural-abundance crystal** par M.Le Dantec, Patrice Bertet et al, Juin 2021 (37 pages).
- **RPE : Détection de la réponse de spins individuels avec un capteur de photon unique qui sert à la mesure du spin des mémoires à base d'erbium.**
- **Observation du dipôle électrique associé aux ondes de spin dans un aimant quantique.**

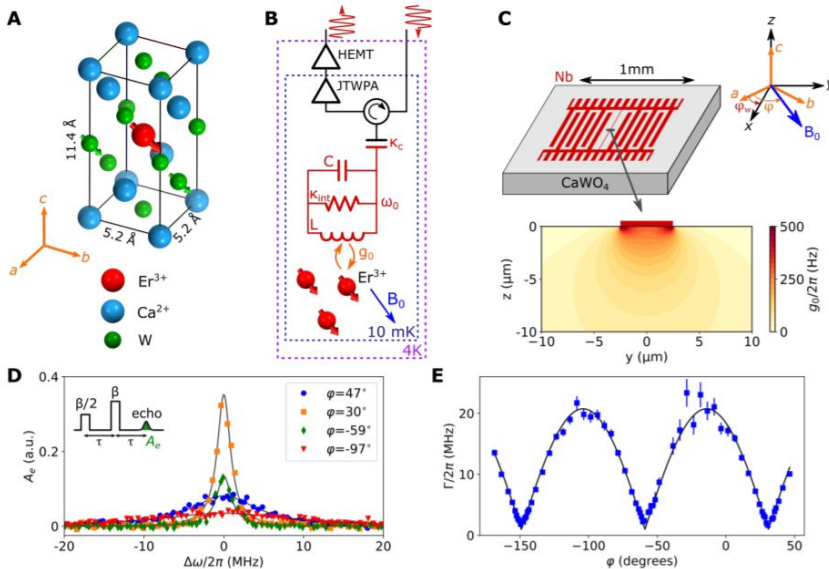


Figure 1: **Schematics of the experiment and erbium spins spectroscopy.** (A) Unit cell of CaWO₄ with a central Er³⁺ dopant. Oxygen atoms are removed for clarity. A fraction 0.14 of tungsten atoms has a nuclear spin. (B) Experimental EPR setup. The erbium spins, subjected to a magnetic field B_0 , are coupled with strength g_0 to an LC resonator. The latter has an internal loss rate κ_{int} and is coupled to a measurement line with rate κ_c . Microwave pulses are sent to the device, and the reflected signal containing spin-echo is routed towards a JTWPA (Josephson Traveling Wave Parametric Amplifier), followed by a HEMT (High Electron Mobility Transistor) at 4 K and by further amplification and demodulation at room-temperature. (C) Sketch of one of the three 50 nm thick niobium LC resonators fabricated on top of the CaWO₄ sample, in the ab plane. The dc magnetic field B_0 is applied in the ab plane at an angle φ with respect to the a -axis, the resonator inductor making an angle φ_w with this axis. The cross-section shows the coupling g_0 between the resonator and erbium spins around the 5 μm-wide inductance wire when B_0 is applied along its direction (x -axis). (D) Spin-echo integral A_e as a function of B_0 , around 67.2 mT, converted into a frequency detuning $\Delta\omega$. Full symbols are measurements for various values of φ , whereas solid lines are Lorentzian fits to the data. (E) Full-width-at-half-maximum linewidth $\Gamma/2\pi$ as a function of φ . The solid line is a fit following the model of (21, 22), yielding a typical magnitude of inhomogeneous electric fields along the c -axis of 32 kV/cm.

Quantinuum améliore le volume quantique de ses processeurs à ions piégés. Ils passent à 2048. Cela veut dire qu'ils ont réussi à bien faire fonctionner 11 ions dans leur processeur H1-2. Les ions piégés ont une très bonne fidélité, ce qui explique ce bon volume quantique. La fidélité des portes à deux qubits est de 99.77%. Leur quantum volume est bien meilleur que le volume quantique de 64 des 127 qubits supraconducteurs d'IBM, correspondant à 6 qubits utiles. Par contre, on attend de voir comment cela peut scaler, ce qui n'est pas le point fort des ions piégés.

Après les tardigrades, voici venir la **communication entre le cerveau et des qubits**. Le cerveau pourrait être utilisé pour contrôler un qubit via une interface de type BCI. Des chercheurs ont simulé ce fonctionnement numériquement. C'est du sérieux ? Les chercheurs concernés comme **Edouardo Miranda** et **Enrique Solano** sont connus pour leurs recherches et positions souvent loufoques. Ils sont aussi auteurs de papiers sur la musique quantique. Ici, il s'agit de créer un dispositif qui rappelle les solutions de contrôle de jeux vidéo par la pensée via des EEG que l'on avait vus au CES 2020, mais pour contrôler les deux paramètres qui régissent un seul qubit. Le lien entre le cerveau et les qubits est de toutes manières classique. Cela ne permettra pas de contrôler plusieurs qubits et leur intrication. Bref, on fait mumuse. Ce qui pourrait soulever des questions d'éthique de manière involontaire et finalement, déplacée.

Voir **An approach to interfacing the brain with quantum computers: practical steps and caveats** by Eduardo Reck Miranda, Enrique Solano et al, Janvier 2022 (6 pages).

Un **capteur quantique pour détecter le Covid** à base de NV centers auxquels l'ARN viral se combine et qui se mesure ensuite par simple fluorescence. Mais il faut toujours se curer le nez avec une tigelette. C'est un projet

de recherche du MIT qui n'a été simulé que numériquement.

<https://www.medgadget.com/2022/01/quantum-sensor-to-detect-sars-cov-2-more-accurately.html>

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.1c02868>

Actualité industrielle

CapGemini se lance dans le quantique en partenariat avec IBM. Leur Q-Lab va promouvoir les études de cas de calcul quantique mais aussi dans les capteurs et les télécommunications quantiques. Les équipes sont au Royaume-Uni, en Inde et au Portugal. Pas en France, allez savoir pourquoi... ! A noter que CapGemini a été missionné par le gouvernement allemand pour étudier les usages du quantum machine learning.

<https://thequantuminsider.com/2022/01/13/capgemini-ibm-launch-quantum-lab-to-promote-quantum-use-cases/>

Une enquête diligentée par l'éditeur de logiciels **Zapata** vient de faire du bruit. Faite auprès de plus de 300 décideurs informatiques dans le monde dont 10% en France, elle montre que la proportion des entreprises qui s'intéresse au calcul quantique croît rapidement. Et surtout, deux informations qui illustrent la mauvaise compréhension de l'état de l'art du calcul quantique : le premier cas d'usage envisagé par les répondants sont les data analytics. Et 41% d'entre eux pensent que le calcul quantique permettra d'obtenir un avantage compétitif d'ici moins de 2 ans.

Voir Report: **74% of Executives Warn Either Adopt Quantum Soon, or Risk Falling Behind Forever** by Matt Swayne, **The Quantum Daily**, January 2022 et <https://www.zapatacomputing.com/publications/enterprise-survey/>.

Création d'un copycat de Quantation en Allemagne, avec 100M€, le fonds d'investissement 100% quantique **Black Quant**. Il n'a pas encore de participation visible. Il associe **QBN** et **CM-Equity** (une société de gestion financière). CM-Equity associe des équipes allemandes, slovènes et croates. Why not. Quantum Business Network est une sorte d'équivalent européen du Lab Quantique qui rassemble des acteurs de l'offre, principalement européens, dont VeriQloud.

<https://blackquant.de/>

<https://thequantuminsider.com/2022/01/20/qbn-and-cm-equity-sets-up-e100-million-quantum-technologies-fund/>

Des rumeurs circulent selon lesquelles **Google** pourrait filialiser sa branche sur le calcul quantique. Et elle s'appellerait **Sandbox Quantum**, avec un site web « landing page ». Elle pourrait commercialiser des technologies à base de time crystals, mais cela reste du bizarre. Ils pourraient aussi faire du logiciel comme des capteurs quantiques dans la lignée du transhumanisme. Bref, ce n'est pas clair.

<https://www.businessinsider.com/alphabet-google-secretive-quantum-tech-group-is-preparing-spin-out-2022-1?r=MX&IR=T>

<https://www.datacenterdynamics.com/en/news/alphabet-plotting-spin-out-of-quantum-computing-software-moonshot-report/>

<https://thequantuminsider.com/2022/01/11/is-alphabets-quantum-project-ready-to-spin-out-of-the-proverbial-sandbox/>

<https://www.sandboxquantum.com/>

<https://thenextweb.com/news/report-googles-betting-big-on-quantum-computing-2022/amp>

Contenus

Un livre **gratuit sur le calcul quantique** a été publié aux USA par un physicien américain, **Thomas Wong** « **Introduction to classical and quantum computing** » (392 pages) au téléchargement gratuit et aussi disponible sur Amazon en impression à la demande. On se demande où il a trouvé cette idée :)!

En janvier 2022 était lancée l'émission mensuelle **Objectif quantique** animée par Jérôme Colombain, destinée au grand public et diffusée sur 01Net et sur YouTube. Les **premiers invités** étaient Jacques-Charles Lafoucrière du CEA, Louis Paul Henry de Pasqal et Valérian Giesz de Quandela. C'est un format de 52 minutes. Les explications sur le calcul quantique étaient fournies par des journalistes de 01Net : Gilbert Kallenborn et Adrien Branco.

Le dossier "**Lumière et matière**" du numéro spécial trimestriel de « La Recherche » (janvier/mars 2022) contient notamment des articles d'Alain Aspect, Eleni Diamanti et Sébastien Tanzilli, Sara Ducci, Nicolas Treps et Pascale Senellart. Ce sont des articles de vulgarisation très bien faits qui conservent un fort contenu scientifique. Le dossier permet aussi de découvrir des physiciens moins connus comme Alberto Amo de l'Université de Lille, Benoît Boulanger de l'Institut Néel, Riad Haidar de l'X, Pierre-François Cohadon du LKB-ENS, Yvan Sortais, Thierry Lépine et Jean-Jacques Greffet de l'IOGS.

https://www.sciencesetavenir.fr/decouvrir/agenda/trimestriel-la-recherche-lumiere-et-matiere-disponible-chez-les-marchands-de-journaux-et-dans-les-librairies_159904

La suite au prochain épisode !

Cet article a été publié le 24 janvier 2022 et édité en PDF le 28 janvier 2022.
(cc) Olivier Ezratty – "Opinions Libres" – <https://www.oezratty.net>