

# **Opinions Libres**

le blog d'Olivier Ezratty

# Actualités quantiques de septembre 2024

Dans ce  $62^{ième}$  épisode du podcast de l'actualité Quantum, Fanny Bouton et moi-même revenons sur divers faits marquants du mois de septembre 2024 en France et dans le monde. Cela concerne notamment Quandela, Kwan-Tek, Quantinuum, Microsoft, Nord Quantique, Google et Amazon.

Et voici le transcript, illustrations, lien utiles et bonus.

#### **Evénements**

Evénements passés :

- Conférence **Teratec** chez IBM le 5 septembre sur les questions de scalabilité (**slides et vidéos**). Notamment une intéressante présentation d'Air Liquide pour créer de gros cryostats.
- Le pot de départ de **Neil Abroug** du SGPI le 23 septembre et son passage de relai à **Loic Le Loarer** qui a pris sa succession pour diriger la stratégie nationale quantique en France. Ci-dessous, Bruno Bonnel du SGPI qui remercie Neil pour ses 3 ans et demi à piloter la stratégie nationale quantique, à côté de Massis Sérapian du SGPI. Neil rejoint Inria pour y piloter les initiatives quantiques, sous la direction de Sophie Proust (ex Eviden) qui y est Directrice exécutive de l'Agence de programmes.



- L'IEEE Quantum Week à Montréal (lien). Pasqal y avait un stand. Les Allemands y étaient très présents. J'ai noté deux interventions de Français, sur le quantum annealing avec Romain Piron et Claire Goursaud (INSA Lyon, INRIA), ainsi que Stephane Louise (CEA, LIST). Il y avait aussi un panel avec Héloïse Pajot et Etienne Décossin d'EDF, et Valerian Giesz (Quandela), un autre sur le FTQC avec Juliette Peyronnet d'Alice&Bob, qui est basée à Boston. Il y avait aussi un certain Ethan Hunt (Kennesaw State University), ce qui rappelle que dans le quantique la réalité peut facilement rejoindre la fiction.
- QuantumTech Europe à Londres le 24 septembre (agenda) où intervenait notamment Neil Abroug, ancien coordinateur de la stratégie nationale quantique.
- European Champions Alliance à Amsterdam le 26 septembre (lien). Avec notamment Fanny Bouton et Théau Peronnin d'Alice&Bob dans une table ronde sur l'intérêt du calcul quantique « au présent » et sur le partenariat France-Pays-Bas.
- Pour revenir sur Lindau, j'étais cité dans un article au sujet du panel où j'intervenais, en compagnie d'Anton Zeilinger et Alain Aspect : Nobel Laureates Consider the State of Quantum Computing – The technology is likely to have an impact in fields where complex calculations are involved par Sandrine Ceurstemont in Communications of the ACM, 12 septembre 2024.

#### Evénements à venir

- Les **QuantAlps Days** du 30 septembre et 1ier octobre à Grenoble où nous serons tous les deux et qui sont l'occasion de découvrir les travaux de recherche récents réalisés à Grenoble (**programme**). L'un des intérêts de ces journées est qu'elle couvrent aussi bien la dimension scientifique habituelle ainsi que les sciences sociales. C'est une des spécificités de Grenoble.
- La **journée quantique Minalogic** où nous intervenons tous les deux à Lyon (**programme**). Fanny y présente la stratégie quantique d'OVHcloud et j'y fait mon keynote maintenant habituel sur 12 mois de décryptage de l'actualité technologique et scientifique quantique.
- Un séminaire autour du **projet AQADOC** qui associe EDF et Welinq le 3 octobre à Jussieu (Paris) avec des interventions de Pasqal, Quandela, des chercheurs CNRS ainsi que d'Italie (**lien**).
- Le **Munich Quantum Software Forum** les 24 et 25 octobre où je serais (**lien**), complétée par une visite de l'écosystème quantique local.
- La conférence **Quantum+AI** des 29-30 octobre à New York où j'interviens sur les LLMs dans le quantique (lien).
- Les deux **journées GDR TEQ** à Jussieu des 13 au 15 novembre qui font le point de la recherche quantique au CNRS et avec des intervenants de renom d'autres pays comme David Awschalom de l'Université de Chicago (**lien**).
- Les deux **journées Teratec** sur les algorithmes et les capteurs quantiques chez EDF à Palaiseau les 13 et 14 novembre (**lien**).

# **Understanding Quantum Technologies**

Signalons une fois encore la sortie de la 7<sup>ième</sup> édition de **Understanding Quantum Technologies** avec ses **1552 pages organisées en cinq volumes**. Les grosses nouveautés portent sur ma compréhension de nombreuses modalités de fonctionnement des qubits, en particulier les atomes froids et les ions piégés, une évolution sur la correction d'erreur quantique bien que cela reste un sujet assez difficile d'abord, comment fonctionnent les algorithmes quantiques et que pouvons-nous tirer de leurs estimations de ressources associées. J'ai aussi eu l'occasion de creuser un peu plus les fondations de la physique quantique ainsi que les questions portant sur l'énergétique du calcul quantique (**lien**).

J'y ai ajouté sur le tard une analogie décalée avec "007", qui est maintenant intégrée au livre...

#### Easter Egg in Fall

Since this is the "007" edition, here is an alternative table of contents for this book:

#### Prologue (quantum history and basics)

- "Tomorrow never dies": me, updating the book.
- "Dr No": some of them are mentioned in the book.
- "You only live twice": photons in a Bell entanglement test.
- "Die another day": like a logical qubit.
- "Moonraker": me, jumping without a parachute in quantum science 6 years ago.
- "The Living Daylights": what I feel when releasing the book, with the many left mistakes it may contain.

#### Quantum computing

- "No time to die": the qubit drama in gate-based computing. They still die and fast.
- "Diamonds are forever": nitrogen vacancy centers (NV centers).
- "The man with a golden gun": did you notice that Scaramanga has more liquid helium than needed to cool down all quantum computers until 2100?
- "Live and let die": the fate of photon qubits.
- "Casino Royale" and "The World is not enough": PsiQuantum in Australia and Chicago?
- "Goldfinger": you find it around cold plates in cryostats.
- "Quantum of solace": if it doesn't work and scale.
- "Octopussy": like a fault-tolerant quantum computer, ala IBM BlueJay.

#### Quantum communication and sensing

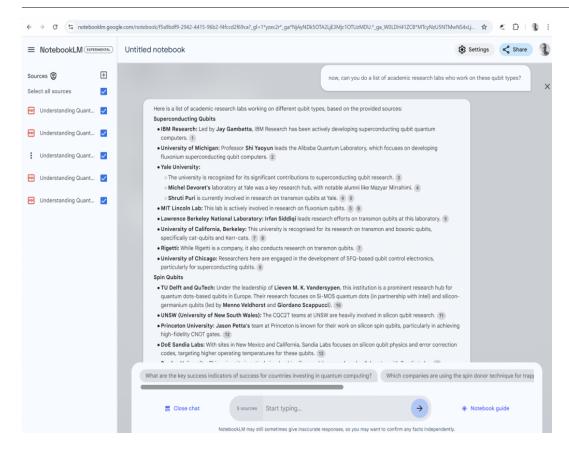
- "The spy who loved me": Eve or Alice?
- "For your eyes only": protecting your secrets with QKD or PQC.
- "A view to a kill": isn't that what Shor's algorithm is all about regarding the Internet?
- "Skyfall": when China QKD satellites send you their entangled photons.
- "Spectre": with quantum sensing ghost imaging.
- "Goldeneye": a new quantum radar?

#### Ecosystem

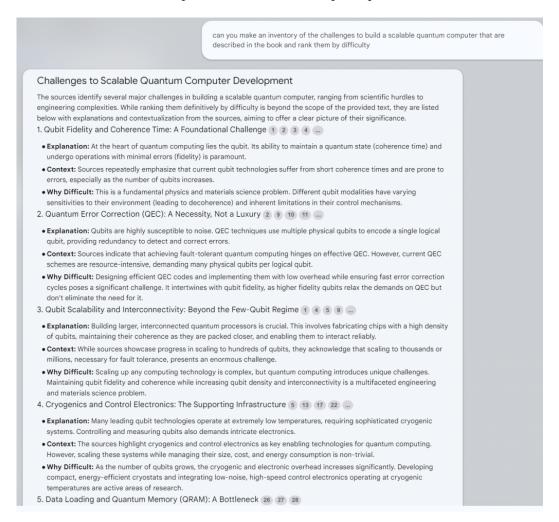
- "From Russia with love": we got Alexei Kitaev, Sergei Bravyi, Mikhail Lukin, Oleg Mukhanov and Elvira Shishenina.
- "On Her Majesty's Secret Service": the UK £2.5B quantum plan is not secret anymore!
- "Licence to kill": no, there's a peace sign on the book cover!
- "Thunderball": when quantum scientists retract a paper. It happens!

J'ai demandé à ChatGPT 4.00 de faire la même chose. Il s'en sort pour l'instant moins bien!

Vous pouvez aussi télécharger les cinq parties du livre dans des outils tels que **Notebook LLM** de Google. Il permet d'interroger le contenu du livre et génère des résultats de qualité, tout en faisant quelques erreurs de classification. Par exemple, il a classifié les qubits de Foxconn dans les supraconducteurs alors que ce sont des ions piégés. Je lui ai demandé de m'en faire un résumé en 4 pages et le résultat est concis et propre.

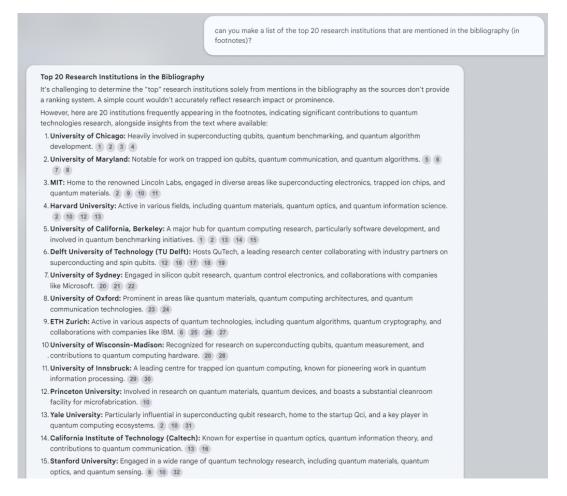


Puis un inventaire des défis pour créer un ordinateur quantique scalable et le résultat est vraiment bluffant.



Et puis une liste des universités les plus souvent citées dans la bibliographie et leur spécialité. Il indique où il a

trouvé cela. On sent l'usage du RAG, la technique d'ingestion et d'interrogation de documents qui accompagne maintenant les agents à base de LLMs!



A vous de jouer pour trouver des moyens d'extraire des données intéressantes du livre!

# France

# Quandela inaugurait sa filiale au Canada

C'est notamment lié au deal avec Exaion, la filiale d'EDF, qui a commandé deux QPUs de Quandela. La filiale est installée à Montréal.

https://www.quandela.com/news-press-release-quandela-canada-subsidiary/

#### **Kwan-Tek**

La société bretonne spécialisée dans les capteurs quantiques à base de NV centers Kwan-Tek levait 1.2M€ (lien). C'est l'ancienne Wainvam-E qui a été recapitalisée après une passe difficile en 2023.

#### Prix pour Silvano de Franceschi du CEA-IRIG

Silvano de Franceschi est un chercheur spécialisé dans les qubits de spin au CEA-IRIG, le laboratoire de la Direction de la Recherche Fondamentale du CEA de Grenoble, au sein de l'équipe PHELIQS. Il obtenait le prix Friedel-Volterra en Italie (lien). C'est toujours sympathique d'être reconnu dans son pays d'origine!

#### International

# Roadmap Quantinuum et papiers avec Microsoft

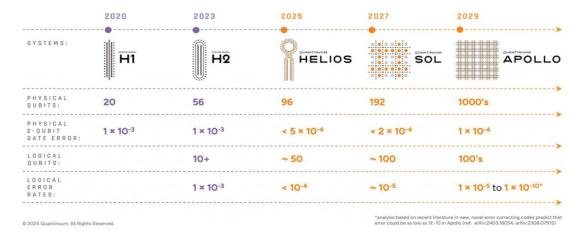
En septembre 2024, toujours avec l'aide de Microsoft, Quantinuum mettait en œuvre 12 qubits logiques avec 56 qubits physiques et créait des états intriqués GHZ logiques de 4, 8 et 12 qubit. Ils utilisaient pour cela un code dit tesseract qui rappellera quelque chose aux fans d'Interstellar, [[16, 6, 4]], une variante des codes de couleur 4D hypercube. C'était bien, mais cela avait l'air encore d'utiliser de la post-sélection qui n'est pas une technique scalable pour exécuter un algorithme complet et surtout... profond.

Demonstration of quantum computation and error correction with a tesseract code by Ben W. Reichardt, Krysta M. Svore, Matt Zanner et al, Microsoft and Quantinuum, arXiv, September 2024 (12 pages).

Simultanément, toujours avec Microsoft, Quantinuum mettait en œuvre une simulation chimique de bout en bout à l'aide de deux de leurs qubits logiques. C'était présenté comme une première mondiale, ce qui est discutable, mais cela dépend de la définition. Il s'agit d'un algorithme hybride exploitant deux qubits logiques, mais la capacité de calcul quantique affichée était loin derrière certaines expériences réalisées au Japon par IBM et Fujitsu, en utilisant des QPU NISQ et de la quantum error mitigation.

End-to-End Quantum Simulation of a Chemical System by Wim van Dam, Krysta Svore, Matthias Troyer et al, Microsoft, arXiv, September 2024 (15 pages).

En septembre 2024, Quantinuum mettait à jour sa feuille de route. Ils prévoient d'assembler des milliers de qubits physiques et des centaines de qubits logiques d'ici 2030 avec des taux d'erreur inférieurs à  $10^{-6}$ . Une question se pose avec leur QCCD 2D : permettra-t-il une connectivité qubit plusieurs-à-plusieurs comme ils le font avec leur conception de piste de course H2 ? Cette disposition, que l'on voit sur leurs prochaines générations de SOL et d'APOLLO, semble s'appuyer beaucoup sur l'ion shuttling pour permettre la connectivité des qubits.



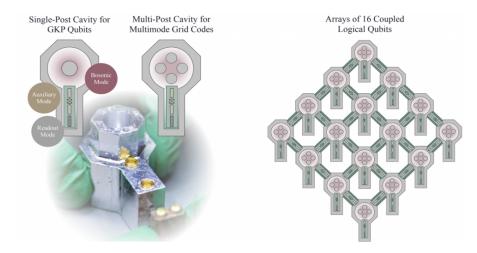
Quantinuum accelerates the path to Universal Fault-Tolerant Quantum Computing; supports Microsoft's AI and quantum-powered compute platform and "the path to a Quantum Supercomputer" by Quantinuum, September 2024.

# **Blueprint Nord Quantique**

En septembre 2024, Nord Quantique publiait un blueprint pour créer une architecture FTQC (mais pas une roadmap à proprement parler). Le principal avantage de leurs qubits bosoniques GKP est une autocorrection du bruit concernant à la fois les erreurs de flip et de phase. L'information du qubit est codée dans un oscillateur à micro-ondes dans une cavité 3D qui pourrait potentiellement être transformée en une cavité 2D qui serait plus facile à fabriquer. Le qubit est couplé à un élément auxiliaire non linéaire utilisé pour le piloter. Ensuite, un résonateur effectue la lecture du qubit et la réinitialisation de l'auxiliaire. Ils positionnent leur qubit comme un qubit logique bien qu'ils restent des qubits physiques. À un moment donné, ils auront encore besoin d'une

correction d'erreur. Ils prévoient d'utiliser un mélange de codes binomiaux et de codes tesseract. L'article décrit le protocole **small-B**ig-small (sBs) basé sur la technique du reservoir engineering et comment ils mettent en œuvre une porte SWAP à deux qubits paramétrée en utilisant la technique de déplacement conditionnel par écho (ECD).

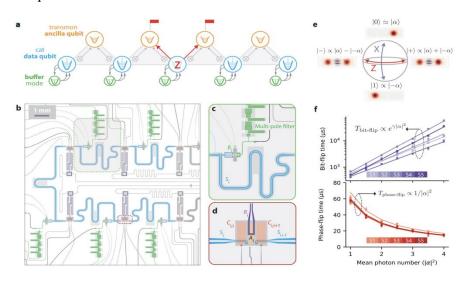
Nous en profitons pour expliquer la différence entre un blueprint (une proposition d'architecture technique) et une roadmap (à quel rythme elle sera concrètement mise en œuvre dans l'offre produit, avec des dates et des chiffres).



Hardware-Efficient Fault Tolerant Quantum Computing with Bosonic Grid States in Superconducting Circuits by Marc-Antoine Lemonde, Philippe St-Jean et al, Nord Quantique, arXiv, September 2024 (17 pages).

#### Amazon sort du bois avec ses cat-qubits

En septembre 2024, Amazon publiait des résultats concernant une puce comprenant 5 cat-qubits et 4 transmons classiques utilisés comme qubits auxiliaires pour la correction d'erreurs. Cela faisait plus de 2 ans qu'Amazon parlait de cette puce, mais sans donner de détails. La puce met en œuvre la correction d'erreurs sur une porte CZ à deux qubits en utilisant un code de répétition 1D de distance 3 et 5. Le taux d'erreur logique est de 1,65 % avec un code de distance 5, ce qui ne semble pas plus performant à ce stade que les meilleurs taux d'erreur de qubits physiques transmon. Mais en créant un code avec plus de qubits, cela devrait s'inverser. L'interprétation de ce genre de papier touffu prend du temps. Les papiers décrivent plein de détails sur la manière dont les qubits sont réalisés, leur technique de fabrication, etc. Cela doit bien occuper les équipes d'Alice&Bob et les chercheurs associés (Inria, ENS Lyon, ...). En tout cas, cela donne des indications intéressantes sur la viabilité des qubits de chats.



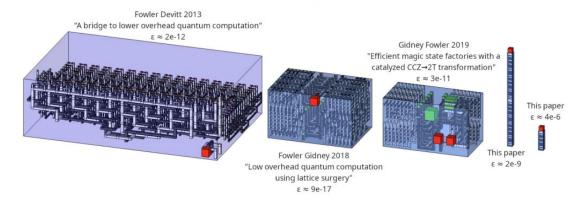
Il y avait deux preprints en tout :

Hardware-efficient quantum error correction using concatenated bosonic qubits by Harald Putterman, Fernando G.S.L. Brandão, Oskar Painter et al, AWS, arXiv, September 2024 (60 pages).

Preserving phase coherence and linearity in cat qubits with exponential bit-flip suppression by Harald Putterman, Fernando G.S.L. Brandão, Oskar Painter et al, AWS, Caltech, arXiv, September 2024 (31 pages).

# Google revient à la charge

En septembre 2024, les chercheurs de Google proposaient un moyen efficace de mettre en œuvre la magic state distillation, rebaptisée « magic state cultivation » d'états magiques pour créer des portes T logiques et avec moins de qubits physiques. Il pourrait potentiellement atteindre des fidélités logiques de  $2\times10^{79}$ , et même  $4\times10^{711}$  avec une réduction de moitié du bruit de qubit dépolarisant à  $5\times10^{74}$ , ce qui reste un défi. Cela pourrait avoir une incidence sur la manière d'estimer les ressources d'algorithmes quantiques FTQC où actuellement, on décompte souvent les portes T. Ici, ils pensent qu'ils pourront réaliser des portes T logiques avec des ressources voisines des portes CNOT (à deux qubits).



Magic state cultivation: growing T states as cheap as CNOT gates by Craig Gidney, Noah Shutty, and Cody Jones, Google, arXiv, September 2024 (33 pages).

# **QSolid**

Ce projet en Allemagne vise à créer 10 qubits supraconducteurs et 30 en 2026 et avec 73M€ de financement. Ils travaillent aussi sur de la cryoélectronique cryo-CMOS avec des puces fabriquées à Dresde par Global Foundries. L'intégrateur ParTec est impliqué dans le projet. Nouvelle tendance avec l'émergence de ce genre d'acteurs. L'ambition globale de ce projet semble modeste au regard de l'état de l'art mondial dans les qubits supraconducteurs.

#### **Quantum Source**

Levée de fond en Israël de \$50M pour cette startup qui travaille sur des clusters states de qubits photons générés par des atomes de rubidium (source). C'est une manière intéressante de générer des photons intriqués pour faire du calcul quantique basé sur la mesure (MBQC).

# Australie

Ça râle en Australie autour du financement de PsiQuantum par le gouvernement et la région de Queensland dans un marché qui a été géré dans des conditions défavorisant les startups locales. Une enquête semble lancée sur les conditions de cet investissement dans PsiQuantum, initialisée par l'opposition au gouvernement travailliste.

Investigation into the investment in PsiQuantum announced by the Australian and Queensland governments, August 2024.

#### **Autres**

Les physiciens ne savent plus quoi inventer pour se faire remarquer... là, ils transforment l'eau en vin. C'est bien évidemment une analogie pour frapper les esprits dans un preprint. Heureusement, cela n'a pas encore été repris au premier degré par la presse généraliste. Mais on n'est pas à l'abri!

**Turning Water to Wine With Polar Impostorons** by Gerard McCaul, Matthias Runge, Michael Woerner, Diyar Talbayev, Thomas Elsaesser, and Denys I. Bondar, arXiv, September 2024 (4 pages).

A la prochaine!

Cet article a été publié le 29 septembre 2024 et édité en PDF le 29 septembre 2024. (cc) Olivier Ezratty – "Opinions Libres" – https://www.oezratty.net