



UNIVERSITÉ PROTESTANTE DE LUBUMBASHI  
FACULTÉ DE DROIT



## CONFÉRENCE

*Comprendre les technologies  
quantiques et leurs enjeux juridiques*



**Raphaël MAUREL**

*Maître de conférences (HDR) - Prof. Ass.  
Université Bourgogne Europe (France)  
Président du Réseau francophone de droit international (RFDI)*

Mercredi 25 février 2026

12H00 - 14H00

Auditorium 101  
Université Protestante de Lubumbashi

CevoteQ



# Comprendre les technologies quantiques et leurs enjeux juridiques

25.02.26 - Lubumbashi

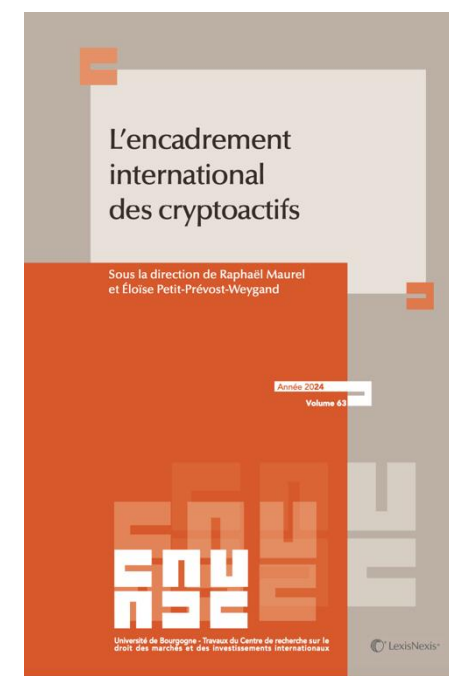
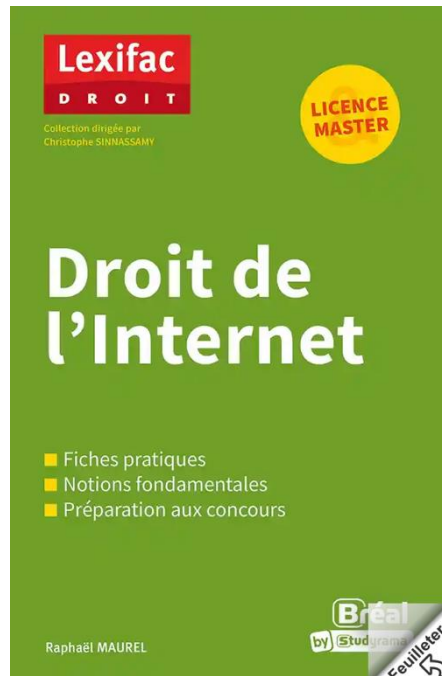


# Plan

- Les origines de la recherche
- Ce que sont les technologies quantiques
- Quelques *risques* de ces technologies
- Ce que font les États pour s'en prémunir



# L'École de Dijon - Projet ALADIN à l'UBE (2022-2025)



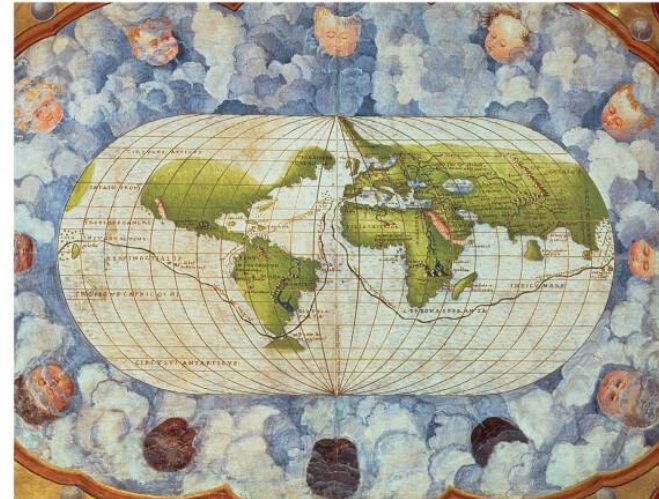
- R. Maurel, *Droit de l'Internet*, Paris, Bréal, Janvier 2024, 190 p.
- R. Maurel, E. Petit-Prevost Weygand (dir.), *Réseaux sociaux et droit transnational*, Dijon, LexisNexis, Coll. des travaux du CREDIMI, mars 2024, 234 p.
- R. Maurel, E. Petit-Prevost Weygand (dir.), *L'encadrement international des cryptoactifs*, Dijon, LexisNexis, Coll. des travaux du CREDIMI, décembre 2024, 234 p.




# Un peu d'éthique – Travaux sur les relations droit / éthique

Raphaël Maurel

Introduction  
au droit international  
de l'éthique des affaires



# L'éthique de l'innovation : intervient toujours trop tard



**Assises nationales de l'éthique  
du numérique**

**Les systèmes d'intelligence artificielle**

**Rencontres nationales des 9,10 et 11 avril 2025  
à Nevers**

OBSERVATOIRE  
ÉTHIQUE PUBLIQUE nevers  
AGGLOMÉRATION NEVERS REGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTE CREDIMI SII  
vim WESTER  
LE RÉSEAU NIÈVRE



**OBSERVATOIRE DE  
L'ÉTHIQUE PUBLIQUE**

Coordinateur : Raphaël Maurel - [contact@observatoire-ethique-publique.com](mailto:contact@observatoire-ethique-publique.com)

**50 PROPOSITIONS POUR  
L'ÉTHIQUE DES SYSTÈMES  
D'INTELLIGENCE  
ARTIFICIELLE**

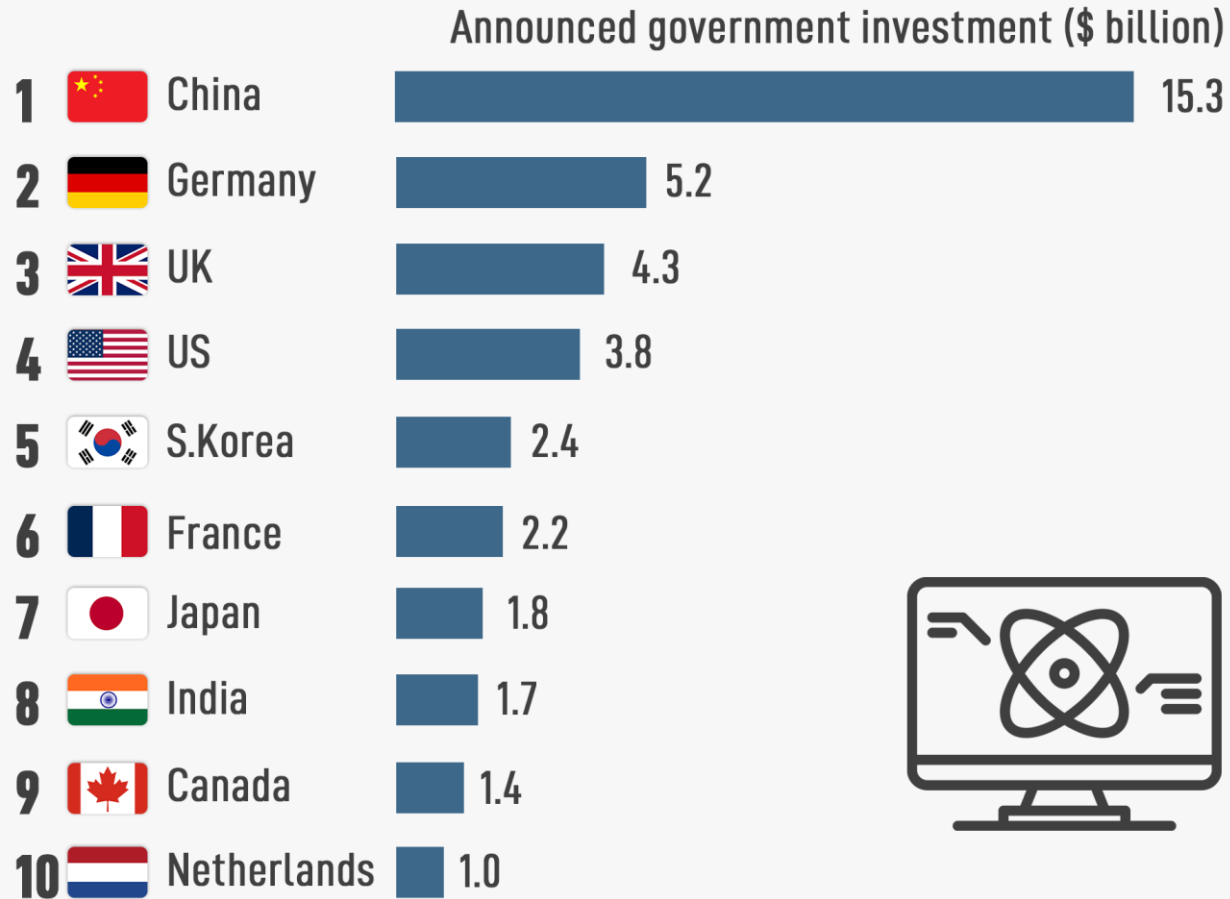
**22 Janvier 2026**

Espaces réceptifs de l'Inkub  
7 place du Général Pittié 58000 Nevers

CREDIMI UNIVERSITÉ  
BOURGOGNE  
EUROPE NEVERS nevers  
AGGLOMÉRATION



# GLOBAL PUBLIC INVESTMENTS IN QUANTUM TECHNOLOGY



Source: Quantum Technology Monitor 2024, McKinsey & Company



## Investissements privés



# Plan

- Les origines de la recherche
- Ce que sont les technologies quantiques
- Quelques *risques* de ces technologies
- Ce que font les États pour s'en prémunir



# Vers une seconde révolution quantique



Alain Aspect  
Nobel Physique 2022

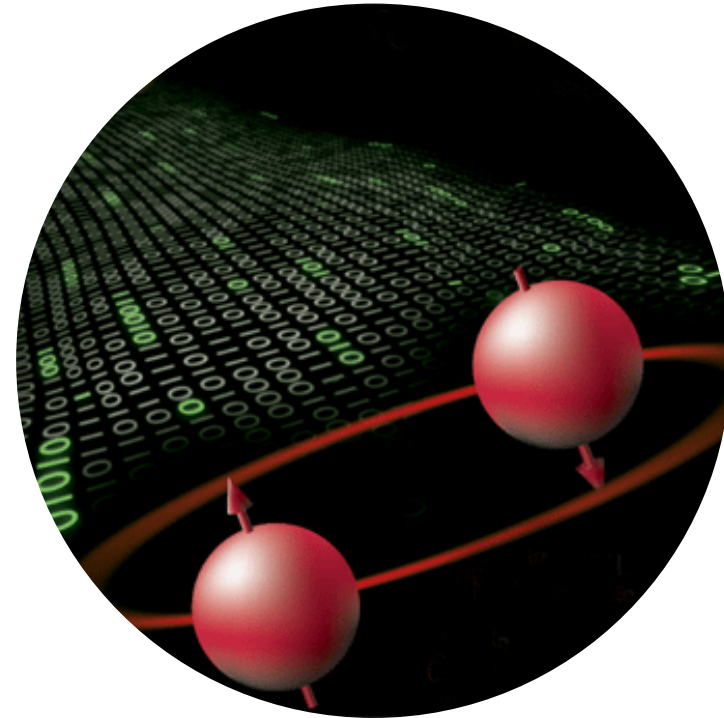


Niels Bohr et Alfred Einstein  
Nobel Physique 1922 & Nobel Physique 1921

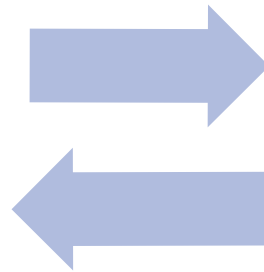
# Deux (des) principes de la physique quantique



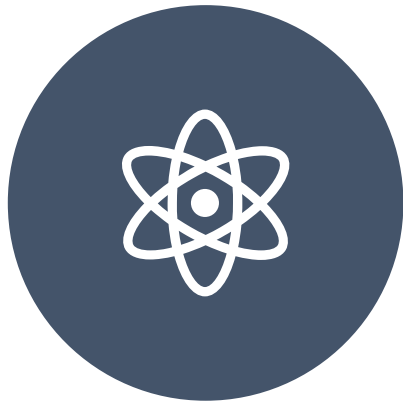
Superposition



Intrication



# Trois grands domaines de développement technologique



DÉTECTION  
QUANTIQUE



COMMUNICATIONS  
QUANTIQUES



INFORMATIQUE  
QUANTIQUE

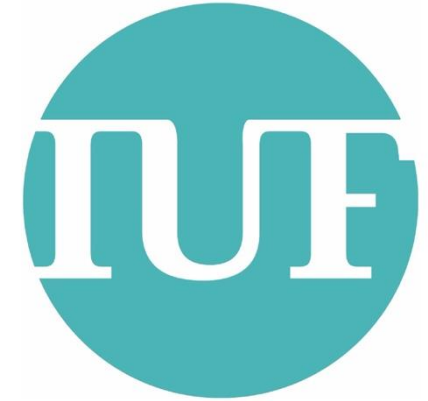
# Plan

- Les origines de la recherche
- Ce que sont les technologies quantiques
- Quelques *risques* de ces technologies
- Ce que font les États pour s'en prémunir



# La Chaire IUF Encadrement des technologies quantiques

- ❖ Recenser les risques du développement et de l'usage des technologies quantiques ;
- ❖ Analyser les normes et règles éthiques et juridiques les encadrant aux niveaux national, européen et international ;
- ❖ Déterminer l'adéquation de ces textes aux risques et proposer des lignes directrices concrètes aux entreprises et institutions pertinentes ;
- ❖ Diffuser, via le CevoteQ, les conclusions dégagées auprès des acteurs publics et privés pour contribuer à forger une culture du quantique.



# Quelques risques du développement & de l'usage des TQ

- ❖ Risques diplomatiques
- ❖ Risques militaires
- ❖ Risques de privatisation
- ❖ Risques environnementaux
- ❖ Risques en matière de libertés fondamentales
- ❖ Risques de développement d'un droit post-régulatoire dans l'urgence

# Focus sur les risques en matière de cyberopérations

Solutions  
numériques  
& cybersécurité

Cybersecurite

## Des équipes chinoises cassent des clés RSA, AES en utilisant un ordinateur quantique D-Wave

16 octobre 2024



Des chercheurs chinois cassent une clé RSA de 22 bits avec un ordinateur quantique ! Faut-il s'inquiéter ?

Source : <https://www.it-connect.fr/des-chercheurs-cassent-cle-rsa-de-22-bits-ordinateur-quantique/>

# Plan

- Les origines de la recherche
- Ce que sont les technologies quantiques
- Quelques *risques* de ces technologies
- Ce que font les États pour s'en prémunir



## Ce que font les États pour s'en prémunir : pistes

- S'accorder d'emblée sur des règles internationales ou régionales
- Développer des règles nationales préventives
- Faire prévaloir par la diplomatie des approches pacifistes
- Faire confiance aux acteurs et développer des bornes éthiques (= rien)

# Remarque générale : le droit international général se saisit peu des technologies récentes

Nations Unies

A/78/L.70



**Assemblée générale**

Distr. limitée  
10 mai 2024  
Français  
Original : anglais



**Soixante-dix-huitième session**

Point 18 de l'ordre du jour

**Développement durable**

**Afrique du Sud, Finlande, Ghana, Inde, Pérou et Turkménistan\* : projet de résolution**

**Année internationale des sciences et technologies quantiques (2025)**

*L'Assemblée générale,*

*Rappelant* ses résolutions [53/199](#) du 15 décembre 1998 et [61/185](#) du 20 décembre 2006 sur la proclamation d'années internationales et la résolution [1980/67](#) du Conseil économique et social, en date du 25 juillet 1980, sur

# Rappel : l'éthique de l'innovation = toujours trop tard



OBSERVATOIRE DE  
L'ÉTHIQUE PUBLIQUE

Coordinateur : Raphaël Maurel - [contact@observatoire-ethique-publique.com](mailto:contact@observatoire-ethique-publique.com)

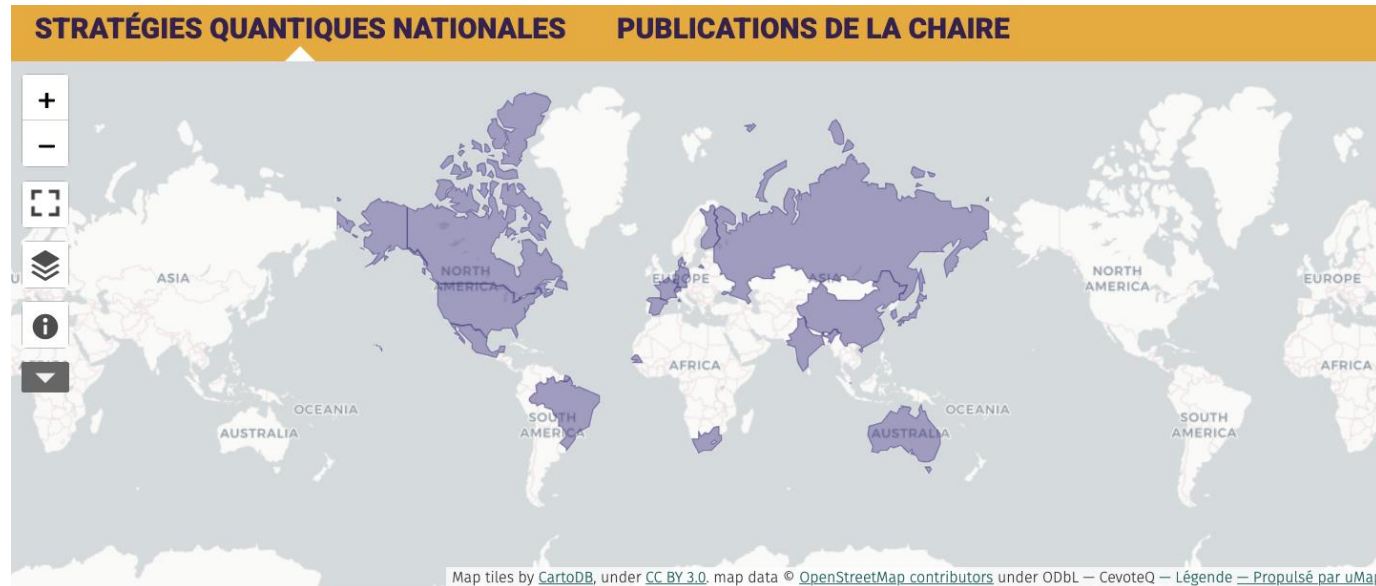
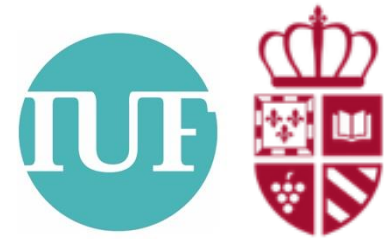
50 PROPOSITIONS POUR  
L'ÉTHIQUE DES SYSTÈMES  
D'INTELLIGENCE  
ARTIFICIELLE

22 Janvier 2026

Espaces réceptifs de l'Inkub  
7 place du Général Pittié 58000 Nevers























# 1<sup>ère</sup> recherche : les stratégies quantiques des États



Source :



## Stratégies quantiques nationales

- |  |  |   |   |
|--|--|---|---|
|  <a href="#">Afrique du Sud</a> |  <a href="#">Chine</a>        |  <a href="#">Finlande</a>   |  <a href="#">Mexique</a>   |
|  <a href="#">Allemagne</a>      |  <a href="#">Corée du Sud</a> |  <a href="#">France</a>     |  <a href="#">Russie</a>    |
|  <a href="#">Australie</a>      |  <a href="#">Danemark</a>     |  <a href="#">Inde</a>       |  <a href="#">Sénégal</a>   |
|  <a href="#">Brésil</a>         |  <a href="#">Espagne</a>      |  <a href="#">Japon</a>      |  <a href="#">Singapour</a> |
|  <a href="#">Canada</a>         |  <a href="#">États-Unis</a>   |  <a href="#">Luxembourg</a> |  <a href="#">Suisse</a>    |



## National quantum strategies

### Quantum landscape in Europe

2020

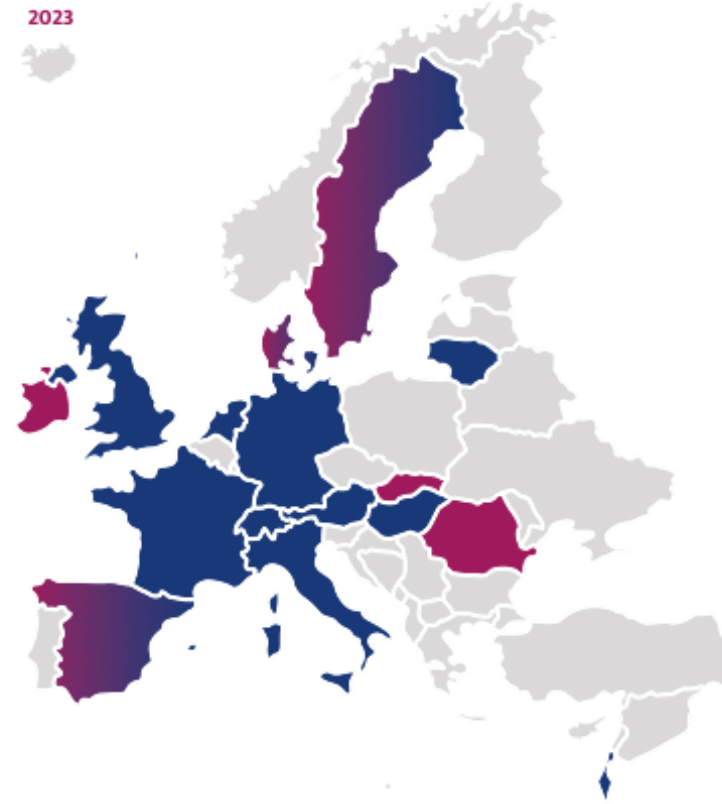


The two comparative maps illustrate the national policies identified in the report in 2020 and the current trends. The map for 2023 also takes into account countries where national strategies/programmes are in preparation.

Quantum Technologies Public Policies in Europe

### Quantum landscape in Europe

2023

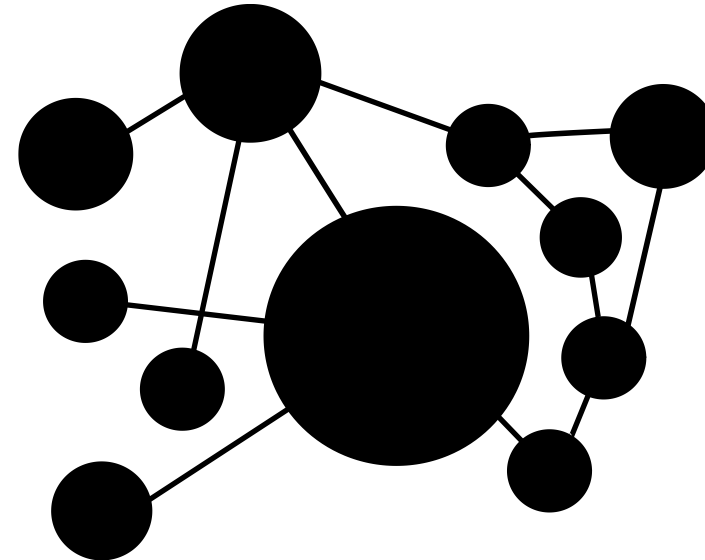


- Countries with developed national quantum strategy and/or significant government contribution
- Countries with national quantum strategy in progress
- Countries with significant government contribution and national quantum strategy in progress

# Les objectifs partagés



*Leadership*



*Création d'écosystèmes*



# Les divergences

## Key findings

The key findings are based on the results of an inventory conducted in the spring of 2023 among 41 members of the QuantERA Consortium, drawn from 31 European Union member states and associated countries.

- Divergences méthodologiques quant à l'application des plans
- Divergences structurelles entre États



### National policies

#### National QT strategies and initiatives

- There has been a remarkable shift towards developing national QT strategies and initiatives in government agendas as compared to 2020
- 10 countries confirmed national funding programmes or strategies to support QT: Denmark, France, Germany, Hungary, Israel, Italy, Latvia, the Netherlands, Switzerland, the United Kingdom
- 5 countries have strategies that are in various stages of development: Ireland, Romania, Slovakia, Spain, Sweden
- 5 countries have significant government-funded initiatives: Austria, Denmark, Spain, Sweden, Switzerland

#### QT developments in Widening Countries

- 2 Widening Countries: Hungary and Latvia confirmed national funding programmes dedicated to QT and in another 2, namely Romania and Slovakia, national QT strategies are under development

#### QT government initiatives without an assigned budget

- 9 countries have prepared strategies/initiatives/roadmaps at the national level without an assigned QT budget, however, with certain recommendations and with QT being mentioned a research priority in their countries: Denmark, Estonia, Finland, Germany, Greece, Luxembourg, Norway, Romania and Türkiye

#### QT programmes within national recovery and resilience programmes<sup>8</sup>

- 5 countries have developed programmes/initiatives to fund QT research as part of their national recovery and resilience programmes: Austria, Germany, Italy, Latvia, Spain

<sup>8</sup> National recovery and resilience programmes have been established by governments as a result of European Union Recovery and Resilience Facility (RRF).

#### Main strategic goals reflected in national QT strategies/initiatives

- Bringing together academic and industrial stakeholders
- Translation of research into applications
- Emphasis on projects in quantum computing



# Le Plan Quantique, ambitieux et attendu

Quelques investissements gouvernementaux dans les technologies quantiques autour du globe.

## UE : Flagship Quantique

1 Md€ sur 10 ans  
lancé à 2018

## Royaume-Uni

1 Md£ sur 10 ans  
lancé en 2014

## France : Plan Quantique

1,8 Md€ sur 5 ans  
lancé en 2021

## Allemagne

650 M€ sur 5 ans  
lancé en 2018  
+ 2 Md€ en 2020



## Etats-Unis

1,3 Md\$ sur 5 ans  
lancé en 2018  
+ 800 M\$ sur 2 ans  
en mars 2020

## Chine

10 Md€  
lancé en 2015

# Recherche sur les stratégies quantiques des États

## I. Les éléments présents dans les stratégies quantiques des États

### A. Des objectifs généraux globalement partagés

1. La recherche d'un *leadership* mondial, qu'il soit général ou sectoriel
2. La création d'écosystèmes quantiques

### B. Des divergences reflétant la structure de l'ordre international

1. Des divergences méthodologiques quant à l'application des plans
2. Des divergences structurelles entre États



UNIVERSITÉ  
**LAVAL**

Faculté de droit

## II. Les éléments absents des stratégies quantiques des États

### A. L'absence de préfiguration d'un quelconque cadre juridique

1. L'absence de référence aux cadres juridiques nationaux
2. L'absence de référence au cadre juridique international

### B. L'absence relative de cadre éthique

1. S'agissant du développement des technologies quantiques
2. S'agissant des usages des technologies quantiques





Priority Action 2:

# Security as a Foundation for Quantum Technological Development

Quantum technology holds many opportunities but is also associated with security challenges and threats. The rapid development and complexity of quantum technologies make it difficult to assess where and when the greatest challenges lie. This applies, for example, to the development of quantum computers and quantum-safe communication solutions, which must protect our critical digital infrastructure and drive the transition to quantum-safe communication.

Knowledge of potential threats and the ability to deal with them is necessary to, among other things, avoid unwanted knowledge transfer, especially to non-like-minded states that can use this knowledge as part of their military capacity building. In addition, the ability to resist decryption of both private companies' and public authorities' sensitive and socially critical data is crucial.

International cooperation, investments and exports are crucial for the development of quantum technologies. But openness also creates vulnerabilities. Investments must be made on a mutually informed basis, just as exports of critical Danish quantum technology must not end up in the wrong places,

where it can be used in conflict with Danish values and interests.

Development, use of and protection against quantum technology in Denmark therefore requires that Danish authorities work to strengthen Denmark's critical digital infrastructure against the potential threats that result from quantum technology. At the same time, efforts in relation to quantum technology protection must be strengthened, so that the quantum ecosystem can build resilience against the unwanted transfer of critical knowledge and technology.

Denmark must be a safe, open and flexible country when it comes to developing quantum technology, where technological development and commercialisation is based on a secure foundation in close cooperation with like-minded international partners. It will be important to strike the right balance between regulation, protection, and innovation. Denmark would like to help set the rules of the game, so that regulation can support innovation and commercialisation and, at the same time, protect citizens, companies, and public authorities.



## Theme 5: A trusted, ethical and inclusive quantum ecosystem

The Australian Government will:

- ensure that the growth of Australia's quantum ecosystem supports economic prosperity while safeguarding national wellbeing
- champion responsible innovation and the introduction of new standards and regulatory mechanisms where national wellbeing is at risk.

### Immediate actions

#### Action 5.1

Work with industry, academia and states and territories to develop principles to support the responsible and inclusive development and use of quantum technologies.

#### Action 5.2

Ensure that Australia is actively represented in international quantum standards-setting bodies. Continue to work with industry to boost participation in international quantum standards development.

### What we've heard

Quantum technologies present nearly endless opportunities. But these opportunities must serve the interests of Australian society and contribute to our national wellbeing. The public is increasingly aware of the ethical and social implications of new technologies, and we should not assume they will enthusiastically embrace quantum technologies.

By building principles for responsible development and use, quantum researchers and developers can develop technologies that align to Australian values and expectations and protect human rights. By adopting this approach, Australia can cement itself as a responsible technology developer and attract international companies and investors.

Standards for quantum technologies will give Australians confidence these technologies are being developed and

# Sur le cadre juridique français – approche par la défense

LOI n° 2023-703 du 1er août 2023 relative à la programmation militaire pour les années 2 ...

Version à la date :

d'aujourd'hui ou du 15/10/2025



Innovation : 10 milliards d'euros de besoins programmés sur la période

Les budgets dédiés à l'innovation sont nécessaires pour penser le futur de nos armées et pour éclairer dès aujourd'hui des choix structurants. En grande partie dédiés aux études amont, ils viseront à donner aux armées la maîtrise des nouveaux champs de conflictualité (espace, fonds marins, champ informationnel, cyber), en captant des technologies et des capacités civiles ou en explorant de nouvelles technologies de rupture, telles que des essais de drones, une capacité de calcul **quantique** pour faire face aux nouvelles menaces ou encore la fabrication additive et l'internet des objets qui offriront des gains importants dans le maintien en condition opérationnelle.

Cette maîtrise s'appuiera sur le développement de démonstrateurs ambitieux, issus notamment de projets portés par les forces et par les acteurs institutionnels et socio-économiques des territoires, ainsi que sur l'accélération du déploiement de ces innovations dans les armées. A ce titre, des mécanismes visant à mieux valoriser les innovateurs internes seront étudiés. Les axes prioritaires, définis à ce stade mais susceptibles d'évoluer au gré des ruptures technologiques, sont :

- 1° Les armes à énergie dirigée ;
- 2° L'hypervélocité ;
- 3° L'intelligence artificielle ;
- 4° Les systèmes autonomes (robotique, drones, espace) ;
- 5° Le spectre électromagnétique et la guerre électronique étendue ;
- 6° Les communications dans tous les milieux (mer, air et espace) via de nouvelles technologies (laser notamment pour air et espace) ;
- 7° Les capteurs à l'ère des technologies **quantiques** ;
- 8° L'adaptation militaire des nouvelles technologies de l'énergie portées par l'industrie civile, en particulier l'hybridation des véhicules terrestres, navals et aériens ;
- 9° Les technologies de discrétion et de furtivité ;
- 10° Le calcul **quantique** au service de capacités souveraines comme le renseignement ou la dissuasion.

L'objectif poursuivi à travers le développement de l'intelligence artificielle (IA) est de s'assurer que les armées puissent traiter de façon autonome le flux de données apporté par les capteurs dont elles disposent et qu'elles consolident ainsi leur capacité d'appréciation des situations stratégiques et tactiques. Cette fonction d'analyse des données grâce à l'usage de l'IA permettra d'optimiser l'ensemble des investissements réalisés dans les capteurs et sera mise au service de l'ensemble des forces armées. Dans cette perspective, la création d'une ligne budgétaire dédiée aux logiciels d'IA pour la défense sera envisagée et les impacts de l'IA sur la fonction renseignement et sur la chaîne « commandement et contrôle » (C2) seront évalués.

Ces thématiques prioritaires seront portées par des démonstrateurs d'envergure, parmi lesquels un drone sous-marin océanique, un véhicule d'action dans l'espace en orbite basse ou encore un satellite à imagerie hyperspectrale.

Des analyses technico-opérationnelles seront conduites pour affiner les besoins sur les thématiques suivantes :

- a) Systèmes de protection active ;
- b) Hydrogène et biocarburants ;
- c) Transition vers la cryptographie post-**quantique** ;



**État de l'offre des prestations  
d'accompagnement et de conseil  
en sécurité en France en 2023**

# Des initiatives régionales – de la QKD à l'Internet Quantique



Redefining Security

Use Case: Government

## Securing Data Transfer for Elections

Ethernet Encryption with Quantum Key Distribution



Customer Name: Republic and State of Geneva  
Industry: Government  
Country: Switzerland



Business need



Ensure maximum security to protect the data authenticity and integrity as well as guarantee the axiom of One Citizen One Vote.

Solution



Layer 2 encryption combined with Quantum Key Distribution (QKD).

Results



Successful use of IDQ's Cerberis solution in every federal and cantonal election since 2007

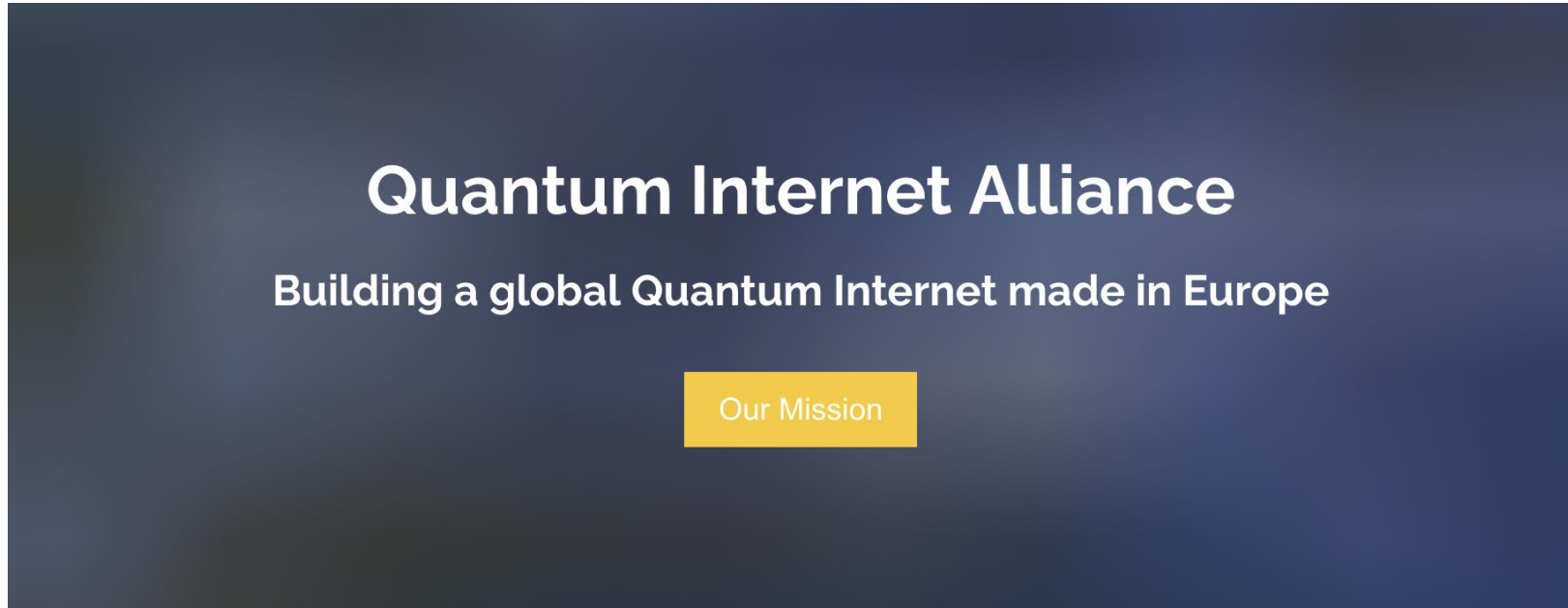
## Clavis XG QKD System

Quantum Key Distribution for production environments requiring high key transmission rate or extended range interconnection

- Long range (up to 150 km)
- Typical key rate: 14'000 AES-256 Keys per hour @ 24 dB
- Complex network topologies (ring, hub and spoke, meshed, star)
- Controlled and monitored centrally
- Interoperability with major Ethernet and OTN encryptors



# Des initiatives régionales – de la QKD à l'Internet Quantique



**QIA is building the world's first full-stack quantum internet prototype network, and steering the European quantum internet ecosystem to new heights.**

# Des initiatives régionales – le contrôle des biens à double usage



LUNDI QUANTIQUE #5

CevoteQ

LES TECHNOLOGIES  
QUANTIQUES ET LE  
RÈGLEMENT 2021/821 DE  
L'UE SUR LE CONTRÔLE  
DES BIENS À DOUBLE  
USAGE

 LUNDI 17 FÉVRIER 2025

 14H30-15H30

 EN LIGNE

AVEC  
ANNE-SOPHIE  
MILLET-DEVALLE



Professeure de droit public à  
l'Université Nice Côte d'Azur, IDPD,  
LADIE

## Règlement 2021/821 de l'Union européenne sur le contrôle des biens à double usage

INSCRIPTION [ICI](#) :



Conférence pluridisciplinaire  
Ouverte à tout public  
rens. : [contact@cevoteq.com](mailto:contact@cevoteq.com)



# Des initiatives régionales – le *Quantum Act* ?



## European Quantum Act | Updates

### What is the European Quantum Act?

The proposed European Quantum Act is a bold initiative aimed at establishing Europe as a global leader in quantum technology while addressing economic, ethical, and security challenges in a rapidly evolving quantum-powered future.

According to the European Commission, to unlock the transformative power of quantum, the EU needs to develop a **fully-fledged European quantum ecosystem** that builds on its tradition of excellence in quantum research.

During her confirmation hearing before the European Parliament on November 12, 2024, Henna Virkkunen, the Commissioner-designate for Tech Sovereignty, Security, and Democracy, emphasized the critical role of quantum technologies in bolstering Europe's technological independence and competitiveness. She highlighted that while Europe possesses top-tier quantum researchers and research, **the market remains fragmented** due to different national strategies. To address this, Virkkunen proposed developing a comprehensive EU quantum strategy, aimed at unifying efforts, pooling resources, and coordinating investments across member states. This initiative seeks to position Europe as a global leader in quantum innovation, ensuring **strategic autonomy** in this pivotal field.

Annoncé pour  
2026

Source <https://www.european-quantum-act.com/>

Pour autant, le droit international est un cadre de pensée pertinent pour les TQ



**Traité sur les principes régissant les activités des Etats en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes**

*Les Etats parties au présent Traité,*

*S'inspirant des vastes perspectives qui s'offrent à l'humanité du fait de la découverte de l'espace extra-atmosphérique par l'homme,*

*Reconnaissant l'intérêt que présente pour l'humanité tout entière le progrès de l'exploration et de l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique à des fins pacifiques,*

*Estimant que l'exploration et l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique devraient s'effectuer pour le bien de tous les peuples, quel que soit le stade de leur développement économique ou scientifique,*

*Désireux de contribuer au développement d'une large coopération internationale en ce qui concerne les aspects scientifiques aussi bien que juridiques de l'exploration et de l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique à des fins pacifiques,*

*Estimant que cette coopération contribuera à développer la compréhension mutuelle et à consolider les relations amicales*



# Les technologies quantiques sont *peut-être* un enjeu pour l'évolution du droit international



# Suivre l'actualité de la Chaire :

[www.cevoteq.com](http://www.cevoteq.com)



## Le projet scientifique

Projet financé dans le cadre d'une Chaire Innovation de l'Institut Universitaire de France attribuée à Raphaël Maurel, Université de Bourgogne - CREDIM



Logo de l'Institut universitaire de France

