

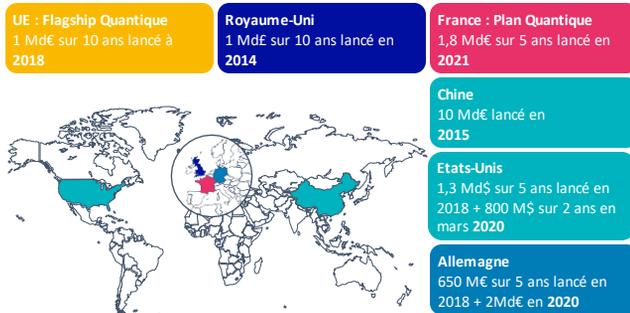
CONTEXTE

DE L'ORDINATEUR AUX CAPTEURS QUANTIQUES

La physique quantique est un ensemble de théories nées entre 1900 et 1930 permettant de décrire le comportement de la matière et de l'énergie. Elle vise également à comprendre la nature du rayonnement électromagnétique. La physique quantique désigne les lois du monde et de la nature à petite échelle (atome, molécule, électron ou photon). Il s'agit d'une véritable révolution scientifique au même titre que les théories de la relativité d'Einstein car elle a profondément changé la façon de voir et d'interpréter le monde. De nombreuses avancées technologiques ont été rendues possibles grâce à la physique quantique, comme l'émission du laser, le GPS, l'imagerie médicale, la cryptographie ou encore les nanotechnologies. Les nouvelles technologies quantiques comprennent trois applications particulièrement prometteuses :

- ↳ **L'ordinateur quantique** proposant une grande puissance de calculs pour résoudre les problèmes scientifiques
- ↳ **Les communications quantiques** pouvant servir à gérer des applications de cryptographie
- ↳ **Les capteurs quantiques** permettant de réaliser des mesures de précision

Une course internationale Quelques investissements gouvernementaux dans les technologies quantiques autour du globe



À l'échelle internationale, les technologies quantiques font l'objet d'une véritable course entre les Etats-Unis, la Chine et l'Europe. En 2021, la Chine a investi environ 10 milliards de dollars dans la construction d'un centre de recherche dédié aux sciences de l'informatique quantique. Les Etats-Unis ont annoncé le déblocage de 1,3 milliard de dollars pour la science de l'information quantique au cours des cinq prochaines années.

DÉFINITION

“ Les nouvelles technologies quantiques concernent des applications telles que les capteurs, le calcul ou les communications. Ces domaines s'appuient sur les principes de la physique quantique, en particulier l'intrication et la superposition d'états. »

Source : Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

FOCUS SUR LA RECHERCHE EN FRANCE

La France compte plusieurs dizaines de laboratoires dans le domaine de la physique quantique. La plupart travaillent sur la physique quantique fondamentale et expérimentale. Ces structures sont essentiellement concentrées sur les régions Ile-de-France (Paris Saclay), Auvergne-Rhône-Alpes (ENS Lyon) et Occitanie (Université Paul Sabatier de Toulouse). Plusieurs laboratoires ont même engendré, directement ou indirectement, la création de startups quantiques telles que Pasqual (accélérateur quantique à la base d'atomes froids), Crypto Next (cryptographie postquantique) ou Quandela (sources de Qubits photoniques).

Selon Neil Abourg, coordinateur national de la stratégie française pour les technologies quantiques, ces technologies vont potentiellement disrupter un grand nombre de secteurs clés : industrie chimique, industrie des matériaux ou encore la santé.

UNE STRATEGIE NATIONALE SOURCE DE CREATION D'EMPLOIS

Dans ce contexte de compétition mondiale visant le développement de technologies quantiques, la France s'est dotée d'une Stratégie nationale quantique annoncée par le Président de la République en 2021 à l'Université Paris-Saclay. Son objectif vise à élever la France au plus haut niveau mondial des technologies quantiques, appelées à transformer l'informatique et l'industrie, par un engagement public-privé de 1,8 milliard d'euros sur 5 ans. Cette stratégie a pour objectif de créer 16 000 emplois dans le secteur d'ici 2030.

ENJEUX

DES APPLICATIONS ENVISAGÉES SUR LE LONG TERME

L'informatique quantique pourrait doper l'économie



CYBERSECURITÉ

Les technologies quantiques permettront de conserver les données digitales de manière sûre et pérenne.



PRÉVISIONS MÉTÉO

L'approche quantique débouchera sur le calcul plus précis et plus rapide de conditions météorologiques extrêmes.



AVIATION

La technologie quantique permettra de simuler des situations aéronautiques beaucoup plus complexes.



VOITURES AUTONOMES

L'informatique quantique doit accélérer le développement de voitures autonomes.



ANALYSES DE DONNÉES

Les ordinateurs quantiques traiteront plus vite des questions telles que les formes géométriques, les mouvements et les analyses topologiques.



RECHERCHE MÉDICALE

Grâce au nombre de données qu'elle peut prendre en charge, l'informatique quantique ouvre la voie à une thérapie personnalisée contre le cancer.

Source : PME Magazine

TROIS PRINCIPAUX ENJEUX



Enjeux économiques

L'enjeu principal de l'informatique quantique est un gain de temps. Dans le domaine de la recherche, l'ordinateur quantique permettrait de réaliser des calculs en quelques minutes là où des superordinateurs mettraient des milliers d'années. Selon une étude du cabinet Boston Consulting Group, le calcul quantique pourrait générer entre 450 et 850 milliards de dollars de revenus.



Enjeux de sécurité

L'émergence des technologies quantiques pourra mettre en danger la protection des données telle qu'elle est assurée aujourd'hui. L'ordinateur quantique serait en effet capable de menacer une partie de la cryptographie. L'arrivée de l'ordinateur quantique et son utilisation par des réseaux de cybercriminels entraînera un risque fort pour les entreprises. Dans le même temps, de nouvelles technologies promettant une sécurité quantique font leur apparition. Ces nouvelles cryptographies basées sur les mathématiques sont en cours de développement et restent "incassables" même pour les ordinateurs quantiques.



Enjeux de souveraineté

Les enjeux de souveraineté liés au développement des technologies quantiques sont élevés. Les nations qui maîtriseront les technologies quantiques auront un avantage conséquent en matière de médecine moléculaire, des nouveaux matériaux, de la chimie, etc. Des Etats, des géants industriels, des organismes privés, et académiques de recherche investissent massivement dans des projets de recherche fondamentale ou d'innovation de rupture dans les secteurs de communication, du calcul, de la simulation, de la cryptographie, de la métrologie et des capteurs quantiques.

PERSPECTIVES

L'INFORMATIQUE QUANTIQUE : DES PERSPECTIVES INTERESSANTES POUR LA RECHERCHE

Les recherches en physique quantique ont ouvert la voie de l'informatique quantique. L'ordinateur quantique disposera d'une efficacité très supérieure aux machines actuelles dans certains types d'opérations. Cette technologie repose sur l'utilisation des « qubits » soit des bits quantiques permettant en théorie de réaliser des millions de calculs simultanément. Ainsi, les ordinateurs quantiques permettront de résoudre certains types de problèmes absolument hors de portée des ordinateurs classiques. Les grandes entreprises d'informatique se sont elles aussi lancées dans la course à l'ordinateur quantique. IBM et Google ont notamment annoncé ces dernières années avoir franchi des étapes importantes dans ce domaine. Ces ordinateurs ne restent cependant qu'au stade de prototype, les ordinateurs quantiques fonctionnent dans des conditions contraignantes, notamment un hébergement à très faible température. Selon les experts, il serait envisageable de disposer d'ordinateurs quantiques opérationnels pour des grands centres de calcul scientifique à l'horizon 2030-2035, mais leur utilisation pour des calculs classiques n'est envisageable qu'au prix d'une rupture technologique ou méthodologique.

« Dans le cas de la simulation moléculaire, l'ordinateur quantique va avoir une puissance de calcul supérieure aux ordinateurs traditionnels. L'ordinateur quantique va parvenir à calculer des niveaux d'énergie pour des molécules ou pour d'autres composés. Cela permet de prédire des réactions chimiques. »

Vivien Londe, Quantum Software

« Le processus de maturation pourrait être assez long pour que l'ordinateur quantique livre tout son potentiel. »

Olivier Ezratty, Consultant indépendant

« On estime que les ordinateurs quantiques pourront déchiffrer les protocoles de chiffrement utilisés. L'idée c'est d'utiliser le quantique pour disposer de systèmes de chiffrement qui seront inviolables par rapport à d'autres ordinateurs quantiques. Les premiers utilisateurs de ces systèmes sont les acteurs qui ont un besoin important pour préserver les secrets, notamment tout ce qui est lié à la défense. Ces technologies du quantique ne sont pas encore mûres. »

Régis Dubrulle, Délégué régional au sein de l'ANSSI

Un prix français Nobel en physique

Au mois d'octobre 2022, le scientifique français Alain Aspect recevait le prix Nobel pour ses travaux sur l'intrication quantique. Ses recherches ouvrent notamment la voie à l'informatique et la cryptographie quantique.



Le quantum Flagship

La commission européenne fait de la recherche dans les technologies quantiques un domaine stratégique. "Le Quantum Flagship" est notamment une initiative visant à développer les technologies quantiques en Europe.

Ce programme, positionné comme l'un des plus ambitieux de l'Union Européenne a un budget d'1 milliard d'euros. Depuis sa phase de lancement, il a déjà donné lieu à la naissance de 25 start-up, le dépôt de 105 brevets et plus de 1300 publications scientifiques.

CYBERSÉCURITÉ : L'INTÉRÊT DE LA CRYPTOGRAPHIE QUANTIQUE

L'objectif de la cryptographie quantique est d'émettre des messages déchiffrables uniquement par l'émetteur et le destinataire. En exploitant, les propriétés quantiques des photons (les particules de lumière), la cryptographie quantique permet la transmission d'information de manière parfaitement sécurisée et donc en principe inviolable. Aujourd'hui, la cryptographie quantique permet de sécuriser des communications sur quelques centaines de kilomètres. Il existe des applications concrètes : le Président Joe Biden, a récemment demandé à l'administration américaine de préparer un plan de migration vers la cryptographie quantique.

QUANTIQUE ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le "Quantum Energy Initiative" (ou QEI, pour « Initiative pour l'énergie quantique ») rassemble et fédère des chercheurs, industriels, décideurs politiques et financiers autour du quantique. La question de la dépendance énergétique est notamment prise en compte dans leurs réflexions. Plusieurs scénarios sont envisagés concernant les ordinateurs quantiques, allant d'une faible à une forte consommation énergétique. Les experts veillent également à ce que les technologies quantiques s'accompagnent d'une optimisation de leurs coûts en ressources physiques notamment énergétique tout au long de leur élaboration. Ce travail vise à éviter "les voies sans issue", c'est-à-dire le développement de technologies qui ne seront pas utilisées par la suite car trop coûteuses énergétiquement, malgré leur bénéfice en termes de puissance de calcul par exemple. Enfin, à terme, l'ordinateur quantique pourrait être crucial sur le sujet du changement climatique.

BÉNÉFICES ATTENDUS

Des possibilités de calculs supérieures aux ordinateurs traditionnels

Des domaines d'applications multiples

Potentiel pour les acteurs de la R&D

“

« Les usages peuvent être multiples. Des logiciels quantiques pourront potentiellement servir à optimiser un parcours de livreur ou de commercial, optimiser le fonctionnement d'une usine, optimiser une chaîne logistique, optimiser le trajet des véhicules autonomes, la gestion des conteneurs et le fonctionnement d'un aéroport. Les banques sont également concernées car elles ont régulièrement des problèmes d'optimisation complexes à résoudre, commençant à dépasser les capacités des machines classiques. »

Olivier EZRATTY, CONSULTANT
INDÉPENDANT, MEMBRE DU COMITÉ
MINISTÉRIEL SUR LA STRATÉGIE NUMÉRIQUE
DU PLAN FRANCE 2030

”

“

« Peu importe la taille, il peut y avoir un intérêt pour les très gros laboratoires, pour le domaine pharmaceutique, des entreprises à la recherche de nouveaux matériaux. »

Vivien LONDE, INGÉNIEUR CHEZ MICROSOFT

”

“

« La cryptographie quantique et post-quantique sont notamment des moyens de se protéger. Il y aura une montée en puissance des solutions pour se protéger des ordinateurs quantiques. Les ordinateurs quantiques du futur pourraient menacer la cybersécurité actuelle. »

Olivier EZRATTY, CONSULTANT
INDÉPENDANT, MEMBRE DU COMITÉ
MINISTÉRIEL SUR LA STRATÉGIE NUMÉRIQUE
DU PLAN FRANCE 2030

”

DES ACTEURS DU TERRITOIRE ENGAGÉS DANS LES ENJEUX DE DEMAIN

ATOS s'est engagé dans le lancement officiel d'un projet de construction d'une usine du futur à Angers (49). Cette nouvelle usine, opérationnelle en 2026, s'appuiera sur les principes de l'usine 4.0. Ce projet va permettre de répondre aux besoins croissants des clients d'ATOS en hautes-technologies, comme les supercalculateurs, les serveurs et les produits de cybersécurité et à l'avenir le quantique...

Le groupe Thales développe des usages tangibles des technologies quantiques tels que le développement de solutions de chiffrement.

POUR ALLER PLUS LOIN

"A l'échelle des régions, il est important de former au domaine du quantique. Certaines régions jouent un rôle important pour dynamiser l'écosystème : formation doctorale en termes de cofinancement."

Olivier EZRATTY, CONSULTANT
INDÉPENDANT, MEMBRE DU COMITÉ
FRANCE 2030

“

"Dès aujourd'hui, même si le hardware quantique est de petite taille et fait trop d'erreurs, certains acteurs veulent expérimenter avec ces prototypes quantiques. Par exemple, des équipes de physique théorique ou les départements de R&D de laboratoires pharmaceutiques ou d'entreprises recherchant de nouveaux matériaux"

Vivien LONDE, MICROSOFT

”