

# Pourra-t-on tendre vers une souveraineté quantique ?

Par Alice PANNIER

Responsable du programme Géopolitique des technologies  
à l'Institut français des relations internationales (Ifri)

Les sciences et technologies de l'information quantiques sont un champ vaste qui inclut notamment l'informatique, les télécommunications, la détection et les capteurs, avec une grande diversité de domaines d'application. L'ensemble de ces technologies promettent d'enclencher des ruptures dans nos systèmes d'information. Les avancées significatives des technologies quantiques ces dernières années et leurs implications en termes de sécurité et en termes économiques notamment, ont entraîné un réel élan dans l'intérêt des gouvernements, y compris en Europe.

Malgré les avancées impressionnantes des deux géants que sont la Chine et les États-Unis, et contrairement à la plupart des autres technologies numériques, l'Europe (au sens géographique) est bien placée dans la course mondiale aux technologies quantiques. Sur ces bases prometteuses, l'Europe peut-elle espérer atteindre la souveraineté technologique dans le quantique ? Deux défis, notamment, se posent : d'une part, concilier objectif de souveraineté et coopération internationale, et d'autre part, parvenir à ancrer toute stratégie pour le quantique dans une perspective holistique et de long terme.

## LES TECHNOLOGIES QUANTIQUES ET LEURS IMPLICATIONS EN TERMES DE SOUVERAINETÉ

### Les technologies quantiques : la promesse de ruptures

Les sciences et technologies de l'information quantiques sont un champ très vaste qui inclut notamment l'informatique, les télécommunications, la détection et les capteurs, avec une grande diversité de domaines d'application. Chacun de ces champs promet, à plus ou moins brève échéance, d'enclencher des ruptures dans nos systèmes d'information et de communication – ruptures stratégiques et économiques qui présentent autant d'opportunités que de menaces.

Les technologies de télécommunication quantiques tirent avantage des propriétés de la physique quantique (« l'intrication » des particules) en vue de transmettre des messages de façon sécurisée. Si des défis techniques persistent à ce jour pour permettre la transmission de messages sur une très longue distance et/ou à vitesse rapide, par des câbles de fibre optique ou par des satellites, cette technologie promet des avancées spectaculaires dans la sécurité des communications et peut-être un jour par l'avènement d'un internet quantique.

Un deuxième pan des technologies de l'information quantiques concerne la détection et les capteurs, avec des applications dans le champ militaire notamment. La sensibilité des capteurs quantiques pourrait par exemple permettre d'identifier des installations

nucléaires souterraines, là où des radars quantiques pourraient déjouer la furtivité des aéronefs et résister à des formes avancées de brouillage. Dans un autre domaine, les gravimètres quantiques pourraient considérablement améliorer la précision des forages en détectant les fluctuations de densité qui indiquent la présence de gisements de pétrole ou de minéraux.

Enfin, l'informatique quantique est sans conteste le domaine avec le plus large spectre d'applications, et donc les implications les plus grandes. En dépassant les limites physiques inhérentes aux ordinateurs classiques, l'informatique quantique, promet un changement radical d'échelle dans la puissance de calcul, la multipliant potentiellement par un milliard d'ici cinq ou dix ans. Différentes technologies de processeurs quantiques sont actuellement en phase d'expérimentation dans les laboratoires de recherche et *start-up*, reposant notamment sur la photonique ou les matériaux supraconducteurs. En fonction des types de processeurs développés, l'émergence de l'informatique quantique s'accompagne donc aussi d'avancées dans d'autres domaines scientifiques et technologiques : les nanotechnologies, la cryogénie, la science des matériaux, les lasers, etc.

La simulation complexe constituera probablement une part essentielle de l'utilisation des ordinateurs quantiques, avec des usages en médecine, ou dans l'agriculture. Les ordinateurs quantiques pourront également être utiles pour l'optimisation de tâches, nécessaires aux véhicules autonomes comme pour la gestion de la consommation énergétique dans le contexte de l'électrification. L'informatique quantique sera aussi particulièrement adaptée à des tâches de factorisation, utile pour le décryptage de clé de chiffrements, avec des implications massives en termes de cybersécurité.

## Implications pour la souveraineté européenne

Ces différents champs des technologies quantiques ont connu des avancées significatives au cours des cinq dernières années – des avancées plus rapides, en fait, que ce qui avait été envisagé. Leurs implications en termes de sécurité et en termes économiques notamment, ont entraîné un réel bond dans l'intérêt des gouvernements pour le développement de technologies nationales.

Le contexte de compétition technologique entre les États-Unis et la Chine – dans lequel se déroulent ces avancées technologiques, est ici significatif. Cette compétition exerce une pression sur l'ensemble des acteurs cherchant à développer ou accéder à des technologies quantiques, entre course de vitesse et course d'obstacles. Les technologies chinoises se développent dans un écosystème de recherche sous contrôle étatique, et sur lequel on a une visibilité limitée, notamment en termes de financements publics (Julienne, 2022). Côté américain, la volonté de freiner les développements technologiques chinois, à l'aide de restrictions au commerce des technologies, a des effets y compris sur l'Europe (Velliet, 2022).

Par ailleurs, le développement de technologies quantiques doit s'accompagner de travaux sur les normes techniques (matériels, mesure de la performance des machines, protocoles de chiffrement, langages de programmation et logiciels) et les normes internationales en ce qui concerne leurs usages, notamment les usages militaires. À défaut d'être proactifs dans la définition de ces normes, les États et entreprises devront subir les normes imposées *de facto* par les premiers entrants. Une coordination internationale sur ces normes paraît nécessaire, mais le contexte international marqué par la compétition entre grandes puissances y est défavorable, ce qui renforce d'autant les arguments en faveur de technologies « souveraines ».

Face à ces risques et incertitudes, l'ancienne ministre des Armées, Florence Parly, avait en effet estimé que les technologies quantiques présentaient un intérêt « absolument stratégique pour la protection du peuple français » (Parly, 2022). De son côté, la Commission européenne, notamment sous l'égide de Thierry Breton, a pour objectif, dans le quantique

(comme dans le domaine spatial), de créer des capacités européennes indépendantes dans le développement et la production de ces technologies d'importance stratégique avec des applications duales (Kelly, 2021).

## **VERS UNE SOUVERAINETÉ QUANTIQUE : STRATÉGIES EUROPÉENNES**

### **L'Europe dans la compétition internationale dans le quantique**

La puissance combinée des grandes universités américaines, des investisseurs privés et des grandes entreprises numériques comme IBM, Google, Intel ou Amazon ont donné une longueur d'avance aux États-Unis dans l'informatique quantique. À titre d'exemple, la plateforme IBM Quantum Experience est un simulateur de programmation quantique, mis en ligne dès 2016, et IBM a exporté son tout premier ordinateur quantique commercial (certes encore expérimental), le Quantum System One, en Allemagne et au Japon en 2021.

Côté chinois, de solides efforts de recherche, et des collaborations internationales, ont mené à un progrès rapide et même à un *leadership* dans la cryptographie et les communications quantiques – domaines où la Chine mène la course en termes de dépôts de brevet (Garisto, 2021). Pékin l'a montré dès 2016 en lançant le premier satellite de communication quantique au monde, et le gouvernement a annoncé l'année suivante un investissement de 10 milliards de dollars dans un nouveau centre de recherche quantique.

Malgré les avancées impressionnantes des deux géants, et contrairement à la plupart des autres technologies numériques, l'Europe (au sens géographique) est bien placée dans la course mondiale aux technologies quantiques (Pannier, 2021). Le Royaume-Uni, l'Allemagne, la France, les Pays-Bas, l'Autriche et la Suisse disposent tous d'importantes capacités de recherche quantique et d'écosystèmes de *start-up* florissants. Leurs gouvernements, ainsi que l'Union européenne, réalisent des investissements importants dans les sciences et technologies quantiques, dont de nombreux chercheurs européens ont été les précurseurs.

En France, l'écosystème est riche et s'appuie sur les organismes de recherche nationaux ainsi que sur de grandes entreprises impliquées dans l'informatique, les télécommunications, et les technologies habilitantes (cryogénie, microélectronique). Mais la France a aussi vu des jeunes pousses quantiques – issue des laboratoires universitaires – prospérer ces dernières années. Pasqal est une entreprise d'ordinateurs quantiques, créée en 2019, qui équipe déjà le centre de supercalcul français GENCI, et le centre de recherche allemand Jülich. Elle a récemment fusionné avec la *start-up* néerlandaise Qu and Co, spécialisée dans les logiciels et prévoit de fournir un ordinateur quantique de 1 000 qubits en 2024 (à titre de comparaison, la machine la plus puissante d'IBM à ce jour, le processeur Eagle, affiche une puissance de 127 qubits). Début 2023, Pasqal a réalisé une levée de fonds internationale de 100 millions d'euros, illustrant à la fois le rayonnement mondial des acteurs européens, et les limites du continent pour le financement de ces entreprises.

### **Objectifs et défis de l'Europe**

Sur ces bases prometteuses, l'Europe peut-elle espérer atteindre la souveraineté technologique dans le quantique ? Deux défis, notamment, se posent : d'une part, concilier objectif de souveraineté et coopération internationale, et d'autre part, ancrer le quantique dans une perspective holistique et de long terme de poursuite d'une souveraineté technologique.

## *La question de l'ouverture de l'écosystème quantique européen*

Comment développer des technologies quantiques européennes souveraines ? De nombreux objectifs stratégiques et économiques ayant trait aux technologies quantiques sont partagés par les États européens et les institutions de Bruxelles : la nécessité de garantir un accès aux technologies quantiques et la possibilité de bénéficier de l'accélération et des innovations apportées par celles-ci ; l'objectif de développement d'applications et l'adoption des technologies par les chercheurs, les gouvernements et l'industrie ; la sécurisation des données et des infrastructures face aux menaces quantiques ; et la constitution d'un écosystème européen dynamique, y compris *via* des synergies entre les écosystèmes nationaux.

Certaines divergences apparaissent toutefois au sein de l'Europe, selon deux axes. La première ligne de fracture concerne la question de savoir s'il faut donner la priorité au développement d'écosystèmes locaux de matériel et de logiciels quantiques européens, ou s'il faut acquérir des technologies étrangères pour viser une adoption rapide de ces technologies en Europe. Cette question s'est notamment posée du fait du caractère précurseur de certaines technologies non européennes, comme celles d'IBM évoquées plus haut. Mais la question va demeurer même à mesure que des solutions européennes se développent. L'exemple des supercalculateurs, acquis dans le cadre de « l'entreprise commune » EuroHPC, et déployés dans plusieurs centres de recherche en Europe, est parlant : pour le centre de calcul de Barcelone, le choix avait été fait d'acquérir une machine IBM-Lenovo (un consortium américano-chinois), plutôt qu'une machine « européenne » Atos, car la priorité était donnée au coût et à la puissance de calcul de la machine, plutôt qu'à une forme de « préférence européenne ». Il aura fallu une intervention politique d'Emmanuel Macron pour revenir sur ce choix.

La deuxième ligne de fracture – qui découle de la première – concerne les coopérations internationales dans le quantique. Pour résumer, le débat oppose, d'une part, les communautés de recherche et certains États membres de l'UE qui souhaitent maintenir l'ouverture de la recherche et coopérer avec des partenaires qui disposent d'écosystèmes dynamiques (le Royaume-Uni, les États-Unis, la Suisse, le Canada, Israël, la Corée du Sud ou encore le Japon) et, d'autre part, les acteurs qui considèrent que les technologies quantiques sont trop sensibles et disruptives pour être aussi ouvertes que d'autres domaines et que les partenariats doivent donc être sélectifs.

L'enjeu concerne surtout le niveau de maturité des technologies. Les technologies dites « émergentes » découlent de découvertes scientifiques issues d'une recherche sur le long terme – une recherche scientifique qui se déroule, par défaut, dans un cadre ouvert et globalisé. Si ces coopérations sont nécessaires à la recherche et souhaitables pour des technologies à faible niveau de maturité, la cohérence des stratégies française comme européenne, avec les objectifs politiques de maîtrise de l'ensemble des technologies quantiques au sein de l'UE, suggère que la coopération internationale devrait être limitée et encadrée, pour les technologies à plus haut niveau de maturité.

## *La nécessité d'une approche holistique et de long terme*

Le développement de technologies quantiques repose sur le travail conjoint de physiciens, d'ingénieurs, de mathématiciens, de développeurs, de *data scientists*... Les machines quantiques ainsi développées reposent sur un ensemble de composants, des matières premières, des chaînes de production, des semi-conducteurs, des logiciels et applications, et des *cloud* sur lesquels les utilisateurs peuvent et pourront accéder à la puissance de calcul quantique. Quant aux communications quantiques, elles s'appuient sur des satellites et des réseaux de câbles. Les usages des technologies quantiques sont, ensuite, encadrés par des réglementations en termes de protection des données. Au regard de ces multiples imbrications, on comprend bien qu'une approche holistique, transversale et

de long terme est nécessaire dans la poursuite d'une souveraineté dans les technologies quantiques.

Aux États-Unis, les efforts de recherche dans les sciences et technologies quantiques sont largement menés par des grandes entreprises de la tech qui pourraient, à terme, maîtriser l'ensemble de la chaîne de valeur quantique, du logiciel au matériel en passant par le *cloud*. De la même manière, en Chine, les liens entre le gouvernement chinois, les écosystèmes de recherche et les grandes entreprises technologiques, permettent un effort conjoint et sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Il n'y a pas d'acteur ou de fonctionnement équivalent en Europe, ce qui peut s'avérer être un handicap.

En Europe, s'il n'y a pas un acteur unique possédant toutes ces caractéristiques, il y a néanmoins un ensemble d'outils, d'initiatives et de lois, couvrant l'ensemble du spectre – du financement de la recherche au soutien à l'industrie des semiconducteurs en passant par le développement d'acteurs européens du *cloud* – qui, s'ils sont orientés vers des objectifs cohérents, concourront à faire émerger un secteur quantique européen fort. L'enjeu des investissements privés, et notamment du capital-risque, bien qu'identifié de longue date et qui ne relève pas de la puissance publique, reste toutefois un vrai frein à la montée en puissance de l'écosystème européen dans les technologies quantiques.

## BIBLIOGRAPHIE

GARISTO D. (2021), "China is pulling ahead in global quantum race, New studies suggest", *Scientific American*, 15 juillet.

JULIENNE M. (2022), « Le rêve quantique chinois : les aspirations d'un géant dans l'infiniment petit », Études de l'Ifri, février.

KELLY E. (2021), "Viewpoint: EU will be 'shooting itself in foot' if it bars UK, Switzerland, Israel from quantum and space projects", *Science Business*, 18 mars.

PANNIER A. (2021), « Calcul stratégique : le calcul haute performance et l'informatique quantique dans la quête de puissance technologique de l'Europe », Études de l'Ifri, octobre.

PARLY F. (2022), *Déclaration sur la plateforme de calcul quantique* [discours de la ministre des Armées], Paris, 4 janvier.

VELLIET M. (2022), « Convaincre et contraindre : les interférences américaines dans les échanges technologiques entre leurs alliés et la Chine », Études de l'Ifri, février 2022.