



# Opinions Libres

le blog d'Olivier Ezratty

## Actualités quantiques de février 2024

Dans ce 56<sup>e</sup> épisode de Quantum, le podcast de l'actualité quantique francophone, **Fanny Bouton** (OVHcloud) et moi-même faisons le tour de cette actualité de février et de la première semaine de mars 2024. Nous y évoquons les événements du mois passé, notre visite à New York chez IBM, SeeQC et Qunnect, l'actualité des startups françaises puis celle des acteurs hors de France. Comme d'habitude, vous trouverez ci-dessous une version écrite du podcast avec les liens utiles associés.

### Événements

#### Passés

La **Journée Nationale Quantique** organisée par le SGPI avait lieu le 6 mars à la BNF comme en 2023. C'était une occasion de faire le point via des panels et présentations sur les différents volets de la stratégie quantique nationale.

- Plusieurs membres du gouvernement intervenaient, avec **Sylvie Retailleau** (recherche et enseignement supérieur), **Marina Ferrari** (numérique), **Franck Riester** (attractivité) ainsi que **Bruno Bonnell** (SGPI). Ils étaient complétés par un point sur la stratégie nationale quantique par **Neil Abroug** (SGPI).
- **Emmanuel Chiva**, le Délégué Général pour l'Armement (DGA) annonçait le programme **Proqcima** d'achat d'ordinateurs quantiques qui est étalé sur 15 ans, avec 500M€ à la clé. Cinq startups ont été notifiées de leur participation à ce programme avec une première commande de prototype d'ordinateur quantique à la clé (Alice&Bob, Quandela, Pasqal, Quobly and C12) (**communiqué de presse officiel**). Un peu comme dans les challenges de la DARPA, à la fin du programme, seulement deux startups seront retenues pour la commande du dernier ordinateur de leur roadmap à l'échéance de celui-ci.



- Pitch de programmes lauréats de l'innovation de France 2030 : **OQuLus** (calculateur optique, par Pascale Senellart), **QuantEdu** sur la formation (par Franck Balestro), puis de **Qubit Pharmaceuticals** et **Pasqal** (pour l'export).
- Tables rondes sur la création de leaders européens, sur le calcul FTQC, etc, avec notamment Maud Vinet de Quobly, Harold Ollivier d'Inria, Théau Peronnin d'Alice&Bob, Shane Mansfield de Quandela.



- Une présentation d'**Alain Aspect** qui reprenait ses thématiques habituelles sur l'histoire de son expérience et sur l'émergence des startups des technologies quantiques.
- J'y faisais une présentation sur l'impact des LLMs sur les technologies quantiques (**slides**), la première partie d'une présentation en deux parties dont la seconde aura lieu lors de France Quantum le 21 mai à Station F.

La **Q2B Paris** avait lieu les 7 et 8 mars près de Montparnasse, toujours organisée par QC Ware, en partenariat avec Bpifrance.

- Avec des témoignages clients comme celui d'**EDF** (Stéphane Tanguy), des présentations des cas d'usage et de roadmap des startups dans tous les domaines du quantiques (Pasqal, Quobly, Quandela, Alice&Bob, Crystal Quantum Computing, QuEra, Q-CTRL, Riverlane, Viqthor, ...).
- Des présentations intéressantes de Sabine Mehr du **GENCI** sur le programme HQI, d'**Elham Kashefi** avec le programme de recherche qu'elle dirige pour NQCC au Royaume-Uni, orienté informatique quantique de

confiance et software engineering et de Jean-Philip Piquemal de **Qubit Pharmaceuticals** sur l'état des lieux de la simulation chimique en régimes NISQ et FTQC.



- Deux tables rondes sur la correction d'erreurs (avec notamment Pierre-Emmanuel Emeriau de Quandela et Théau Peronnin d'Alice&Bob) suivies d'une présentation de ma part sur la correction d'erreurs et la tolérance de pannes (slides).
- Fanny Bouton intervenait pour présenter la stratégie cloud quantique d'OVHcloud.
- Une table ronde sur les femmes dans le quantique était animée par Fanny. Il y a encore du boulot dans le domaine scientifique et entrepreneurial ! Malgré les efforts des uns et des autres, les progrès ne sont pas encore au rendez-vous.
- Des soirées étaient organisées par Bpifrance avant la Q2B et à la fin chez Quantonation.
- La conférence était évidemment l'occasion de faire de nombreuses rencontres internationales utiles.
- Nous diffuserons le lien sur les vidéos et présentations lorsqu'elles seront publiées, probablement entre avril et mai 2024.

L'**APS March Meeting** avait lieu à Minneapolis la même semaine. Cette conférence rassemble plus de 13 000 physiciens et comprend 1700 présentations dans le quantique, sur un total d'environ 5000. Alice&Bob y était en force pour présenter son premier qubit logique et les résultats scientifiques associés. De nombreuses présentations scientifiques qu'il faudra du temps pour dépiapter.

- Annonce de partenariat entre QuantWare et Qblox et présentation d'un ordinateur quantique sur leur stand de la zone d'exposition de la conférence. <https://www.qblox.com/blog/aps-mm-quantum-computer>. Et **QuantWare Say Its Next Generation of Quantum Processors Reach 99.9% Gate Fidelities** by Matt Swayne, The Quantum Insider, February 2024. QuantWare prévoit d'atteindre 99.7% de fidélités pour les portes à deux qubits et une fidélité de lecture de 97.5% grâce à l'utilisation de leurs propres TWPAs (amplificateurs large bande des microondes servant à la lecture de l'état des qubits).

J'intervenais le 7 mars dans le **50 Partners Day** devant des investisseurs pour décrire l'articulation des financements privés et publics sur le quantique. En 10 minutes. Oui, c'est possible !

**À venir**

- 18 mars : l'inauguration de l'ordinateur quantique de **Quandela** installé dans un datacenter d'OVHcloud à Croix dans les Hauts de France, avec Sylvie Retailleau (Ministère de la Recherche) et Michel Paulin (CEO d'OVHcloud).
- 22 mars : j'interviens à **l'Université Paris 8** à Saint-Denis dans un séminaire IAGAN sur les usages de l'informatique quantique dans la création numérique, notamment dans la musique. J'y détaillerai le lien entre IA et quantique, notamment au niveau des LLMs.
- 4 avril : journée à Lannion organisée par **Orange**. Avec entre autres Pascale Senellart (Quandela), Frédéric Barbaresco (Thales), Cyril Allouche (Eviden), Sébastien Tanzilli (CNRS) et Jean-Luc Vuillemin (Orange). La journée couvre les communications quantiques, les capteurs et le calcul quantique sachant qu'Orange y présentera surtout ses activités dans les communications et la cryptographie quantique. **Inscriptions.**
- 30 avril : après-midi organisée par **PCQT**, l'écosystème quantique de Paris, à Jussieu. **Inscriptions.**
- 21 mai : **France Quantum**, à Station F. **Inscriptions ouvertes.**

### Notre voyage à New York

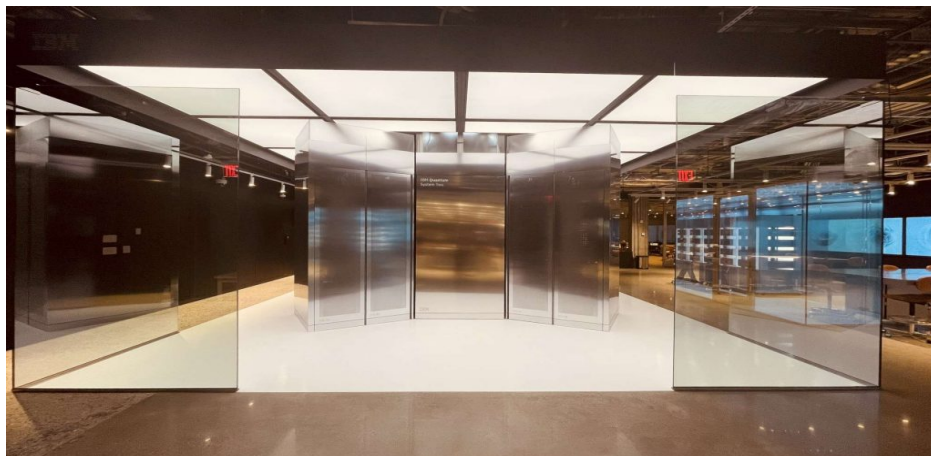
Il durait une semaine fin février et nous a amené à passer par plusieurs endroits dans l'état de New York.



### **IBM**

Le séjour démarrait avec une visite des laboratoires de recherche d'IBM à Yorktown Heights à une heure de route ou de train de New York. Cela commençait par une journée avec des chercheurs comme Oliver Dial, Scott Crowder, Matthias Steffen, Blake Johnson et Olivia Lanes. Puis l'enregistrement d'un épisode de Decode Quantum avec Jay Gambetta, le VP qui coiffe toutes les activités quantiques d'IBM, qui sera publié d'ici quelques semaines. Une seconde partie d'un jour et demi avait lieu avec un groupe de français de grandes entreprises (SNCF, EDF, Renault, Axa, Air Liquide, ...) et ColibrITD. Avec la visite de l'imposant System Two qui comprend trois processeurs Heron de 133 qubits, avec un cryostat Bluefors KIDE, une présentation intéressante de Jay Gambetta et de ses équipes sur leur roadmap et la visite de la cleanroom où sont fabriquées les puces supraconductrices sur des wafers de 8 pouces. Ils insistaient pas mal sur la question controversée de la "quantum utility", mettant en avant quelques études de cas tournant sur 127 qubits et qui seraient difficiles à réaliser sur des ordinateurs classiques. A noter que le QPU Condor de 1121 qubits annoncé début décembre 2023 a été démonté pour permettre la vampirisation de ses composants (cables, amplificateurs, cryostat). Les présentations couvraient aussi le domaine de l'IA et celui des semi-conducteurs. Cette partie de notre visite était organisée par Pierre Jaeger qui est rattaché à l'équipe de Jay Gambetta, et Léo Hamon d'IBM France.



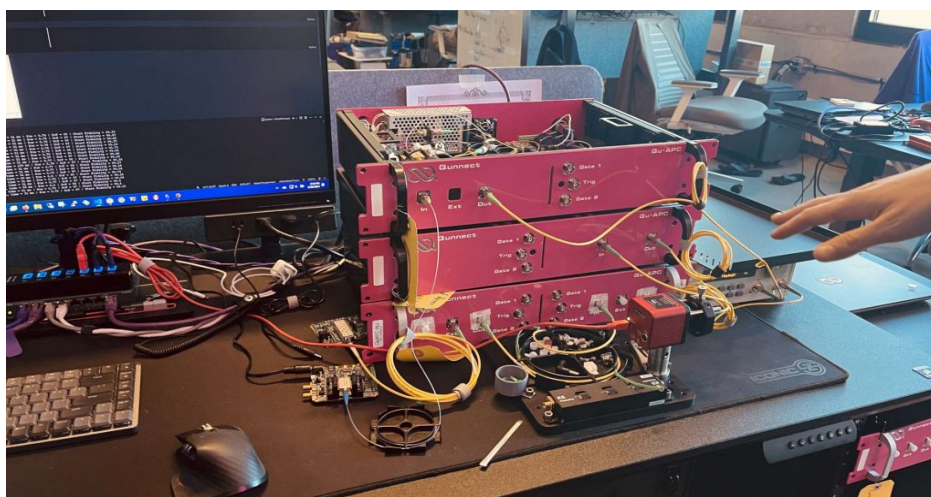


## SeeQC

Nous avons visité SeeQC qui est situé pas loin de chez IBM, à Elmsford. Ils ont l'ambition de réduire significativement l'empreinte électronique et énergétique du calcul à tolérance de panne avec une puce électronique supraconductrice placée à côté des processeurs de type supraconducteurs et silicium. Ils prévoient de tout faire fonctionner à 15 mK, y compris la lecture de l'état des qubits. Si ça fonctionne, cela simplifiera énormément la conception de ces systèmes en supprimant câbles, atténuateurs, filtres et amplificateurs. Nous avons rencontré leur CEO John Levy et leur CTO Oleg Mukhanov et visité leur clean room et leurs salles d'intégration avec cinq cryostats de tailles différentes, principalement de Bluefors et aussi HPD et Oxford Instruments.

## Qunnect

Nous avons aussi visité Qunnect avec leur CEO (Noel Goddard, au nom français, mais qui est américaine), et leur CTO (Mael Flament), qui lui, est français. Ils sont situés au nord de Brooklyn, pas loin du pont éponyme, près d'arrivées de fibres optiques. Ils fabriquent des solutions de mémoire quantique opérant à température ambiante à base de vapeurs d'atomes de rubidium et contrôlées par lasers. Ils fabriquent déjà leur produit en petite série. Leurs principaux clients sont en Europe.



A noter que les mémoires quantiques à base d'atomes froids de Welinq nécessitent un refroidissement des atomes à basse température, réalisé avec des lasers dans des pièges magnéto-optiques (MOT), mais sans faire appel à de la cryogénie.

## Actualités des startups françaises

### PASQAL

La startup s'est un peu réorganisée avec l'arrivée d'un nouveau chairman qui vient de Google et Amazon et Loic Henriet qui était CTO et devient co-CEO. C'est une évolution classique de la gouvernance pour une startup qui se structure et veut se développer à l'international.

**PASQAL Announces New Chairman, Deputy CEO and Creates New Divisions in Response to Rapid Growth**, HPCwire, February 2024.

Après la création d'une filiale en Corée, la société annonçait son établissement à Sherbrooke avec 90M€ à la clé, dont une aide du gouvernement du Québec, annualisée sur de nombreuses années. Puis divers partenariats, avec le laboratoire d'IA MILA de Montréal et aussi l'Université de Calgary. Là, cela touche les applicatifs.

**PASQAL Joins Forces with Mila to Enhance Generative Modeling in Quantum AI** by Matt Swayne, The Quantum Insider, January 2024.

**PASQAL, University of Calgary, and Quantum City Initiate New Quantum Computing Partnership** by Pasqal, HPCwire, February 2024.

## Quandela

Fin février, ils installaient leur premier QPU de 6 qubits chez Exaion (une filiale d'EDF), au Québec, à Sherbrooke, en partenariat avec PINQ<sup>2</sup> (Plateforme d'innovation numérique et quantique) et l'Université de Sherbrooke. C'est installé dans un datacenter hybride classique/quantique à Bellevue, dans la zone d'innovation quantique de Sherbrooke. Ils sera notamment accessible pour les étudiants de l'Université. L'ambition d'Exaion est de créer un écosystème de 100 partenaires et de générer \$200M (CAN) de revenu, ce qui est assez ambitieux au vu de la maturité de la technologie actuelle. C'est en tout cas le premier ordinateur quantique européen installé en Amérique du Nord.



En side meeting de la Q2B Paris, Quandela organisait une soirée pour présenter sa roadmap, avec Pascale Senellart (CSO), Niccolo Somaschi (CEO), Shane Mansfield (directeur de la théorie) et Xavier Pereira (leur nouveau patron ventes/marketing), dans un panel animé par Fanny Bouton.

## Alice&Bob

Ils présentaient leurs résultats scientifiques lors de l'APS March Meeting du côté des qubits de chats "logiques" avec de **nombreuses interventions**. Ils annonçaient aussi l'ajout de scientifiques prestigieux à leur board scientifique : Daniel Gottesman, David DiVincenzo, John Martinis, and Yasunobu Nakamura. De sacrées pointures !

**Quantum Computing Pioneers Join Alice & Bob's Consultative Board** by Matt Swayne, The Quantum Insider, February 2024.

---

**Cat qubits reach a new level of stability – Physics World** by David Schlegel, Physics World, March 2024.

Ils annonçaient aussi un **partenariat** avec **Classiq**, une startup israélienne spécialisée dans la compilation.

### **ColibrITD**

La société de logiciels quantiques française vient de sortir une librairie Python qui a pour objectif de faciliter le calcul quantique : **MPQP** (Multi-Platform Quantum Programming). Elle permet de créer des circuits quantiques de façon ergonomique et de les exécuter facilement sur une multitude de simulateurs et machines quantiques (backends), sans avoir à réécrire une seule ligne de code pour changer de backend. Ils ont créé cet outil pour accélérer le développement et la recherche en informatique quantique, ainsi que pour faciliter l'apprentissage du calcul pour des étudiants. La librairie est en open-source, accessible sur **GitHub**, accompagnée d'une **documentation en ligne**, ainsi qu'un **serveur Discord** pour les échanges. Ils proposent aussi le développement de modules plus avancés.

### **Actualité acteurs d'ailleurs**

#### **Qubit logique de Nord Quantique**

Dans la foulée d'Amazon et Alice&Bob, Nord Quantique annonçait avoir créé son premier qubit logique. On ne sait pas grand-chose dessus à part qu'il améliore de 15% le temps de stabilité, ce qui pour un qubit bosonique n'a rien d'extraordinaire. Ce sont des qubits bosoniques de type GKP. Leur communication minimaliste permet d'exister mais n'apporte malheureusement pas beaucoup de substance.

**Nord Quantique Makes a Logical Qubit Out of a Physical Qubit** by Matt Swayne, The Quantum Insider, February 2024.

#### **IonQ**

IonQ annonçait les résultats financiers de l'année 2023. \$22M de CA, essentiellement de commandes publiques. Ils consommaient \$158M de cash en 2023. Ils ont vendu quatre QPU et affichent un carnet de commandes de \$65M.

**IonQ's Financial Results: Company Beats Full-Year Consensus on Revenue And Bookings** by Matt Swayne, The Quantum Insider, February 2024.

#### **Quantinuum scale plus**

Quantinuum annonçait à l'occasion de l'APS March Meeting une technique permettant d'améliorer la scalabilité de ses QPU à base d'ions piégés grâce à une puce de contrôle demandant une seule ligne de contrôle par qubit et permettant également le déplacement des ions pour une connectivité many-to-many.

**Scalable Multispecies Ion Transport in a Grid Based Surface-Electrode Trap** by Robert D. Delaney et al, arXiv, March 2024 (11 pages).

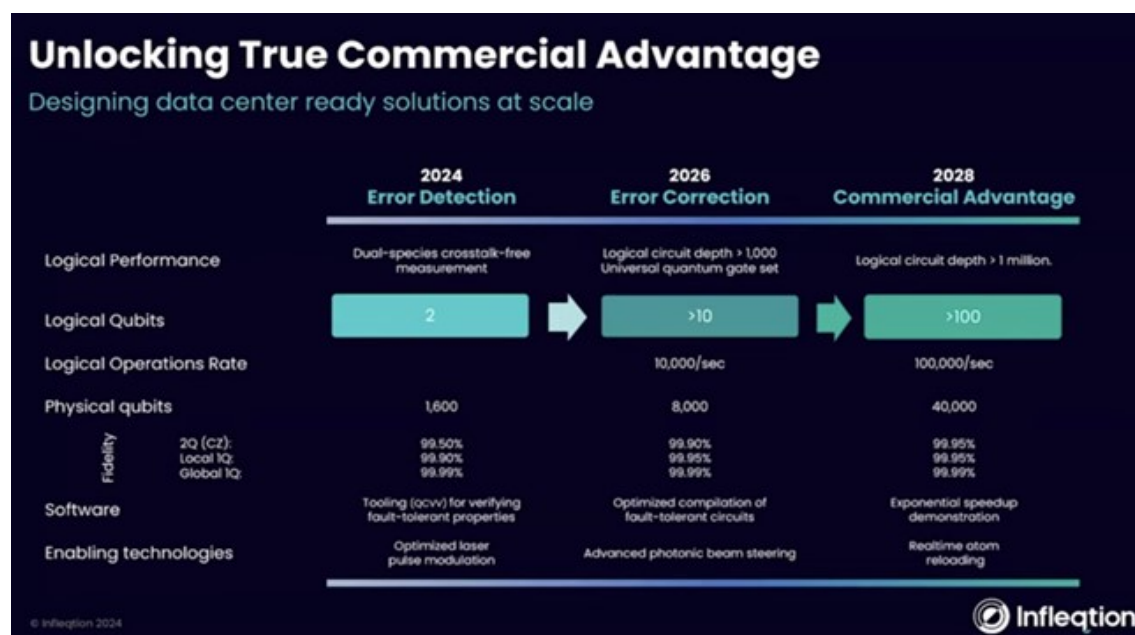
Ils en profitaient pour critiquer ouvertement le benchmark d'algorithmiques qubits de leur concurrent direct IonQ, ce qui est une méthode assez rare. Dans **Debunking algorithmic qubits**, Quantinuum, March 2024.

#### **Inflection fait mieux que Lukin**

Avec leur QPU de 1600 atomes neutres, organisés en grille de 40×40 atomes. Leur communication est ambiguë. Ils affichent avoir atteint une fidélité de 99.5% sur les portes à deux qubits ce qui avec ce nombre de qubits est un record inégalé. Leur objectif est d'atteindre 100 qubits logiques d'ici 2028, avec 40K atomes et la

capacité d'exécution d'une profondeur de 1 millions de cycles, ce qui veut dire l'équivalent de 100 millions de portes, donc  $10^{-8}$  erreurs.

**Infleqtion Unveils 5-year Quantum Computing Roadmap, Advancing Plans to Commercialize Quantum at Scale** by Matt Swayne, The Quantum Insider, February 2024.



Au passage, ils faisaient deux acquisitions dans la photonique avec **SiNoptiq** (silicon nitride, lasers à faibles pertes dans l'infrarouge) et **Morton Photonics** (photonique micro-ondes et capteurs), ce qui s'explique par leur activité dans la vente de composants.

**Infleqtion Acquires Silicon Photonics Leaders SiNoptiq Inc. and Morton Photonics Inc.** by Matt Swayne, The Quantum Insider, January 2024.

### Multiverse lève 25M€

Ils sont maintenant plus d'une centaine.

**Multiverse Computing Raises Oversubscribed €25 million Series A Investment Round to Advance Quantum and Quantum-Inspired Computing Software** by Matt Swayne, The Quantum Insider, March 2024.

### Google lance un XPRIZE pour trouver des applications quantiques utiles

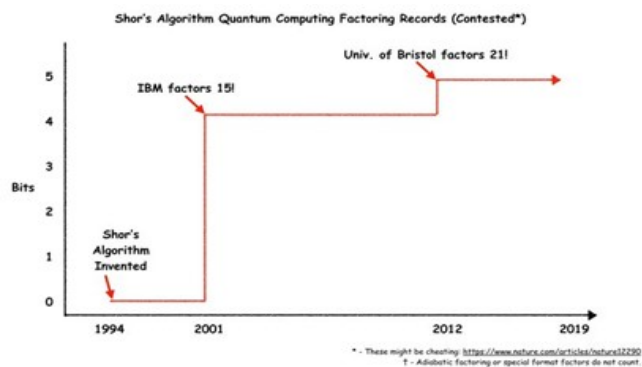
C'est un peu tôt. Avec \$5M à la clé.

<https://www.newscientist.com/article/2420137-google-launches-5m-prize-to-find-actual-uses-for-quantum-computers/>

### PQC chez Apple

Apple intègre de la PQC dans ses smartphones pour sécuriser ses communications. Est-ce révolutionnaire ? Pas vraiment car Samsung et Huawei font déjà cela dans certains de leurs smartphones, en plus, avec une QRNG intégrée dans le smartphone. Cela sécurise nos communications face à une menace assez lointaine comme le révèle ce **chart** sur les avancées de l'exécution de l'algorithme de Shor en 30 ans.





## Nouvel agenda sur la stratégie quantique de l'Union Européenne

Le nouveau « **Strategic Research and Industry Agenda** » regroupe les roadmaps des chercheurs et des entreprises du secteur.

### QuiC Strategy Roadmap

Le consortium européen QuiC publiait aussi sa roadmap stratégique dans un **document de 189 pages**.

### La Russie atteint 20 qubits

Avec des ions piégés, qui font suite aux 16 de 2023, qui étaient parait-il  $4 \times 4$ . Et aussi 25 qubits réalisés avec des « nuclear » something, sans plus de précision. Peut-être des qubits à base de spins de noyaux comme ceux de SQC en Australie qui utilise des noyaux d'atomes de phosphore implantés dans un substrat en silicium. N'attendons pas des données sur les fidélités ou sur quoi que ce soit à ce stade. La Russie n'est pas le pays de la plus grande transparence et fiabilité. Ils prévoient d'atteindre 50 qubits d'ici fin 2024. Sur des ions piégés, ce serait une première. Mais sans fidélités, cela ne veut rien dire.

**Russia creates 20-qubit quantum computer — Rosatom, Tass, February 2024.**

### Levée de fonds de Diraq de \$15M

Avec Quantonation. C'est un concurrent direct de Quobly dans lequel Quantonation a aussi investi. Tient tient.

**Diraq Opens New Commercial Laboratory in Sydney to Propel Era of Fault Tolerant Quantum Computing** by Matt Swayne, The Quantum Insider, February 2024.

**Diraq Secures USD \$15 Million in Series A-2 Funding** by Matt Swayne, The Quantum Insider, February 2024.

### Science-fiction quantique

Un papier "arXiv" d'un scientifique israélien, Omri Shmueli propose une nouvelle architecture d'ordinateur quantique qui s'appuierait sur le phénomène hypothétique de la gravité quantique. La gravité est une déformation de l'espace-temps. Sa version quantique rendrait possible des superpositions de ces déformations de l'espace-temps. Avec ces superpositions, il serait possible de faire des calculs dans des ordres différents et simultanément. Le chercheur propose alors de créer un ordinateur quantique théorique s'appuyant là-dessus qui apporterait une accélération exponentielle par rapport à l'accélération exponentielle théorique du calcul quantique à tolérance de pannes. Ça a l'air bien mais c'est évidemment de la fumette car pour créer ces superpositions, il faut probablement des conditions limites ou des objets comme des trous noirs. Et nos calculs n'en sortiraient pas.

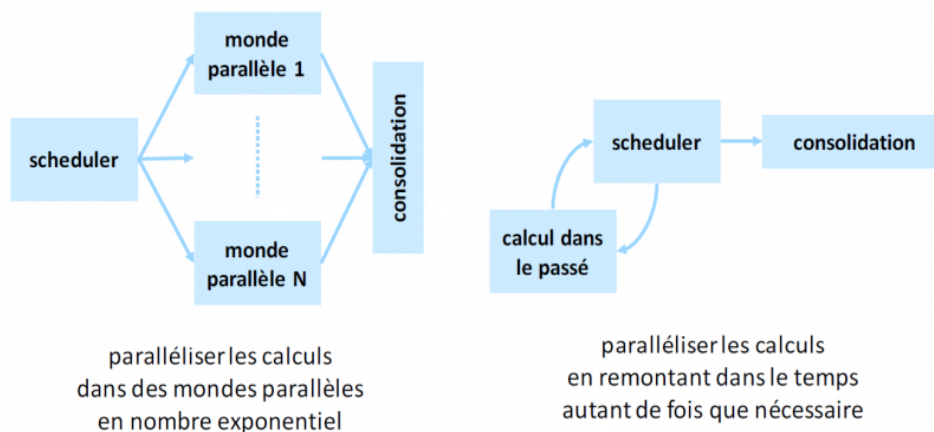
J’y avais déjà un peu pensé dans les éditions françaises de mon livre, mais il s’agissait de parodies !

Autre solution pour transcender les calculateurs quantique d’architecture connue et qui relève de la science-fiction : faire des calculs dans des mondes parallèles pour tester toutes les solutions à un problème complexe et consolider les résultats obtenus. C’est l’application du scénario de la série TV “Fringe” au calcul quantique.

Il va sans dire que pour que cela ait un intérêt, il faudrait pouvoir faire cela dans un nombre exponentiel d’univers parallèles. Il faudrait donc aussi que la méthode soit “scalable”. Si on ne pouvait l’utiliser que dans un nombre limité de mondes parallèles, cela n’aurait pas un grand intérêt !

On peut aussi imaginer remonter dans le temps pour refaire les calculs plusieurs fois et consolider également les résultats. Dans ces deux scénarios shadokiens, l’une des difficultés parmi d’autres serait de gérer le goulot d’étranglement de la consolidation des résultats.

### solutions Shadokiennes pour accélérer les calculs



Il faudrait un bus de données suffisamment rapide pour absorber une grande quantité d’information. On pourrait d’ailleurs se demander s’il n’est pas possible de réduire l’un des cas à l’autre voir de les combiner. Ainsi, si on calcule dans le passé, on peut choisir de le faire dans des passés simultanés ou dans des passés différents, histoire d’éviter de trop encombrer les passés. Tant qu’à faire !

Les deux méthodes pourraient peut-être aussi être opérantes avec des ordinateurs traditionnels. Mais l’ajout du quantique rend la chose plus crédible, si l’on peut dire. Revenir dans le passé ou se déplacer instantanément dans des mondes parallèles est probablement bien plus aisé avec des quantums.

Ce sont évidemment des hypothèses qui ne relèvent pas du domaine du possible, même en tortillant les lois de la physique au gré de ses désirs les plus fous. Scott Aaronson évoque pourtant quelques-uns de ces scénarios<sup>456</sup>. En pratique, au mieux peut-on tirer parti de la vitesse supraluminique de connexion entre qubits intriqués, qui peut servir dans certaines circonstances que nous aurons l’occasion d’explorer, mais qui n’accélèrent pas les calculs pour autant.

La suite des aventures du quantique au prochain épisode !

Cet article a été publié le 11 mars 2024 et édité en PDF le 21 mars 2024.

(cc) Olivier Ezratty – “Opinions Libres” – <https://www.oezratty.net>