



La chronique de
YVES GINGRAS

professeur d'histoire et sociologie des sciences
à l'université du Québec à Montréal, directeur scientifique
de l'Observatoire des sciences et des technologies, au Canada

COMMENT DISTINGUER LES EXPERTS DES « EX-PAIRS » ?

En sciences comme ailleurs, l'expertise
n'est jamais acquise pour toujours.



On n'aura probablement jamais autant usé du mot « expert » qu'au cours des deux dernières années. L'usage de ce mot semble suffire pour se rassurer sur la crédibilité des dires de la personne à qui on attribue cette qualité et sur le sérieux de ses affirmations.

Il faut cependant distinguer plusieurs catégories : d'abord les vrais experts, jugés crédibles par leurs pairs. Ensuite les « pseudo-experts », sans véritable carrière derrière eux et relativement faciles à débusquer. Enfin il y a celle qui m'intéresse ici et que j'appellerai la catégorie des « ex-pairs ». Ce sont des scientifiques qui jouissent d'une grande autorité – et souvent notoriété – pour leurs contributions scientifiques passées, mais qui, à un moment donné de leur carrière, ont dérapé sérieusement – aux yeux de leurs collègues et pairs à tout le moins – et se sont mis à propager des idées incompatibles avec le consensus scientifique,

c'est-à-dire avec l'état actuel des savoirs les mieux validés.

Ces dérapages sont complexes sur le plan psychologique et difficiles à expliquer. Les cas les plus intéressants d'ex-pairs sont ceux qui ont obtenu un prix

**Le seul critère
du prestige associé
à un prix ou à certaines
affiliations ne suffit pas**

Nobel, reconnaissance qui leur confère une marque suprême de légitimité scientifique. On peut même penser qu'un certain « effet Nobel » contribue parfois à une « fuite en avant » vers la pseudoscience. En effet, chez certains lauréats, l'obtention de cette reconnaissance les amène non seulement à se considérer soudain porte-parole de la science, mais aussi, se sentant

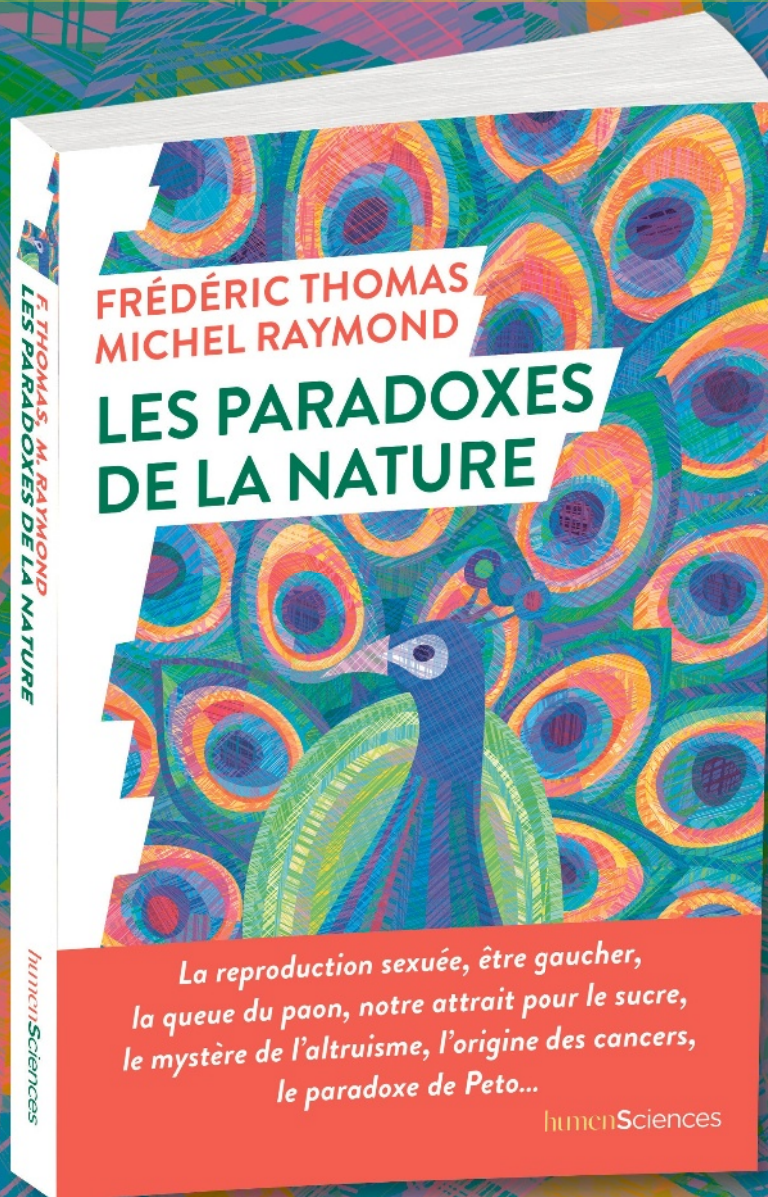
légitimés dans leur *génie*, à promouvoir des thèses dépassant très largement ce qu'ils sont capables d'avancer de manière plausible. Ils se comparent alors indûment à Galilée, incompris en son temps, et fustigent l'ensemble de la communauté scientifique qui refuse d'admettre leur théorie révolutionnaire.

Il arrive que le dérapage du Nobel se produise dans un domaine éloigné de son expertise réelle. Ainsi, Luc Montagnier, récompensé en 2008 – avec sa collaboratrice Françoise Barré-Sinoussi – pour la découverte du virus du sida, a été un ardent promoteur de la « mémoire de l'eau » dans les dix dernières années de sa vie. Cette théorie, jamais établie mais supposée expliquer l'efficacité de l'homéopathie, fait intervenir la physique quantique, science très distante de son domaine d'expertise, la virologie.

Mais d'autres ex-pairs sont plus difficiles à repérer, car ils appuient des idées plus proches de leur discipline. C'est le cas de Brian Josephson, lauréat du prix Nobel de physique en 1973, qui a lui aussi promu la mémoire de l'eau, de même d'ailleurs que la fusion nucléaire « froide ». Annoncé en grande pompe en 1989 par les électrochimistes Stanley Pons et Martin Fleischmann, ce « phénomène » est pourtant considéré comme non reproductible. Ce physicien peut donc sembler plus crédible que Montagnier, mais il rejette en fait l'ensemble des connaissances accumulées en chimie et en physique depuis le XVIII^e siècle – une situation peu plausible, car, de nos jours, même une « révolution scientifique » ne remet en cause qu'une petite région du savoir.

En somme, l'ex-pair est le plus difficile à reconnaître et le seul critère du prestige associé à un prix ou à certaines affiliations (CNRS, Harvard, MIT, etc.) ne suffit pas pour accréditer un véritable expert. Pour éviter de confondre expert et « ex-pair », il faut donc se tenir au courant de l'état des connaissances dans le domaine et consulter une grande diversité de spécialistes avant d'en propulser un sous les feux de la rampe. ■

UN MONDE PEUPLÉ D'ÉNIGMES



humenSciences



humensciences.com



À LA UNE



Code correcteur, qubits, changement d'échelle...

ORDINATEUR QUANTIQUE

Les vrais défis

Les principaux acteurs du secteur revendiquent un nombre toujours plus grand de « qubits », les composants fondamentaux de ces machines. Bien des progrès restent cependant nécessaires pour faire de la puissance théorique de ces ordinateurs d'un nouveau genre une réalité industrielle.

ANTOINE TILLOY
est chercheur au centre
automatique et systèmes des Mines
Paris, au sein de l'université Paris
Sciences et Lettres. Il est membre
de l'équipe de recherche Quantic
(laboratoire de physique de l'École
normale supérieure, l'Inria,
les Mines et le CNRS). Il s'intéresse
à de nombreux aspects de la
mécanique quantique,
des fondements de la théorie
aux applications.



L'ordinateur quantique ne se résume pas à une course aux qubits

Derrière les promesses de l'ordinateur quantique et les effets d'annonce, les défis théoriques et techniques sont encore nombreux. Erreurs, qubits physiques, profondeur de portes, puissance de calcul... Autant de contraintes interconnectées, que les spécialistes cherchent aujourd'hui à alléger pour construire l'ordinateur de demain.

D'année en année, les ordinateurs quantiques semblent régulièrement battre des records.

Où en sommes-nous ?

Depuis une dizaine d'années, le rythme s'est accéléré. Un des résultats les plus marquants est probablement l'annonce de Google en 2019, qui a affirmé avoir atteint l'avantage quantique avec son processeur Sycamore contenant 53 qubits physiques. L'avantage quantique (aussi nommé «suprématie quantique») définit le moment où les supercalculateurs classiques ne sont plus capables de réaliser le calcul d'une machine quantique en un temps raisonnable. La course au nombre de qubits continue: fin 2021, l'université chinoise des sciences et des technologies a présenté Zuchongzhi (62 qubits) et IBM son processeur Eagle (127 qubits).

Pour le grand public, ces annonces donnent peut-être l'impression que l'enjeu autour des ordinateurs quantiques se résume à une question de taille, qu'il suffit d'augmenter le nombre de qubits pour obtenir un dispositif qui fera enfin des calculs vraiment utiles. Le problème est en fait plus complexe, car la performance dépend fortement de la qualité des qubits et de leur connectivité. Selon les critères que l'on regarde, une machine avec seulement quelques qubits «propres» et bien connectés sera parfois plus performante qu'une autre avec davantage de qubits plus bruités.

Par exemple, pour Sycamore, Google a trouvé un bon équilibre, combinant des qubits pas trop bruités, en nombre raisonnable, et bien connectés, ce qui a permis au système de réaliser un calcul, certes complètement inutile, mais *a priori* infaisable par un ordinateur classique.

D'ailleurs, l'avantage quantique revendiqué par Google n'est-il pas contesté ?

Absolument, suite à l'annonce, IBM a contesté la «suprématie» en démontrant qu'en utilisant toute la mémoire du plus gros supercalculateur du monde, le calcul de Google était réalisable en quelques jours seulement. Plus impressionnant de mon point de vue, Xavier Waintal, de l'université Grenoble-Alpes et du CEA, et ses collègues de l'institut Flatiron, à New York, ont montré qu'en utilisant une puissante technique de compression (les réseaux de tenseurs), il était possible de reproduire en quelques heures le calcul de Sycamore sans même recourir à un supercalculateur. Néanmoins, je pense que si Google améliorerait son processeur d'un facteur 10 (nombre de qubits, réduction des erreurs, etc.), les machines classiques ne pourraient pas suivre pour ce calcul spécifique.

D'où vient la puissance de calcul des ordinateurs quantiques ?

Dans un ordinateur classique, les transistors fonctionnent déjà grâce à la mécanique

quantique. Mais, de façon cruciale, l'information reste portée par un bit qui a un comportement classique et prend soit la valeur «0» soit la valeur «1». Dans l'ordinateur quantique, l'information est portée par un bit quantique, ou qubit, qui est une généralisation du bit. Le qubit a intuitivement davantage de degrés de liberté car on autorise une superposition quantique de l'état «0» et de l'état «1». Le qubit peut donc être «à la fois» en «0» et «1», éventuellement même avec des poids complexes (ou amplitudes) différents pour le «0» et pour le «1». Le statut physique de ces superpositions reste intensément débattu. Sont-elles réelles? Sont-elles simplement une représentation mathématique de quelque chose de plus compliqué qui se passe dans le monde réel? Ce qui compte *in fine* c'est qu'on peut exploiter ce comportement que nous prédit le formalisme quantique pour faire des calculs de manière plus rapide.

On simplifie souvent l'explication de la puissance de l'ordinateur quantique en disant que la superposition explore plus vite l'espace des solutions, en testant toutes les possibilités à la fois. On a par exemple en tête l'image du jeu d'échecs. Pour trouver le meilleur coup, un algorithme classique doit étudier une à une toutes les séquences de coups jusqu'à une certaine profondeur. Intuitivement la superposition permettrait d'explorer toutes les options en même temps, et ainsi de résoudre immédiatement le jeu. En réalité, le gain offert par les superpositions reste minimal pour ce type de problèmes, car il est difficile de lire dans l'état quantique le résultat de cette exploration parallèle.

L'origine de la puissance des ordinateurs quantiques est plus subtile et pas totalement comprise. Elle prend racine dans des interférences entre les qubits du système, qui distinguent les amplitudes apparaissant dans les superpositions quantiques de simples probabilités.

Quelles seraient les applications des ordinateurs quantiques ?

De façon assez naturelle, comme une telle machine est profondément quantique, on s'attend à ce qu'elle soit en mesure de résoudre très efficacement des problèmes de physique quantique tels que le «problème à N corps», c'est-à-dire des systèmes physiques constitués d'une collection de particules en interaction. On aurait alors des applications directes pour étudier les propriétés de nouveaux matériaux, de composés chimiques, de supraconducteurs à haute température, de catalyseurs plus performants, etc. Même si on n'a aucune preuve formelle d'un gain par rapport aux ordinateurs classiques...

Pour ce type de questions, on pourrait d'ailleurs peut-être se satisfaire d'un simulateur

QUELQUES RÉSULTATS RÉCENTS

2022 : QuTech

6 qubits
(spins dans le silicium)

2021 : IBM – Eagle

127 qubits
(supraconducteurs)

2021 : IonQ

32 qubits
(ions piégés)

2021 : université chinoise des sciences et des technologies

62 qubits
(supraconducteurs)

2019 : Google – Sycamore

53 qubits
(supraconducteurs)