



LANCEMENT DE SIOUANCE

START-UP du CEA et du CNRS dédiée au calcul quantique



sommaire

EDITOS

L'ESSENTIEL SUR LE CALCUL & L'ORDINATEUR QUANTIQUE

LE QUANTIQUE : UN ENJEU DE SOUVERAINETE MAJEUR POUR LA FRANCE ET L'EUROPE

LA RECHERCHE FRANCAISE : FER DE LANCE DE L'EMERGENCE DU QUANTIQUE

SIQUANCE

Stéphane Siebert

Directeur de la recherche technologique au CEA



Nous sommes très heureux et fiers d'assister à la naissance de SiQuance, qui est un 'spin-off' du CEA et du CNRS. Il s'agit d'une superbe concrétisation des efforts réalisés collectivement par l'ensemble de la recherche française pour contribuer à faire du quantique une filière d'excellence française et faire émerger les nouveaux champions de demain.

Le CEA est depuis plusieurs décennies mobilisé pour explorer le domaine quantique et faire émerger des technologies quantiques. Le CEA est présent sur toute la chaîne de la valeur du calcul quantique, des matériaux aux algorithmes en passant par l'intégration dans les centres de calcul à haute performance. Le CEA effectue une recherche large sur plusieurs options technologiques afin de faire progresser les connaissances et dérisquer les choix technologiques. Nos chercheurs et nos plateformes de recherche continuent et continueront à explorer toutes les facettes du quantique.

Le plan quantique annoncé le 21 janvier 2021 mettait en exergue la nécessité de soutenir la souveraineté nationale en la matière. Le CEA, aux côtés du CNRS et de INRIA, occupe une place centrale à la fois en contribuant au développement des connaissances scientifiques et à la maîtrise d'axes technologiques quantiques clés et en renforçant les synergies entre fleurons industriels, organismes de recherche, universités et start-up.

Notre positionnement « lab to fab » vise à accélérer les transferts de la recherche à l'industrie. L'un des objectifs majeurs du CEA est en effet d'initier, soutenir et accompagner le développement de la deeptech en France. Cela nécessite surtout un accompagnement à la fois technologique pour la maturation de l'idée et en garantir le passage à l'industrialisation, mais aussi marketing et financier pour s'assurer du développement de la start-up dans la durée. A cet égard, le CEA fait figure de pionnier en ayant créé dès le milieu des années 1980 son dispositif d'accompagnement, suivi en 1999 de sa filiale CEA Investissement, puis en 2017 de la société de gestion Supernova Invest en partenariat avec Amundi.

Grâce à ces outils, les projets de start-up sont détectés, accompagnés et financés dès l'amorçage et à toutes les phases de croissance. Car l'ambition du CEA consiste non seulement à faire émerger des start-up de haute technologie, mais aussi à accompagner leur développement et leur ancrage territorial, comme ce furent les cas de Sofradir en 1986 (devenu Lynred) et Soitec en 1992.

Depuis, les start-up issues du CEA ont été à l'origine de plus de 5 000 emplois. D'autres start-up plus récentes comme Aledia, Nawa Technologies ou Theranexus+ sont également fortement soutenues par le CEA. Et parmi les dernières créées citons Admir, Snowpack et Inocel qui seront présentes au CES 2023.

La France et plus généralement l'Europe possèdent une recherche académique de très haut niveau. Avec ce terreau fécond, l'appui des organismes nationaux et des politiques publiques favorables, notre pays a tous les atouts pour être leader sur l'émergence des start-up deeptech, à l'instar de SiQuance, au même titre que Israël, les Etats-Unis ou la Chine.



Maud Vinet

CEO de SiQuance

“

Ce jour est à marquer d'une pierre blanche pour l'équipe de France du quantique. Après plus de 20 ans de recherche et de collaboration multipartites avec les industriels des semi-conducteurs, nous avons le privilège d'annoncer le lancement de SiQuance qui, j'en suis sûre, deviendra l'une des références mondiales du calcul quantique.

Grâce aux connaissances développées par le CEA et le CNRS, SiQuance entend développer rapidement un premier processeur quantique sur la base de qubits de spin semi-conducteurs en s'appuyant sur les capacités de production des usines de semi-conducteurs françaises et européennes (STMicroelectronics, SOITEC, Globalfoundries Dresden).

Concrètement, ce super ordinateur de demain utilisera la micro-électronique qui se trouve dans tous nos transistors.

Les applications concrètes envisagées sont multiples et concernant de nombreux pans entiers de notre économie : résoudre le problème des embouteillages dans les grandes villes, démultiplier les capacités de mise sur le marché des médicaments, repenser les chaînes logistiques complexes, établir des plans de sobriété énergétique ultra précis. Le quantique, qui était encore hier un objet de recherche relativement nébuleux pour nos contemporains apportera sans doute demain des réponses aux multiples défis qui s'imposent à nous au XXIème siècle.

Avec SiQuance, l'Europe et la France ont l'opportunité d'être au cœur de cette nouvelle révolution industrielle !

”

“

Jean-Luc Moullet

Directeur général délégué à l'innovation, CNRS

SiQuance : un symbole fort renforçant la position de la France dans la course à l'ordinateur quantique.

Le CNRS est fier de participer au lancement de SiQuance, nouvelle pépite deeptech du quantique. SiQuance c'est d'abord 3 cofondateurs internationalement reconnus pour leurs compétences dans le domaine des technologies quantiques : Maud Vinet, François Perruchot et Tristan Meunier. SiQuance c'est aussi une belle histoire de collaboration entre deux organismes de recherche, le CNRS et le CEA, qui œuvrent ensemble à la naissance d'une nouvelle entreprise deeptech. Une approche collaborative initiée déjà dans le cadre de la construction du Plan Quantique pour la France et qui se poursuit dans le cadre du PEPR (programme d'équipement prioritaire de recherche) quantique co-piloté par CEA, INRIA et CNRS. Ce programme a vocation à renforcer significativement la capacité de recherche française dans le domaine et à définir des feuilles de route scientifiques, s'inscrivant en lien avec la stratégie nationale d'accélération dans le secteur du quantique, mise en place par le gouvernement. L'immense champ d'applications du quantique fait aujourd'hui de ce secteur l'un des plus prometteurs et concurrentiels, dans lequel le CNRS possède des atouts indéniables : un tissu de laboratoires qui maille le territoire national, une approche pluridisciplinaire alliant recherche fondamentale, innovation et transfert technologique, une excellence fondée sur une recherche fondamentale extrêmement forte dans le domaine des technologies quantiques et dont la qualité en fait une référence mondiale. L'expertise des laboratoires sous tutelle CNRS a été distinguée à plusieurs reprises, notamment au plus haut niveau par quatre prix Nobel attribués à Claude Cohen -Tannoudji, pour le refroidissement et le piège d'atomes avec des lasers, Albert Fert, pour la spintronique, Serge Haroche pour l'électrodynamique quantique en cavité et tout récemment Alain Aspect pour ses travaux pionniers sur l'intrication quantique. L'approche transverse du CNRS permet aujourd'hui la mise en œuvre opérationnelle d'applications relevant de cas d'usage concrets, notamment au travers d'un véritable écosystème alliant recherche académique, start-up et grands groupes industriels. Dans ce contexte, le CNRS a développé une politique d'innovation qui participe activement à la création de start-up deeptech reposant notamment sur des programmes d'accompagnement dédiés à la prématuration et la création d'entreprise. Aujourd'hui, ce sont environ 100 start-up qui naissent chaque année dans nos laboratoires. Dans le quantique, on comptabilise déjà 20 start-up, dont 5 ont été accompagnées par le programme RISE, et un portefeuille d'une quarantaine de brevets. Avec SiQuance, le CNRS poursuit son investissement stratégique dans le quantique, une étape supplémentaire dans la reconnaissance internationale de l'excellence de la recherche publique française et de notre expertise dans le domaine du quantique. C'est un symbole fort, renforçant la position de la France dans la « course à l'ordinateur quantique.

”

L'ESSENTIEL SUR LE CALCUL ET L'ORDINATEUR QUANTIQUE ■

Le calcul quantique ambitionne d'utiliser les propriétés quantiques ultimes de la matière (la superposition, l'intrication et la non-localité) pour effectuer massivement des opérations sur des données grâce à l'ordinateur quantique. Il permettrait de ce fait de contourner les limitations inhérentes aux ordinateurs classiques.

LES QUBITS, AU COEUR DU CALCUL QUANTIQUE

Le calcul quantique s'appuie sur des qubits, pendants quantiques des bits classiques. D'un point de vue physique, les qubits sont des systèmes matériels pouvant être mis dans deux états quantiques distincts. Conformément aux lois de la physique quantique, le qubit peut être placé dans un ensemble continu de superpositions de ses deux états de base, contrairement au bit classique qui ne peut prendre que deux valeurs (0 ou 1). Comme les bits classiques, les qubits peuvent être utilisés pour encoder une information et soumis à des portes quantiques (équivalents des portes logiques) en faisant appel à un grand nombre de bits quantiques..

LA PROMESSE D'UN PARALLÉLISME MASSIF

Grâce à ses propriétés quantiques (superposition et intrication), un registre de N qubits se trouve à un instant donné dans une superposition de ses 2^N configurations de base. Un registre de N bits ne peut, lui, se trouver que dans une seule d'entre elles à la fois.

Toute opération appliquée à un registre de N qubits s'effectuerait donc en parallèle sur les 2^N états, là où un ordinateur classique doit traiter l'opération de façon séquentielle. Ce parallélisme massif ouvre des horizons extrêmement prometteurs, laissant espérer une résolution beaucoup plus rapide de certains problèmes ou l'identification d'une solution à des problèmes aujourd'hui insolubles.

DÉCOHÉRENCE ET CORRECTION D'ERREURS

De très nombreux obstacles physiques et technologiques se dressent toutefois sur la route du calcul quantique, à commencer par la fragilité de l'état de superposition qui lui est nécessaire. Toute interaction, aussi minime soit-elle, avec l'extérieur (que ce soit par le biais d'interactions avec son environnement ou de mesures effectuées sur le système) a pour effet de détruire la superposition quantique : c'est la décohérence. La difficulté s'aggrave à mesure que le nombre de qubits intriqués augmente : le temps de cohérence d'un état intriqué de N qubits est en effet environ N fois plus court que celui d'un seul qubit.

Or, les interactions avec l'environnement ne peuvent par ailleurs être réduites à zéro, car elles sont nécessaires pour appliquer des opérations logiques sur les qubits et en effectuer la lecture. En pratique, quand le nombre de qubits augmente, le nombre d'opérations augmente et pour réaliser des calculs complexes, il faut corriger les erreurs. L'architecture la plus connue pour ce faire, appelée « code de surface », permet de réaliser un qubit logique, c'est-à-dire un qubit corrigé de ses erreurs, en utilisant la redondance et l'intrication. Cela se fait grâce à un grand nombre de qubits physiques (1000 à 10000) utilisés uniquement pour identifier les erreurs puis les corriger. Le prix à payer pour cette correction d'erreur est donc une augmentation du nombre de qubits.

LE QUANTIQUE : UN ENJEU DE SOUVERAINETE MAJEUR POUR LA FRANCE ET L'EUROPE ■

Le 21 janvier 2021, le président de la République, Emmanuel Macron, annonçait le plan quantique français. Ce plan, d'un montant total d'1,8 milliard d'euros sur 5 ans, ambitionne de positionner la France et plus largement l'Europe au plus haut niveau de la course mondiale à l'ordinateur quantique. Le CEA et le CNRS soutiennent pleinement cette ambition et contribuent à la mise en œuvre du plan. Ils ont par exemple la responsabilité avec Inria de piloter scientifiquement le "programme et équipement prioritaires de recherche" (PEPR) doté de 150 millions d'Euros.

La capacité anticipée des ordinateurs quantiques à résoudre des problèmes de calcul actuellement sans solution souligne l'enjeu stratégique et de souveraineté de la maîtrise de ces technologies.

Sans qu'il n'y ait consensus sur les chiffres exacts, les analystes convergent dans leurs prévisions. La révolution de calcul que constitue le calcul quantique pourrait créer plus de 500 milliards de dollars de valeur au sein de toute l'industrie (énergie, transport, santé...) à un horizon d'une dizaine d'années, quand le calcul quantique exprimera tout son potentiel.

En appliquant les ratios connus de l'industrie du calcul à haute performance, cela représente plus de 100 milliards pour les fournisseurs dont plus de 20 milliards par an pour les fournisseurs de matériel. D'ici là des cas d'usages spécifiques existent et feront le lien entre un marché de niche et le marché global.

Les premiers prototypes d'ordinateurs quantiques se heurtent néanmoins au défi du passage à l'échelle pour adresser pleinement ce marché. Ce sont ces défis que SiQuance - appuyé par les principaux acteurs de la recherche française que sont le CEA et le CNRS - se propose de relever pour positionner la France et l'Europe aux avant-postes de cette technologie qui est en passe de révolutionner notre quotidien.

DES APPLICATIONS INNOMBRABLES DANS NOTRE QUOTIDIEN

Le calcul quantique a le potentiel de résoudre de nombreux défis :

- Circulation : en temps réel et optimisation des trajets
- Logistique : optimisation des procédés de distribution complexes
- Automobile, aéronautique : calculs aérodynamiques de pointe
- Energie : amélioration de la maintenance des centrales de production d'électricité
- BTP : optimisation des matériaux et gains de productivité
- Santé, chimie : calculs complexes et accélérés de propriétés chimiques des molécules
- Finance et patrimoine : nouveaux outils pour mieux piloter son portefeuille et prendre les bonnes décisions
- Au-delà de ces défis, la capacité anticipée du calcul quantique à casser les cryptages actuellement utilisés impose de préparer les solutions de cryptographie post-quantique.
- Aujourd'hui de nombreuses entreprises, potentielles utilisatrices comme Merck, Boehringer Ingelheim, Johnson & Johnson, BMW, Airbus, Crédit Agricole CIB, EDF, JP Morgan, Volkswagen, Totalenergies et d'autres s'engagent pour quantifier les gains et lancent des preuves de concept pour transposer leurs algorithmes classiques en schéma quantique. Cette implication volontariste des utilisateurs est concomitante en France, en Europe et dans le monde d'un engagement des fabricants de matériel, distributeurs de services et fournisseurs d'accès cloud.

“

Grâce au quantique, nous ambitionnons à terme de résoudre de nombreux problèmes à fort impact sociétal comme le problème de congestion dans les grandes villes, participer à la transition énergétique ou à la création de médicaments innovants

”

Maud Vinet



LA RECHERCHE FRANCAISE : FER DE LANCE DE L'EMERGENCE DU QUANTIQUE ■

LE CEA, ACTEUR ENGAGE ET INCONTOURNABLE DES INNOVATIONS DANS LE QUANTIQUE

Le CEA est engagé depuis les années 1980 sur le sujet majeur du quantique et a été pionnier des qubits supraconducteurs, désormais massivement développés dans le monde. Aujourd'hui, le CEA a développé un programme stratégique de recherche alliant les approches fondamentales et les développements technologiques.

Dans le domaine du calcul quantique, il suit deux voies complémentaires : la piste silicium CMOS, qui en s'appuyant sur les technologies de la microélectronique, ouvre des perspectives de montée en échelle et de déploiement industriel, et la piste des systèmes supraconducteur et hybride avec l'objectif d'inventer des qubits et concepts de calcul plus robustes vis-à-vis des erreurs quantiques, qui pourrait aboutir à de nouveaux paradigmes de calcul quantique.

Le CEA est fortement impliqué dans le plan quantique présenté par le président de la République, Emmanuel Macron, le 21 janvier 2021 :

- Le CEA, le CNRS et Inria ont été chargés de piloter scientifiquement le programme de recherche et d'équipements prioritaires (PEPR Quantique) mis en place dans le domaine. Ce programme repose sur un ensemble de projets dans le domaine du calcul, des algorithmes et du logiciel quantique, des atomes froids et des communications quantiques qui mobilisent largement la communauté de recherche nationale. Le CEA coordonne ou participe à 7 des 10 projets lancés.
- Le CEA, Inria et Genci ont été chargés de mettre en place la plateforme nationale de calcul quantique hybride (HQI) couplant calcul haute performance et calcul quantique.
- Le CEA et le CNRS sont également mobilisés pour développer des technologies habilitantes comme la cryogénie ou la cryoélectronique.

Le CEA est également fortement impliqué au plan européen avec de nombreux projets en cours. Il est notamment un des acteurs du programme Flagship quantique de la commission européenne quantique et de l'infrastructure européenne EuroQCS.

Les équipes du CEA sont présentes historiquement sur le sujet quantique sur Grenoble et Paris-Saclay, où elles sont intégrées au sein des hubs constitués avec les autres partenaires académiques autour respectivement de l'Université Grenoble Alpes (Quantalps) et de l'Université Paris-Saclay (Quantum Saclay).

Le CEA est aujourd'hui un acteur majeur aussi bien en recherche fondamentale que technologique. Le CEA travaille dans trois grands domaines : l'ensemble des aspects liés au calcul (mise au point des qubits, architectures pile logicielle, algorithmes, applications, couplage HPC-quantique) sur lequel il fait porter sa priorité.



**BLUE
FORS**

WARNING
Do not
lean here

⚠
⚠

⚠

⚠

⚠

DES EQUIPEMENTS ET DES PLATEFORMES EXCEPTIONNELLES

Le CEA dispose d'outils d'élaboration de matériaux et de nano-objets, couplés à des moyens avancés de caractérisation et de simulation, qui lui permettent de concevoir des dispositifs innovants. Pour ce faire, le CEA s'appuie sur des plateformes, à Saclay et Grenoble, comme la PFNC (plateforme de nanocaractérisation), les plateformes technologiques amont (salles blanches et équipements de nanofabrication), le centre de simulation prédictive et les grandes infrastructures de recherche (ILL, ESRF) pour la caractérisation avancée.

Par ailleurs, dans le cadre du plan quantique, le CEA accueille au sein du Très Grand Centre de Calcul (TGCC), principal centre de calcul public français installé à Bruyères-le-Châtel et hébergeant déjà un simulateur quantique dénommé 'Quartz' fourni par Atos, une première infrastructure d'ordinateurs quantiques hybrides, en s'appuyant sur les expertises du Genci et du CEA, concepteur et exploitant du TGCC. Dès 2023, un ordinateur quantique hybride de 100 qubits devrait être hébergé au TGCC et constituera le nœud français de l'infrastructure européenne EuroQCS.

Le CEA poursuit deux voies principales en ce qui concerne la mise au point des briques élémentaires du calcul quantique que sont les qubits.

LA PISTE SUPRACONDUCTRICE

Le qubit supraconducteur est constitué d'une superposition de deux états d'un courant électrique traversant, grâce à l'effet Josephson, une barrière très fine et oscillant à haute fréquence. Cette technologie est à ce jour la plus avancée dans le champ des qubits à l'état solide. Actif sur cette voie depuis les années 1990, le CEA a produit le premier qubit supraconducteur fonctionnel en 2002 (cf. encadré) et a réalisé sur cet objet unique toutes les manipulations quantiques fondamentales.

Il a inspiré la version actuellement utilisée pour réaliser des processeurs à base de qubits supraconducteurs, mise au point à Yale (Etats-Unis) de 2004 à 2006 : le « transmon avec une boîte à paires de Cooper » couplé à un résonateur microondes.

En 2012, l'équipe du CEA a pu réaliser un processeur élémentaire à deux transmons (soit quatre états de base), sur lequel il mis en œuvre un algorithme quantique élémentaire. La montée en échelle s'avère toutefois difficile. Pour vaincre la décohérence, il faudrait consacrer un très grand nombre de qubits (> 1 000) à la correction d'un seul. Les actions du CEA se focalisent par conséquent sur l'augmentation de la robustesse du qubit vis-à-vis de la décohérence, afin de rendre beaucoup plus simple la correction d'erreur.

LA PISTE CMOS SILICIUM

Il s'agit pour cette voie de convertir le silicium, sur lequel s'est construite toute l'industrie micro-électronique, en support de qubits. Au lieu du courant électrique circulant dans les transistors au silicium des ordinateurs classiques, il s'agit ici de réussir à manipuler le degré de liberté de spin d'un électron unique, grâce à des champs magnétiques à très basse température.

L'information est en effet encodée dans le spin de l'électron, qu'il faut conserver le plus longtemps possible en état de superposition. L'avantage de cette piste, qui repose sur le standard CMOS de la microélectronique, réside dans l'existence de lignes de fabrication industrielles déjà éprouvées. Une fois les qubits mis au point avec une fidélité suffisante pour autoriser leur utilisation pratique à grande échelle, elles permettront d'accéder à une forte densité d'intégration, et donc à une implémentation facilitée de « codes de surface » pour corriger les erreurs.

C'est sur la base de cette voie que SiQuance est lancée.

LE CEA, POURVOYEUR DE START-UP DEEPTech ET AVANT-POSTE DE LA REINDUSTRIALISATION

Depuis plus de 30 ans, le CEA mène une politique active et reconnue de soutien à la création d'entreprises et au développement de start-up, issues de ses technologies.

Objectifs :

- faire émerger des technologies de rupture
- renforcer la compétitivité industrielle française
- favoriser et accélérer l'emploi en faisant émerger de nouveaux acteurs sur les chaînes de valeur industrielles clés

Le CEA a un rôle clé dans le transfert de l'expertise scientifique et technologique vers l'industrie.

L'un des seuls organismes de recherche publics au monde présent dans le top 100 mondial des acteurs de l'innovation (Clarivate 2022), et le seul à cumuler 10 ans de présence cette année dans ce classement, le CEA a un rôle de catalyseur et d'accélérateur d'innovation au service de l'industrie française[1]

·Il améliore la compétitivité des entreprises de tous les secteurs par la création de produits performants et différenciants et apporte des solutions novatrices pour éclairer les évolutions de notre société.

·Il accompagne le développement de ses 228 startups (depuis 1972), vecteurs agiles pour transférer le savoir-faire et les technologies de rupture issues des laboratoires.

Plus de 75% des start-up essayées par le CEA relèvent des deep tech, ce qui représente un enjeu majeur pour le CEA.

- Grâce à des technologies de rupture, ces start-up deeptech proposent des produits qui apportent une très forte valeur ajoutée sur leurs marchés respectifs
- Les start-up CEA se distinguent nettement par leur succès et leur impact : taux de survie à 10 ans supérieur à 90 %, 6 000 emplois créés, plus de 260 M€ levés en 2021
- Le CEA dispose de tous les atouts pour les accompagner : savoirs et savoir-faire d'excellence, plateformes technologiques uniques, allant jusqu'à des préséries industrielles, expertise en innovation et programme d'accompagnement dédié aux start-up de la deeptech parmi les plus complets au niveau national
- Notre programme se distingue par l'accompagnement : on part tôt (TRL 2-3) et on accompagne longtemps (2-3 ans) avant la création. Cela passe par des formations, coaching, financement, etc. Le CEA est durablement aux côtés de ses innovateurs. Accès à des écosystèmes industriels et d'investisseurs, aux échelles européenne, nationale et régionale, dont sa propre filiale d'investissement CEA investissement et son partenaire historique Supernova Invest.

[1] c'est plutôt rare quand on regarde l'historique, il n'y a que des grands comptes comme Boeing, GE ou 3M qui ont un tel palmarès

LE CNRS : UN ATOUT FRANÇAIS MAJEUR POUR REpondre EFFICACEMENT AUX DEFIS DU QUANTIQUE

Le CNRS reconnu comme acteur clé de la recherche fondamentale dans le domaine du quantique

Les technologies quantiques sont « encore largement une question de recherche fondamentale », selon Sébastien Tanzilli, chercheur CNRS qui supervise le domaine du quantique dans l'organisme. Dans un contexte international de recherche et de développement industriel fortement concurrentiel, le CNRS représente l'un des atouts français majeurs pour répondre efficacement aux défis des technologies quantiques de demain, et pour positionner la France au plus haut niveau de la compétition internationale.

De la diode, du transistor ou du laser, jusqu'à l'imagerie médicale ou aux transferts d'informations sécurisés... la physique quantique est à l'origine d'avancées technologiques inédites qui ont révolutionné notre vie quotidienne. Les découvertes fondamentales qui ont posé les concepts de ce domaine résultent des travaux établis au début du siècle dernier. Elles ont permis la compréhension des lois qui régissent à la fois la matière, la lumière et leurs interactions. Grâce aux extraordinaires progrès expérimentaux des dernières décennies, il est aujourd'hui possible d'observer des objets quantiques - photons, atomes ou ions - que l'on a appris à contrôler individuellement et collectivement.

Allier recherche d'excellence et engagement pour innover

Les scientifiques peuvent ainsi préparer et manipuler ces objets quantiques en utilisant les concepts de superposition d'états quantiques et d'intrication. L'immense champ d'applications ainsi ouvert fait aujourd'hui de ce secteur l'un des plus prometteurs et concurrentiels, dans lequel le CNRS possède des atouts indéniables : un tissu de laboratoires qui maille le territoire national, une approche pluridisciplinaire alliant recherche fondamentale, innovation et transfert technologique, une excellence fondée sur une recherche fondamentale extrêmement forte dans le domaine des technologies quantiques et dont la qualité en fait une référence mondiale. En témoignent les travaux pionniers des prix Nobel de physique Claude Cohen-Tannoudji, Albert Fert, Serge Haroche et plus récemment Alain Aspect qui développèrent, respectivement, des méthodes pour refroidir et piéger les atomes avec des lasers, la spintronique, l'électrodynamique quantique en cavité, et l'intrication quantique.

L'approche transverse du CNRS permet aujourd'hui la mise en œuvre opérationnelle d'applications relevant de cas d'usage concrets, notamment au travers d'un véritable écosystème alliant recherche académique, start-up et entreprises de toutes tailles.

Le CNRS contribue, avec ses partenaires académiques (autres organismes, universités, écoles, en particulier) à bâtir un maillage sur l'ensemble du territoire, anticipant l'effort de structuration des forces de recherche dans le domaine des technologies quantiques. Il figure parmi les trois organismes scientifiques français qui pilotent la stratégie nationale d'accélération des technologies quantiques lancée en janvier 2021, et dont l'objectif est d'organiser les forces industrielles et celles de la recherche académique pour faire de la France un acteur majeur des technologies quantiques.

Le CNRS s'est engagé dans le Flagship Quantique lancé en 2018 dans le cadre du programme cadre H2020. Il est un acteur majeur de la structuration européenne autour des trois grands piliers des technologies quantiques : calcul et simulation quantiques, communication quantique, métrologie et capteurs quantiques.

Le CNRS, vivier de start-up au cœur du plan quantique

Traiter l'information plus efficacement

L'ordinateur quantique, qui nécessite encore des efforts à moyen et long termes, vise la mise en œuvre d'architectures matérielles ultraperformantes, reposant sur la génération, la manipulation et la lecture de registres composés d'un grand nombre de qubits (le qubit étant l'unité d'information quantique). Ceci permet de réaliser des calculs en parallèle, présentant une efficacité accrue par rapport aux solutions classiques existantes. Toutefois, définir un champ d'applications à ce type d'ordinateur nécessite d'écrire en même temps les algorithmes de calcul quantique appropriés. Pour l'instant, seul un petit nombre d'algorithmes a été identifié, pour lesquels les calculs quantiques se montrent plus avantageux que leurs équivalents classiques. L'ordinateur quantique suscite des efforts de recherche considérables aussi bien dans le milieu académique qu'au sein de grands groupes industriels de l'informatique et d'Internet tels Google, IBM, Intel, Microsoft, ou Atos, qui y investissent des moyens très importants.

Parmi les start-up françaises prometteuses dans le domaine du quantique figurent de nombreuses entreprises issues des laboratoires sous tutelle du CNRS. Par exemple, la société Quandela, cofondée par Pascale Senellart, directrice de recherche CNRS, travaille à l'émergence de nouveaux ordinateurs et de nouveaux réseaux de communication. Ou encore la société Pasqal, cofondée par Alain Aspect, prix Nobel de physique 2022 qui s'attaque quant à elle aux simulateurs quantiques programmables à l'aide d'atomes froids ayant la capacité de résoudre des problèmes complexes sur lesquels buttent les ordinateurs classiques haute performance.

Pour en savoir plus : <https://www.cnrs.fr/fr/le-prix-nobel-de-physique-2022-est-decerne-alain-aspect-pour-ses-travaux-sur-la-physique-quantique>

La start-up Alice & Bob, cofondée en février 2020 par Théau Peronnin et Raphaël Lescanne, a mis au point un prototype de puce Cat-Qubits pour développer un ordinateur quantique à Qubits à auto-correction. Avec ce type de Qubit, elle vise à augmenter considérablement la puissance des puces, afin de permettre le calcul quantique tolérant aux fautes et l'exécution de n'importe quel algorithme quantique.

Autre exemple, la société WeLinQ spécialisée dans le développement de liens quantiques basés sur des mémoires à atomes froids pour interconnecter des processeurs quantiques et assurer l'accès à ces processeurs à distance. Eleni Diamanti, directrice de recherche CNRS au LIP6, est l'une des fondatrices de WeLinQ.

Pour en savoir plus : <https://lejournal.cnrs.fr/nos-blogs/de-la-decouverte-a-linnovation/les-start-francaises-parees-pour-la-transition-quantique>

Le CNRS, un acteur incontournable de la création de start-up Deeptech

Grâce à sa politique d'innovation volontariste, le CNRS soutient l'émergence d'innovations de rupture. Il a été le premier organisme de recherche à créer un service dédié à la valorisation des résultats scientifiques en 1967, il y a plus de 50 ans. En partenariat avec de multiples acteurs, il joue un rôle incontournable dans l'écosystème de l'innovation français.

L'innovation naît de la recherche fondamentale qui se fait dans les laboratoires. Les chercheurs et les chercheuses déposant toujours plus de brevets font du CNRS l'un des organismes publics les plus innovants au monde (cf. Scimago Institutions Rankings).

La politique d'innovation du CNRS s'appuie sur trois axes principaux :

1. Assurer la protection intellectuelle des inventions issues de ses laboratoires sous tutelle, passage stratégique pour assurer la compétitivité des start-up et participer au développement industriel de la France. Le CNRS dispose d'un portefeuille de plus de 9 000 familles de brevets, dont un tiers co-déposées avec des industriels.
2. Renforcer les liens avec le monde économique pour faire de la recherche avec les entreprises. Le CNRS offre aux entreprises un cadre et des outils collaboratifs de recherche variés, adaptés à leurs besoins, depuis la thèse Cifre, en passant par le contrat de collaboration de recherche, jusqu'au laboratoire commun, qui en est la forme la plus aboutie. Le CNRS comptabilise plus de 225 laboratoires communs avec des entreprises en activité, avec une création tous les 15 jours en moyenne.
3. Accompagner la création de start-up. Le CNRS joue un rôle central dans le continuum recherche innovation, avec une offre sur mesure pour accompagner les chercheurs et les chercheuses dans leurs projets - depuis la prématuration - pour aboutir à une preuve de concept - jusqu'à la création de start-up - programme RISE - en passant par la maturation des projets via l'implication des 13 SATT réparties sur tout le territoire national. Il se crée en moyenne plus de 100 start-up par an, qui sont issues des laboratoires dont le CNRS assure une tutelle.

Le CNRS a fait du transfert de connaissances vers les entreprises et vers la société, et de la portée économique de ce transfert, l'un de ses axes prioritaires. **Plus de 1 400 start-up, toujours en activité, et issues des laboratoires du CNRS et de ses partenaires témoignent du potentiel économique des travaux de recherche et de l'esprit d'entreprise des chercheurs et des chercheuses.**

L'écosystème dédié à la valorisation et à l'innovation mis en place par l'organisme s'avère bénéfique dans le domaine des technologies quantiques, et plusieurs start-up sont déjà positionnées sur ce secteur porteur. La valorisation des recherches sur la physique quantique conduites dans les laboratoires du CNRS et de ses partenaires se traduit en premier lieu par une forte croissance du nombre de familles de brevets codéposées ces cinq dernières années. Elle mène également à la création de start-up innovantes, positionnées sur des aspects variés de cet enjeu majeur.

Vingt entreprises travaillant dans le secteur quantique (englobant ordinateur quantique et technologies liées au quantique) sont issues des laboratoires dont le CNRS assure une tutelle.

Cinq de ces start-up ont bénéficié du programme RISE d'accompagnement à la création d'entreprise du CNRS : Alice&Bob, C12 Quantum Electronics, WeLinQ, Silent Waves et QuBit Pharmaceuticals.

Mis en place par le CNRS en 2018, le programme RISE accompagne les porteurs de projets pendant un an dans toutes les étapes du développement de leur projet - de l'idée à la structuration, jusqu'à la création et aux premières phases de financement. Près de 100 projets de création de start-up ont ainsi été accompagnés par les équipes du CNRS depuis sa création.

SIQUANCE

SiQuance (anciennement projet QCosmos) est une entreprise de la deeptech française, « spin-off » du CEA et du CNRS, dirigée par Maud Vinet, qui a pour objectif de développer et de commercialiser un ordinateur quantique à base des technologies du semi-conducteur.

Jusqu'à ce jour, l'application concrète des théories quantiques aux ordinateurs dans le but de démultiplier la puissance de calcul se heurtait à des problèmes de passage à l'échelle, rendant impossible toute perspective de commercialisation viable.

Grâce aux efforts combinés des équipes d'une cinquantaine de chercheurs au sein du CEA et du CNRS et aux divers partenariats noués avec les industriels du semi-conducteur européens pendant plus de 20 ans, les équipes de SiQuance ont pu acquérir une connaissance intime des technologies et un réseau de contacts au sein de l'écosystème du semi-conducteur pour tenter de résoudre cette impasse.

SiQuance a pour objectif de développer et commercialiser un ordinateur quantique en s'appuyant sur les capacités de production des usines de semi-conducteurs françaises et européennes (STMicroelectronics, Soitec, Globalfoundries Dresden). L'innovation, issue des travaux menés au CEA et au CNRS, est d'utiliser un transistor, unité de base du calcul classique, pour faire un bit quantique de qualité, unité de base du calcul quantique. En s'appuyant ainsi sur les technologies du calcul classique, les défis de passage à l'échelle sont potentiellement résolus.

SiQuance est aujourd'hui à la tête d'une équipe de référence mondiale et dispose d'atouts uniques :

- Avec une équipe dirigeante qui, de manière unique, combine des compétences de transfert technologique, d'ingénierie quantique et de marketing stratégique
- Avec un écosystème de fournisseurs et partenaires français de très haut niveau prêts à s'engager pour permettre le développement de cette filière d'avenir
- SiQuance s'appuie sur un portefeuille de plus de 41 brevets avec accord de licence (CEA/CNRS)
- Ayant dès le début fait le pari d'utiliser des voies de fabrication de qubits compatibles avec l'industrie de la microélectronique, le programme CEA-CNRS dont est issu SiQuance lui confère une longueur d'avance technologique sur ses concurrents.

PORTRAIT DE MAUD VINET



UNE CHERCHEUSE DE RENOMMEE MONDIALE DANS LE GRAND BAIN DE L'ENTREPRENEURIAT

Maud Vinet est physicienne de renommée internationale et directrice du programme d'informatique quantique au CEA. À son actif : 300 articles, 70 brevets liés aux nanotechnologies.-

Elle est diplômée de l'École nationale supérieure de physique de Grenoble à l'époque où les premiers algorithmes de correction d'erreur quantique étaient proposés. Elle ensuite travaillé sur une thèse de recherche fondamentale en physique quantique avant de rejoindre les équipes du CEA, le leader mondial de la recherche sur les micro et les nanotechnologies. Elle a notamment participé à l'aventure de la création de la technologie FD-SOI (Fully Depleted Silicium on Insulator) qui révolutionne actuellement le monde des semi-conducteurs.

Maud est partie ensuite aux États-Unis pour travailler au sein des laboratoires de recherche d'IBM à Albany pendant cinq ans, avant de revenir au CEA et prendre la direction des activités de recherche sur les composants destinés à améliorer les performances de calcul.

Passionnée par les innombrables potentiels industriels et économiques qu'offre le développement des processeurs quantiques et partie-prenante de la mise en œuvre du plan quantique présentée par le président de la République, Emmanuel Macron, début 2021, Maud Vinet est une des rares chercheuses dans le monde à être capable de faire le pont entre le monde de la recherche fondamentale et le monde de la micro-électronique et à avoir une vision globale sur le développement de l'écosystème quantique.

Avec le lancement de Siquance, Maud Vinet bascule dans l'univers de l'entrepreneuriat avec pour ambition de créer un processeur quantique qui pourra être produit à grande échelle en misant sur les technologie du semi-conducteur. Son ambition est de faire de Siquance un acteur incontournable du numérique et de l'écosystème quantique pour placer la France et l'Europe aux avant-postes de cette nouvelle révolution industrielle.



DOSSIER DE PRESSE



CONTACT CEA

01 64 50 20 11
presse@cea.fr

CONTACT CNRS

01 44 96 51 37