

Écologie & Politique

67 • 2023

L'Université
face au désastre
écologique

LE BORD
DE L'EAU

La physique face à sa puissance

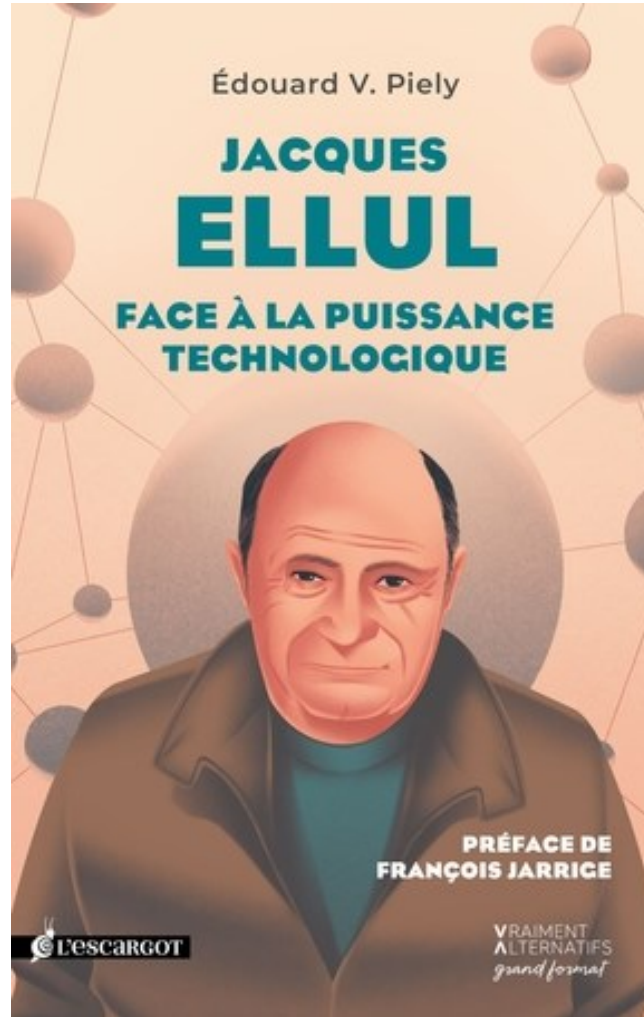
l'exemple du mythe technosolutionniste quantique

Guillaume Roux
écopolien

LPTMS, CNRS, Univ. Paris-Saclay

Séminaire « Éthique et mathématiques », IRMAR, Rennes, 15 nov. 2024

Clins d'œil



Menu

Résumé de l'article (30 min)

=> références et citations complètes à retrouver dans l'article, quelques liens depuis ce pdf.

<https://shs.cairn.info/revue-ecologie-et-politique-2023-2-page-51>

Pourquoi ? Témoignage, critique politique.

Comment ? Analyse et contextualisation des discours et des positionnements des acteurs et des actrices.

Sources (= > jusque fin 2022):

journaux scientifiques (Nature, Science, etc...), journaux et livres SHS, journaux généralistes et économiques (Le Monde, Financial Times,...), journaux et documents institutionnels (Sénat, Présidence, Gouvernement, Europe, CNRS...), journaux de vulgarisation scientifiques, sites internet / blog, discussions informelles avec collègues.

Mise à jour (10 min)

Question / discussion sur la quantique

Autres sujets connexes sur « physique et puissance » et discussion d'ouverture (10 min)

Question / discussion

Entrée dans le régime des promesses

Université Paris-Saclay, 21 janvier 2021, discours du Président de la République de la présentation de la stratégie nationale sur les technologies quantiques

« Ces technologies pourraient radicalement changer la donne dans notre lutte contre le réchauffement climatique, dans le développement durable de la production agricole, avec une série d'applications concrètes, complètement inestimables (...). De même (...), les ordinateurs quantiques pourraient devenir dans le futur l'une des armes les plus puissantes jamais conçues contre les crises sanitaires. L'industrie bénéficiera par ce truchement d'outils de simulation ou d'optimisation totalement inédits. »

Technosolutionnisme et régimes des promesses : les institutions politiques et économiques poussent les chercheurs et industriels vers des solutions techniques aux « enjeux » (problèmes) sociétaux. Vision purement utilitariste de la science.

Repose sur la construction d'un récit, reposant la confiance dans le progrès scientifique, qui doit convaincre des choix technologiques qui sont poussés à travers des choix budgétaires.

Toute la question est de savoir si on partage la même vision / compréhension à la fois des enjeux et de la pertinence des solutions (côté rationnel), mais aussi si d'autres intérêts / valeurs entrent en compte et sont également partagées (côté moins rationnel). Curieux mélange des genres qui peut conduire aussi bien à des résultats considérés comme succès qu'à de nouveaux problèmes sociétaux. Mais est-on même d'accord sur ce qui serait un succès ?

=> Une tentative d'analyse de ces ressorts dans le cas quantique.

La responsabilité des scientifiques

Autres extraits du discours

*« Je n'aurai pas l'outrecuidance d'essayer de vous présenter en détail une stratégie quantique. D'abord parce que **je ne vois que des visages qui connaissent ou comprennent mieux les choses et qui ont essayé, certains depuis des mois, d'autres depuis des jours, de m'expliquer tout cela. (...) je veux ici partager quelques convictions avec vous, de là où je suis et essayer d'accompagner l'effort collectif.** »*

(...)

*« Je ne les citerai pas tous, mais je pense aux recherches fondamentales **de l'équipe d'Alain ASPECT avec qui nous étions hier soir encore** – d'ailleurs, plusieurs m'ont dit, « on est ses enfants ou ses petits-enfants » – des recherches sur l'intrication qui ont ouvert la voie de la maîtrise et l'exploitation de cette propriété des objets quantiques. Aux découvertes de l'équipe d'Albert FERT en spintronique. Aux équipes de Serge HAROCHE en optique quantique. Aux travaux des équipes de Vincent BOUCHIAT et Daniel ESTEVE »*

(...)

*« Et je vous en remercie infiniment. Je marque ce faisant la confiance de la nation tout entière, les engagements financiers qui vont avec, mais je l'espère aussi, l'esprit d'ambition et d'exigence qui l'accompagnera. **Merci à vous, je vous fais confiance.** »*

Cela semble évident mais : les promesses sont produites par les scientifiques, financées par les décideurs et portées ensemble par un imaginaire commun du progrès et du technosolutionnisme. Une partie de la communauté scientifique fait du lobbying : ce n'est pas du tout neutre politiquement mais ce n'est jamais discuté au sein de cette communauté.

La responsabilité des scientifiques

Lobbying au cours des années 2010 au niveau européen par les universitaires : origine du récit construit par les scientifiques

« Quantum Manifesto for Quantum Technologies » puis « Quantum flagship »

Lobbying au niveau du ministère de la défense français : façon « étude de marché », évaluation du potentiel et des risques => Débouche sur la « stratégie nationale » ou « plan quantique »

Deux aspects dans la stratégie de communication :

Mot-clé fourre-tout englobant des vastes champs applicatifs : capteurs, cryptographie, nouveaux matériaux et molécules... comme pour les nanotechnologies (fin des années 1990). Feynman « *There is plenty of room at the bottom.* »

Le Graal : « l'ordinateur quantique universel » : le solutionnisme par la puissance

« *Le raccourcissement des temps de calcul d'un facteur de un milliard, qu'apporteront les ordinateurs quantiques d'ici 5 à 10 ans, constitue une rupture technologique majeure* »

=> nouvelle logique, nouveaux algorithmes accélérés par un nouveau hardware.

Une inscription historique dans les succès de l'électronique, de la photonique, du numérique. Sous un bon œil d'une grande partie de la communauté.

Quantum Manifesto - current list of endorsers, 2017, <http://quope.eu/manifesto/endorsers> .

Quantum Flagship, 2023, <https://qt.eu> .

[Dossier de presse « Stratégie nationale sur les technologies quantiques », 2021.](#)

Historique du mythe technosolutionniste quantique

Physique quantique et ses fondements circa 1920-30.

Années 1980-90 :

Expériences plus directes sur ses fondements (intrication, mesure, décohérence,...) et manipulations contrôlées de plusieurs systèmes simples (spin $\frac{1}{2}$, photons, ions, atomes de Rydberg, qubits supraconducteurs...)

Développement de l'information quantique, idée de la simulation analogue. Figure de Feynman.

« *Faisons que l'ordinateur soit lui-même construit à partir d'éléments qui obéissent directement aux lois quantiques.* »

Premiers algorithmes remarquables (Shor), nombreux papiers théoriques. Soutien et suivi par les services du ministère de la défense, essentiellement aux USA.

Années 2000 : à la fois des difficultés dans un programme constructif d'addition de qubits et convergence des domaines de gaz ultrafroids et physique du solide autour de la simulation analogue. Développement d'autres simulateurs quantiques.

Années 2010 : la silicon valley investit massivement dans la quantique (Google, Microsoft, IBM, Amazon...)

Tournant 2019-2021 : Google annonce la « suprématie quantique », de nombreux pays lancent des « plans quantiques », création de nombreuses startups. Liens forts avec le monde universitaire avec la création de parcours.

Du fondamental à l'application en passant par le new age

Une belle histoire de l'innovation :

Alain Aspect (2001) : « *Je voudrais vous partager mon étonnement d'avoir vu ces discussions sur les fondements conceptuels de la mécanique quantique déboucher ces dernières années sur des idées d'applications. Cryptographie quantique. Téléportation. Quant à l'ordinateur quantique, il aurait une puissance de calcul formidablement plus grande que les ordinateurs actuels* »

L'intrication quantique devient une « ressource » à « exploiter ».

Des lois non-intuitives et parfois déroutantes, qui ont nourri de nombreux débats épistémologiques.

Feynman : « *Je crois pouvoir dire assurément que personne ne comprend vraiment la mécanique quantique.* »

« Chat de Schrödinger », « non-localité » et « téléportation quantique » véhiculent une forme de magie qui alimentent une culture New Age, de quoi fasciner le monde de la Silicon Valley. Cette appropriation par le grand public participe de la construction du mythe technosolutionniste. Elle est largement entretenue par les media scientifiques comme en atteste le grand nombre d'articles et livres de vulgarisation traitant de quantique. Pour les décideurs publics ou privés, c'est là un vecteur d'assimilation de la promesse par les citoyens et un gage d'attractivité pour les meilleurs étudiants.

=> Ressorts similaires pour le spatial

La puissance et l'enjeu sécuritaire

Table des matières de « la stratégie nationale sur les technologies quantiques »

Le quantique : un « Big Bang » technologique.....	5
Les impacts socio-économiques	6
Mieux se soigner	6
Mieux se nourrir.....	6
Mieux combattre le changement climatique et ses effets	7
Mieux anticiper les catastrophes naturelles	7
Mieux se déplacer	8
Mieux produire.....	8
Mieux se protéger des menaces sur la sécurité des communications	9
Mieux se préparer aux conflits de demain	9
Les atouts de la France dans la course à l'ordinateur quantique universel	10
La France dans la compétition internationale	10

La peur du dépassement technologique et le complexe militaro industriel remis, jeudi 9 janvier 2020, à Madame la Ministre Florence Parly, Madame la Ministre Frédérique Vidal, et Monsieur le Ministre Cédric O.

Les armées modernes poussent très fortement le développement technologique : « arm race »

https://forteza.fr/wp-content/uploads/2020/01/A5_Rapport-quantique-public-BD.pdf

Rapport Quantique pour quoi faire ? de l'Innovation Défense Lab du ministère des armées, 2020, 29 janvier



La puissance et l'enjeu sécuritaire

Enjeux sur la sécurisation des données : à la fois risque et solution

- i) Sécurisation des communications par l'intrication quantique (ça marche)
- ii) Possibilité de craquer les clés RSA grâce à la factorisation de nombre premiers par l'algorithme de Shor

« Le président Biden a signé, le 4 mai 2022 un ordre exécutif, chargeant le National Institute of Standards and Technology de préparer la migration de l'Etat fédéral vers le monde postquantique. Il s'agira d'utiliser des algorithmes de chiffrement quantique qui résisteront aux ordinateurs du même nom, censés, quand ils existeront, ne faire qu'une bouchée du chiffrement classique. Et, pourtant, l'ordinateur quantique capable de cet exploit n'existe pas encore et on n'est même pas sûr qu'il existera un jour à une échelle utile. »

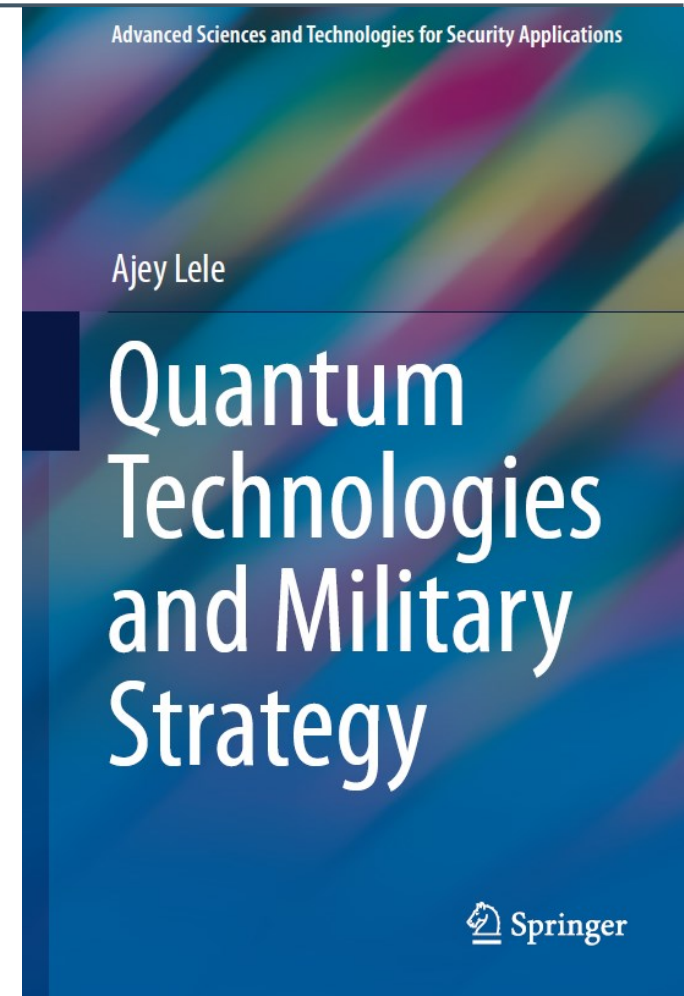
C. Cuvelliez, J.-J. Quisquater, Sécurité numérique : « Les projets industriels devraient déjà intégrer la cryptographie quantique », Le Monde, 2020, 22 mai.

Enjeux de la guerre électronique sur le champ de bataille : capteurs ultra-sensibles pour les champs électromagnétiques

« forts de leur haute précision et des usages en matière de navigation sans satellite, d'interception électromagnétique et de détection d'engins furtifs, les capteurs quantiques bouleverseront les champs de bataille futurs. »

« Faire de la France une économie de rupture technologique, Soutenir les marchés émergents à forts enjeux de compétitivité », Rapport gouvernemental, 2020, 7 février.

Forts investissements aux USA et en Chine depuis 2020 sur ces enjeux, mais officiellement rien d'effectif.



« La grande transformation »

Ordinateur quantique = promesse de puissance de calcul = promesse de puissance économique.
Mais besoin de financements.

Développement de la technologie via les marchés économiques qui finissent par reprendre et définir les finalités.
Passage d'un domaine ancré dans la recherche fondamentale, bien que soutenu par les militaires, vers une recherche asservie à la puissance économique et ses besoins.

Marchés direct type complexe militaro-industriel

Marchés civils en relation : aviation, spatial, télécommunication, nucléaire...

Marchés de la tech : finalités en concurrence avec les états nations avec promesses de bonheur, de gains économiques par des solutions techniques centrées sur le numérique et la data mais avec un besoin de promesses.

Souvent une stratégie d'Alliance avec des grands groupes sectorisés, en Business 2 Business.
Une opportunité de communication mais aussi de greenwashing

« Atos s'associe à Total pour combattre le changement climatique grâce aux algorithmes quantiques »

Karl Polanyi, *The Great Transformation : the political and economic origins of our times*. Boston, Beacon Press, 1944.

[« Atos s'associe à Total pour combattre le changement climatique grâce aux algorithmes quantiques »](#), Communiqué de presse, 2020, 7 juillet.

« La suprématie quantique »

Les premiers acteurs à s'être lancés : Microsoft, IBM, Google, Intel, Amazon, Honeywell...

Les résultats « fuient » dans le Financial Times (20 septembre 2019).



[F. Arute et al., « Quantum supremacy using a programmable superconducting processor », Nature, vol. 574, 2019, p. 505.](#)

[M. Murgia, R. Waters, « Google claims to have reached quantum supremacy », Financial Times, 2019, 20 septembre.](#)

[E. Gibney, « Hello quantum world! Google publishes landmark quantum supremacy claim », Nature, vol. 574, 2019, p. 461.](#)

Le public visé n'est pas le monde scientifique mais les investisseurs.

Montrer sa capacité à être le leader de l'innovation.

McKinsey prévoit un marché de 1000 Md\$ à se partager dès 2035, avec comme principal secteur la finance.

[McKinsey & Company, « How quantum computing could change the world », Communiqué de presse, 2022, 25 juin.](#)

Publication en octobre dans Nature mais avec beaucoup de scepticisme...

Un résultat toujours controversé scientifiquement.

Une anecdote signifiante

En France, le Directeur de l'Agence de l'innovation de défense, à qui un parlementaire demande « (...) *comment assurer cette souveraineté (numérique) alors que le ministère des Armées dépend largement de Microsoft ?* », répond : « *Microsoft, c'est tout de même l'état de l'art numérique, notamment en termes d'informatique quantique, domaine dans lequel ils sont très avancés. [...] Sur les sujets prospectifs comme l'ordinateur quantique topologique, ils ont une avance technologique et scientifique.* » Microsoft était effectivement à la pointe de la technologie des « fermions de Majorana », du moins avant qu'une crise de reproductibilité soit mise au jour en 2021 et commentée ainsi dans Nature : « *La controverse à propos des particules de Majorana mine la confiance dans le domaine. Plus de responsabilité et de transparence sont nécessaires.* »

[Rapport d'information du Sénat n°655, groupe de travail sur l'innovation et la défense, 2019, 10 juillet.](#)

[D. Castelvecchi, « Evidence of elusive Majorana particle dies - but computing hope lives on », Nature, vol. 591, 2021, p. 354.](#)

[S. Frolov, « Quantum computing's reproducibility crisis: Majorana fermions », Nature, vol. 592, 2021, p. 350.](#)

Dans le monde du business, des administrations publiques, des institutions gravitent des personnalités de formation plus ou moins scientifiques à l'interface entre les décideurs et le, un peu à la manière des cabinets de conseil.

Le monde scientifique évolue en retour

Pantouflage de scientifiques dans les grandes firmes aux États-Unis.

Des jeunes n'hésitent pas à lancer leurs startups face aux GAFAM.

Collègues donnant des séminaires dans une banque ou dans un hôtel particulier pour le fonds d'investissement Quantonation de Charles Beigbeider. <https://www.quantonation.com/> C. Beigbeider, « Les technologies quantiques sont en passe de révolutionner des pans entiers de l'économie », [Le Monde, 2019, 26 mars](#).

Des « Industry talk » au programme d'écoles d'été. <https://qiss2022.quantumoptics.fr/>

Levées de fonds massives et nombreux emplois créés en quelques années vs difficultés de financement en recherche publique.

Le premier test applicatif de la startup Pasqal sera réservé à l'optimisation de portfolios de financiers du Crédit Agricole et publié dans une revue de physique. [L. Leclerc et al, « Financial Risk Management on a Neutral Atom Quantum Processor », Phys. Rev. Research 5, 043117, \(2023\)](#)

À la recherche des talents (Discours du président Macron) : « ...très clairement, l'attractivité des talents est absolument centrale dans notre stratégie. » Il faut « anticiper la croissance du besoin en ingénieurs et techniciens des filières industrielles. »
=> une débouchée pour les nombreux doctorants de la quantique.

Norman Augustine « *La prospérité de notre nation (...) dépend en grande partie de la possibilité pour les gens d'avoir (...) un bon travail (...) nous avons conclu que l'existence d'emplois de qualité dans les décennies à venir dépendra très probablement des avancées dans la science et l'ingénierie. (...) Les américains sont confrontés à une compétition sur le marché du travail, non seulement dans leur communauté, mais à travers le monde entier.* » Comme travailler pour la technologie est socialement supérieur, se laisser dépasser technologiquement, à l'échelle de l'individu ou du pays, devient une forme de déclassement social.
[N. Augustine, conférence sur le rapport *Rising Above the Gathering Storm Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future*, laboratoire Fermilab, 2006, 2 juin](#)

Du scepticisme et des limites

Quelques anecdotes entendues au sein de la communauté.

Des limites intrinsèques : décohérence, sensibilité aux perturbations et à la température

Il existe des codes correcteurs d'erreurs, mais ils requièrent plus de qubits : pour casser une clé RSA avec l'algorithme de Shor, on estime aujourd'hui qu'un million de qubits sont nécessaires.

D. Castelvecchi, « Are quantum computers about to break online privacy? », Nature, vol. 613, 2023, p. 221.

Un ordinateur quantique, même limité à 40 qubits, sera nécessairement couplé à un supercalculateur classique, ne serait-ce que pour gérer l'information stockée.

Les stratégies basées sur la micro-électronique ou les nanotechnologies requièrent des salles blanches coûteuses en énergie, les matières premières et l'électronique nécessaires sont chères. La question de l'accès à l'hélium 3 pour la cryogénie est devenue une question stratégique.

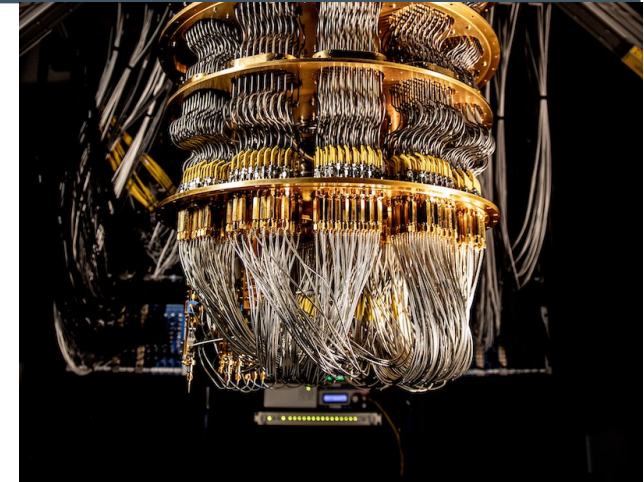
La promesse d'un ordinateur quantique universel a laissé peu à peu la place à celles d'applications spécifiques et bruitées. Seulement une petite classe de problèmes pourraient être traitée de façon pertinente.

X. Waintal, « Le problème à N corps qui se cache derrière l'ordinateur quantique », Reflets phys. n°70, 2021, p. 18-23.

O. Ezratty, « Mitigating the quantum hype », 2022, preprint arXiv:2202.01925.

S. Das Sarma, « Quantum computing has a hype problem », MIT Technological Review, 2022, 8 mars.

« Separating quantum hype from quantum reality », Financial Times, 2022, 2 septembre.



Roadmaps

Où l'on constate que D-wave vend des ordinateurs quantiques à 1000 qubits depuis 2015... (à des agences nationales ou des grandes firmes). boîte noire dont on ne sait pas vraiment comment ça fonctionne.

PHYSICAL QUBIT ROADMAP FOR QUANTUM COMPUTER – HISTORY AND FUTURE

Source: Quantum Technologies report, Yole Développement, 2021



Bilan

Des choix technologiques décidés de façon archaïque et opaque, sur des promesses étonnamment fragiles. On préempte l'avis des citoyens en présupposant leur foi dans ce progrès technologique et en rendant les scientifiques redevables de l'argent public vis-à-vis de ce progrès. Ces choix conviennent à une partie de la communauté.

Des mécanismes d'auto-renforcement des structures de pouvoir autoritaire : états-nation (puissance militaire et enjeu sécuritaire) et grands groupes, notamment de la Tech. Comme l'IA ou le nucléaire, un exemple de technologie pas du tout neutre politiquement. Cette technologie très peu mature est fortement poussée, ce progrès ne va pas de soi. Les investissements humains, financiers, matériels sont impressionnants.

L. Winner, *la Baleine et le réacteur, à la recherche de limites au temps de la haute technologie*, Editions Libre, 2022.

Un grand scepticisme de la communauté universitaire et des difficultés intrinsèques. Des problèmes d'éthique scientifique et de transparence des résultats.

D. Larousserie, « *Ordinateur quantique : nouvel eldorado ou bulle spéculative ?* », *Le Monde*, 2019, 29 octobre.

Quand bien même un ordinateur quantique « suprémaciste » existerait en 2025, cela nous promet d'être capable de « chercher plus rapidement », mais pas « quoi chercher » comme solution. Les rapports de l'ONU (GIEC, FAO,...) ne mentionnent pas la quantique comme technologie clé pour apporter des « solutions » aux problèmes environnementaux et sociaux.

Des scientifiques dans leur tour d'ivoire ?

Point de vue de Sylvestre Huet dans deux articles successifs sur son blog

« S'il faut Einstein et la mécanique quantique pour imaginer lasers et smartphones, la décision d'en construire par milliards n'est pas prise par les physiciens des laboratoires publics. »

et, concernant deux promesses techniques OGM et nanoélectronique : « Il y a bien sûr encore beaucoup de chemin à parcourir pour que cette découverte inattendue – elle aussi – se transforme en technologies déployées à grande échelle dans les matériels informatiques, mais son potentiel d'économie d'énergie semble important. »

Propos contradictoires et peu réalistes. Le lien entre industrie, société de consommation et pratiques, matérialité de la recherche est beaucoup plus profond. Les pratiques de la recherche reflètent en partie les valeurs et les outils du reste de la société.

[S. Huet, « La science contre la planète ? L'erreur majeure », Blog du journal Le Monde, 2020, 13 mars.](#)

[S. Huet, « OGM et spintronique : technologies disruptives », Blog du journal Le Monde, 2020, 23 avril.](#)

Vers un appauvrissement thématique ?

« Un autre défi pour la recherche en physique quantique sera de conserver sa part créative et fondamentale, et de se rappeler que la deuxième révolution quantique a commencé par des questionnements philosophiques. »

[A. Auffèves, dans « Quel avenir pour la quantique ? », Science et Vie, 2021, 19 mai.](#)

À la recherche d'une éthique de la quantique ?

Serge Haroche :

Interview de S. Haroche par C. Vincent, « *Seule la science peut apporter des solutions aux grands problèmes qui se posent à l'humanité* », Les Echos, 2020, 13 novembre.

« Pour l'instant, on ne fait que des petits jouets de démonstration et je ne crois pas qu'on verra un véritable ordinateur quantique dans les dix prochaines années. »

« Mais savoir s'il faut ou non développer ces technologies n'est plus du domaine de la science et relève plutôt de l'éthique et de la gouvernance politique. »

« Dans les années 1970, aux Etats-Unis, un physicien qui plaidait devant le Sénat pour la construction d'un grand et très coûteux accélérateur de particules a été interrogé par un sénateur qui lui a demandé ce que cet instrument apporterait à la défense du pays. Sa réponse magnifique fut : « rien pour la défense, mais il rendra le pays digne d'être défendu ». »

« Et rappeler aux politiques la vérité évidente que seule la science peut apporter des solutions aux grands problèmes qui se posent à l'humanité. »

Création de l'Open Quantum Institute dont la mission *« ...est de faire en sorte que les technologies quantiques soient développées pour le bien commun et non seulement pour des intérêts personnels, commerciaux ou nationalistes. »*

The Open Quantum Institute, 2020, <https://gesda.global/solutions/open-quantum-institute>

Bilan « face à sa puissance »

Difficile de se dissocier du productivisme et de la recherche de puissance en physique. Une défense de la Science pour elle-même, identifiée comme un édifice qui définit, analyse et résout les problèmes.

Un technosolutionnisme curatif, appelé à résoudre les problèmes qu'il génère, vs une vision préventive.
=> risque d'« épuisement / fatigue » technosolutionniste pour la population.

Une régulation a posteriori typique du désencastrement de l'économie, une vision très libérale avec primauté à la prise de risque suivi d'une mise en place progressive d'une forme de régulation négociée pour donner des gages (comme pour une partie de la chimie industrielle, l'IA,...).

Des positionnements fondés sur des rapports de force implicites entre acteurs, la quantique participe d'une « compétition par et pour la puissance ».

Mise à jour (2023-2024)

La communauté s'accorde de plus en plus sur des applications spécifiques et pas d'ordinateurs quantiques universels.

Livraison des premiers « ordinateurs quantiques », à des partenaires directs. Cependant, il n'est pas clair qu'il y ait de réel prototype industriel susceptible d'être réellement commercialisable à moyen terme.

Quandela (source : Le Progrès)

« *Mission réussie pour Quandela. L'une des pépites du quantique français a livré à OVHcloud son tout premier ordinateur quantique issu de son usine à Massy (Essonne).* »

Pasqal (source : L'Usine Digitale)


« *La pépite française du quantique Pasqal a livré un processeur quantique au "Très grand centre de calcul" du CEA. **Doté de plus de 100 qubits**, cet ordinateur sera intégré au supercalculateur Joliot-Curie. (...) Ce partenariat intervient un mois **après la signature d'un accord entre Pasqal et la compagnie pétrolière publique saoudienne Aramco**, afin d'installer une machine quantique de 200 qubits d'ici à l'année prochaine.* »

Prise en compte des questions de coût en ressource ?

À l'inverse, un argument de vente est que les ordinateurs quantiques consomment beaucoup moins d'énergie que les ordinateurs classiques.

PRX QUANTUM

a *Physical Review journal*

[Highlights](#) [Recent](#) [Accepted](#) [Authors](#) [Referees](#) [Search](#) [About](#) [Scope](#) [Editorial Team](#) 

Open Access

Optimizing Resource Efficiencies for Scalable Full-Stack Quantum Computers

Marco Fellous-Asiani, Jing Hao Chai, Yvain Thonnart, Hui Khoon Ng, Robert S. Whitney, and Alexia Auffèves
PRX Quantum **4**, 040319 – Published 30 October 2023

Deuxième « milestone » pour Google

On reste cependant très loin d'une « disruption technologique », voir par exemple la fin de l'article

https://www.lemonde.fr/sciences/article/2024/12/09/google-re lance-la-course-au-calcul-quantique_6438547_1650684.html

Our quantum computing roadmap

Our focus is to unlock the full potential of quantum computing by developing a large-scale computer capable of complex, error-corrected computations. We're guided by a roadmap featuring six milestones that will lead us toward top-quality quantum computing hardware and software for meaningful applications.



MILESTONE 1

BEYOND CLASSICAL

Physical Qubits: 54
Logical Qubit Error Rate: -

2019

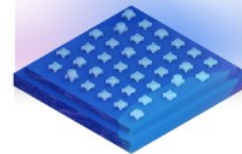


MILESTONE 2

QUANTUM ERROR CORRECTION

Physical Qubits: 10^2
Logical Qubit Error Rate: 10^{-2}

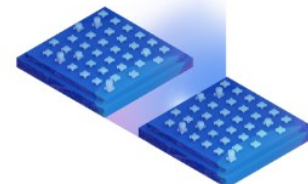
2023



MILESTONE 3

BUILDING A LONG-LIVED LOGICAL QUBIT

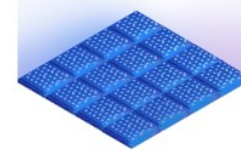
Physical Qubits: 10^3
Logical Qubit Error Rate: 10^{-6}



MILESTONE 4

CREATING A LOGICAL GATE

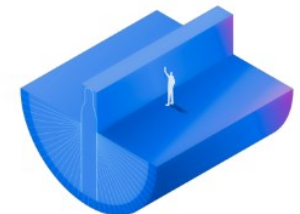
Physical Qubits: 10^4
Logical Qubit Error Rate: 10^{-6}



MILESTONE 5

ENGINEERING SCALE UP

Physical Qubits: 10^5
Logical Qubit Error Rate: 10^{-6}



MILESTONE 6

LARGE ERROR-CORRECTED QUANTUM COMPUTER

Physical Qubits: 10^6
Logical Qubit Error Rate: 10^{-13}

Un discours médiatique « performatif »

Radio de grande écoute (septembre 2024)



Discours du PDG de BPI France (octobre 2024)


« ***Il y a dix ans, on ne croyait pas à la voiture électrique, on ne croyait pas à la transition énergétique, on ne croyait pas à l'intelligence artificielle, on ne croyait pas aux constellations spatiales, on ne croyait pas à l'ordinateur quantique, on ne croyait pas que la France serait couverte de réseaux haut débit. Toujours, on analyse son impuissance. On voyait des facteurs limitants à peu près partout. Ils ont été levés, la marche en avant n'a pas cessé.*** »

Les enjeux éthiques dans les applications militaires

COMMENT | 22 October 2024

Consider the ethical impacts of quantum technologies in defence — before it's too late

Quantum technologies can help to defend nations, but they also threaten human rights and values. Their design and development need ethical guidance now.

By [Mariasaria Taddeo](#) , [Alexander Blanchard](#) & [Kate Pundyk](#)

« En 2023, le ministère américain de la défense a annoncé un projet de 45 millions de dollars visant à intégrer des composants quantiques dans les systèmes d'armes afin d'accroître la précision du ciblage.

La Chine développe également des capacités quantiques pour la défense, notamment un système de radar quantique capable de surmonter la technologie « furtive ».

Les capteurs quantiques pourraient compromettre l'invulnérabilité des sous-marins et affaiblir les régimes de dissuasion nucléaire.

Les algorithmes quantiques peuvent ne se prêter pas facilement au reverse-engineering, ce qui pourrait rendre difficile l'attribution de la responsabilité de leurs résultats (un « déficit de responsabilité »).

<https://www.nature.com/articles/d41586-024-03376-4>

Technosciences

Démarche scientifique et approche réductionniste : procède par observation, simplification de l'objet d'étude, contrôle, construction d'instruments, modélisation, interprétation (avec sans cesse des allers-retours et pas forcément un ordre linéaire dans ces étapes). Le contrôle est permis par l'identification de relations causales claires. Nécessite à fois créativité/audace/imagination et rigueur/recul critique/renoncements. Plus de « puissance » y permet plus de précision, découverte de nouveaux effets, l'ouverture de nouveaux champs de la connaissance. Possibilité d'assembler un ensemble de systèmes contrôlés pour produire des objets contrôlés mais incroyablement complexes (la plupart des produits technologiques combinent aujourd'hui un nombre incroyable de composants).

Pour les objets d'étude intrinsèquement complexes (sociétés, culture, économie, environnement,...), une démarche réductionniste type « science dure » n'est pas forcément possible ni adaptée. Elle se heurte à des limites et des biais de modélisation, des hypothèses peu réalistes qui conduisent à des relations causales difficiles à interpréter et des lois de fonctionnement pas forcément universelles. Les sciences humaines ont développé et développent des méthodes d'analyse adaptées. Pour une partie les scientifiques des « sciences dures », il peut y avoir une tentation de Procuste d'essayer d'appliquer des solutions fondées sur le mythe du contrôle à tout prix (scientisme).

Technoscience et grands projets « démonstrateurs de puissance » en physique

puissance des moyens matériels et humains : « si on met les moyens, on y arrive » (intrinsèquement nationaux, internationaux). « il y aura toujours des retombées utiles pour la société ».

Projet Manhattan => bombe atomique, effets géopolitiques toujours majeurs, développement du nucléaire civil.

Conquête spatiale (NASA => Téflon ? (=> PFAS)). effet flop : on marche sur la Lune puis plus grand-chose, mais mythe entretenu (ISS, Mars)

Physique des particules (CERN => Internet ? (=> réseau X))

Mythologie nucléaire très documentée

Projet fondateur : projet Manhattan

nucléaire civil - dissuasion nucléaire – propulsion navale militaire

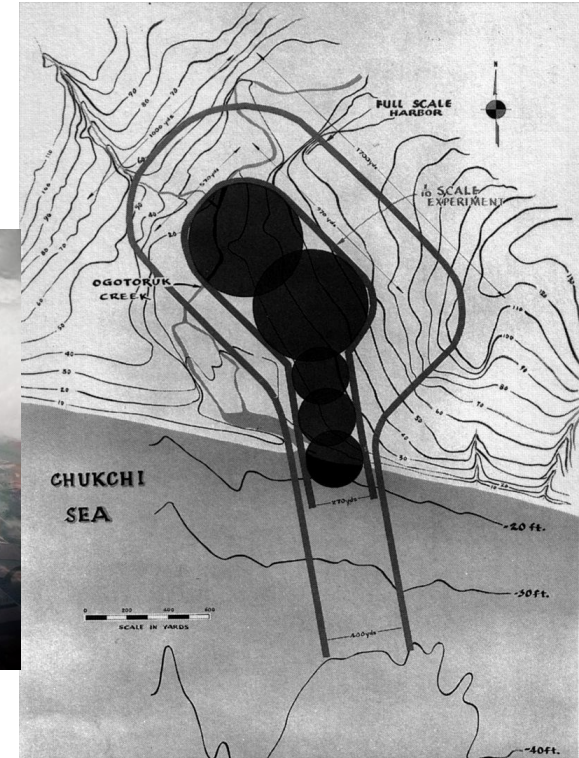
Projets échoués

propulsion nucléaire : bateau cargo, voiture, avions

BTP nucléaire : Plowshare

Superphénix

Claire Le Renard, [Le prototype défait : Superphenix, des glissements de la promesse technoscientifique aux épreuves de la « démocratie technique »](#), 2021



Renouveau des promesses

Cargo nucléaire

Startup pour petits réacteurs (SMR) => électricité ou chaleur

Fusion nucléaire (Iter)

Un long historique de positionnement des scientifiques : contre la bombe, critiques de l'électronucléaire, accompagnant les associations citoyennes.

[Topçu 2006] <https://shs.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2006-3-page-249?lang=fr>

Scenarios possibles de la quantique ?

Possiblement : réussite et renforcement de la puissance numérique avec ses conséquences.

Plus probablement : les investissements massifs vont conduire à des « réalisations » spécifiques (certaines existent déjà) mais limitées en regard des promesses. Tout sera dans l'interprétation du « progrès » en comparaison des moyens injectés et des conséquences. Très similaire aux nanotechnologies. Il n'y aura pas d'ordinateur quantique fiable et universellement programmable. Des utilisations hightech restreintes à quelques acteurs dominants (Tech, Armées).

Pourquoi pas une bulle financière (liée à celle de l'IA) avec un possible krach quantique si les réalisations ne sont pas à la hauteur des promesses d'ici 2030, ou entraîné par un krach financier plus large.

Effet flop type « on a marché sur la Lune » : quelques réalisations puis finalement, ce n'est plus la priorité et c'est trop cher, une autre mode et d'autres marchés apparaissent ailleurs.

Quelle « démocratie technique » pour accompagner ces scenarios, analyser l'historique et les responsabilités ?

Remerciements aux membres de l'écopolien et aux collègues ayant relu et commenté l'article.

Merci !