



Bruxelles, le 2.7.2025
COM(2025) 363 final

**COMMUNICATION DE LA COMMISSION AU PARLEMENT EUROPÉEN ET AU
CONSEIL**

Stratégie pour une Europe quantique: l'Europe quantique dans un monde en mutation

L'Europe quantique dans un monde en mutation

1.1 Introduction

L'Europe est un continent quantique¹. Des précurseurs emblématiques tels que Max Planck, Albert Einstein Niels Bohr et Erwin Schrödinger, aux pionniers et lauréats du prix Nobel actuels tels que Theodor Haensch, Albert Fert, Serge Haroche, Anton Zeilinger, Alain Aspect et Anne L'Huillier, l'Europe a toujours été le berceau de la science quantique.

Les progrès de la science quantique représentent certaines des évolutions les plus transformatrices de l'histoire technologique. Selon le rapport Draghi², la technologie quantique sera à l'origine de la prochaine révolution en informatique et pourrait ouvrir de nouvelles perspectives pour la compétitivité industrielle et la souveraineté technologique de l'Union européenne (UE).

Aujourd'hui, nous sommes à un tournant décisif, alors que la course mondiale à l'exploitation des technologies quantiques s'accélère, dépassant le stade des laboratoires pour trouver des applications dans le monde réel. Des scanners d'imagerie à résonance magnétique (IRM) dans les soins de santé aux progrès matériels réalisés dans le domaine de l'énergie, en passant par les capteurs gravimétriques pour la géophysique et la navigation, les communications sécurisées et l'informatique quantique permettant de résoudre des problèmes complexes en matière de logistique et de financement, ces avancées commencent à remodeler les industries clés et les infrastructures sociétales.

Les technologies quantiques présentent également un potentiel à double usage³, ce qui les rend utiles tant pour la défense que pour la sécurité nationale, ce qui sert l'intérêt stratégique des principaux acteurs publics et privés.

Dans ce contexte, l'UE a qualifié la technologie quantique de technologie critique⁴ dans sa stratégie en matière de sécurité économique⁵ et dans le livre blanc pour une défense européenne — Préparation à l'horizon 2030⁶.

Les premiers efforts d'industrialisation à grande échelle sont actuellement déployés dans le monde entier, en particulier aux États-Unis, grâce à des investissements privés massifs réalisés par des entreprises du secteur des hautes technologies ainsi qu'en Chine, où ils sont principalement financés par des fonds publics.

L'Europe a accompli des progrès remarquables en matière d'excellence scientifique quantique: elle représente la plus grande concentration de talents quantiques au monde et occupe la première place mondiale en ce qui concerne le nombre de publications scientifiques. L'UE dispose en outre de l'un des plus grands écosystèmes de start-up quantiques⁷. Environ un tiers

¹ Les technologies quantiques tirent parti des principes de la mécanique quantique pour exécuter des tâches qui sont soit impossibles à résoudre, soit très inefficaces pour les technologies traditionnelles. Les principaux domaines des technologies quantiques comprennent l'informatique, la simulation, la détection et la communication quantiques.

² [Le rapport Draghi sur la compétitivité de l'UE](#).

³ Aux fins de la présente stratégie, le **potentiel à double usage** désigne la capacité des technologies quantiques à servir à la fois des fins civiles et des fins de sécurité/défense. Il est utilisé ici dans un sens plus large et tourné vers l'avenir que le terme juridique «biens à double usage» au sens du règlement (UE) 2021/821 relatif au contrôle des exportations.

⁴ [Recommandation \(UE\) 2023/2113 de la Commission du 3 octobre 2023 relative aux domaines technologiques critiques pour la sécurité économique de l'Union en vue d'une évaluation approfondie des risques avec les États membres](#).

⁵ JOIN(2023) 20 final; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>.

⁶ [Livre blanc pour une défense européenne — Préparation à l'horizon 2030SEAE](#).

⁷ [McKinsey & Société, Moniteur des technologies quantiques — avril 2024](#).

de toutes les entreprises quantiques dans le monde sont établies dans l'UE⁸, et les fournisseurs de l'UE fournissent près de la moitié des composants matériels et logiciels utilisés dans les ordinateurs quantiques⁹.

Toutefois, l'Europe **accuse actuellement un retard lorsqu'il s'agit de traduire ses capacités d'innovation et son potentiel futur en possibilités commerciales réelles**. Par conséquent, elle ne se classe désormais qu'au troisième rang mondial en ce qui concerne les brevets déposés dans les domaines de l'informatique, la détection et la communication quantiques¹⁰.

En outre, **les efforts de l'Europe restent fragmentés entre les États membres** et les agences de financement nationales et régionales. Au cours des cinq dernières années, l'UE et les États membres ont investi plus de 11 milliards d'EUR dans les technologies quantiques. Si plusieurs États membres ont élaboré leurs propres stratégies et feuilles de route nationales, une coordination insuffisante a entraîné une duplication des efforts, une utilisation inefficace des ressources et une concurrence croissante pour les talents. Une telle situation risque de compromettre la capacité de l'UE à atteindre une masse critique et une échelle suffisante, de ralentir le processus de commercialisation et, en fin de compte, de limiter le développement d'une capacité industrielle européenne compétitive à l'échelle mondiale ainsi que d'un marché quantique européen unifié.

En outre, **alors que l'Europe joue un rôle de premier plan dans l'entrepreneuriat quantique en phase de démarrage, son écosystème émergent manque actuellement d'un soutien financier durable et de perspectives de marché suffisantes**. L'Europe manque également d'adopteurs précoces de la technologie quantique parmi les grands acteurs industriels, privant ainsi les écosystèmes émergents de jeunes pousses de perspectives de marché suffisantes.

En s'inspirant de la boussole pour la compétitivité¹¹, qui inclut les technologies «quantiques» dans les principaux secteurs technologiques qui compteront dans l'économie de demain¹², cette initiative présente, en parfaite adéquation avec les parties prenantes du secteur quantique¹³, une stratégie globale visant à garantir à l'Europe une position de premier plan dans la course mondiale aux technologies quantiques. En soutenant le développement de ces technologies présentant un potentiel à double usage dans l'UE, la présente stratégie contribuera également à la mise en œuvre des recommandations de la stratégie pour une union de la préparation¹⁴, du rapport Niinistö¹⁵ et du livre blanc pour une défense européenne — préparation à

⁸ Lewis, A., Scudo, P., Cerutti, I., Travagnin, M., Marcantonini, C. et al., Future Directions for Quantum Technology in Europe (Orientations futures pour la technologie quantique en Europe), Office des publications de l'Union européenne, Luxembourg, 2025, JRC141050. Prévu pour mi-juillet.

⁹ [Banque européenne d'investissement — Un bond quantique dans les finances \(2022\)](#).

¹⁰ Voir la note de bas de page n° 8.

¹¹ [Boussole pour la compétitivité — Commission européenne](#).

¹² La stratégie européenne en matière de sécurité économique et sa recommandation de la Commission du 3 octobre 2023 incluent les technologies quantiques dans les domaines technologiques critiques.

¹³ Comme indiqué dans les réponses à l'appel à contributions lancé avant la publication de la stratégie pour une Europe quantique: [stratégie pour une Europe quantique](#). Les parties prenantes ont estimé que la stratégie pour une Europe quantique devrait accélérer la transition du laboratoire à la fabrication sans négliger le rôle capital de la recherche fondamentale, étendre les infrastructures quantiques paneuropéennes existantes et développer une main-d'œuvre qualifiée et formée en quantique. Elles ont aussi souligné qu'il est important de renforcer les capacités de production de l'Union et de remédier aux obstacles financiers, réglementaires et administratifs qui limitent ou ralentissent les start-up, les empêchant ainsi de croître et de devenir des entreprises matures et rentables sur le marché unique.

¹⁴ [Stratégie pour une union de la préparation — Commission européenne](#).

¹⁵ Rapport Niinistö https://commission.europa.eu/document/download/5bb2881f-9e29-42f2-8b77-8739b19d047c_en?filename=2024_Niinisto-report_Book_VF.pdf.

l'horizon 2030¹⁶, de la stratégie européenne de sécurité intérieure ProtectEU¹⁷ ainsi que de la stratégie numérique internationale pour l'Union européenne¹⁸.

1.2 Une Europe quantique: la vision et le cadre de mise en œuvre stratégique

L'Europe est très bien placée pour être à la pointe de la révolution quantique en cours. La vision consiste à transformer l'Europe en une puissance industrielle quantique et en un chef de file mondial du marché des technologies quantiques, en s'appuyant sur un leadership scientifique durable.

La vision stratégique de l'UE tire parti de ses atouts existants: la recherche d'envergure mondiale, l'excellence scientifique, une base de start-up dynamique et une solide structure d'investissement public. Ces piliers essentiels sont indispensables pour remédier à la fragmentation, accélérer le déploiement industriel et garantir l'autonomie stratégique des technologies quantiques.

Pour concrétiser cette vision, la stratégie se concentre sur cinq domaines interconnectés.

- **Domaine 1 Recherche et innovation:** consolider l'excellence dans toute l'Europe pour jouer un rôle de premier plan dans la science quantique et sa transformation industrielle.
- **Domaine 2 Infrastructures quantiques:** mettre en place des pôles d'infrastructure durables, évolutifs et coordonnés pour soutenir le développement de la production, de la conception et des applications.
- **Domaine 3 Renforcer l'écosystème quantique de l'UE:** sécuriser les chaînes d'approvisionnement et l'industrialisation des technologies quantiques grâce à des investissements dans les start-up et les entreprises en expansion.
- **Domaine 4 Technologies spatiales et quantiques à potentiel à double usage (sécurité et défense):** intégrer des capacités quantiques sûres et souveraines dans les stratégies spatiales, de sécurité et de défense de l'Europe.
- **Domaine 5 Compétences quantiques:** créer une main-d'œuvre diversifiée et de classe mondiale grâce à des systèmes et des programmes d'éducation et de formation souples coordonnés et promouvoir la mobilité des talents dans l'ensemble de l'UE.

Les cinq domaines stratégiques sont soutenus par une approche de mise en œuvre intelligente. Comme décrit ci-dessous, à la section 3.1 «Principaux éléments de mise en œuvre de la stratégie pour une Europe quantique», l'approche s'appuiera sur une boucle de développement technologique tout au long du cycle de vie itérative qui reliera en permanence les découvertes scientifiques quantiques aux applications réelles et au marché, ce qui aura une incidence économique à court et à long terme. Cette approche de mise en œuvre contribuera à attirer les utilisateurs industriels et publics chefs de file, en garantissant l'accès au marché et la durabilité de l'écosystème quantique naissant de l'UE.

¹⁶ Voir la note de bas de page n° 6.

¹⁷ [La Commission dévoile la stratégie de sécurité intérieure ProtectEU — Commission européenne.](#)

¹⁸ [Communication conjointe sur une stratégie numérique internationale pour l'UE, 5 juin 2025.](#)



Figure 1: cinq domaines stratégiques pour l'Europe quantique

En complément du cycle de vie de la mise en œuvre, l'UE établira un cadre de gouvernance stratégique pour superviser et faciliter les progrès.

La stratégie s'appuie sur la déclaration européenne de 2023 sur les technologies quantiques¹⁹, qui a marqué une étape politique essentielle en alignant les États membres sur les priorités communes et les valeurs européennes. Par ailleurs, elle repose sur les conclusions des groupes de travail d'experts de tous les États membres de l'UE²⁰, mis en place sous la coordination du groupe de coordination des technologies quantiques²¹.

2 Domaines stratégiques de l'Europe quantique

2.1 Domaine 1: Europe quantique pour la recherche et l'innovation

La base de recherche quantique de l'Europe, soutenue par plusieurs programmes européens et nationaux, a jeté une base scientifique solide. Au cours des cinq dernières années, l'UE a investi près de 2 milliards d'EUR dans les technologies quantiques, auxquels s'ajoutent plus de 9 milliards d'EUR de fonds publics supplémentaires provenant des États membres. Ces fonds ont soutenu la recherche et l'éducation quantiques, la création de pôles quantiques nationaux et de centres de supercalculateurs quantum-classique hybrides, l'industrie des technologies quantiques et des partenariats internationaux.

Malgré des financements nationaux et européens importants, la recherche quantique en Europe reste fragmentée entre les États membres et les instruments, ce qui entraîne une duplication des efforts, des lacunes dans les domaines prioritaires et une concurrence pour les talents rares. L'Europe ne sera pas à la hauteur de ses ambitions quantiques sans coordination et si l'approche ne se concentre pas sur des priorités stratégiques communes.

La Commission propose donc une **initiative «Europe quantique pour la recherche et l'innovation»** spécifique. Cette initiative visera à aligner les efforts de l'UE et des États membres sur un programme convenu d'un commun accord en matière de recherche, de technologie et d'innovation. Elle concentrera les efforts autour de thèmes communs et fixera des objectifs communs afin de garantir la cohérence, d'éviter les chevauchements et de constituer une masse critique.

Cette initiative s'articulera autour des étapes clés suivantes:

¹⁹ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-declaration-quantum-technologies>.

²⁰ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/shaping-european-strategy-quantum-technology-main-orientations-and-recommendations>.

²¹ <https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/expert-groups/consult?lang=en&groupID=3931>.

- **découvrir:** soutenir les actions de recherche fondamentale, de développement technologique et d'innovation dans le domaine de l'informatique, de la communication et de la détection quantiques;
- **du laboratoire à la fabrication:** investir davantage dans la construction d'infrastructures de pointe en matière d'informatique, de communication et de détection quantiques, de matériels quantiques et de technologies génériques pertinentes, ainsi que dans des lignes pilotes d'avant-garde et des outils de conception pour soutenir l'industrialisation et le développement des écosystèmes;
- **appliquer et utiliser:** soutenir le développement d'applications dans des secteurs publics et industriels clés, en veillant à ce que les avancées scientifiques dans tous les domaines des technologies quantiques soient traduites en applications et en incidences réelles.

Outre ce qui précède, l'initiative inclura également des investissements dans l'attraction des talents et le développement des compétences afin de garantir une future main-d'œuvre industrielle quantique bien formée.

L'initiative «Europe quantique pour la recherche et l'innovation» sera mise en œuvre au moyen d'un cadre de gouvernance au niveau de l'UE, qui sera défini dans la future proposition d'acte législatif sur les technologies quantiques. Parallèlement, le mandat de l'entreprise commune EuroHPC²² sera étendu au moyen d'une modification de son règlement fondateur, garantissant une coordination harmonieuse avec Horizon Europe, le programme pour une Europe numérique, les programmes spatiaux et de défense de même que d'autres instruments de financement.

- Modifier le règlement établissant l'entreprise commune EuroHPC afin d'étendre son champ d'application à toutes les technologies quantiques et, dans un premier temps, transférer à l'entreprise commune les activités actuelles de recherche et d'innovation dans le domaine des technologies quantiques du pilier 2 d'Horizon Europe [T3 2025]
- Présenter la proposition d'acte législatif sur les technologies quantiques [2026]

2.2 Domaine 2: infrastructures dans l'Europe quantique

L'UE investit aujourd'hui dans des initiatives majeures en matière d'infrastructures quantiques, telles que les systèmes d'informatique quantique dans le cadre de l'entreprise commune EuroHPC, l'infrastructure de communication quantique sécurisée EuroQCI²³ dans le cadre du programme de l'Union pour une connectivité sécurisée IRIS²⁴, ainsi que dans des plateformes de détection avancées. L'UE investit par ailleurs dans plusieurs lignes pilotes dans le cadre de l'entreprise commune «Semi-conducteurs»²⁵ afin de préparer l'industrialisation des technologies quantiques en Europe.

Ces infrastructures quantiques financées par des fonds publics constituent un catalyseur stratégique pour les ambitions quantiques de l'Europe. Elles fournissent un accès à des systèmes et plateformes quantiques de pointe qui, sans cela, resteraient hors de portée pour la plupart des parties prenantes et des utilisateurs quantiques européens en raison des coûts élevés de développement et d'accès, de la complexité technique ou de la nécessité de services spécifiques, tels que des communications sécurisées. Elles offrent un banc d'essai pour l'innovation, un terrain de formation pour les talents et un espace permettant à l'industrie, aux

²² Le [RÈGLEMENT \(UE\) 2021/1173 DU CONSEIL](#) établissant l'entreprise commune pour le calcul à haute performance européen.

²³ [L'initiative «infrastructure européenne de communication quantique» \(EuroQCI\) | Façonner l'avenir numérique de l'Europe.](#)

²⁴ [IRIS² | Connectivité sécurisée — Commission européenne, règlement \(UE\) 2023/588.](#)

²⁵ [Règlement \(UE\) 2023/1782 du Conseil établissant l'entreprise commune «Semi-conducteurs».](#)

PME et aux chercheurs d'expérimenter, de comprendre et de façonner le développement de nouvelles technologies quantiques. Elles sont essentielles pour accélérer l'adoption des technologies quantiques, renforcer les capacités industrielles et faire en sorte que les avantages quantiques soient largement répartis dans l'ensemble de l'Union.

À l'avenir, l'UE maintiendra et étendra ses investissements dans les infrastructures quantiques publiques dans les **domaines de l'informatique et de la simulation, des communications et de la détection**, comme expliqué ci-dessous.

2.2.1 Informatique et simulation quantiques

L'informatique quantique a le potentiel de révolutionner notre capacité à résoudre des problèmes complexes d'optimisation du calcul qui dépassent largement les capacités mêmes des systèmes de calcul à haute performance (CHP) les plus puissants. Son incidence devrait être catalytique dans de nombreux domaines, par exemple, dans la simulation pharmaceutique et chimique, elle pourrait permettre la découverte de nouveaux médicaments et produits chimiques, dans le domaine de l'énergie, l'informatique quantique peut aider à découvrir de nouveaux matériaux pour batteries ou des supraconducteurs haute température, elle présente également une forte promesse d'améliorations dans des domaines tels que la logistique et le financement. En outre, les ordinateurs quantiques peuvent résoudre ces problèmes d'une manière beaucoup plus économe en énergie que les supercalculateurs classiques. Plutôt que de remplacer les systèmes de CHP, les ordinateurs quantiques les complèteront, agissant en tant qu'accélérateurs pour renforcer les performances globales de la solution informatique, en produisant des résultats beaucoup plus rapidement et d'une manière beaucoup plus économe en énergie. Les technologies quantiques sont également de plus en plus employées en parallèle et à l'appui de l'IA. Par exemple, elles peuvent accélérer l'entraînement des modèles d'IA, tandis que l'IA contribue à la correction des erreurs quantiques, renforçant ainsi la fiabilité globale du système.

L'informatique quantique se trouve actuellement à un stade décisif: bien qu'il existe des processeurs quantiques à petite échelle, le principal défi mondial consiste à passer à des ordinateurs quantiques pleinement opérationnels capables de démontrer de manière certaine l'avantage de l'informatique quantique. Le principal défi à relever aujourd'hui est de construire des machines à plus grande échelle qui puissent offrir un avantage quantique clair²⁶ par rapport aux ordinateurs classiques. Au cours des cinq à dix prochaines années, la capacité des ordinateurs quantiques à résoudre des problèmes réels augmentera considérablement. C'est la raison pour laquelle l'UE et ses États membres, ainsi que d'autres acteurs majeurs, de l'Australie aux États-Unis en passant par le Canada, la Chine, le Japon, la Corée du Sud et le Royaume-Uni, investissent massivement dans la course aux technologies quantiques afin de s'assurer un rôle de premier plan dans la révolution quantique²⁷. De multiples plateformes d'informatique quantique sont en cours de développement, chacune reposant sur une approche

²⁶ OCDE (2025), «[A Quantum Technology Policy Primer](#)» (Une politique en matière de technologies quantiques primaire). L'*avantage quantique* désigne le moment où un ordinateur quantique exécute une tâche spécifique de manière plus efficace, plus rapide, avec une plus grande précision ou avec moins d'énergie que les meilleurs supercalculateurs classiques possibles. Cette étape importante marque une démonstration pratique de la supériorité de l'informatique quantique pour certains problèmes de calcul, même si cela ne concerne que des domaines restreints.

²⁷ Par exemple, l'initiative quantique nationale américaine (<https://www.quantum.gov/>), la feuille de route quantique de la Chine à l'horizon 2030, la stratégie japonaise pour la technologie quantique et l'innovation pour la technologie quantique et l'innovation (https://www8.cao.go.jp/cstp/english/strategy_r08.pdf), la stratégie quantique nationale de l'Australie (<https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-05/national-quantum-strategy.pdf>), la stratégie quantique nationale du Canada (<https://ised-isde.canada.ca/site/strategie-quantique-nationale/fr/strategie-quantique-nationale-canada>) et la stratégie quantique nationale britannique (<https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy>).

technologique différente²⁸. Le tableau 1 énumère les ordinateurs quantiques fournis par des entreprises ayant leur siège dans différentes régions du monde.

Plateforme technologique	Circuit supraconducteur	Pièges à ions	Atomes froids	Photonique	Qubits de spin
 Machines dans l'UE	 17	 6	 8	 5	 3
 Machines au R-U	4	6	0	5	2
 Machines aux É-U	26	7	4	2	0
 Machines au Canada	13	0	0	1	0
 Machines en Chine	2	0	0	0	0
 Machines du RDM²⁹	1	0	0	1	3

Tableau 1: paysage des fournisseurs d'informatique et de simulation quantiques

L'Europe, par l'intermédiaire de programmes nationaux et de l'initiative phare de l'UE concernant les technologies quantiques³⁰, développe actuellement toutes les grandes technologies d'informatique quantique, comme illustré ci-dessus. Ces efforts ont débouché sur des prototypes fonctionnels, des boîtes à outils logicielles et plusieurs entreprises créées par essaimage dans le domaine des très hautes technologies. De plus, grâce à l'entreprise commune EuroHPC, l'Europe déploie déjà ses premiers prototypes de systèmes d'informatique quantique dans plusieurs États membres (voir figure 2). Ce déploiement précoce sert deux objectifs essentiels: il soutient l'émergence d'une industrie quantique européenne autonome, souveraine et compétitive en créant un marché précoce pour les fournisseurs de matériel et de logiciels, tout en permettant le développement du marché intérieur en augmentant le nombre et l'ampleur des cas d'utilisation et des utilisateurs.

L'Europe a également permis avec succès l'hybridation précoce des ordinateurs quantiques avec le CHP, ce qui a permis d'atteindre l'objectif de la décennie numérique de l'Europe, à savoir disposer du premier ordinateur à accélération quantique d'ici à 2025³¹. Il s'agit d'un jalon stratégique: il soutient l'écosystème européen du matériel quantique, favorise l'émergence de cas d'utilisation industrielle et jette les bases de systèmes hybrides plus avancés — tout cela contribue à l'objectif à long terme de parvenir à une capacité d'informatique quantique complète d'ici à 2030. Cette hybridation permettra également l'utilisation d'ordinateurs quantiques par les fabriques d'IA européennes³², contribuant ainsi à

²⁸ Des exemples représentatifs de plateformes informatiques reposent sur des circuits supraconducteurs, des ions piégés, des atomes neutres, la photonique, des diamants ou des qubits de spin. Chacun d'entre eux présente des avantages et des défis d'ingénierie distincts en ce qui concerne l'évolutivité informatique, la fidélité et la cohérence.

²⁹ Reste du monde.

³⁰ [Page d'accueil de l'initiative phare concernant les technologies quantiques](#) | Initiative phare concernant les technologies quantiques.

³¹ Les plateformes hybrides quantiques/de CHP intègrent des processeurs quantiques avec des systèmes de CHP classiques afin de permettre un cotraitement précoce, les processeurs quantiques faisant office d'accélérateurs de calcul des supercalculateurs traditionnels. Trois plateformes hybrides, en France, en Allemagne et en Finlande, sont désormais opérationnelles au sein d'EuroHPC et des infrastructures nationales. D'ici la fin de l'année 2025, l'hybridation sera la norme dans toutes les installations européennes d'informatique quantique, consolidant ainsi une avancée significative.

³² [Fabriques d'IA](#) | [Façonner l'avenir numérique de l'Europe](#).

la réalisation des objectifs du plan d'action pour un continent de l'IA³³.

À l'avenir, l'initiative «Europe quantique pour la recherche et l'innovation» continuera de soutenir les activités coordonnées visant à accélérer la transition des dispositifs quantiques de première génération d'aujourd'hui à des machines pleinement opérationnelles. L'objectif est de donner à l'Europe les moyens d'acquérir des ordinateurs quantiques de nouvelle génération principalement auprès de fournisseurs de l'UE, tout en étendant progressivement ces plateformes pour atteindre environ 100 qubits ayant fait l'objet d'une correction d'erreur³⁴ par système d'ici à 2030, objectif aligné sur les feuilles de route sectorielles pour obtenir un avantage informatique significatif. **D'ici à 2035, l'Europe entend devenir le premier continent à atteindre une échelle de milliers de qubits ayant fait l'objet d'une correction d'erreur par plateforme, seuil jugé nécessaire pour résoudre les problèmes réels.**

La réalisation de cette étape marquerait un tournant décisif dans l'avantage quantique pratique³⁵ et permettrait à l'Europe de se positionner comme un leader mondial dans le domaine de l'informatique quantique. Elle renforcera le développement des entreprises européennes d'informatique quantique et contribuera à favoriser le développement et la mise en œuvre d'applications pour les utilisateurs chefs de file tout en renforçant l'autonomie technologique de l'Union.



Figure 2: carte des supercalculateurs, des ordinateurs quantiques et des simulateurs d'EuroHPC

³³ [Continent de l'IA — Commission européenne.](#)

³⁴ Les ordinateurs quantiques actuels produisent des résultats qui ne sont pas encore totalement exacts (les calculs quantiques restent sujets à des erreurs significatives). La mise en œuvre d'une correction efficace des erreurs, qui se traduira par des qubits ayant fait l'objet d'une correction d'erreur (c'est-à-dire les unités de traitement d'un ordinateur quantique) fournissant des résultats de calcul précis, est donc une étape cruciale pour tout futur ordinateur quantique pleinement opérationnel.

³⁵ Voir la note de bas de page n° 26.

Dans le même temps, **l'Europe continuera d'investir dans des simulateurs quantiques**³⁶, qui peuvent imiter le comportement d'un système quantique tout en utilisant du matériel moins complexe. Ces simulateurs quantiques permettent déjà des avancées dans la science des matériaux, la chimie quantique et la physique fondamentale. L'Europe est à l'avant-garde du développement et du déploiement de ces plateformes, qui devraient produire des résultats précieux plus tôt que les ordinateurs quantiques universels en raison de la baisse des besoins en matériel.

Une *feuille de route de l'UE pour l'informatique quantique et la simulation* sera élaborée, établissant des critères de référence clairs et un processus de suivi pour suivre les progrès technologiques et la maturité des différents types de plateformes quantiques. La feuille de route permettra d'évaluer régulièrement celles d'entre elles qui sont les plus avancées ou les plus prometteuses à long terme. Cette approche fondée sur des données probantes guidera les décisions stratégiques de l'Europe et contribuera à donner la priorité aux futurs investissements publics dans l'informatique quantique.

- Publier la feuille de route de l'UE pour l'informatique quantique et la simulation [2026]
- Augmenter le nombre et la capacité des systèmes d'informatique quantique basés sur EuroHPC [à partir de 2026] et mettre en place un cadre de surveillance pour l'informatique quantique [2026]

2.2.2 Communications quantiques

La communication quantique permet une transmission de données ultra-sécurisée et protège les infrastructures critiques et les informations sensibles contre les futures cybermenaces fondées sur la technologie quantique³⁷. Elle permet en outre de mettre en place les réseaux de communication quantique nécessaires à l'interconnexion des dispositifs quantiques tels que les capteurs et les ordinateurs au sein d'un réseau appelé «**internet quantique**». Grâce à son potentiel à double usage, elle soutient à la fois les applications civiles (par exemple, la protection des transactions financières, la sécurisation des réseaux publics) et les besoins en matière de défense (par exemple, des communications sécurisées pour les opérations militaires et de sécurité nationale). Grâce à des initiatives telles que l'**EuroQCI**³⁸ et l'**internet quantique**, l'UE met en place des infrastructures de communication quantique totalement autonomes et fiables, qui protégeront les flux de données critiques, les communications publiques sécurisées et les infrastructures critiques, et renforceront la sécurité intérieure de l'Europe conformément à la stratégie protectEU³⁹.

L'initiative EuroQCI

L'initiative EuroQCI met en place une infrastructure de communication quantique sécurisée couvrant l'ensemble de l'UE, y compris ses territoires d'outre-mer. Elle s'inscrit dans le cadre de l'initiative IRIS² de l'Union et sera composée d'un segment terrestre reposant sur des réseaux de communications par fibre optique reliant des sites stratégiques aux niveaux national et transfrontalier, ainsi que d'un segment spatial s'appuyant sur des satellites.

L'initiative progresse rapidement, 26 États membres déployant actuellement des réseaux nationaux terrestres de communication quantique, qui seront également utilisés pour tester un

³⁶ PASQuanS2: [Simulation quantique programmable à grande échelle atomique 2 — SGA1 PASQuanS2.1 | Projet | Fiche d'information | HORIZON | CORDIS! Commission européenne.](#)

³⁷ La menace que représente l'ordinateur quantique pour les protocoles cryptographiques actuels.

³⁸ [L'initiative «infrastructure européenne de communication quantique» \(EuroQCI\) | Façonner l'avenir numérique de l'Europe.](#)

³⁹ [La Commission dévoile la stratégie de sécurité intérieure ProtectEU — Commission européenne.](#)

satellite sécurisé de distribution quantique de clés de communication (DQC) (Eagle 1), dont le lancement est prévu en 2026 et qui sera le premier démonstrateur européen en orbite.

Ces réseaux terrestres de communication quantique sont utilisés pour mettre en œuvre et tester la DQC en conditions réelles. Parmi les projets pilotes figurent la transmission sécurisée de données médicales entre hôpitaux, la communication cryptée entre les institutions gouvernementales et les liaisons de DQC pour les infrastructures critiques telles que les centres de contrôle du réseau électrique. Ils démontrent comment la DQC peut préserver les services publics essentiels et les opérations nationales.

Pour soutenir ce déploiement, l'UE tire parti d'une chaîne d'approvisionnement entièrement européenne en composants, dispositifs et systèmes quantiques⁴⁰. Une installation complète de test et d'évaluation de la DQC est également en cours de déploiement. Elle offre des environnements de précertification pour les composants de la DQC et prépare leur intégration dans des systèmes de bout en bout et des architectures de réseau⁴¹.

En outre, cette activité est étroitement liée aux politiques de l'UE en matière de cybersécurité, telles que la directive SRI 2, la révision prochaine du règlement sur la cybersécurité et la feuille de route de l'Agence de l'Union européenne chargée de la sécurité des réseaux et de l'information (ENISA) sur la cryptographie post-quantique afin de veiller à ce que les infrastructures de communication, de détection et d'informatique quantiques mettent en œuvre d'emblée des mesures de sécurité de niveau de défense, des contrôles de l'intégrité de la chaîne d'approvisionnement et des capacités de réaction aux incidents.

D'autres régions de premier plan investissent également dans des capacités quantiques terrestres et spatiales sécurisées. La Chine, par exemple, a fait la démonstration d'une DQC depuis l'espace jusqu'au sol et a développé plus de 2 000 km de liaisons terrestres interurbaines sécurisées⁴². Les États-Unis, de leur côté, investissent massivement dans des bancs d'essai pour l'internet quantique et dans des partenariats de laboratoires nationaux, mais n'ont pas encore lancé de programme de communication fédérée et sécurisée à l'échelle continentale. Le modèle européen, qui intègre les segments terrestre et satellitaire via IRIS² et s'appuie sur des principes sûrs dès la conception et sur des composants contrôlés par l'UE, place l'UE à l'avant-garde du développement de réseaux quantiques fiables.

Au cours de la période 2025-2035, l'UE étendra encore l'initiative EuroQCI.

Premièrement, au cours de la période 2025-2030, l'UE **déployera des liaisons quantiques terrestres transfrontalières reliant les États membres**, ainsi que des stations terrestres reliant les segments terrestres EuroQCI aux satellites EuroQCI pour la distribution spatiale de clés quantiques. D'ici 2030, un premier réseau expérimental de communication sécurisée terrestre et spatial entièrement interconnecté au niveau de l'UE sera ainsi créé.

Deuxièmement, l'UE **facilitera l'adoption par le marché et la certification en matière de sécurité**. Elle continuera à soutenir la poursuite du développement, de la maturation et du déploiement des technologies et protocoles de communication quantique⁴³ ainsi que leur

⁴⁰ «Ces technologies comprennent les générateurs de nombres aléatoires quantiques (QRNG), les sources et détecteurs quantiques monophotoniques, les modules de DQC reposant sur l'intrication et les plateformes intégrées de télécommunications. La chaîne d'approvisionnement est certifiée dans le cadre du programme de l'Union pour une connectivité sécurisée [règlement (UE) 2023/588].»

⁴¹ Cette installation permet une caractérisation rigoureuse, des essais de sécurité et un soutien précoce à la normalisation, en étroite adéquation avec les activités de l'Institut européen de normalisation des télécommunications (ETSI) — Distribution de clés quantiques www.etsi.org/technologies/quantum-key-distribution.

⁴² Par l'intermédiaire de son réseau dorsal Beijing-Shanghai et de son programme satellitaire Micius, auquel a succédé Jinan-1.

⁴³ Parmi les exemples de ces technologies figurent les mémoires optiques haute fidélité à longue durée de vie de nouvelle génération, qui sont indispensables pour le fonctionnement des répéteurs quantiques, ainsi que la

intégration régulière dans EuroQCI. Le segment spatial EuroQCI sera également modernisé afin de fournir des services de DQC sécurisés de bout en bout sur Terre et dans l'espace, qui seront progressivement intégrés dans la prochaine génération de services spatiaux IRIS². L'infrastructure EuroQCI dans son ensemble sera certifiée dans le cadre d'un système harmonisé de l'UE afin de garantir la confiance et la conformité.

L'initiative sur l'internet quantique

L'initiative sur l'internet quantique complète EuroQCI en préparant la future génération de réseaux quantiques. Elle jette les bases de l'informatique et de la détection quantiques distribuées et du partage de données ultra-sécurisé.

L'Europe a déjà défini une spécification d'architecture complète pour un réseau Internet quantique et a démontré la mise en réseau quantique à l'échelle métropolitaine⁴⁴. Des cadres d'utilisation ont été mis en place et la création d'écosystèmes est en cours avec le lancement du forum technologique de l'alliance pour l'internet quantique (AIQ)⁴⁵, le premier forum ouvert mondial consacré à l'internet quantique. L'Europe a également déjà vu apparaître ses premières retombées industrielles et ses premiers lancements de produits liés à l'Internet quantique, ce qui témoigne du transfert précoce de technologies vers l'industrie dans ce domaine.

L'initiative «Europe quantique pour la recherche et l'innovation» soutiendra la poursuite de l'évolution technologique de l'internet quantique⁴⁶ et garantira l'interopérabilité entre les différentes plateformes informatiques sous-jacentes. En 2026, elle soutiendra le lancement d'une installation pilote pour l'internet quantique européen, permettant de tester des composants clés sûrs pour le quantum et des cas d'utilisation précoce, des services de quantum-nuage sécurisés, l'informatique distribuée et des environnements de validation avancés reliant la recherche et le déploiement avant leur pleine exploitation. L'objectif est de **déployer un réseau de communication quantique sûr et pleinement opérationnel d'ici à 2030, première étape vers un internet quantique fédéré**. Cela contribuera également à positionner l'UE à l'avant-garde de la normalisation internationale dans ce domaine. Parallèlement, étant donné que l'avancée de l'informatique quantique présente des risques pour la sécurité de nos communications⁴⁷, l'UE et ses États membres mettent actuellement en œuvre la **recommandation sur la cryptographie post-quantique**⁴⁸ et viennent de publier une **feuille de route**⁴⁹ pour la transition vers la cryptographie post-quantique.

construction et la démonstration de répéteurs quantiques pleinement opérationnels reliant des réseaux métropolitains, testés aussi bien en laboratoire qu'en conditions réelles.

⁴⁴ L'initiative a permis de réaliser avec succès l'*intrication* entre deux nœuds de réseau quantique fonctionnant de manière indépendante, séparés par 10 km de fibre optique. De même, des progrès technologiques ont été accomplis avec le développement de matériel pour l'Internet quantique, y compris des technologies de répéteurs quantiques et des nœuds de répéteurs quantiques, de même que des progrès dans les piles logicielles quantiques. <https://quantuminternetalliance.org/>.

⁴⁵ <https://quantuminternetalliance.org/>.

⁴⁶ Exemples: évolutivité de la mémoire quantique, distribution solide de l'intrication et développement de piles logicielles pour réseaux quantiques.

⁴⁷ Par exemple, dans un concept connu sous le nom de «stocker maintenant, décrypter plus tard», les acteurs criminels accumulent déjà des informations cryptées, telles que des bases de données volées, des fichiers protégés ou des données de communication, et les conservent en vue de les décrypter plus tard à l'aide d'ordinateurs quantiques à des fins malveillantes. Voir par exemple: [The Second Quantum Revolution: the impact of quantum computing and quantum technologies on law enforcement](#) (La deuxième révolution quantique: impact de l'informatique et des technologies quantiques sur les services répressifs, Europol rapport de 2024).

⁴⁸ [Recommandation relative à une feuille de route pour la mise en œuvre coordonnée de la transition vers la cryptographie post-quantique | Façonner l'avenir numérique de l'Europe](#).

⁴⁹ Cette feuille de route précise les algorithmes, les normes de développement et les systèmes de certification quantiques sûrs à mettre en place afin de protéger les informations sensibles et les infrastructures critiques. [L'UE renforce sa cybersécurité grâce à la cryptographie post-quantique | Façonner l'avenir numérique de l'Europe](#).

- Déployer le premier réseau expérimental de communication quantique terrestre et spatiale interconnecté avec l'UE [d'ici à 2030]
- Publier une feuille de route pour la communication quantique [2026]
- Lancer une installation pilote pour l'internet quantique européen [2026]

2.2.3 Détection quantique

La détection quantique exploite les propriétés quantiques pour mesurer des caractéristiques physiques avec une sensibilité et une précision sans précédent, surpassant largement les capacités des capteurs classiques⁵⁰. Elle recèle un énorme potentiel dans de nombreux domaines divers, allant des soins de santé à la défense, l'espace ou la navigation en passant par le changement climatique ou la surveillance des ressources en eaux souterraines.

L'initiative phare de l'UE concernant les technologies quantiques a joué un rôle de premier plan dans la promotion des technologies de détection quantique, de la science fondamentale à la recherche axée sur les applications. Des prototypes fonctionnels sont déjà testés en conditions réelles, démontrant ainsi le leadership européen tant en matière d'innovation dans le domaine des capteurs que dans la préparation du terrain pour le déploiement industriel et l'adoption dans des applications à double usage.

Gravimètres quantiques

L'UE développe actuellement **un réseau de gravimètres quantiques mobiles et fixes**⁵¹, qui permettent de détecter des éléments souterrains situés jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres sous terre, notamment des réservoirs d'eau, des gisements de gaz, des ressources minérales, des chambres magma ou des infrastructures enterrées. Ces gravimètres sont particulièrement utiles pour surveiller les changements souterrains au fil du temps et soutenir des applications dans les domaines de la science de la Terre et de la géophysique (y compris la cartographie du sous-sol et l'alerte précoce en cas de séisme), de la science du climat (par exemple, le suivi de la fonte des glaciers et de l'épuisement des nappes phréatiques), de la prévention des risques naturels et du génie civil ainsi que des applications stratégiques dans le domaine de la défense et de la protection civile, telles que la détection de structures artificielles souterraines et la surveillance des infrastructures critiques.

Dans le cadre de l'initiative phare concernant les technologies quantiques, au cours des trois à cinq prochaines années, un réseau de gravimètres sera déployé au sol dans toute l'Europe, complété par des gravimètres embarqués sur des plateformes à haute altitude. Parallèlement, l'UE prévoit de lancer un premier **vol d'exploration de la gravimétrie** spatiale quantique⁵² après 2030. L'intégration de la gravimétrie quantique dans le cadre des missions de suivi IRIS² sera également étudiée. Ces efforts pourraient ouvrir la voie à un réseau complet de gravimètres terrestres, aériens et spatiaux à des fins d'observation de la Terre, en soutenant à la fois la recherche scientifique et les applications stratégiques, notamment celles présentant un potentiel à double usage.

Imagerie à résonance magnétique quantique (Q-IRM)

⁵⁰ Par exemple, les avantages de la détection quantique par rapport aux techniques de détection traditionnelles sont les suivants: une plus grande sensibilité de détection des quantités physiques telles que les champs magnétiques, la température, la gravité, etc., l'amélioration de l'exactitude et de la précision des mesures, meilleure résolution.

⁵¹ Taking atom interferometric quantum sensors from the laboratory to real-world applications (Capteurs quantiques interférométriques à atomes: du laboratoire aux applications réelles), Nature Reviews Physics, 1, p. 731-739, <https://doi.org/10.1038/s42254-019-0117-4>.

⁵² <https://carioqa-quantum Pathfinder.eu/>: dirigée par CNES, DLR et Airbus.

Dans le domaine du diagnostic médical, la recherche de l'UE a ouvert la voie à l'imagerie améliorée grâce à la technologie quantique à l'aide de capteurs quantiques pour mesurer les signaux magnétiques au niveau moléculaire. Ces systèmes offrent d'énormes promesses en matière de médecine de précision et de soins de santé personnalisés en accélérant la détection du cancer et des maladies neurodégénératives et en modernisant les infrastructures de diagnostic de l'Europe.

En 2025, dans le cadre de l'initiative phare concernant les technologies quantiques, l'UE soutiendra la mise en place de l'**infrastructure pilote Q-IRM**⁵³ européenne dans un certain nombre d'États membres. Cette infrastructure permettra la validation clinique des systèmes d'IRM améliorés par la technologie quantique⁵⁴ et offrira aux centres de recherche, hôpitaux et partenaires industriels agréés un accès ouvert afin de tester les prototypes d'imagerie quantique approuvés. En intégrant des outils d'analyse fondés sur l'IA, l'infrastructure renforcera la précision du diagnostic, soutiendra une intervention plus précoce et contribuera à réduire les coûts globaux des soins de santé. Au fil du temps, ce réseau sera progressivement étendu à d'autres États membres.

L'initiative «Europe quantique pour la recherche et l'innovation» continuera également de financer la poursuite de la recherche et du développement dans le domaine des capteurs Q-IRM et l'intégration de ces derniers dans les infrastructures de recherche dans le domaine de la santé publique, ouvrant ainsi la voie à leur industrialisation.

Outre ce qui précède, l'UE continuera de soutenir la recherche sur **la sensibilité accrue et les nouveaux contrastes d'imagerie** qui débloquent de nouvelles capacités de diagnostic, notamment dans le domaine de la neurologie (par exemple, les troubles de la connectivité cérébrale au stade précoce de la maladie d'Alzheimer) ou de l'oncologie (par exemple, la détection du cancer par imagerie métabolique).

Afin de renforcer son positionnement stratégique et sa planification dans le domaine des technologies de détection quantique et des infrastructures de métrologie et d'essai, **l'UE élaborera une feuille de route européenne coordonnée pour la détection, la mesure et les essais quantiques** et soutiendra les efforts de normalisation pertinents en collaboration avec les instituts de métrologie et les États membres. L'un des principaux objectifs sera également de garantir l'autonomie stratégique européenne grâce à des chaînes d'approvisionnement sûres et conformes pour les composants et systèmes de détection critiques.

- Déployer un système distribué de gravimètres dans toute l'Europe [à partir de 2026]
- Publier une feuille de route pour la détection quantique [2026]
- Mettre en place une infrastructure pilote européenne de Q-IRM et la développer dans toute l'Europe [à partir de 2025]

2.3 Domaine 3: l'écosystème de l'Europe quantique

Un écosystème quantique dynamique, interconnecté et solide est essentiel à la capacité à long terme de l'Europe à développer et à déployer des technologies quantiques à grande échelle. Aujourd'hui, l'écosystème quantique européen comprend environ 70 start-up et entreprises en expansion, des investisseurs dans le domaine des deep tech, des organismes de recherche et d'innovation, des pôles de compétences nationaux et des chaînes d'approvisionnement industrielles. **Toutefois, cet écosystème reste très fragile.** Il est dominé par les **petites start-up et entreprises en expansion qui sont confrontées à des obstacles importants à la croissance: des flux de recettes instables, un accès limité aux capitaux d'expansion et une demande industrielle limitée** à court terme. En outre, l'UE manque de fournisseurs de

⁵³ [Diagnostic par IRM métabolique amélioré par la technologie quantique et alimenté par l'IA.](#)

⁵⁴ Ils seront déployés sous la forme d'essais cliniques contrôlés au titre du règlement de l'UE relatif aux dispositifs médicaux.

matériel quantique à grande échelle et d’ancrage des utilisateurs finaux capables de catalyser la demande et d’accélérer l’adoption industrielle. Cette faiblesse structurelle limite à la fois l’investissement privé et l’émergence de chaînes d’approvisionnement critiques.

En l’absence d’une intervention coordonnée et de voies accessibles vers de véritables débouchés commerciaux, bon nombre de ces start-up risquent de disparaître ou de relocaliser vers des écosystèmes plus favorables en dehors de l’Europe.

Pour soutenir cet écosystème, l’Europe doit prendre des mesures décisives pour encourager l’industrialisation, accroître les acteurs prometteurs, garantir des chaînes d’approvisionnement stratégiques, développer des marchés pilotes, protéger les actifs stratégiques et former la prochaine génération de professionnels quantiques.

2.3.1 Du laboratoire à la fabrication et à l’industrialisation

Le marché mondial des technologies quantiques est toujours en plein essor. De 2 à 3 milliards d’EUR aujourd’hui, il devrait atteindre 155 milliards d’EUR d’ici à 2040⁵⁵. Compte tenu de ces perspectives de croissance, il est nécessaire de mettre en place une stratégie d’industrialisation coordonnée et unifiée de l’UE afin de permettre aux entreprises européennes de tirer parti de cette occasion à venir.

Les **puces quantiques** sont le principal catalyseur qui sous-tend l’industrialisation quantique et le développement du marché. Aujourd’hui, toutefois, leur évolution se trouve à un stade comparable à celui des semi-conducteurs il y a 30 à 40 ans, la plupart des dispositifs quantiques actuels étant principalement des modèles propriétaires et, dans une large mesure, fabriqués à la main.

L’Europe doit rapidement évoluer vers la première fabrication à grande échelle et à faible coût de puces quantiques, en utilisant autant que possible des procédés compatibles avec ceux de la microélectronique et de la photonique ou en développant de nouveaux procédés si nécessaire. Cette approche permettrait de tirer parti des infrastructures existantes des semi-conducteurs, de réduire les coûts et d’accélérer le délai de mise sur le marché des puces et dispositifs quantiques.

Dans cette optique, l’UE **lancera prochainement ses six premières lignes pilotes quantiques dans le cadre de l’entreprise commune «Semi-conducteurs»**, conformément au règlement européen sur les semi-conducteurs⁵⁶. Grâce à un financement conjoint de l’UE et des États membres de 40 à 50 millions d’EUR par ligne pilote, elles soutiendront le prototypage précoce, la validation de la conception et le développement de processus, tout en encourageant les cas d’utilisation pratique en collaborant étroitement avec l’industrie. Ces six lignes pilotes permettront d’étendre les bases jetées par les lignes pilotes expérimentales de l’initiative phare concernant les technologies quantiques⁵⁷ à des lignes pilotes industrielles.

Au cours des trois à cinq prochaines années, ces efforts permettront à l’Europe de progresser et de consolider les technologies et processus quantiques et autres technologies et processus génériques, avant de construire les premières fonderies quantiques, à l’horizon 2030. Afin de soutenir la planification complète de l’industrialisation et sa mise en œuvre, et conformément à la boussole pour la compétitivité de l’UE, **la Commission publiera une feuille de route à grande échelle pour l’industrialisation des puces quantiques d’ici à 2026.**

Étant donné que les installations et bibliothèques de conception sont fondamentales pour tout écosystème de puces quantiques, l’UE lancera une **installation de conception quantique** dans le cadre de l’entreprise commune «Semi-conducteurs». L’installation fonctionnera

⁵⁵ McKinsey — [Moniteur des technologies quantiques — 2024](#).

⁵⁶ Règlement (UE) 2023/1781: [Règlement européen sur les semi-conducteurs](#) | [Façonner l’avenir numérique de l’Europe](#).

⁵⁷ [QU-PILOT](#) et [QU-TEST](#).

parallèlement à la plateforme de conception en nuage de l'industrie des semi-conducteurs et sera connectée aux lignes pilotes quantiques.

L'interopérabilité technique et de nouvelles normes seront également nécessaires pour faciliter l'industrialisation quantique. En 2026, l'UE publiera donc **une feuille de route européenne sur les normes quantiques** et, en collaboration avec les États membres, soutiendra une participation active des acteurs du secteur dans les organismes de normalisation européens et internationaux.

2.3.2 Renforcer et développer l'écosystème quantique européen émergent

Pour que l'écosystème quantique européen puisse véritablement se développer, les mesures suivantes seront mises en place.

Premièrement, **la mise en place d'un réseau centralisé, à l'échelle européenne, de bancs d'essai quantique en libre accès**. Les technologies quantiques reposent sur des systèmes et des laboratoires hautement sensibles⁵⁸ qui sont complexes sur le plan technique et extrêmement coûteux. Il est donc difficile pour la plupart des acteurs, en particulier les PME et les start-up, de construire ou d'entretenir ces installations de manière indépendante. Afin d'élargir l'accès aux installations d'essai, aux équipements spécialisés et aux possibilités d'expérimentation, les installations pilotes existantes de l'initiative phare concernant les technologies quantiques sont en cours de transformation en un réseau centralisé, à l'échelle européenne, de bancs d'essai quantique en libre accès. Ces installations fourniront aux développeurs, aux start-up, aux PME et aux chercheurs des services et un accès pour tester, valider et comparer leurs dispositifs quantiques⁵⁹. Cela accélérera la transition du prototype au marché et soutiendra les efforts de certification, qui sont essentiels à l'émergence de chaînes d'approvisionnement fiables et à la confiance des consommateurs dans tous les secteurs.

Deuxièmement, **le développement des pôles de compétences quantiques**. Ces pôles sont déjà intégrés dans des écosystèmes d'innovation nationaux et régionaux dans plusieurs États membres. Il s'agit de pôles régionaux fournissant des infrastructures et des services partagés, tout en reliant les acteurs de la recherche et de l'industrie. L'initiative «Europe quantique pour la recherche et l'innovation» soutiendra le développement et la mise en réseau de ces pôles afin de couvrir l'ensemble de l'UE, y compris dans les États membres qui ne disposent pas encore de tels pôles. Les pôles de compétences quantiques serviront de centres d'expertise décentralisés, tissant le lien entre les différents acteurs de l'écosystème quantique. Ils mettront en relation les start-up, les chercheurs et les partenaires industriels avec les infrastructures, les lignes pilotes et les installations de conception à travers l'Union. Ils stimuleront la collaboration⁶⁰ et favoriseront la cohérence dans tous les domaines stratégiques quantiques — de la recherche à l'industrialisation, en passant par le développement des compétences. Tout comme les pôles européens d'innovation numérique (EDIH), les pôles de compétences quantiques offriront des services adaptés aux atouts régionaux, mais intégrés dans la coopération paneuropéenne et stimulant celle-ci.

Troisièmement, **la promotion des mécanismes de protection de la propriété intellectuelle (PI)** afin que les entreprises quantiques puissent y recourir pour assurer un contrôle stratégique sur les innovations clés et empêcher la fuite d'actifs critiques.

Quatrièmement, **l'accélération de l'adoption industrielle des technologies quantiques**. L'UE mettra en œuvre une approche coordonnée pour encourager les utilisateurs chefs de file

⁵⁸ Il s'agit, entre autres, d'environnements ultrapropres, du refroidissement cryogénique, d'installations de vide et de l'électronique de contrôle de précision, etc.

⁵⁹ Conformément à la future [stratégie européenne pour les infrastructures de recherche et de technologie](#).

⁶⁰ Conformément aux règles pertinentes de l'Union en matière d'ententes et d'abus de position dominante, telles que les lignes directrices de 2023 sur l'applicabilité de l'article 101 TFUE aux accords de coopération horizontale, le cas échéant.

tant dans le secteur public que dans le secteur privé. À cet égard, **les marchés publics constitueront un outil essentiel pour favoriser une adoption rapide et créer les premiers débouchés commerciaux**. L'entreprise commune EuroHPC soutient déjà l'achat des premiers ordinateurs quantiques dans le cadre de marchés publics. En outre, la Commission soutiendra des systèmes de passation de marchés axés sur l'innovation qui permettent aux hôpitaux, aux opérateurs d'infrastructures, aux services publics critiques et aux agences gouvernementales d'agir en tant que clients de lancement pour les solutions quantiques. Cette initiative sera soutenue par des incitations financières sur mesure et des cadres de déploiement destinés aux organismes publics qui seront prêts à jouer un rôle de précurseurs. En plaçant **les États membres en tant que premiers acheteurs institutionnels de technologies quantiques européennes**, un signal fort sera envoyé aux marchés et aux investisseurs, soutenant ainsi le développement des écosystèmes et la viabilité commerciale.

Cinquièmement, **la mise en relation des start-up quantiques avec des entreprises européennes**. Cela sera essentiel pour l'expansion du marché des start-up. La Commission, en coopération avec l'écosystème quantique⁶¹, lancera des défis sectoriels, en particulier dans les domaines de l'aérospatiale, de l'automobile, de l'énergie, de l'industrie manufacturière, de la logistique et des produits pharmaceutiques, afin d'encourager les grands acteurs industriels à devenir des partenaires stratégiques de codéveloppement et des utilisateurs de premier plan.

Enfin, un écosystème quantique en expansion nécessitera un afflux de talents pertinents. Ce point est développé plus en détail à la section 2.5 ci-dessous.

2.3.3 Investir dans les start-up et les entreprises en expansion quantiques

Alors que le financement en phase de pré-amorçage et d'amorçage est largement disponible auprès de sources publiques, l'Europe n'attire que 5 % du financement quantique privé mondial, contre plus de 50 % pour les États-Unis. Ce déficit de financement est particulièrement marqué dans les phases ultérieures de développement⁶², ce qui risque d'entraîner le rachat des start-up de l'UE par des investisseurs non européens et, partant, des pertes de PI, de technologies critiques, de souveraineté technologique et de talents.

Par conséquent, les fonds d'investissement, y compris les fonds privés bénéficiant d'un soutien public, seront encouragés à attirer d'importants investissements en capital pour le développement des technologies quantiques. Il s'agit notamment du soutien du Fonds du Conseil européen de l'innovation (CEI)⁶³, de l'initiative «Champions technologiques européens» du groupe de la Banque européenne d'investissement (BEI)⁶⁴, ou encore de garanties de première perte et de programmes de co-investissement adaptés par l'intermédiaire d'InvestEU.

La stratégie de l'UE en faveur des start-up et des entreprises en expansion, adoptée en mai 2025⁶⁵, a annoncé la création du **Fonds «Scale-up Europe»** dans le cadre du Fonds du CEI, afin de mobiliser d'importants fonds privés et de réaliser des prises de participation directes dans des secteurs stratégiques tels que les technologies quantiques. Cette stratégie propose également des solutions spécifiques visant à faciliter l'accès au financement, aux marchés

⁶¹ [Page d'accueil du consortium européen de l'industrie quantique — QuIC.](#)

⁶² [The future of European competitiveness— A competitiveness strategy for Europe](#) (l'avenir de la compétitivité européenne — une stratégie de la compétitivité pour l'Europe).

⁶³ Entre 2021 et 2024, le CEI a déjà consacré environ 350 millions d'EUR à la croissance des start-up dans le domaine des technologies quantiques. Des investissements supplémentaires du CEI dans des entreprises en expansion dans le domaine des technologies quantiques d'un montant maximal de 30 millions d'EUR par entreprise sont préparés à la suite de l'appel à propositions STEP Scaleup du CEI dans le cadre de la plateforme «Technologies stratégiques pour l'Europe».

⁶⁴ [Fonds de fonds en faveur des champions technologiques européens.](#)

⁶⁵ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy_en.

publics, aux marchés, aux services et aux talents pour les start-up et les entreprises en expansion innovantes.

En outre, comme proposé dans l'examen à mi-parcours de la politique de cohésion⁶⁶, les autorités de gestion pourraient profiter de cette occasion, avec le soutien de mesures incitatives et de flexibilités, pour réaffecter des fonds à des investissements dans, entre autres priorités, les objectifs de la plateforme «Technologies stratégiques pour l'Europe» (STEP). La Commission invite instamment les États membres et les régions, lors de la reprogrammation dans le cadre de l'examen à mi-parcours, à se concentrer sur les entreprises innovantes de pointe, en aidant les entreprises qui jouent un rôle dans les secteurs stratégiques et les chaînes de valeur européens, tels que les technologies quantiques.

Enfin, dans le cadre de l'union de l'épargne et des investissements⁶⁷, la Commission présentera des mesures visant à remédier à la fragmentation du marché unique des services financiers et à lever les obstacles à la fluidité des investissements transfrontières dans l'UE, y compris en ce qui concerne le capital-risque, qui est essentiel au développement des technologies quantiques. L'UE stimulera, entre autres, les investissements en fonds propres des investisseurs institutionnels, simplifiera les règles d'admission dans la mise en œuvre de l'acte législatif sur l'admission à la cote des PME, proposera des mesures de soutien aux sorties des investisseurs dans les entreprises privées, explorera, avec la BEI, les initiatives potentielles visant à attirer des investissements privés dans le capital-risque et le capital de croissance et à lever les obstacles aux procédures fiscales nationales⁶⁸.

2.3.4 Renforcer la sécurité de la chaîne d'approvisionnement

Un écosystème quantique dynamique soutenu par des chaînes d'approvisionnement résilientes est essentiel pour renforcer la sécurité économique de l'Europe. Si l'ouverture de longue date de l'UE au commerce, aux investissements et à la recherche a été et restera d'une importance capitale pour le développement de l'écosystème quantique de l'Europe, elle pose également certains défis. D'une part, les entreprises et chercheurs européens dans le domaine des technologies quantiques s'appuient sur un flux continu d'approvisionnement provenant de sources de confiance et en bénéficient grandement. D'autre part, ces chaînes d'approvisionnement risquent d'être instrumentalisées. Par conséquent, il est essentiel de recenser les vulnérabilités critiques de la chaîne d'approvisionnement quantique européenne et d'y remédier afin d'atténuer les risques découlant de la dépendance excessive de l'UE à l'égard de sources non européennes. Le recensement des risques et le suivi attentif de l'évolution de l'écosystème quantique émergent constituent donc un élément essentiel de l'approche européenne visant à mettre en place un paysage européen sain, sûr et compétitif dans le domaine des très hautes technologies quantiques.

Dans le cadre de la stratégie européenne en matière de sécurité économique⁶⁹ ainsi que de l'Observatoire des technologies critiques⁷⁰, et en étroite coopération avec les parties prenantes et les États membres, **la Commission procède actuellement à une évaluation des risques liés aux technologies quantiques à l'échelle de l'UE afin de recenser les vulnérabilités de la chaîne d'approvisionnement**, en se concentrant en particulier sur les matériaux, les composants et les technologies clés. L'objectif de ces évaluations est de constater les dépendances stratégiques, les goulets d'étranglement potentiels et les vulnérabilités systémiques dans la chaîne d'approvisionnement des technologies quantiques, allant des

⁶⁶ «Une politique de cohésion modernisée: l'examen à mi-parcours», COM (2025) 163.

⁶⁷ Union de l'épargne et des investissements — Commission européenne.

⁶⁸ Tout en respectant les règles applicables en matière d'aides d'État, le cas échéant.

⁶⁹ JOIN(2023) 20 final; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>. Cette stratégie englobe également des évaluations des risques en ce qui concerne la sécurité technologique et les fuites de technologies, pour lesquelles les technologies quantiques constituent l'un des quatre domaines prioritaires à ce jour.

⁷⁰ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/eu-observatory-critical-technologies_en.

matériaux rares aux composants de précision, en passant par l'électronique de contrôle et les piles logicielles. Les conclusions serviront de base à des mesures d'atténuation ciblées, notamment la diversification des fournisseurs, le renforcement des capacités de production européennes, le partenariat avec les pays fournisseurs dans le cadre de la stratégie «Global Gateway» et les mécanismes de partage des risques. Les premiers résultats sont attendus en 2026. En outre, le rôle que jouent les technologies quantiques pour garantir la sécurité et l'ordre public de l'UE se reflète dans les discussions sur les initiatives en cours et futures concernant les investissements entrants et sortants ainsi que dans le contexte du contrôle des exportations.

Sur la base des conclusions ci-dessus, le futur **acte législatif sur les technologies quantiques** soutiendra davantage le renforcement de l'écosystème quantique et, plus généralement, les efforts d'industrialisation susmentionnés en incitant les États membres et les entreprises ainsi que les investisseurs et les chercheurs à investir dans des installations de production (pilote), en soutenant ces activités dans le cadre d'initiatives européennes à grande échelle, ou d'efforts nationaux ou régionaux.

- Mettre en place six nouvelles lignes de production pilote quantique dans le cadre de l'entreprise commune «Semi-conducteurs» afin d'étendre les technologies du laboratoire au marché [2025]
- Publier une feuille de route pour l'industrialisation des puces quantiques [2026]
- Lancer une installation de conception quantique [2026]
- Publier une feuille de route européenne sur les normes quantiques [2026]
- Étendre le réseau de pôles de compétences quantiques [2026]
- Réaliser et finaliser des évaluations à l'échelle de l'UE des vulnérabilités de la chaîne d'approvisionnement [2025-2026]

2.4 Domaine 4: technologies spatiales et quantiques à double usage (sécurité et défense)

Les technologies quantiques présentent un potentiel à double usage. Elles sont donc essentielles pour renforcer à la fois la compétitivité de l'Europe et son autonomie stratégique dans les domaines de l'espace, de la sécurité et de la défense. Les avancées récentes dans le domaine des technologies quantiques présentent des avantages majeurs pour la défense et la sécurité, notamment les communications ultrasécurisées, l'amélioration de la détection militaire et l'optimisation de la logistique. Toutefois, elles peuvent également présenter des risques si les adversaires acquièrent un avantage technologique. Pour exploiter pleinement leur potentiel tout en atténuant ces risques, il sera essentiel de prendre des mesures de politique et de surveillance proactives ainsi que d'assurer une coordination étroite avec des partenaires clés, tels que l'Agence européenne de défense.

Technologies quantiques dans l'espace

Les technologies quantiques offrent des possibilités importantes d'un point de vue stratégique pour les missions spatiales européennes. Les technologies de communication quantique sécurisée sont déjà intégrées dans les principales initiatives spatiales de l'UE, y compris EuroQCI/IRIS² et la mission d'exploration de la gravimétrie spatiale quantique. Les activités spatiales de l'UE couvrent également le développement de systèmes quantiques de navigation à inertie, y compris des prototypes fondés sur des capteurs optiques quantiques dans le cadre du programme Galileo, pour le positionnement autonome dans des environnements où les systèmes mondiaux de navigation (GNSS) ont été intentionnellement désactivés ou altérés. Ces prototypes devraient être testés à bord des satellites Galileo dans les années à venir afin d'évaluer leur potentiel de déploiement opérationnel. Parallèlement, des horloges quantiques sont également en cours d'évaluation pour les futures mises à niveau de Galileo.

L'informatique quantique devrait également améliorer l'ingénierie spatiale grâce à des capacités de calcul avancées, notamment pour améliorer la compréhension humaine de l'univers. Un grand nombre d'applications spatiales basées sur le quantum présentent également un grand potentiel à des fins militaires et de renseignement.

Ensemble, ces technologies quantiques promettent d'importantes avancées en termes de stabilité du temps, de précision et de résilience, renforçant ainsi l'autonomie stratégique de l'Europe en matière de navigation par satellite. Afin d'explorer davantage le potentiel de la technologie quantique dans l'espace, la Commission étendra le cadre de coopération actuel avec l'Agence spatiale européenne (ESA) afin d'élaborer conjointement **une feuille de route pour les technologies quantiques dans l'espace** et d'assurer la complémentarité et la synchronisation des activités liées à l'espace quantique.

Les technologies quantiques pour la sécurité et la défense

Le potentiel à double usage des technologies quantiques signifie que leurs avancées peuvent également apporter des avantages considérables aux applications stratégiques en matière de sécurité et de défense. Par exemple, l'informatique quantique pourrait transformer radicalement les stratégies de défense en permettant une prise de décision plus rapide et en contribuant à résoudre des problèmes opérationnels et logistiques complexes. Elle peut également contribuer à la conception de nouveaux matériaux de qualité militaire ou à la protection des informations sensibles contre les cybermenaces.

L'informatique quantique est sur le point de transformer des applications clés dans les domaines de la sécurité et de la défense, telles que les simulations d'écoulements de fluides à des températures extrêmes, la dynamique de combustion ou la découverte de matériaux résistants à la chaleur. Les technologies de détection quantique offrent des capacités critiques pour la défense, y compris une gravimétrie, une magnétométrie et une navigation à inertie très précises. Ces capteurs permettent la détection des structures souterraines, le suivi sous-marin et la détection avancée des menaces. Dans le même temps, les communications quantiques, en particulier la distribution quantique de clés, garantissent l'échange d'informations ultra-sécurisé entre les réseaux terrestres et satellitaires, en protégeant les données militaires et du renseignement contre l'espionnage ou les futures cybermenaces quantiques. Les technologies de détection et de communication sont donc des catalyseurs essentiels de l'autonomie stratégique et de la supériorité opérationnelle de l'Europe dans les contextes de la défense et de la sécurité.

Des acteurs mondiaux, tels que les États-Unis⁷¹ et la Chine investissent massivement dans les applications spatiales et militaires des technologies quantiques, y compris la navigation indépendante du système mondial de navigation par satellite (GNSS), les communications par satellite et terrestre sécurisées, le LiDAR quantique⁷² et les radars améliorés grâce aux technologies quantiques. Les technologies quantiques ont également commencé à influencer des alliances et des cadres de coopération plus larges⁷³.

Au sein de l'UE, plusieurs États membres⁷⁴ prévoient déjà des investissements dans leurs programmes de défense pour le développement de technologies quantiques adaptées à la défense, telles que des capteurs à atome froid, des capteurs à diamants ou des ordinateurs

⁷¹ Initiative d'étalonnage quantique: <https://www.darpa.mil/research/programs/quantum-benchmarking-initiative>

⁷² Un LiDAR quantique est un système de détection et de mesure de distance par onde lumineuse qui utilise des propriétés quantiques, telles que l'intrication pour améliorer la sensibilité et la précision de la détection des cibles et de la mesure des distances au-delà des limites classiques.

⁷³ Par exemple, [les BRICS et l'informatique quantique](#).

⁷⁴ Par exemple, la France (programme PROQCIMA sur les capteurs quantiques pour la défense — <https://quantique.france2030.gouv.fr/acces-aux-marches/programme-proqcima>), l'Allemagne (communication et détection quantiques dans le cadre des travaux du ministère fédéral de l'éducation et de la recherche), l'Italie (capteurs à atome froid pour la navigation sans GNSS), l'Autriche (horloges quantiques et capteurs à inertie), la Finlande (systèmes portables de détection quantique pour la défense).

quantiques, et étudient des cas d'utilisation, tels que la datation avancée, le positionnement sans GNSS et la cartographie des fonds marins.

Afin de renforcer les possibilités d'investissement dans les technologies à double usage et critiques en matière de défense dans le cadre des programmes de l'UE, la Commission a récemment présenté une proposition⁷⁵ modifiant le champ d'application des instruments existants pertinents. La Commission a également mis en place des mesures visant à tirer parti des technologies à potentiel à double usage, y compris quantique, pour la défense, par exemple au moyen d'actions au titre du Fonds européen de la défense et de son programme européen d'innovation dans le domaine de la défense (EUDIS).

Le principe sous-jacent de toutes ces activités est que l'Europe veille à ce que les évolutions quantiques restent accessibles, sûres et exemptes de réglementations des pays tiers en matière d'exportation, tout en s'alignant sur les objectifs européens en matière de défense et de sécurité.

L'UE et l'OTAN reconnaissent également que les technologies quantiques sont des catalyseurs essentiels pour les missions de renseignement, de surveillance, de navigation et la sécurité des infrastructures. En 2024, l'OTAN a lancé la communauté transatlantique du quantique avec l'ambition de devenir «une alliance prête pour le quantique». La Commission et l'OTAN s'engagent sur les technologies quantiques dans le cadre du dialogue structuré UE-OTAN sur les technologies émergentes et de rupture (EDT).

La stratégie européenne de sécurité intérieure ProtectEU, ainsi que le Fonds européen de la défense, qualifient les technologies quantiques de domaine essentiel pour assurer la sécurité et l'avance technologique à long terme de l'UE. Les technologies quantiques sont également mentionnées dans le **livre blanc pour une défense européenne — préparation à l'horizon 2030** comme ayant la capacité de perturber et de transformer les approches traditionnelles de la guerre. Le livre blanc annonce que la Commission contribuera à **la feuille de route technologique européenne pour l'armement** en apportant des avancées, des initiatives et des programmes pertinents dans le domaine des technologies quantiques. Cela accélérera la transformation de la défense, en mobilisant les investissements en capacités technologiques avancées à double usage aux niveaux européen, national et privé.

Pour orienter ces efforts, **la Commission élaborera, d'ici à 2026, une feuille de route spécifique pour la détection quantique de l'espace et des technologies de la défense**, en alignant les priorités entre les communautés civiles, de sécurité et de défense. Cela contribuera à coordonner les investissements dans les capteurs quantiques de nouvelle génération, y compris pour la gravimétrie, la navigation et la détection avancée des menaces.

Parallèlement, à partir de 2026, l'UE lancera des initiatives d'essai visant à accélérer l'adoption des innovations quantiques civiles dans les applications de sécurité et de défense. Ces initiatives mettront en relation les entreprises de pointe et les groupes de recherche avec les acteurs de la défense, contribuant ainsi à raccourcir les cycles de développement et à renforcer l'avance technologique de l'Europe en matière de **capacités présentant un potentiel à double usage**.

- Signer un accord de coopération avec l'ESA pour l'élaboration d'une feuille de route pour les technologies quantiques dans l'espace [T2 2025]
- Élaborer une feuille de route pour la détection quantique de l'espace et des technologies de la défense [2026]
- Contribuer à la feuille de route technologique européenne pour l'armement [T4 2025]
- Lancer des initiatives d'essai afin d'impliquer les entreprises civiles et le monde universitaire dans les applications de défense [à partir de 2026]

⁷⁵ [COM\(2025\) 188 du 22.4.2025](#): proposition de règlement modifiant les règlements (UE) 2021/694, (UE) 2021/695, (UE) 2021/697, (UE) 2021/1153, (UE) 2023/1525 et (UE) 2024/795 en ce qui concerne l'incitation aux investissements liés à la défense dans le budget de l'UE pour mettre en œuvre le plan «ReArm Europe».

2.5 Domaine 5: compétences quantiques

L'Europe a développé une base solide de talents universitaires quantiques. L'Union européenne compte le plus grand nombre de diplômés dans les domaines liés aux technologies quantiques dans le monde par rapport à sa population, avec plus de 110 000 diplômés⁷⁶ par an dans les domaines de la physique, des TIC, de l'ingénierie et des disciplines connexes. Selon le programme stratégique de recherche et d'industrie de l'initiative phare concernant les technologies quantiques à l'horizon 2030⁷⁷, l'Europe dispose de plus de 40 programmes de master spécialisés dans les technologies quantiques et l'ingénierie quantique. Toutefois, cela reste insuffisant pour répondre à la demande prévue de la part des start-up et de l'industrie de l'UE, qui sont confrontées à d'importantes pénuries de professionnels possédant des compétences appliquées pertinentes. Les pénuries sont les plus marquées dans les domaines appliqués⁷⁸, notamment l'ingénierie des logiciels quantiques, l'intégration des systèmes et la cybersécurité quantique, ce qui ralentit la voie de la commercialisation pour les start-up et les entreprises en expansion établies dans l'UE.

Dans le cadre de l'Union des compétences⁷⁹, la Commission entreprend plusieurs initiatives pour remédier aux pénuries de compétences, y compris celles liées aux technologies quantiques. La Commission mettra en place, en 2026, **une académie européenne virtuelle des compétences quantiques**, qui servira de point de contact unique et central et offrira une visibilité sur la formation aux technologies quantiques disponibles et des possibilités d'application pratique à tous les niveaux d'éducation. Dans le cadre de cette initiative, la Commission encouragera la collaboration avec le monde universitaire, les établissements de formation, la communauté des chercheurs et les partenaires industriels afin de concevoir et de mettre en œuvre des programmes éducatifs et des modules de formation autonomes dans le cadre d'une approche interdisciplinaire. Les programmes comprendront des programmes d'études communs aux niveaux 7 (master ou équivalent) ou 8 (doctorat ou équivalent) de la CITE donnant lieu à un diplôme utilisant le système européen de transfert et d'accumulation de crédits (ECTS). Des foires d'études virtuelles et des programmes de bourses d'études permettront de promouvoir de tels programmes.

En outre, afin de favoriser les compétences tournées vers l'avenir, la Commission facilitera la mise en place commune de programmes d'études européens innovants, y compris dans des secteurs stratégiques et des domaines technologiques essentiels, tels que les technologies quantiques, en créant éventuellement un diplôme/label européen fondé sur des critères communément admis.

L'Académie soutiendra également, conformément à l'objectif consistant à attirer et à retenir les talents mondiaux de l'Union des compétences, des programmes de bourses quantiques qui permettront aux doctorants hautement qualifiés de l'UE et de pays tiers ainsi qu'aux jeunes professionnels vivant en dehors de l'UE de travailler au sein de l'Union.

Pour développer et diffuser ses activités, l'Académie développera des pratiques de communication et de sensibilisation. Il s'agira notamment d'une page web d'accueil spécifique servant de **portail des talents quantiques**, intégrée dans la plateforme pour les compétences et les emplois numériques, de modules «Teach-the-Teacher» destinés aux enseignants de l'enseignement universitaire et secondaire afin de leur permettre d'acquérir la littératie

⁷⁶ [Comparaison mondiale de l'enseignement des STIM | SpringerLink](#).

⁷⁷ Programme stratégique de recherche et d'industrie à l'horizon 2030 (initiative phare concernant les technologies quantiques): <https://qt.eu/media/pdf/Strategic-Research-and-Industry-Agenda-2030.pdf>.

⁷⁸ [IQM-State-of-Quantum-2025.pdf](#), [RAND Europe: Quantum's Future Workforce Needs More Than Physicists](#) (les besoins futurs en matière de main-d'œuvre quantique ne se limitent pas aux physiciens).

⁷⁹ [COM/2025/90 final](#).

quantique dès le début de leur carrière, et de l'échange de bonnes pratiques avec les États membres et les pays tiers éligibles.

La communication de l'Académie virtuelle visera à sensibiliser davantage le public, ainsi qu'à améliorer la compréhension de la société, la confiance et l'engagement politique éclairé dans le domaine des technologies quantiques. Il est important de noter que ses activités de communication et de sensibilisation du public contribueront en outre à renforcer la diversité et à combler l'écart de genre important qui subsiste dans la main-d'œuvre quantique en Europe⁸⁰.

Si l'Académie virtuelle marque une première étape importante, la vision à long terme consiste à mettre en place de multiples académies en réseau réparties sur l'ensemble du territoire de l'UE, liées à des pôles de compétences quantiques ainsi qu'à des centres de compétences pour les semi-conducteurs afin de multiplier leur efficacité.

En outre, dans le cadre du programme pour une Europe numérique⁸¹, la Commission soutiendra un projet pilote de **programme d'apprentissage quantique** afin de préparer une réserve de spécialistes quantiques formés à des projets concrets et prêts à (ré)intégrer le marché du travail de l'UE, ainsi que de mettre en place des programmes de «retour» pour les professionnels. En outre, afin de créer de nouveaux cercles vertueux entre le monde universitaire et l'industrie, la Commission élaborera, à partir de 2026, des **concours européens de compétences numériques avancées**, qui associeront les jeunes à la cocréation de solutions fondées sur les technologies quantiques aux principaux défis sociétaux et industriels et encourageront une pensée créative et innovante.

À mesure que la technologie évolue rapidement, les compétences requises pour les profils professionnels liés au domaine quantique évoluent et changent. Il est donc essentiel de suivre en permanence les prestataires de formation et d'enseignement, ainsi que les besoins de l'industrie et les demandes en main-d'œuvre. Dans le cadre de l'Union des compétences, l'Observatoire européen de l'intelligence sur les compétences suivra en temps utile l'évolution des besoins en compétences dans des secteurs stratégiques en Europe.

Le Conseil européen de l'innovation lancera également en 2025 un programme pilote pour les **chercheurs en séjour dans les start-up dans le domaine des technologies quantiques**. Cette action facilitera les placements ciblés de chercheurs en fonction des besoins spécifiques des entreprises à forte croissance, grâce à une plateforme spécifique destinée à mettre en relation les chercheurs et les start-up et entreprises en expansion innovantes.

Enfin, la Commission lancera un **programme européen de mobilité des talents quantiques** afin de stimuler la mobilité internationale de la main-d'œuvre et le développement des compétences entre l'UE, les États membres et les pays partenaires, y compris des bourses pour les doctorats de pays tiers et les professionnels en début de carrière dans le domaine des technologies quantiques, tout en maintenant et en soutenant la main-d'œuvre existante afin d'éviter la fuite des cerveaux. Afin d'attirer, de développer et de retenir d'excellents chercheurs quantiques internationaux, la Commission pilotera également le programme de l'action Marie Skłodowska-Curie «**MSCA Choose Europe**», qui couvrira également, entre autres, les chercheurs quantiques.

- Créer l'Académie européenne des compétences quantiques [2026]
- Lancer des concours européens de compétences numériques avancées dans le domaine quantique [à partir de 2026]

⁸⁰ Il existe d'importants déséquilibres entre les hommes et les femmes dans l'enseignement supérieur et les carrières dans le domaine des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STIM). Voir le [rapport She Figures 2024](#).

⁸¹ <https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/opportunities/funding/digital-2025-skills-08-quantum-academy-step-sectoral-digital-skills-academies>.

- Lancer un programme pilote pour les chercheurs en séjour dans les start-up dans le domaine des technologies quantiques [2025]
- Lancer le programme européen de mobilité des talents quantiques [à partir de 2026]

3 Cadre de mise en œuvre stratégique pour l'Europe quantique

3.1 Principaux éléments de mise en œuvre de la stratégie pour une Europe quantique

Le champ quantique européen présente des caractéristiques uniques: les technologies quantiques sont encore en grande partie émergentes, bon nombre de leurs composantes essentielles, tant matérielles que logicielles, se trouvant encore à un stade précoce de maturité. Les développer davantage en suivant un parcours traditionnel et linéaire, depuis la science fondamentale jusqu'au marché, prendrait entre 10 et 15 ans. Afin d'accélérer ce processus, la **logique de mise en œuvre sur mesure fondée sur le cycle de vie technologique** suivante sera mise en place, en intégrant étroitement la recherche, l'innovation, les infrastructures et la création précoce du marché dans un cycle continu.

Une approche reposant sur le cycle de vie est particulièrement importante dans l'écosystème européen, car il existe encore des obstacles scientifiques et techniques majeurs⁸² dans tous les domaines quantiques qui doivent être surmontés et convertis en technologies tangibles. L'Europe doit non seulement résoudre ces problèmes, mais aussi passer rapidement des solutions qui en résultent à des applications prêtes à être commercialisées avant que les concurrents mondiaux ne retrouvent une position dominante stratégique.

Pour surmonter les obstacles scientifiques et techniques, l'initiative «Europe quantique pour la recherche et l'innovation» (décrite à la section 2.1 ci-dessus) soutiendra:

- **des efforts ciblés dans le domaine de la science et de la technologie (S&T)** axés sur la résolution des principaux défis actuels en matière de S&T qui limitent les progrès dans tous les domaines quantiques. Ces efforts seront principalement déployés dans le cadre d'appels à projets S&T descendants, qui viendront compléter les appels à projets S&T ascendants habituels;
- **des activités de recherche et d'innovation susceptibles de bouleverser le marché et des actions ciblées visant à faire mûrir des technologies quantiques et génériques spécifiques.** L'objectif est de réduire les risques liés à l'innovation quantique et d'accélérer le transfert des principales découvertes de la recherche en vue de leur adoption par l'industrie.

En outre, et afin de renforcer ce qui précède, l'approche suivante sera appliquée:

Un mécanisme de «grand défi»

Les grands défis quantiques serviront d'instruments stratégiques pour résoudre des problèmes de technologie quantique bien définis et à fort impact. Ces grands défis ont pour objectif de réunir des scientifiques, des utilisateurs industriels, des fabricants, des intégrateurs et des acteurs des technologies quantiques et génériques, dans le cadre d'un effort coordonné dont l'ambition et la structure s'apparentent à celles des initiatives passées axées sur des missions spécifiques.

⁸² Parmi les exemples de ces obstacles, on peut citer, dans le domaine de l'informatique quantique, les systèmes évolutifs de correction d'erreurs quantiques, les interconnexions quantiques pour les architectures modulaires et l'électronique de contrôle cryogénique; dans le domaine de la communication quantique, les répéteurs quantiques longue distance, la distribution d'intrication indépendante des appareils et les réseaux sécurisés sans nœuds de confiance; et, dans le domaine de la détection quantique, les gravimètres miniaturisés et déployables, les systèmes Q-IRM haute résolution et les capteurs à inertie pour la navigation indépendante du GNSS.

Ils se concentreront sur les start-up/entreprises en expansion individuelles afin de les aider à mettre en œuvre leur feuille de route technologique de pointe dans le cadre d'un processus de développement compétitif et collaboratif. Un grand défi les réunira avec des utilisateurs industriels et des chercheurs chefs de file pour développer conjointement des solutions quantiques critiques et évolutives. La participation des utilisateurs industriels chefs de file est essentielle pour que les start-up répondent aux exigences industrielles et valident leurs technologies dans les environnements industriels. Le cas échéant, les acteurs de la défense, y compris les ministères de la défense et les entreprises de défense, peuvent participer en tant qu'utilisateurs finals à de grands défis spécifiques.

Les start-up/entreprises en expansion sélectionnées pour le grand défi bénéficieront d'un ensemble combiné d'instruments (subventions, fonds propres, prêts ou autres instruments financiers mixtes). Dès le départ, des acteurs financiers tant publics que privés seront associés afin de garantir l'alignement sur les objectifs d'investissement stratégiques et d'optimiser l'impact.

Entre 2025 et 2027, la Commission, conjointement avec la Banque européenne d'investissement et les États membres, pilotera au moins deux grands défis de ce type. Le premier sera axé sur les systèmes d'informatique quantique tolérants aux défaillances capables de résoudre des problèmes industriels complexes, le second visera les systèmes de positionnement, de navigation et de datation (PNT) quantiques pour les environnements où les systèmes mondiaux de navigation par satellite ne fonctionnent pas. Sous réserve des financements disponibles, d'autres grands défis pourraient suivre, par exemple, dans le domaine de l'imagerie médicale améliorée grâce aux technologies quantiques (Q-IRM) afin de soutenir les diagnostics précoces des maladies et la médecine personnalisée.

Une approche fondée sur le cycle de vie technologique

Tous ces efforts s'appuieront sur **une approche fondée sur le cycle de vie technologique, qui intègre les cinq domaines stratégiques de la stratégie pour une Europe quantique** dans un processus de développement coordonné et itératif permettant une itération continue entre la découverte, le développement, les essais et le déploiement.

Les infrastructures publiques quantiques et les lignes pilotes de l'Europe présentées à la section 2.2 ci-dessus sont au cœur de ce modèle. Ces installations servent de pont entre la recherche et l'industrialisation. Leur construction, leur entretien et leur mise à niveau constituent les fondements physiques et organisationnels indispensables pour renforcer et alimenter l'ensemble de l'écosystème quantique. Elles peuvent contribuer à traduire la recherche en applications pratiques en fournissant les bancs d'essai, les locaux et les réseaux nécessaires à l'essai, à la validation et à l'expansion des avancées scientifiques. Elles constituent par ailleurs d'excellents terrains pour attirer des talents et développer des applications pratiques et des cas d'utilisation. Enfin, elles aident les start-up quantiques et les PME à accéder aux plateformes technologiques et aux installations de laboratoire les plus récentes, où elles peuvent poursuivre le développement de leurs prototypes et les préparer au déploiement industriel. Le réseau fédéré de pôles de compétences quantiques servira en outre de catalyseur de cette approche vertueuse fondée sur le cycle de vie, en tissant des liens entre les organismes de recherche, les start-up, les entreprises en expansion, les grandes entreprises et les fournisseurs d'infrastructures, créant ainsi des ponts entre les acteurs scientifiques et industriels.

Pour garantir que le cycle de vie est à la fois solide et adapté à sa finalité, des indicateurs clés de performance (ICP), un suivi des jalons et une comparaison avec les technologies existantes seront mis en place.

Enfin, ce modèle intégré aligne les stratégies de l'UE et des États membres en concentrant les investissements sur des objectifs communs et en créant des boucles coordonnées de retour

d'information. Il permet d'éviter la duplication des efforts, de constituer une masse critique et d'accroître l'influence de l'Europe à l'échelle mondiale dans la conception et le déploiement des technologies quantiques.

4 Coopération internationale

Dans un contexte d'incertitude géopolitique croissante et de ses incidences directes sur les investissements mondiaux et le paysage commercial, l'Europe doit protéger ses intérêts, tout en maintenant son ouverture et en dialoguant de manière proactive avec des partenaires de confiance. Cette notion se reflète dans toute une série de politiques récentes de l'UE, y compris sa stratégie numérique internationale et sa stratégie en matière de sécurité économique.

Parmi les partenaires prioritaires figurent des pays partageant les mêmes valeurs, en particulier ceux avec lesquels l'UE coordonne déjà les questions de technologie et de politique commerciale dans le cadre, par exemple, des accords de libre-échange, des conseils du commerce et des technologies⁸³ ou des partenariats numériques⁸⁴. La Commission envisage d'étendre cette coopération à des initiatives couvrant des programmes de recherche communs, des appels coordonnés, des échanges d'expertise, un accès réciproque aux infrastructures, des cadres de PI alignés et l'élaboration de normes quantiques mondiales. Elle unira également ses forces à celles d'autres acteurs pour développer des applications quantiques concrètes dans les politiques sectorielles, par exemple pour mettre au point de nouveaux matériaux. Dans ce contexte, l'UE a déjà commencé à mettre en œuvre des projets conjoints de recherche et d'innovation dans le domaine des technologies quantiques avec le Japon, la République de Corée et le Canada.

L'UE coopérera également avec les écosystèmes quantiques émergents en pleine croissance qui représentent des débouchés économiques pour les entreprises de l'UE, donnent une impulsion concurrentielle à l'industrie quantique de l'UE au niveau mondial et offrent aux entreprises quantiques européennes un moyen de diversifier leurs partenariats et de réduire leurs dépendances. Cette approche guidera les partenariats bilatéraux et multilatéraux, fondés sur des valeurs communes, la confiance mutuelle et la complémentarité des capacités et des marchés, tout en garantissant des niveaux appropriés de protection des intérêts de l'UE dans les domaines stratégiques.

En outre, l'UE renforcera sa présence dans le domaine quantique au sein des enceintes internationales de normalisation, des dialogues commerciaux et des alliances multilatérales en la matière⁸⁵.

Dans tout ce qui précède, la Commission travaillera en étroite coopération avec les États membres à la mise en place d'un cadre européen cohérent de coopération quantique internationale qui identifie les pays prioritaires et les domaines de collaboration structurée. Elle soutiendra également les initiatives diplomatiques conjointes et l'élaboration de positions européennes communes sur les technologies quantiques, en veillant à ce que la voix de l'Europe soit amplifiée dans l'élaboration de la gouvernance mondiale et de l'éthique dans le domaine de l'innovation quantique.

- Étendre et lancer de nouvelles initiatives de coopération bilatérale et multilatérale avec des pays partageant les mêmes valeurs [à partir de 2025]

⁸³ Avec les États-Unis et l'Inde.

⁸⁴ Avec le Canada, le Japon, Singapour et la Corée du Sud.

⁸⁵ Lors du sommet du G7 de juin 2025, les dirigeants ont reconnu le potentiel de transformation des technologies quantiques et se sont engagés à stimuler les investissements, à favoriser une coopération mondiale fondée sur la confiance et à renforcer les liens entre les instituts nationaux de métrologie par l'intermédiaire d'un groupe de travail conjoint du G7. Voir: [vision commune de Kananaskis pour l'avenir des technologies quantiques](#).

- Travailler avec les États membres à la mise en place d'un cadre européen de coopération quantique internationale [à partir de 2025]

5 Gouvernance

Une gouvernance forte et inclusive au niveau de l'UE est essentielle pour orienter, coordonner et suivre la mise en œuvre de la stratégie pour une Europe quantique, en favorisant la participation de l'ensemble de l'Union, aussi bien en ce qui concerne la participation de tous les États membres, de représentants de tous les types de parties prenantes dans le domaine des technologies quantiques, que pour garantir l'équilibre entre les hommes et les femmes.

Premièrement, un **conseil consultatif de haut niveau**, réunissant des scientifiques et des experts en technologies quantiques européens de premier plan, fournira des orientations stratégiques indépendantes sur la mise en œuvre de la stratégie pour une Europe quantique.

Deuxièmement, un **cadre de coopération structuré avec les États membres** contribuera à garantir une mise en œuvre cohérente dans l'ensemble des programmes nationaux et de l'UE, à coordonner les progrès du cycle de vie annuel réalisés dans les cinq domaines stratégiques et à suivre l'évolution de la sécurité et de la résilience des chaînes d'approvisionnement quantiques et de leurs composantes critiques. Un **groupe d'experts spécifique** réunissant tous les États membres⁸⁶ est déjà actif et sera étroitement associé aux futurs travaux du comité directeur de l'entreprise commune EuroHPC une fois le règlement établissant l'entreprise commune modifié.

Enfin, la Commission poursuivra ses interactions étroites avec l'ensemble de la communauté quantique européenne, y compris le monde universitaire, les start-up, les acteurs industriels et les parties prenantes de l'innovation et leurs représentants.

6 Conclusion

Les technologies quantiques sont à un tournant. L'UE s'est imposée comme un leader mondial dans le domaine de la recherche quantique et a jeté les bases d'un tissu industriel compétitif. Toutefois, la course mondiale à l'exploitation des technologies quantiques s'accélère. Les nations de premier plan intensifient les investissements publics, coordonnent les stratégies nationales et consolident les passerelles entre la recherche et l'industrie afin d'atteindre la souveraineté technologique et d'obtenir un avantage économique. Le potentiel à double usage des technologies quantiques peut également renforcer leurs capacités en matière de sécurité et de défense. Dans le même temps, l'investissement privé devient le principal facteur de différenciation entre succès et échec. Si l'Europe veut rester compétitive, façonner les valeurs qui sous-tendent l'innovation quantique et tirer pleinement parti des avantages économiques, sécuritaires et autres de son leadership intellectuel, elle doit agir avec urgence, clarté et unité.

Le moment est venu pour l'Europe de jouer un rôle de premier plan. Cette stratégie n'est pas la finalité, mais un cadre évolutif — un schéma directeur — pour l'avenir quantique de l'Europe. Elle requiert l'engagement collectif de l'UE, des États membres, de l'industrie, du monde universitaire et de la société civile dans son ensemble. Si elles sont couronnées de succès, les technologies quantiques seront le moteur de la prochaine révolution technologique et soutiendront la compétitivité de l'UE. L'Europe sera alors à l'avant-garde et pourra façonner cette révolution selon ses propres conditions.

⁸⁶ [Groupe européen de coordination des technologies quantiques composé de représentants des États membres.](#)

APPENDICE

Résumé des actions de la stratégie pour une Europe quantique

Domaine 1: initiative pour la recherche et l'innovation dans l'Europe quantique
• Modifier le règlement établissant l'entreprise commune EuroHPC afin d'étendre son champ d'application à toutes les technologies quantiques et, dans un premier temps, transférer à l'entreprise commune les activités de recherche et d'innovation dans le domaine des technologies quantiques actuelles d'Horizon Europe [T3 2025] • Présenter la proposition d'acte législatif sur les technologies quantiques [2026] • Piloter deux grands défis quantiques (systèmes d'informatique quantique tolérants aux défaillances et systèmes de positionnement, de navigation et de datation quantiques) [2025-2027]
Domaine 2: infrastructures dans l'Europe quantique
• Publier la feuille de route de l'UE pour l'informatique quantique et la simulation [2026] • Augmenter le nombre et la capacité des systèmes d'informatique quantique basés sur EuroHPC [à partir de 2026] • Mettre en place un cadre de surveillance pour l'informatique quantique [2026] • Déployer le premier réseau expérimental de communication quantique terrestre et spatiale interconnecté avec l'UE [d'ici à 2030] • Publier une feuille de route pour la communication quantique [2026] • Lancer une installation pilote pour l'internet quantique européen [2026] • Déployer un système distribué de gravimètres dans toute l'Europe [à partir de 2026] • Publier une feuille de route pour la détection quantique [2026] • Mettre en place une infrastructure pilote européenne de Q-IRM et la développer dans toute l'Europe [à partir de 2025]
Domaine 3: l'écosystème de l'Europe quantique
• Établir six nouvelles lignes de production pilote quantique dans le cadre de l'entreprise commune «Semi-conducteurs» [2025] • Lancer une installation de conception quantique [2026] • Publier une feuille de route pour l'industrialisation des puces quantiques [2026] • Publier une feuille de route européenne sur les normes quantiques [2026] • Étendre le réseau de pôles de compétences quantiques [2026] • Réaliser et finaliser des évaluations à l'échelle de l'UE des vulnérabilités de la chaîne d'approvisionnement [2025-2026]
Domaine 4: technologies spatiales et quantiques à potentiel à double usage (sécurité et défense)
• Signer un accord de coopération avec l'ESA pour l'élaboration d'une feuille de route pour les technologies quantiques dans l'espace [T2 2025] • Élaborer une feuille de route pour la détection quantique de l'espace et des technologies de la défense [2026] • Contribuer à la feuille de route technologique européenne pour l'armement [T4 2025] • Lancer des initiatives d'essaimage afin d'impliquer les entreprises civiles et le monde universitaire dans les applications de défense [à partir de 2026]
Domaine 5: compétences quantiques
• Créer l'Académie européenne des compétences quantiques [2026] • Lancer des concours européens de compétences numériques avancées dans le domaine quantique [à partir de 2026] • Lancer un programme pilote pour les chercheurs en séjour dans les start-up dans le domaine des technologies quantiques [2025] • Lancer le programme européen de mobilité des talents quantiques [à partir de 2026]

Coopération internationale

- Lancer des initiatives de coopération bilatérale et multilatérale [à partir de 2025]
- Travailler avec les États membres à la mise en place d'un cadre européen de coopération quantique internationale [à partir de 2025]