



**GOUVERNEMENT**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# 4<sup>e</sup> Programme d'investissements d'avenir (PIA 4)

*Volet « dirigé »*



**Quantique**

Le cahier des charges est disponible ici : <https://anr.fr/CMA-2021>

**AMI Compétences et Métiers d'Avenir  
Volet 1**



# 1. Contexte général

## 1.1. La stratégie d'accélération « Technologies Quantiques »

Le plan France Relance et le quatrième Programme d'investissement d'avenir (PIA) constituent une opportunité pour positionner la France dans la course des grands défis actuels sur le plan international, dont les technologies quantiques. Pour répondre à l'enjeu de souveraineté que représentent ces technologies, le Président de la République a lancé, le 21 janvier 2021, une stratégie nationale.

La stratégie quantique se décline en 6 objectifs d'accélération technologiques :

- Développer et diffuser l'usage des simulateurs et accélérateurs NISQ ;
- Développer l'Ordinateur Quantique universel Passant à l'Echelle ;
- Développer les technologies et applications des Capteurs Quantiques ;
- Développer l'offre de Cryptographie Post-Quantique ;
- Développer les systèmes de communication quantique ;
- Développer une offre de technologies habilitantes compétitive ;

Et quatre axes de structuration de l'écosystème :

- **Développer les compétences et le capital humain ;**
- Renforcer les infrastructures technologiques ;
- Renforcer l'entrepreneuriat et le transfert de technologie ;
- Renforcer l'interdisciplinarité et la prise de risque dans la recherche amont.

## 1.2. Développer les compétences et le capital humain

Afin de répondre au besoin croissant de l'écosystème industriel et de recherche en profils adaptés au développement des technologies quantiques aussi bien sur le plan du développement technologique que celui des usages, il sera nécessaire de renforcer le flux de sortie en profils de haut niveau, de créer des transversalités avec les filières classiques et de former les chercheurs et ingénieurs déjà en activité dans les entreprises.

Au niveau national et international, afin d'attirer les profils doctoraux, postdoctoraux, et jeunes talents les plus prometteurs, il sera nécessaire de déployer une stratégie de ciblage des talents et de mise en visibilité des pôles d'excellence nationaux, à travers des moyens incitatifs offrant aux candidats une visibilité à long terme.

# 2. Ambitions de la stratégie quantique

A partir de l'état des lieux construits lors des consultations avec les établissements d'enseignement et les industriels, la stratégie quantique devrait permettre de créer 16 000 emplois directs et indirects à l'horizon 2030. Ces emplois seront répartis en :

- Environ 5 500 ingénieurs et masters Développement & Intégration (directs) ;
- Environ 3 500 ingénieurs et masters Logiciels (directs) ;
- Environ 2 000 chercheurs (directs) ;
- Environ 1 000 techniciens (directs) ;
- Environ 200 managers des technologies quantiques (directs) ;
- 4 000 professions intermédiaires (indirects).



### 3. Flux attendu en sortie des établissements d'enseignement

Afin d'atteindre cet objectif d'emplois, il sera nécessaire de renforcer progressivement la formation dans les technologies quantiques afin d'atteindre en 2025 la répartition suivante :

EMPLOIS / AN	OBJECTIF	FORMATION INITIALE 100% QUANTIQUE	FORMATION INITIALE MODULES	FORMATION CONTINUE
INGENIEURS/MASTERS DEVELOPPEMENT	700	150	275	275
INGENIEURS/MASTERS LOGICIELS	450	100	175	175
CHERCHEURS	250	100	75	75
TECHNICIENS	130	0	65	65
MANAGERS	20	0	15	5

Cette montée en puissance devra s'appuyer sur différents niveaux de formation, combinant formation initiale et formation continue, formations techniques, d'ingénierie et de management, et en fin formation par la recherche.

Les équipes de développement industriel en hardware et software quantique devront s'appuyer sur des experts dont la formation initiale sera centrée sur les technologies quantiques. Ces experts encadreront les équipes qui seront, elles, formées par un ambitieux programme de formation continue. La formation quantique initiale devra être renforcée dans les écoles d'ingénieurs et dans les masters à travers des programmes interdisciplinaires alliant physique quantique, algorithmique quantique et ingénierie.

## 4. Actions attendues

### 4.1. Formations scientifiques et techniques

La recherche fondamentale et la R&D privée doit s'appuyer sur des petites équipes pilotées par des docteurs en algorithmique quantique ou en technologies quantiques. Un ambitieux programme de bourses de thèse et de post-doc, finançant 100 doctorants (dont 20 en Cifre) et 50 post-doctorants par an sera lancé. Pour attirer les meilleurs talents dans ces filières, le financement de bourses de Masters sera mis en place afin d'orienter les étudiants les plus talentueux vers les filières technologiques de pointes dès leur master.

Des modules de formations aux technologies quantiques seront introduits au niveau DUT, afin de former un nombre suffisant de techniciens capables de participer au développement industriel des technologies quantiques et de leurs technologies habilitantes.

### 4.2. Formations managériales

Les spécificités des dynamiques d'innovation et du marché du quantique appelle à former une nouvelle génération de managers (entrepreneurs, business développeurs, directeurs de l'innovation...) sensibilisés aux enjeux des technologies quantiques. Les doubles parcours PhD en Biologie / Management des Biotechnologies dispensés par certains établissements peuvent être un exemple à suivre.



### 4.3. MOOCs

Les MOOCs constituent un véhicule de diffusion puissant pour l'excellence des parcours de formations français au niveau international.

Une attention particulière sera donnée aux projets proposant la création de contenus pédagogiques en ligne.

## 5. Budget

La stratégie nationale prévoit de mobiliser 60 M€ (dont 3.1 M€ ont été engagés dans une expérimentation pilote en 2021) du PIA4 sur 5 ans pour répondre aux besoins de mise en place de ces parcours de formation.

