



Programme et Équipement Prioritaire de Recherche

« *Technologies quantiques* »

Appel à projets

« *AAP Quantique Vague 1* »

Date de clôture de l'appel à projets

31 octobre 2023 à 11h00 (heure de Paris)

Adresse de consultation de l'appel à projets

<https://anr.fr/PEPR-TQ-AAP-Quantique>



RESUME

La stratégie nationale pour l'Accélération des Technologies Quantique, annoncée par le Président de la République le 21 janvier 2021, vise à guider les choix de l'État pour les cinq prochaines années selon les six axes prioritaires suivants :

- L'ordinateur quantique passant à l'échelle ;
- Les simulateurs et accélérateurs quantiques ;
- Les capteurs quantiques permettant d'atteindre des précisions de mesure de plusieurs ordres de grandeur meilleures que les capteurs classiques ;
- La cryptographie post-quantique permettant de sécuriser les échanges de données à l'ère de l'ordinateur quantique ;
- Les communications quantiques permettant, notamment, de distribuer les états quantiques entre capteurs et ordinateurs quantiques pour en démultiplier les capacités ;
- Les technologies habilitantes indispensables aux technologies quantiques ainsi qu'à d'autres secteurs : cryogénie, électronique bas bruit, câblage, etc.

Le Programme et Équipement Prioritaire de Recherche (PEPR) « Quantique » a pour vocation de soutenir des activités de R&D amont (TRL entre 1 et 4) au plus haut niveau mondial, en support aux industriels de la filière et en répondant aux priorités définies dans le cadre de la stratégie nationale. Dix projets intégrés ont été construits et lancés au premier semestre 2022 (voir en ligne : <https://www.cnrs.fr/fr/pepr/pepr-dacceleration-technologies-quantiques>).

Ils se répartissent sur quatre axes :

- Qubits robustes à l'état solide ;
- Qubits et capteurs à base d'atomes froids ;
- Algorithmes quantiques et logiciels ;
- Communication quantique et au-delà.

Un premier appel à projets a été lancé portant sur le calcul quantique au vol. Il donnera lieu à la mise en place de deux projets intégrés supplémentaires portant respectivement sur une voie électronique et une voie photonique.

Tous les thèmes de recherche relevant des technologies quantiques au sein de ces quatre axes sont concernés par cet appel dès lors qu'ils sont significativement différents des sujets traités dans les projets déjà financés (voir la description des projets en annexe). Plus précisément, dans le cadre de cet appel, les directeurs du PEPR veilleront à éviter le financement de travaux similaires à ceux déjà lancés.

Les projets attendus auront une durée comprise entre 4 et 6 ans. La demande d'aide pourra se situer dans la fourchette de 1 à 4 M€.

A titre d'exemples, des projets sont attendus sur les thèmes correspondant aux mots clés suivants :

MOTS-CLES

Qubits robustes à l'état solide : nouveaux modèles pour la réduction ou correction d'erreurs et/ou le calcul quantiques ; cas d'usage ; thermodynamique quantique ; bilan énergétique ; fermions de Majorana ; isolants topologiques ; matériaux quantiques ; approches micro et/ou nano électro-mécaniques ou opto-mécaniques.

Qubits atomiques pour le calcul et les capteurs : gaz d'atomes ultra-froids ; atomes de Rydberg, atomes en jets ou en cellules.

Algorithmes quantiques et logiciels : interface avec la microarchitecture ; algorithmes classiques "quantum-inspirés" ; applications de l'informatique quantique à diverses branches de la science et des usages ; protocoles de communication et cryptographiques ; algorithmes quantiques distribués ; théorie de la complexité, simulation quantique sur des infrastructures classiques.

Communication quantique et au-delà : primitives et protocoles connexes à la communication quantique ; réseaux quantiques sans nœuds de confiance (« zero trust ») ; intégration des briques de base ; hybridation de plateformes technologiques ; détecteurs de lumière quantique ; frontières de la calculabilité : prototypage de modèles de calcul alternatifs, machine d'Ising, architecture de calcul avec mémoire quantique.

DATES IMPORTANTES

Clôture de l'appel à projets

Les éléments du dossier de dépôt doivent être déposés sous forme électronique, y compris les documents signés par le responsable légal de chacun des partenaires, impérativement avant le :

31 OCTOBRE A 11H (HEURE DE PARIS)

sur le site :

<https://france2030.agencerecherche.fr/PEPR-TQ-AAP>

CONTACTS ANR

PEPR-TQ@anr.fr

CHARGE DE PROJET SCIENTIFIQUE : PIERRE ASPLANATO

RESPONSABLE D'ACTION : FABRICE DEBBASCH

Il est nécessaire de lire attentivement l'ensemble du présent document et les instructions disponibles sur le site de dépôt des dossiers :

<https://france2030.agencerecherche.fr/PEPR-TQ-AAP>

Pour toute question : PEPR-TQ@anr.fr

Sommaire

Résumé	2	3.4 Critères d'évaluations	12
Mots-clés.....	3	4. Dispositions générales pour le financement	14
Dates importantes	4	4.1. Financement	14
Contacts ANR.....	4	4.2. Accords de consortium	14
1. Contexte et objectifs de l'appel à projets	6	4.3. Science ouverte.....	14
1.1. Contexte	6	4.4. Aide d'État	15
1.2. Objectifs de l'appel à projets	7	5. Modalités de dépôt	16
1.3. Rôle des directeurs du PEPR	8	5.1. Contenu du dossier de dépôt.....	16
2. Projets attendus.....	9	5.2. Procédure de dépôt.....	16
2.1. Thématiques	9	5.3. Conseils pour le dépôt	17
2.2. Principales caractéristiques des projets	10	6. Projets déjà financés	17
2.3. Partenaires.....	10	6.1. Qubits robustes à l'état solide	17
3. Examen des projets proposés	10	6.2. Qubits atomes froids	20
3.1. Procédure de sélection.....	10	6.3. Algorithmes quantiques	20
3.2. Déontologie et intégrité scientifique	11	6.4. Communication quantique et au-delà	22
3.3. Critères de recevabilité	11	6.5. Equipex.....	23

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'APPEL A PROJETS

1.1. Contexte

L'ambition de la France de se positionner à la pointe des technologies quantiques est au cœur de la stratégie quantique nationale élaborée par l'État au cours de l'année 2020. Cette stratégie est organisée en six axes technologiques portant sur les simulateurs et accélérateurs quantiques, l'ordinateur quantique passant à l'échelle, les capteurs quantiques, la cryptographie post-quantique, les communications quantiques et les technologies habilitantes, et quatre axes transverses : développement du capital humain, renforcement des infrastructures technologiques, amélioration de l'environnement entrepreneurial, renforcement de l'interdisciplinarité et de la prise de risque dans la recherche amont.

Le **Programme et Équipement Prioritaire de Recherche (PEPR)** dont le pilotage scientifique a été confié aux trois organismes nationaux de recherche, CEA, CNRS et Inria, est plus particulièrement destiné à soutenir l'effort de recherche de la communauté scientifique et constitue le volet amont de la stratégie quantique nationale (TRL 1 à 4).

Ce **PEPR** fait partie des premiers dispositifs à avoir été mis en place dans le cadre de la stratégie nationale, aux côtés et pour nourrir ses autres dispositifs plus aval : le **Programme France Hybrid Quantum Initiative (HQI)** sur la mise à disposition et l'exploitation d'accélérateurs quantiques de première génération (NISQ), le **Programme de Maturation** sur les ordinateurs quantiques universels (LSQ), les **Programmes de Développement Industriel** relatifs aux technologies habilitantes (isotopes stables, cryogénie, lasers, etc.), et le **Programme QUANTEdu-France (AMI Compétences et métiers d'avenir)** qui vise à proposer des offres de formations et de services adaptées aux besoins en compétences des nouvelles filières et entreprises de 2030.

Les technologies quantiques sont à l'orée de potentielles ruptures scientifiques et technologiques majeures qui auront des impacts sur l'ensemble de la société, avec des retombées anticipées à la fois dans les domaines civils et militaires. Compte tenu des enjeux, économiques et de souveraineté, ces possibles ruptures sont l'objet d'une compétition internationale impliquant à la fois les états et les géants du numérique.

L'élément qui rend ces développements atypiques réside dans l'interaction sans précédent entre recherche fondamentale, recherche technologique, dynamiques entrepreneuriales et industrielles. En effet, cette course mondiale vers le traitement et la communication quantiques de l'information est lancée alors que non seulement le niveau technologique des briques de base n'est pas encore à pleine maturité mais surtout que de nombreuses questions fondamentales restent encore ouvertes. Cette caractéristique implique des ressources financières et humaines importantes au niveau international ainsi qu'un travail cohérent en équipes pluridisciplinaires alliant recherche fondamentale et technologique sur l'ensemble de la chaîne de la valeur, allant du dispositif à l'application, en passant par les infrastructures dédiées.

L'organisation proposée pour ce PEPR cible les objectifs de la stratégie nationale tout en prenant en compte cette singularité, et tirant parti à la fois de l'excellence de la communauté scientifique nationale et de ses spécificités.

La méthodologie de construction du PEPR vise à garantir d'une part la consolidation du socle de recherche et d'autre part l'irrigation, en temps réel et à flux continu, de la démarche de maturation et de R&D préindustrielle nécessaire à la maîtrise de la chaîne de la valeur et des filières industrielles associées.

En cohérence avec la stratégie nationale quantique, les axes prioritaires du PEPR Quantique sont :

Axe 1 – Qubits robustes à l'état solide pour le calcul quantique ;

Axe 2 – Qubits atomes froids pour le calcul et les capteurs quantiques ;

Axe 3 – Algorithmes quantiques, notamment pour les plateformes NISQ et LSQ et plus largement la manipulation de l'information quantique, la cryptographie post-quantique ;

Axe 4 – Communication quantique et au-delà.

Le PEPR Quantique comporte six types d'actions principales :

- Dix Projets ciblés dont les thèmes et les consortia ont été identifiés ayant pour objectif de répondre efficacement aux enjeux scientifiques et technologiques majeurs pour un déploiement rapide des filières correspondantes dans chacun des axes mentionnés ci-dessus.
- Deux projets ciblés supplémentaires relevant de la photonique et de l'électronique ont été sélectionnés dans le cadre de l'appel à projets « Calcul Quantique au vol ».
- Le présent appel à projets, qui couvre l'ensemble des axes, visera à adresser des thèmes complémentaires à ceux couverts par les projets déjà financés, notamment des thèmes en émergence.
- Un appel à candidature qui visera à renforcer l'attractivité de la France vis-à-vis de talents dans le domaine des sciences et technologies quantiques. Cet appel portera sur l'ensemble des axes du PEPR.
- Les Equipex+ aQCess et eDiamant qui ont respectivement pour objectif de doter les laboratoires de recherche académique de nouveaux moyens pour le calcul quantique à atomes froids et pour la synthèse de cristaux de diamant utiles aux capteurs quantiques.
- L'action de pilotage comprend également le suivi scientifique et budgétaire de tous les projets, leur coordination et leur mise en cohérence globale, la vérification de leur adéquation avec la stratégie nationale quantique, la dissémination des résultats vers les communautés scientifiques associées et le grand public, ainsi que leurs valorisations scientifiques et industrielles.

1.2.Objectifs de l'appel à projets

L'objectif de cet appel à projets est de compléter les directions prises dans les projets intégrés et les EquipEx+ tout en explorant des pistes parallèles et complémentaires, et ceci pour les 4 axes « qubits robustes à l'état solide », « qubits atomiques pour le calcul et la mesure », « algorithmes quantiques et logiciels », « communication quantique et au-delà ». Les projets retenus devront relever de la recherche fondamentale ou amont (TRL \leq 4).

Le présent appel à projets vise à soutenir des projets ambitieux complémentaires à ceux des projets déjà soutenus par le PEPR.

25% des financements seront fléchés vers des projets émanant des communautés non spécialisées dans le traitement quantique de l'information, mais souhaitant aborder ces enjeux. Il est en effet crucial de favoriser, au travers de cet appel à projets, l'émergence de projets hybrides appliquant des techniques utilisées dans un contexte d'applications classiques aux technologies quantiques afin d'étendre la communauté quantique. Ces projets devront être proposés par un consortium comportant au minimum une équipe portant les approches et compétences non-quantiques et une équipe portant les approches et compétences quantiques. Les projets dont l'investigateur principal n'a pas de *track-record* dans les technologies quantiques mais qui dispose d'une excellente expertise dans une discipline non quantique à fort potentiel de rupture en cas d'application au quantique, sont fortement encouragés. Dans un tel cas, l'implication d'une équipe partenaire avec un solide bagage dans la discipline quantique visée est demandée.

A titre d'exemple, l'information quantique rencontre les mathématiques de multiples manières, notamment à travers l'importance des algèbres de Lie dans le contrôle quantique. Par ailleurs, les technologies SFQ très prometteuses pour développer des ordinateurs économes en énergie sont elles également d'un grand intérêt pour la physique.

Cet appel à projets a pour but de faire du PEPR un ensemble cohérent de projets de haut niveau favorisant le lien entre les différentes communautés quantiques et non quantiques existantes et couvrant un large spectre thématique afin de garder ouvertes les différentes opportunités technologiques (hardware et software) et de créer une dynamique favorable aux technologies quantiques dans leur ensemble.

1.3.Rôle des directeurs du PEPR

Dans le cadre de cet appel à projets, les directeurs ont été en charge de la préparation du texte décrivant les objectifs, le périmètre scientifique et les thèmes de l'appel. Notamment, il s'agit d'assurer la cohérence et la complémentarité de cet appel avec les projets déjà soutenus d'une part et avec l'ensemble de la stratégie nationale d'autre part.

Le second rôle des directeurs sera de proposer au Secrétariat Général Pour l'Investissement, sur la base des évaluations et du classement réalisés par un comité international d'experts réuni par l'ANR, les projets qui pourraient être financés et le montant d'aide qui pourrait leur être définitivement attribué.

Le troisième rôle des directeurs réside dans le suivi des projets lauréats lors de revues annuelles ou biennuelles en fonction de leur taille, en concertation avec l'ANR et le coordinateur de la stratégie nationale. Il s'agira de discuter avec les consortia à la fois des avancées scientifiques et des actions de dissémination, mais également d'évoquer les points relatifs aux ressources humaines et aux équipements, ainsi que les difficultés rencontrées.

En favorisant les synergies entre les projets, les directeurs assurent la complémentarité des activités du PEPR et la cohérence de sa stratégie scientifique.

2. Projets attendus

2.1. Thématiques

Les projets retenus porteront sur les thèmes décrits ci-dessous.

Il est précisé que les directeurs et l'ANR veilleront à ce que les projets proposés soient significativement distincts et complémentaires des sujets développés dans les projets intégrés déjà lancés.

Axe 1 : Les voies à considérer portent notamment sur i) des recherches attaquant les erreurs de calcul à leur racine, c'est-à-dire dans le matériau ou la conception même des qubits, ii) des modèles de calcul quantique pouvant, le cas échéant, être adossés à une ou plusieurs plateformes technologiques ou encore ouvrir à d'autres branches des sciences (chimie, biologie), iii) des modèles relevant des approches d'optimisation, telle que la thermodynamique quantique, pouvant notamment faire le lien avec la théorie de l'information ou questionner le bilan énergétique des calculateurs quantiques, iv) de nouvelles approches ou de nouveaux matériaux quantiques mettant en œuvre des qubits de type fermions de Majorana ou isolants topologiques, complémentaires aux plateformes déjà bien établies, v) plus généralement toute voie en rupture significativement distincte des voies explorées dans les projets intégrés.

Axe 2 : les voies à considérer portent notamment sur i) les gaz quantiques à atomes ultra-froids (2D, potentiel périodique, etc.), notamment comme nouveaux outils expérimentaux pour la physique du solide, ii) les atomes de Rydberg pour la détection ultra-sensible de micro-ondes : applications aux antennes, radars et à la détection large-bande, iii) plus généralement toute voie en rupture utilisant des qubits atomiques significativement distincte des voies explorées dans les projets intégrés de l'axe 2 et l'Equipex aQCess.

Axe 3 : les voies à considérer portent sur les champs suivants dès lors qu'ils sont significativement distincts des voies explorées dans les projets intégrés de l'axe 3 : nouvelles approches de codes correcteurs ; interface microarchitecture/compilation; nouveaux algorithmes quantiques et applications aux machines NISQ et LSQ; algorithmes classiques "quantum-inspirés"; protocoles de communication et cryptographie quantique (en lien avec l'Axe 4); algorithmes d'apprentissage automatique quantique / Quantum Machine Learning ; protocoles hybrides combinant approches quantique et post-quantique; protocoles interactifs; algorithmes quantiques distribués; limites du quantique; théorie de la complexité; calculabilité; logique; approche algorithmes et cas d'usage, ciblés sur d'autres branches de la science, telles que la chimie, la biologie, la physico-chimie des matériaux, etc.; amélioration de la simulation quantique sur des infrastructures classiques.

Axe 4 : les voies à considérer portent notamment sur i) des primitives et protocoles connexes à la communication quantique ; ii) les réseaux quantiques sans nœuds de confiance (« *zero trust* ») ; iii) des briques de base intégrables et flexibles adossées à la photonique intégrée toutes plateformes confondues, et leurs hybridation, ainsi qu'aux détecteurs de lumière quantique ; iv) les « frontières de la calculabilité » telles que les modèles de calcul alternatifs : machine d'Ising, architecture de calcul avec mémoire quantique, ... : v) plus généralement toute voie en rupture pour les communications quantiques et pour le calcul quantique, significativement distincte des voies explorées dans les projets intégrés du PEPR.

Il est à noter que les projets peuvent adresser plusieurs axes, ce qu'il conviendra de préciser dans le document de présentation du projet.

2.2.Principales caractéristiques des projets

Les projets seront nécessairement collaboratifs (minimum de deux structures de recherche issues de deux institutions différentes), la complémentarité et l'excellence des équipes devra être explicitée, de même que le caractère innovant des travaux proposés. Afin d'éviter le financement de travaux similaires, la différence et la complémentarité avec les projets intégrés déjà lancés sera prise en compte.

Les projets auront une durée comprise entre 4 et 6 ans.

La demande d'aide pourra se situer dans la fourchette de 1 à 4 M€.

2.3.Partenaires

Est éligible tout établissement d'enseignement supérieur et/ou de recherche ou des groupements de ces établissements. Les établissements privés contribuant aux missions de service public de l'enseignement supérieur et de la recherche, relevant de l'article L.732-1 du Code de l'Éducation, pourront être financés après analyse de l'ANR, avis du MESR et validation par le SGPI.

Les entreprises privées peuvent être partenaires mais ne sont pas éligibles au financement dans le cadre du présent appel.

Il est précisé que les laboratoires de recherche soutenues dans le cadre des projets déjà financés ne peuvent coordonner ou participer à un projet déposé au titre du présent appel que dans la limite des conditions cumulatives suivantes :

- i) ce projet ne présente aucun recouvrement avec un projet déjà financé par le PEPR ;
- ii) pour ce qui relève des communautés non spécialisées dans le traitement quantique de l'information et de leurs partenaires spécialisés dans les technologies quantiques, la structure de recherche apporte la preuve, dans le paragraphe dédié à cet effet, que les permanents concernés de cette structure sont en mesure d'avoir un investissement significatif (au moins 30% de leur temps) dans le nouveau projet.

3. Examen des projets proposés

3.1.Procédure de sélection

Les projets recevables (cf. § 3.3) seront évalués par un comité de sélection scientifique indépendant. Ce comité pourra recourir, le cas échéant, à des expertises externes et pourra procéder à une audition des porteurs des projets.

À l'issue de ses travaux, le comité de sélection remettra aux directeurs scientifiques du PEPR « technologies quantiques » un rapport comprenant :

- i. les notes attribuées aux projets évalués selon les critères indiqués au § 3.4.
- ii. la liste des projets que le comité recommande pour financement en raison de leur qualité, évaluée sur la base des critères indiqués au § 3.4, ou le cas échéant pour financement après améliorations (lesquelles seront alors précisées par le comité).
- iii. la liste des projets que le comité propose de ne pas financer en raison d'une qualité qu'il juge insuffisante sur au moins l'un des critères indiqués au § 3.4.

Chaque projet évalué fera l'objet d'un argumentaire justifiant de sa position sur l'une des deux listes. Le comité pourra formuler un avis sur le montant des financements demandés.

Les directeurs scientifiques du PEPR proposent au Secrétariat Général Pour l'Investissement la désignation des projets qui pourraient être financés et le montant qui pourrait leur être définitivement attribué. Le Premier ministre, après avis du SGPI, arrête la décision concernant les bénéficiaires et les montants accordés. Chaque projet fait l'objet d'un contrat entre l'ANR et l'établissement coordinateur du projet, détaillant les obligations réciproques des parties.

Pour les projets déposés émanant des communautés non spécialisées dans le traitement quantique de l'information, mais souhaitant aborder ces enjeux :

- 1) Ces projets feront l'objet d'un classement séparé.
- 2) Ils seront évalués sur la base de critères dédiés (cf paragraphes au § 3.5).

3.2.Déontologie et intégrité scientifique

Les membres du comité de sélection ainsi que les experts externes sollicités s'engagent à respecter les règles de déontologie et d'intégrité scientifique établies par l'ANR. La charte de déontologie de l'ANR est disponible sur son site internet. L'ANR s'assure du strict respect des règles de confidentialité, de l'absence de liens d'intérêt entre les membres du comité ou experts externes et les porteurs et partenaires des projets, ainsi que de l'absence de conflits d'intérêts pour les membres du comité et experts externes. En cas de manquement dûment constaté, l'ANR se réserve le droit de prendre toute mesure qu'elle juge nécessaire pour y remédier. La composition du comité de sélection sera affichée sur le site de publication de l'appel à projets à l'issue de la procédure de sélection.

3.3.Critères de recevabilité

IMPORTANT

Les dossiers ne satisfaisant pas aux critères de recevabilité ne seront pas soumis au comité de sélection et ne pourront en aucun cas faire l'objet d'un financement.

- 1) Le dossier doit être déposé complet sur le site de dépôt de l'ANR avant la date et l'heure de clôture de l'appel à projets. De plus, le document administratif et financier signé par chaque

établissement partenaire et scanné doit être déposé sur le site de dépôt de l'ANR à la date et l'heure indiquées en page 4.

- 2) Le document de présentation du projet doit impérativement suivre le modèle disponible sur le site internet de l'appel à projets et être déposé au format PDF non protégé.
- 3) Le projet aura une durée comprise entre 4 et 6 ans.
- 4) L'aide financière se situera dans la fourchette allant de 1 à 4 M€.
- 5) Un même responsable scientifique ne pourra être porteur que d'un seul projet et ne doit pas porter un des projets déjà soutenus par le PEPR Quantique, ou y être impliqué à plus de 30% de son temps.
- 6) Si une des structures de recherche partenaire du projet est déjà impliquée dans un ou plusieurs des projets soutenus par le PEPR quantique, elle devra apporter la preuve que les permanents concernés de cette structure sont en mesure d'avoir un investissement significatif (au moins 30% de leur temps) dans le nouveau projet et que celui-ci ne présente aucun recouvrement avec un projet déjà soutenu par le PEPR.
- 7) L'établissement coordinateur doit être un établissement français d'enseignement supérieur et de recherche.
- 8) Sont exclus également les projets qui causeraient un préjudice important du point de vue de l'environnement (application du principe DNSH – Do No Significant Harm ou « absence de préjudice important ») au sens de l'article 17 du règlement européen sur la taxonomie.

3.4 Critères d'évaluations

Les experts externes et les membres du comité de sélection sont appelés à examiner les propositions de projet selon les critères d'évaluation ci-dessous regroupés en trois grandes catégories.

Le comité de sélection se réserve la possibilité de modifier la catégorisation des projets selon qu'ils émanent des communautés spécialisées ou non spécialisées dans le traitement quantique de l'information.

1) Excellence et ambition scientifique :

- Clarté des objectifs et des hypothèses de recherche ;
- Caractère novateur, ambition, originalité, rupture méthodologique ou conceptuelle du projet par rapport à l'état de l'art ;
- Pertinence de la méthodologie.

2) Qualité du consortium, moyens mobilisés et gouvernance:

- Compétence, expertise et implication du responsable scientifique et technique du projet : capacité à coordonner des consortia pluridisciplinaires et ambitieux, parcours académique, reconnaissance internationale ;

- Qualité et complémentarité du consortium scientifique au regard des objectifs du projet ;
- Adéquation entre les moyens humains et financiers mobilisés (y compris ceux demandés dans le cadre du projet) par rapport aux objectifs visés ;
- Pertinence du calendrier (notamment dans le cadre de projets longs), gestion des risques scientifiques et solutions alternatives, crédibilité des jalons proposés ;
- Pertinence et efficacité de la gouvernance du projet (pilotage, organisation, animation, mise en place de comités consultatifs, etc.).

3) Impact et retombées du projet :

- Capacité du projet à répondre aux enjeux de recherche de l'axe scientifique choisi ;
- Impacts économiques et sociétaux, contribution au développement de solutions en réponse aux enjeux des domaines prioritaires de la Stratégie Nationale ;
- Stratégie de diffusion (*in itinere* et *ex post*) et de valorisation des résultats, adhésion aux principes FAIR, Open Science et promotion de la culture scientifique.

Critères spécifiques pour les projets émanant des communautés non spécialisées dans le traitement quantique de l'information, mais souhaitant aborder ces enjeux.

1) Excellence et ambition scientifique :

- Clarté des objectifs et des hypothèses de recherche ;
- Apport de la compétence hors domaine quantique à la problématique abordée ;
- Pertinence de la méthodologie.

2) Qualité du consortium, moyens mobilisés et gouvernance :

- Compétence, expertise et implication du responsable scientifique et technique du projet : capacité à coordonner des consortia pluridisciplinaires et ambitieux, parcours académique, reconnaissance internationale ;
- Qualité et complémentarité de l'approche couplée non spécialisée quantique/spécialisé quantique ;
- Adéquation entre les moyens humains et financiers mobilisés (y compris ceux demandés dans le cadre du projet) par rapport aux objectifs visés ;
- Pertinence du calendrier (notamment dans le cadre de projets longs), gestion des risques scientifiques et solutions alternatives, crédibilité des jalons proposés ;
- Pertinence et efficacité de la gouvernance du projet (pilotage, organisation, animation, mise en place de comités consultatifs, etc.).

3) Impact et retombées du projet :

- Capacité du projet à répondre aux enjeux de recherche de l'axe scientifique choisi ;
- Pérennité de l'apport des membres du consortium non spécialistes du domaine quantique à contribuer à celui-ci ;
- Stratégie de diffusion (*in itinere* et *ex post*) et de valorisation des résultats, adhésion aux principes FAIR, Open Science et promotion de la culture scientifique.

4. Dispositions générales pour le financement

4.1. Financement

Les appels financés au titre du PEPR présentent un caractère exceptionnel et se distinguent du financement récurrent des établissements universitaires ou de recherche.

Les financements alloués représentent des moyens supplémentaires destinés à des actions nouvelles. Ils pourront permettre le lancement de projets de recherche innovants, et financer, par exemple, l'achat d'équipements ainsi que des dépenses de personnel affecté spécifiquement à ces projets et de fonctionnement associé.

Les dépenses éligibles sont précisées dans le règlement financier relatif aux modalités d'attribution des aides de l'action PEPR. Le soutien financier sera apporté sous la forme d'une dotation, dont le décaissement est effectué par l'ANR pour l'établissement coordinateur du projet, selon l'échéancier prévu dans le contrat, sur la durée du projet.

4.2. Accords de consortium

Les projets financés conduits en partenariat devront établir un accord de consortium (dans les 12 mois suivant la communication de l'accord de financement) précisant les droits et obligations de chaque établissement partenaire du projet. Cet accord précisera :

- la répartition de la dotation financière, des tâches et des livrables entre les différents partenaires, ainsi que les moyens humains et financiers mobilisés en propre par ces derniers ;
- les modalités scientifiques, techniques et financières d'accès aux ressources partagées entre les partenaires ;
- les modalités de valorisation des résultats obtenus à l'issue des recherches et de partage de leur propriété intellectuelle et industrielle.

Pour les projets incluant un ou des partenaire(s) relevant du droit privé, l'accord de consortium devra démontrer que ce(s) partenaire(s) ne perçoit pas d'aide indirecte.

4.3. Science ouverte

Dans le cadre de la contribution de l'ANR à la promotion et à la mise en œuvre de la science ouverte, et en lien avec le Plan national pour la science ouverte au niveau français (PNSO) et le Plan S au niveau

international, les bénéficiaires de la subvention France 2030 s'engagent à garantir le libre accès immédiat aux publications scientifiques évaluées par les pairs et à adopter, pour les données de recherche, une démarche dite FAIR (Facile à trouver, Accessible, Interopérable, Réutilisable) conforme au principe « aussi ouvert que possible, aussi fermé que nécessaire ». Ainsi, toutes les publications scientifiques issues de projets financés dans le cadre des PEPR, seront rendues disponibles en libre accès sous la licence Creative Commons CC-BY ou équivalente, en utilisant l'une des trois voies suivantes :

- publication dans une revue nativement en libre accès ;
- publication dans une revue par abonnement faisant partie d'un accord dit transformant ou journal transformatif¹ ;
- publication dans une revue à abonnement. La version éditeur ou le manuscrit accepté pour publication sera déposé dans l'archive ouverte HAL par les auteur.e.s sous une licence CC- BY en mettant en œuvre la Stratégie de non-cession des droits (SNCD), selon les modalités indiquées dans les conditions particulières de la décision ou contrat de financement.

De plus, l'Établissement coordinateur s'engage à ce que le texte intégral de ces publications scientifiques (version acceptée pour publication ou version éditeur) soit déposé dans l'archive ouverte nationale HAL, au plus tard au moment de la publication, et à mentionner la référence ANR du projet de recherche dont elles sont issues.

L'ANR encourage à déposer les pré-prints dans des plateformes ouvertes ou archives ouvertes et à privilégier des identifiants pérennes ou uniques (DOI ou HAL Id, par exemple). Par ailleurs, l'ANR recommande de privilégier la publication dans des revues ou ouvrages nativement en accès ouvert².

Enfin, l'Établissement coordinateur s'engage à fournir dans les 6 mois qui suivent le démarrage du projet, une première version du Plan de Gestion des Données (PGD) selon les modalités indiquées dans le contrat attributif d'aide.

4.4.Aide d'État

Les aides versées dans le cadre du présent appel à projets sont soumises à l'encadrement européen, c'est-à-dire à l'encadrement des Aides d'État à la recherche, au développement et à l'innovation n°2022/C 414/01 du 28 octobre 2022 ou toute communication ultérieure venant s'y substituer. Il s'agit du dispositif d'aide allouée sur la base régime cadre exempté de notification n° SA.58995 d'aides à la recherche, au développement et à l'innovation pris sur la base du règlement général d'exemption par catégorie n° 2014/651 adopté par la Commission européenne le 17 juin 2014 et publié au JOUE le 26 juin 2014, tel que modifié par le Règlement (UE) 2023/1315 du 23 juin 2023 publié au JOUE du 30 juin 2023.

5. Modalités de dépôt

5.1. Contenu du dossier de dépôt

Le dossier de dépôt devra comporter l'ensemble des éléments nécessaires à l'évaluation scientifique et technique du projet. Il devra être déposé avant la clôture de l'appel à projets, dont la date et l'heure sont indiquées page 4.

IMPORTANT

Aucun élément complémentaire ne pourra être accepté après la clôture de l'appel à projets dont la date et l'heure sont indiquées page 4.

Les documents devront être déposés sur le site de dépôt dont l'adresse est mentionnée page 4. Afin d'accéder à ce service, il est indispensable d'obtenir au préalable l'ouverture d'un compte (identifiant et mot de passe). Pour obtenir ces éléments, il est recommandé de s'inscrire le plus tôt possible.

Le dossier de dépôt complet est constitué de deux documents intégralement renseignés :

- 1) le « document scientifique », d'une longueur maximum de 15 pages , rédigé en anglais, comprenant une description du projet envisagé, selon le format fourni, avec en annexe la liste des publications scientifiques des trois dernières années des chercheurs/équipes proposant le projet ;
- 2) le « document administratif et financier », qui comprend la description administrative et budgétaire du projet et intègre les lettres d'engagement ;
- 3) Les éléments du dossier de dépôt (document administratif et financier au format Excel / modèle de document scientifique au format Word) seront accessibles à partir de la page web de publication du présent appel à projets (voir adresse page 4).

5.2. Procédure de dépôt

Les documents du dossier de dépôt devront être transmis par le responsable scientifique et technique du projet :

SOUS FORME ÉLECTRONIQUE impérativement :

- avant la date de clôture indiquée page 4 du présent appel à projets,
- sur le site web de dépôt selon les recommandations en 5.3.

L'inscription préalable sur le site de dépôt est nécessaire pour pouvoir déposer un projet.

Seule la version électronique des documents de dépôt présente sur le site de dépôt à la clôture de l'appel à projets est prise en compte pour l'évaluation.

UN ACCUSÉ DE RÉCEPTION, sous forme électronique, sera envoyé au responsable scientifique et technique du projet lors du dépôt des documents.

NB : La signature des lettres d'engagement, intégrées dans le document administratif et financier, permet de certifier que les partenaires du projet sont d'accord pour déposer le projet conformément aux conditions décrites dans le document administratif et financier ainsi que dans le document scientifique et ses éventuelles annexes.

5.3. Conseils pour le dépôt

Il est fortement conseillé :

- d'ouvrir un compte sur le site de dépôt au plus tôt ;
- de ne pas attendre la date limite d'envoi des projets pour la saisie des données en ligne et le téléchargement des fichiers (attention : le respect de l'heure limite de dépôt est impératif) ;
- de vérifier que les documents déposés dans les espaces dédiés des rubriques « documents de dépôt » et « documents signés » sont complets et correspondent aux éléments attendus. Le dossier de dépôt et le dépôt des documents signés ne pourront être validés par le responsable scientifique et technique que si l'ensemble des documents a été téléchargé ;
- de consulter régulièrement le site internet dédié au programme, à l'adresse indiquée page 1, qui comporte des informations actualisées concernant son déroulement ;
- de contacter, si besoin, les correspondants par courrier électronique, à l'adresse mentionnée page 4 du présent document.

6. Projets déjà financés

6.1. Qubits robustes à l'état solide

PRESQUILE

Les qubits de spin à base de silicium ont démontré leur potentiel à l'échelle individuelle dans plusieurs laboratoires dans le monde. Quantum Silicon Grenoble a démontré dès 2016 que la technologie CMOS industrielle permettait de réaliser un qubit. L'enjeu consiste maintenant à assembler et piloter un grand nombre de ces qubits. Dans ce contexte, ce projet intégré propose une stratégie à deux voies : i) étude et démonstration de variantes de qubits et ii) étude de deux éléments-clés pour consolider le dimensionnement des architectures à grande échelle (interfaces spin/spintronique et variabilité). Ce projet PRESQUILE s'appuiera sur les résultats du projet Quantum Silicon Grenoble (QSG), constitué d'équipes du CEA, du CNRS et de l'UGA, qui a comme objectif de démontrer 100 qubits sur silicium en technologie VLSI. Il sera porté par une équipe qui réunira sur un même site, à la fois l'expertise scientifique sur les qubits de spin Si, l'ingénierie quantique et les technologies VLSI avec un accès à une plateforme technologique de premier rang mondial.

RobustSuperQ

L'action vise à accélérer la R&D française sur les qubits supraconducteurs protégés par construction contre la décohérence. Elle s'inscrit dans une stratégie post-transmon, alternative au surface code, dans laquelle les équipes françaises sont en pointe. Elle fédère l'ensemble de ces équipes autour de trois concepts complémentaires : l'architecture Cat-code (WP1), les qubits de spins implantés sur des circuits supraconducteurs (WP2), et les qubits supraconducteurs topologiquement protégés (WP3). Le but à 5 ans est de démontrer un processeur quantique haute-fidélité pilotable et mesurable, qui n'existe encore sur aucune plateforme (optique, atomique ou à l'état solide). Le but à 3 ans est la réalisation d'un premier qubit logique protégé, à base d'un seul ou quelques qubits physiques. Cette accélération est basée sur un saut qualitatif aux niveaux des moyens mutualisés et interopérables de fabrication et de caractérisation de ces nouveaux qubits, sur le couplage des deux pôles francilien et grenoblois dans le domaine, et sur la mise en synergie des savoir-faire et développements associés. De par son potentiel disruptif, de par l'urgence à permettre aux équipes françaises d'accentuer leur courte avance dans la compétition internationale, et de par l'ampleur de son ambition à développer des capacités technologiques habilitantes et mutualisés indispensables pour aller plus loin, ce programme stratégique et fédérateur appelle à faire l'objet d'une action intégrée lancée au plus vite.

OQuLus

Les photons ont un temps de décohérence infini, un atout inégalé par les approches du calcul quantique basées sur des qubits à l'état solide. L'informatique quantique photonique présente également d'excellentes perspectives de passage à l'échelle, car la plateforme repose sur l'industrie bien établie des semi-conducteurs.

Les photons sont donc des compétiteurs de premier plan dans la course au calcul quantique, comme en témoignent i) la démonstration historique d'avantage quantique en matière de calcul, ii) le montant des investissements privés dans les start-ups nord-américaines (PsiQuantum et Xanadu) et européennes (Quandela, QUIX, Q'ANT) iii) les investissements publics massifs en Europe, en Chine et en Amérique du Nord.

Dans cette course, la France a une longueur d'avance qui se reflète dans les ambitions et le consortium d'OQuLus. Très peu de pays pourraient en effet proposer un tel projet national rassemblant les expertises clés de groupes à l'avant-garde de la communauté internationale. OQuLus est donc véritablement stratégique pour l'effort français en matière de calcul quantique. Il regroupe des expertises très diverses, théoriques et expérimentales, allant de la physique des semi-conducteurs à l'optique intégrée, à la fois pour l'encodage numérique – variables discrètes DV – et pour l'encodage analogique – variables continues CV.

Dans OQuLus, les experts français de la photonique et des technologies quantiques se réunissent pour construire deux prototypes d'ordinateurs quantiques optiques NISQ (Noisy Intermediate Scale Quantum) selon deux approches :

En DV, nous développons un prototype de 8 qubits avec des boîtes quantiques émettant des photons uniques et intriqués, couplées à des circuits de calcul reconfigurables en nitrure de silicium à très faible perte. Nous générons également des clusters photoniques et démontrons les premières étapes d'une approche de calcul basée sur la mesure. Nous travaillons enfin à la prochaine génération de processeurs par l'extension du temps de cohérence de spin des boîtes quantiques pour des clusters plus grands, la

génération de photons indiscernables à partir de boîtes quantiques distinctes, des circuits reconfigurables rapides pour du feedforward, des détecteurs de photons uniques supraconducteurs intégrés dans des guides d'ondes et des portes photon-photon déterministes.

En CV, nous suivons une approche basée sur la mesure en utilisant des modes temps-fréquence pour créer des états cluster de 10 nœuds (génération en cavité) à 10 000 nœuds (simple passage avec multiplexage temporel), que nous combinons avec l'addition ou la soustraction de photons, sélectives en mode, pour mettre en œuvre des opérations non gaussiennes.

Conscients du fait que les sources pour le calcul DV et les portes pour le calcul CV à fort potentiel pour le passage à l'échelle doivent bénéficier de la dynamique d'OQuLus, qui consiste à pousser chaque module et à aborder tous les problèmes liés à leur utilisation dans des dispositifs fonctionnels, nous avons également fixé des objectifs pour ces approches et composants émergents à fort potentiel de rupture.

Le projet fournit donc le hardware nécessaire pour atteindre un ordinateur full stack. Chaque ressource de lumière quantique, internationalement reconnue, est développée dans OQuLus en même temps qu'un support technologique dédié. En ce sens, OQuLus potentialise les efforts financés dans le PEPR Algorithmiques et constitue un terreau nécessaire pour le PEPR NISQ2LSQ.

OQuLus est complété par une feuille de route en théorie : des modèles incorporant les spécificités des implémentations et une approche théorique liant étroitement les expériences et les spécifications technologiques jusqu'au niveau software. L'objectif ambitieux de démontrer le fonctionnement de machines NISQ, qui exécuteront des protocoles adaptés et de pointe sur des plateformes reconfigurables, oriente et façonne l'ensemble du projet. Les photons ont un temps de décohérence infini, un atout inégalé par les approches du calcul quantique basées sur la matière. L'informatique quantique photonique présente également d'excellentes perspectives de passage à l'échelle, car la plateforme repose sur l'industrie bien établie des semi-conducteurs.

e-Qbit-fly

Ce projet vise à développer la première plateforme de nanoélectronique quantique pour la création, la manipulation et la détection d'excitations électroniques propagatives à une échelle de temps réduite jusqu'à la picoseconde. Les progrès récents dans la génération et la manipulation de ces excitations électroniques ultrarapides montrent que la manipulation cohérente en temps réel de telles excitations est maintenant possible. Ce projet s'attaquera au développement des deux dernières composantes technologiques nécessaires à l'avènement du premier qubit électronique volant complet : la génération à la demande d'excitations contenant un électron unique à l'échelle de la picoseconde et la détection monocoup de ces électrons volants uniques. Le projet s'appuiera sur des approches théoriques de pointe, notamment de théorie quantique des champs, des simulations directes au niveau microscopique et des techniques avancées d'apprentissage automatique. Il aboutira à la première démonstration d'un qubit électronique volant et, plus généralement, à des progrès importants dans le territoire inexploré de la nanoélectronique quantique aux fréquences TéraHertz. Les qubits volants pourraient constituer un changement complet de paradigme dans l'informatique quantique, car ils résolvent à la fois le problème de l'extensibilité (un même circuit sert à chaque qubit créé à la demande) et celui de la connectivité (en dépassant les limites des interactions entre voisins les plus proches).

6.2. Qubits atomes froids

QubitAF

Le but de ce projet intégré est de développer le potentiel des plateformes à atomes froids qui ont déjà montré un intérêt pour la simulation quantique : matrices d'atomes en interaction dans des pinces optiques et dans des réseaux optiques. Afin de s'approcher des critères de l'ordinateur quantique, nous avons identifié trois leviers : (i) augmenter le nombre d'atomes manipulés, (ii) caractériser et certifier les résultats des simulateurs quantiques à grand nombre d'atomes, et (iii) étudier le rôle de la dissipation sur les performances de ces plateformes. Sur les plateformes de Rydberg nous augmenterons le nombre d'atomes manipulés, la fidélité des opérations et la durée totale des opérations. En parallèle, nous développerons et démontrerons expérimentalement des méthodes originales de certification des plateformes, notamment pour l'intrication à grand nombre d'atomes, élément central à l'obtention d'un avantage quantique. Finalement nous construirons deux nouveaux types de simulateur quantique pour étudier le problème à N-corps dans un régime dissipatif, avec une dissipation contrôlée. Ce projet regroupe 3 équipes d'expérimentateurs, une équipe de théoriciens et la startup Pasqal aux compétences complémentaires, couvrant les développements expérimentaux amonts, l'ingénierie des solutions technologiques et l'exploration des applications des plus fondamentales aux plus appliquées.

QAFC

Les capteurs atomiques à atomes froids constituent une véritable révolution pour les mesures du champ de pesanteur, fournissant un système de référence unique pour l'analyse du changement climatique et un outil d'anticipation des catastrophes naturelles. De par leurs performances exceptionnelles, mais également parce qu'ils donnent accès à des mesures inaccessibles aux capteurs classiques, ils permettront de réaliser des mesures à toutes les échelles spatiales du champ de pesanteur : des plus petites, à l'aide des gradiomètres au sol, aux plus grandes avec des accéléromètres spatiaux, en passant par les échelles intermédiaires avec les gravimètres embarqués et les horloges atomiques. Pour atteindre ces objectifs ambitieux, une approche de recherche globale est nécessaire, avec la triple ambition d'exploiter le plein potentiel de la mesure quantique, d'améliorer la compacité et la transportabilité de ces capteurs, et de faire la démonstration de cas d'usages concrets.

6.3. Algorithmes quantiques

NISQ2LSQ

Ce projet a pour but d'accélérer de manière significative la R&D en théorie et conception des codes correcteurs d'erreur efficaces en matériel. Le projet est centré autour de deux solutions les plus prometteuses dans cette direction, les codes bosoniques et les codes LDPC (Low-Density Parity-Check), et sur deux types de plateformes physiques, circuits supraconducteurs et circuits photoniques. Le premier

but à 5 ans est de démontrer un prototype de processeur quantique supraconducteur à base des qubits de chat, tolérant aux fautes à l'ordre 1, puis à l'ordre 2, et la préparation du terrain pour une mise à l'échelle rapide vers le LSQ dès la fin du projet. Dans le domaine du photonique, où le passage à l'échelle peut prendre plusieurs formes, le but est de définir des architectures de calcul fondées sur la mesure exploitant ces codes et de démontrer expérimentalement les éléments nécessaires à leur construction. Dans le domaine des codes LDPC, il s'agit de développer des codes essentiellement optimaux en termes de taux d'encodage et de correction d'erreurs, ainsi que des algorithmes de décodage efficaces et des techniques pour effectuer des opérations logiques tolérantes aux fautes, spécifiques aux codes LDPC. L'accent sera porté sur la construction de codes de petite taille, avec un nombre limité d'interactions longue portée, afin d'accélérer leur intégration aux technologies basées sur les qubits photoniques ou les atomes de Rydberg.

EPIQ

Si la communauté française de recherche en informatique quantique est de petite taille, elle a néanmoins toujours su être aux avant-postes internationaux et constitue un socle d'excellence à même de mettre en œuvre une stratégie ambitieuse pour :

Appréhender les avantages comme les limites de l'informatique quantique que ce soit au travers de recherches sur la complexité quantique ou de découvertes et d'améliorations d'algorithmes ;

Définir le cadre dans lequel se feront les calculs quantiques grâce à l'introduction de langages de haut niveau, la comparaison de modèles de calcul et l'exploitation de leurs relations pour optimiser l'exécution de programmes ;

Développer des techniques de simulation des machines quantiques permettant d'anticiper les performances d'algorithmes dans des régimes bruités.

Dans un mouvement international d'accélération très important des efforts de recherche en faveur du traitement quantique de l'information, l'algorithmique joue un rôle crucial : elle justifie la construction du hardware, et est la clé des retours économiques attendus de cet effort de recherche car c'est en premier lieu au travers des algorithmes que les utilisateurs résoudront leurs cas d'usage.

Fort de l'excellente position française, le projet intégré vise à développer les techniques algorithmiques disponibles tant pour des machines NISQ que pour des machines tolérantes aux fautes et de faciliter leur mise en pratique. Pour cela un premier Work Package (WP) se concentrera sur l'algorithmique, un deuxième s'attachera à l'étude des modèles de calcul et des langages en vue de rendre la programmation de machines quantiques plus efficace et l'exécution du code plus optimisée. Enfin un troisième WP se concentrera sur les techniques de simulation des ordinateurs quantiques.

PQ TLS

Le célèbre « cadenas » qui apparaît dans la barre des navigateurs web quand on visite des sites dont l'adresse est précédée de « https » repose sur des primitives cryptographiques qui ne résisteraient pas à un ordinateur quantique LSQ. Ce projet intégré se donne pour objectif de développer en 5 ans des primitives post-quantiques dans un prototype de « cadenas post-quantique » qui sera implémenté dans un navigateur open source. L'évolution des standards cryptographiques a déjà débuté, le choix de nouvelles primitives va être fait rapidement, et la transition se fera dans les quelques prochaines années.

L'objectif est de jouer un rôle moteur dans cette évolution et de faire en sorte que les acteurs français de la cryptographie post-quantique, déjà fortement impliqués, soient en mesure de peser sur les standards cryptographiques des décennies à venir.

6.4.Communication quantique et au-delà

DIQKD

La distribution quantique de clés considère que les appareils quantiques utilisés pour produire la clé -- comme la source ou les détecteurs -- se comportent exactement comme le protocole théorique l'envisage. Cette hypothèse est difficile à vérifier en pratique et les garanties de sécurité peuvent être compromises dans le cas où elle n'est pas parfaitement satisfaite, comme démontré récemment dans des expériences de « hacking ». La distribution quantique de type « boîte noire » (device-independent) est une solution prometteuse qui permet de garantir la sécurité même lorsque les appareils ne sont que partiellement caractérisés. L'objectif de ce projet est de réaliser le premier prototype de distribution quantique de clés dite « boîte noire » avec des éléments d'optique. Cet objectif sera atteint en développant d'un côté de nouvelles preuves de sécurité permettant une réduction de la contrainte sur l'efficacité de détection, une meilleure tolérance aux bruits et nécessitant un nombre d'expériences restreint. De l'autre, différentes utilisations des ressources expérimentales seront envisagées par des techniques automatisées et des analyses comparatives définiront le démonstrateur le plus simple à réaliser. Ce démonstrateur sera implémenté dans une expérience utilisant de l'optique linéaire et non-linéaire qui devra réaliser un test de Bell sans post-sélection. En cas de succès, les résultats des efforts théoriques et expérimentaux aboutiront à la première démonstration de distribution quantique de clés dite « boîte noire » avec des éléments d'optique. Ce projet est proposé par un consortium multi-disciplinaire regroupant à la fois des expertises de pointe en optique et cryptographie quantiques expérimentales du CNRS/l'Université Côte d'Azur (CNRS/UCA), du CNRS et de Sorbonne Université (CNRS/SU), et celles reconnues en information quantique théorique des physiciens du CEA et de l'Institut de Physique Théorique (CEA/IPhT) et des informaticiens de l'INRIA et de l'Ecole Normale Supérieure de Lyon (INRIA/ENS).

Qmemo

Les mémoires optiques sont des composants essentiels pour développer des répéteurs quantiques permettant des communications sécurisées à grande distance. Ce projet vise à atteindre des performances compatibles avec leur intégration dans les futurs réseaux expérimentaux français et européens. Ces dispositifs reposeront sur deux technologies complémentaires : la première sur de larges ensembles d'atomes refroidis par laser et la seconde sur des structures nanophotoniques dopées aux ions terre rare. Ce projet regroupe l'ensemble de la communauté académique française travaillant depuis de nombreuses années sur les mémoires quantiques et des acteurs industriels pour la mise en œuvre et la valorisation des technologies habilitantes (procédés de nanofabrication, cryogénie, lasers, embarquabilité des systèmes).

QCommtestbed

Ce projet intégré vise à doter la France d'un testbed coordonné à l'échelle nationale, utilisé pour des démonstrations d'applications de communication quantique. Son ambition est de servir d'accélérateur des technologies développées de l'étape d'un système de laboratoire jusqu'au produit commercial, en les testant dans des conditions de terrain et avec des benchmarks de performances liés à des protocoles avancés et des cas d'usage associés. Le projet s'appuie sur un consortium académique et industriel rassemblant des expertises avérées et complémentaires et s'inscrit dans la lignée d'initiatives de grande envergure entreprises en Europe et dans le monde. Seul un projet intégré permettra de consolider et de mettre en valeur ces expertises pour positionner la France au premier plan mondial dans ce domaine

6.5.Equipex

EquipEx aQCess

Compte tenu des perspectives de capacité et des attentes croissantes en matière de calcul quantique, l'objectif principal d'aQCess est de rendre cette technologie, la plus accessible possible au monde de la recherche académique et industrielle, ainsi que de former les scientifiques et ingénieurs formés aux technologies quantiques.

aQCess développera une plateforme ouverte qui sera basé sur un processeur quantique numérique unique en son genre, avec plus de 400 qubits contrôlables individuellement. Il utilisera des atomes de Rydberg ultra-froids qui sont récemment apparus comme l'un des systèmes physiques les plus performants pour la simulation et l'informatique quantiques.

EquipEx e-DIAMANT

L'Equipex+ e-DIAMANT utilisera le savoir-faire et l'expertise complémentaire des forces françaises du domaine pour créer un ensemble d'outils permettant d'obtenir un matériau diamant ayant un niveau de défauts contrôlé, un design adéquat et des dimensions optimisées. Les échantillons réalisés permettront de développer des capteurs quantiques dotés de nouvelles fonctionnalités de détection. Plus spécifiquement, e-DIAMANT s'appuiera sur la croissance de diamant monocristallin par dépôt chimique en phase vapeur (CVD). Pour que le diamant atteigne son potentiel technologique, notamment pour les applications quantiques, ses défauts doivent être contrôlés de façon parfaite et introduits intentionnellement. L'objectif d'e-DIAMANT est de mettre en œuvre une chaîne complète de fabrication, y compris les équipements spécifiques nécessaires, répondant à ce besoin et de la rendre opérationnelle. Cette chaîne comprend la fabrication du diamant, sa mise en forme, sa transformation, l'introduction contrôlée de défauts spécifiques, l'évaluation de ses propriétés quantiques, ainsi que son intégration dans des dispositifs de détection.



Contacts

Les renseignements concernant le processus administratif (constitution du dossier, démarches en ligne, taux d'aide) pourront être obtenus auprès de l'ANR par courriel :

PEPR-TQ@anr.fr