

Les technologies quantiques des fondements de la mécanique quantique aux applications

Isabelle Robert-Philip

CNRS – Université de Montpellier - Laboratoire Charles Coulomb



Les technologies quantiques

- La première révolution:

- Des applications qui utilisent la physique quantique, mais sans exploiter directement ses aspects contre-intuitifs



Laser



Transistor



RMI

- La seconde révolution

- Contrôle d'objets quantiques individuels et de leurs corrélations

Une grande variété d'objets quantiques

Atomes

Ions

Circuits électroniques
quantiques

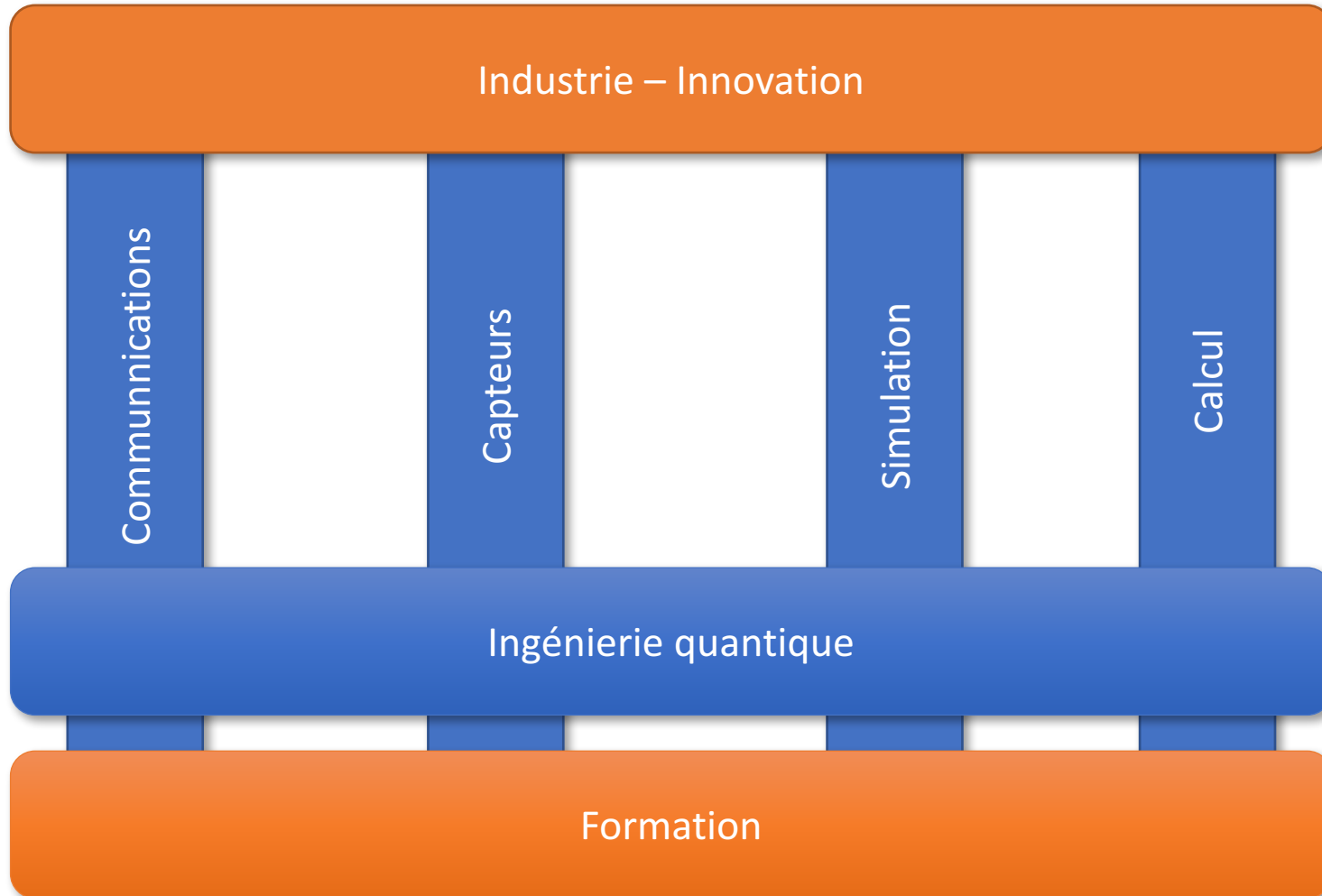
Molécules

Electrons

Photons

Spins nucléaires

Les technologies quantiques 2.0



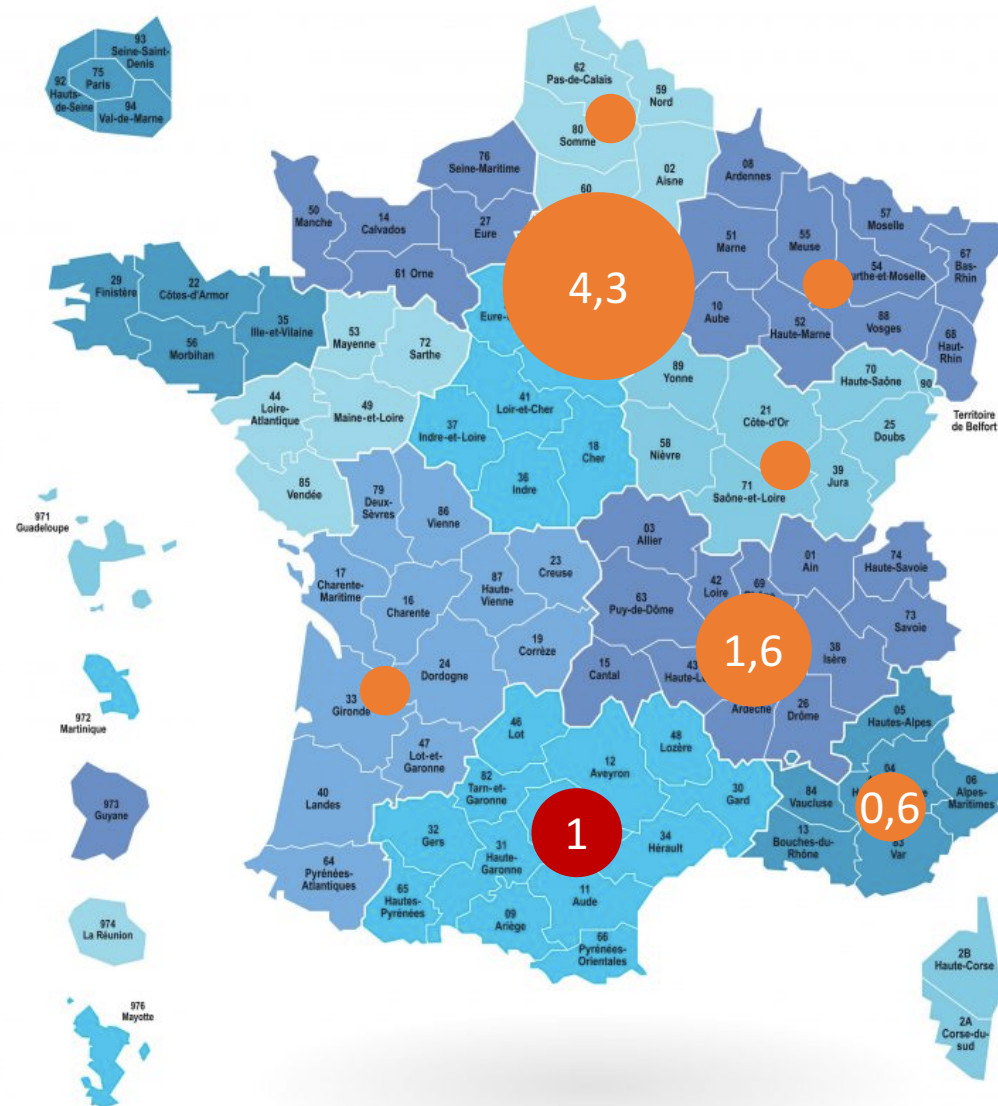
<https://qt.eu/resources/>



Les technologies quantiques en Occitanie



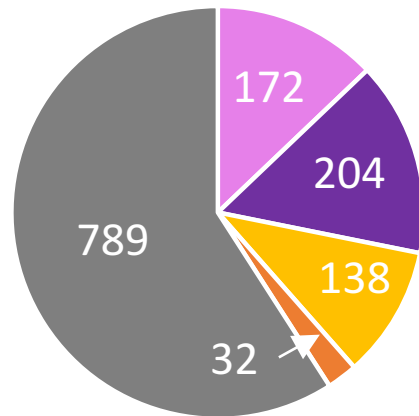
Les technologies quantiques en Occitanie



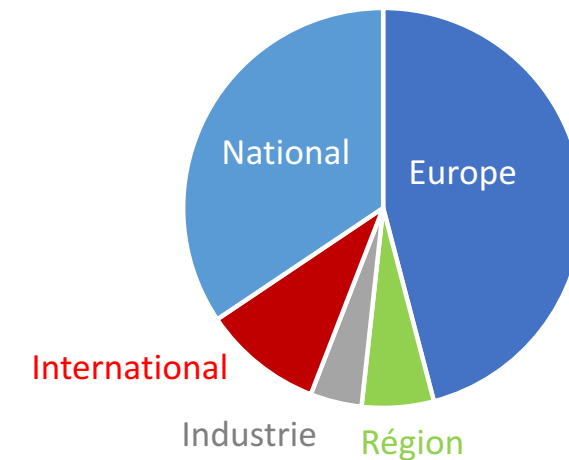
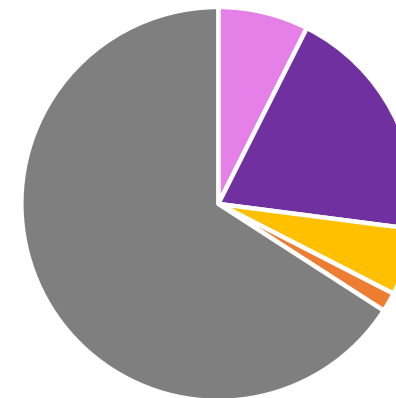


Les technologies quantiques en Occitanie


1335 personnes.mois par an
(dont 779 concernant des permanents)



20.384 M€ de financement
contractuel depuis 2013



QUANTUM
FLAGSHIP



- Basic science
- Sensing
- Communication
- Computing
- Simulation



Les technologies quantiques en Occitanie

Plus de **530** publications depuis 2013

Des chercheurs lauréats de **prix scientifiques**

Communication

1 Science, 1 Nature, 1 Review of Modern Physics, 5 Phys. Rev. Lett. , 2 Nature Com. ...

Sensing

2 Science, 1 Nature, 1 Science Adv., 2 Nat. Commun., 1 Nat. Physics, 1 Nat. Mat., 1 Nat. Nano, 12 PRL, , 1 Phys. Rev. X, 1 Optica, 1 ACS Nano...

Simulation

5 Phys. Rev. Lett. ...

Computing

1 Nature Nanotechnology, 1 Nature Physics, 2 Nat. Comm., 7 Nano Letters, ...

Basic science

1 Review of Modern Physics, 1 Nat. Photonics, 1 Nature Material, 4 Nat. Comm., 36 Phys. Rev. Lett. , 2 JACS, 1 ACS Photon. ...

6 chercheurs  institut universitaire de France

2 lauréats (starting et consolidator)



European Research Council



1 prix Edouard Branly

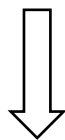
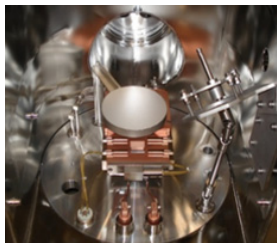
1 prix



 1 médaille d'argent

Les technologies quantiques en Occitanie

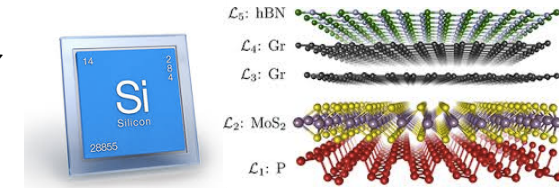
Ingénierie quantique



Science de la
matière,
ingénierie des
états et des
composants

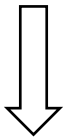
• Ingénierie quantique

- Vers des **matériaux** nouveaux hôtes de bits quantiques (*matériaux 2D, matériaux moléculaires, atomes en réseau optique, matériaux de l'industrie, isolants topologiques....*)
- Vers **une ingénierie des états quantiques** (contrôle des processus de décohérence, *protocoles de production robuste et manipulation d'états quantiques...*)
- Vers une **ingénierie des composants** (nano- et microfabrication, packaging, composants optoélectroniques et électroniques avancés...)



Les technologies quantiques en Occitanie

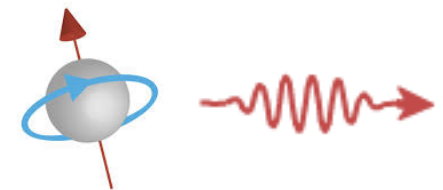
Communications quantiques



sécurité
absolue des
transmissions

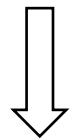
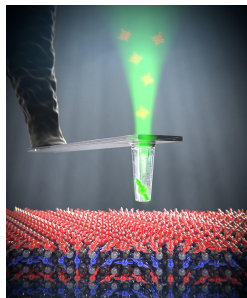
• Communication quantique

- Ingénierie de **sources d'états quantiques de la lumière** opérant aux *longueurs d'onde sur fibre et dans des matériaux 2D ou de l'industrie (Si, SiC...)*
- Vers des **interfaces qubits solides – lumière quantique** (*spin-photon...*) et des mémoires quantiques



Les technologies quantiques en Occitanie

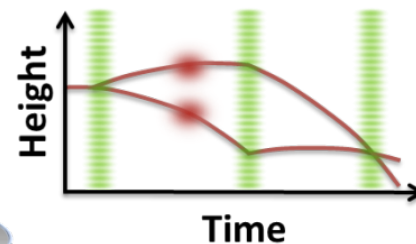
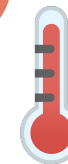
Capteurs quantiques



meilleures
sensibilité &
résolution

• Capteurs quantiques

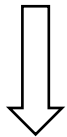
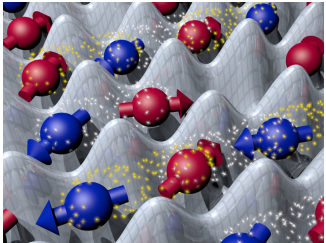
- Capteurs quantiques à *défauts du diamant* pour la **magnétométrie, thermométrie...**
- Capteurs nanomécanique sur graphène pour la **thermométrie**



- Senseurs atomiques de **forces**
- Vers des **étalons quantiques**

Les technologies quantiques en Occitanie

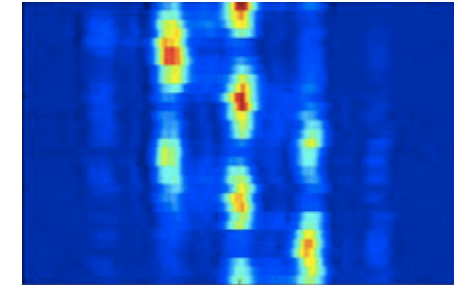
Simulation quantique



réactions
chimiques &
matériaux

- **Simulateurs quantiques**

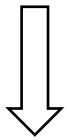
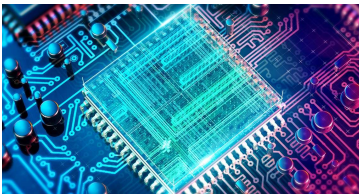
- Des **plateformes physiques variés** (*condensats d'atomes dans des réseaux optiques, défauts atomiques dans des matrices solides....*)



- **Protocoles et algorithmes** de simulation quantique

Les technologies quantiques en Occitanie

Calcul
quantique



puissance de
calcul inégalée

- Calcul quantique



6 décembre: Inauguration du centre d'excellence quantique d'IBM en Occitanie en association avec l'Université de Montpellier



Favoriser l'émergence en Région Occitanie / Pyrénées-Méditerranée d'un **réseau de partenaires publics et privés travaillant sur les sujets du calcul quantique, ainsi que le développement de compétences quantiques**





Les technologies quantiques en Occitanie

- Une dynamique soutenue en lien avec des industriels occitans



Agence de Développement Économique



- **2 Journées « Calcul quantique »** à IBM - Montpellier et au CERFACS - Toulouse
- **Atelier « Technologies quantiques »** lors des journées Digital Place - Toulouse
- **Groupe de Travail « Technologies quantiques »** - SRI
- **Réunion annuelle du GdR IQFA** - Montpellier



- **Journée « Capteurs et imagerie quantiques »** - Toulouse
- **Journées de formation au calcul quantique** au CINES - Montpellier



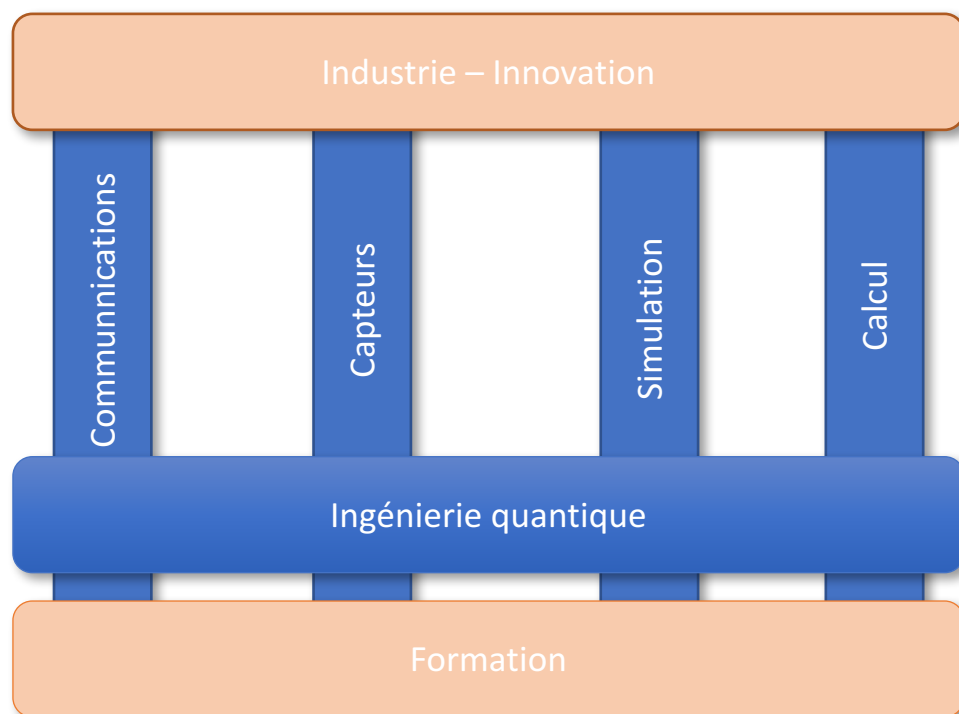
Les technologies quantiques en Occitanie

- Un levier dans le contexte du quantum flagship
 - Créer une fédération de recherche renforçant la chaîne des savoirs et savoir-faire entre académiques et industriels
 - Consolider une filière de recherche/innovation d'excellence
 - Asseoir la visibilité des acteurs occitans à l'international



Horizon 2019

- 4 piliers et 1 socle scientifique



6 Allocations de recherche doctorale

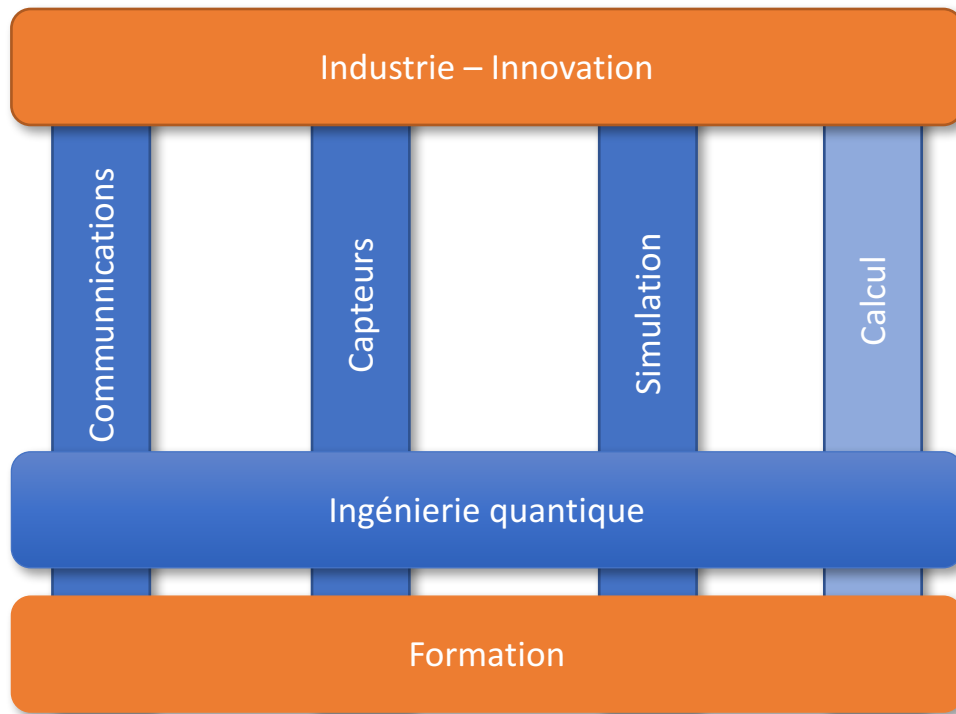
- cofinancement à hauteur de 50%



- Niveau TRL1 à TRL9
- Cofinancement industriel ou public

Horizon 2020-2025

- Une fédération autour des 3 socles et 3 piliers : le projet CPER



Des équipes de recherche académique



Des étudiants

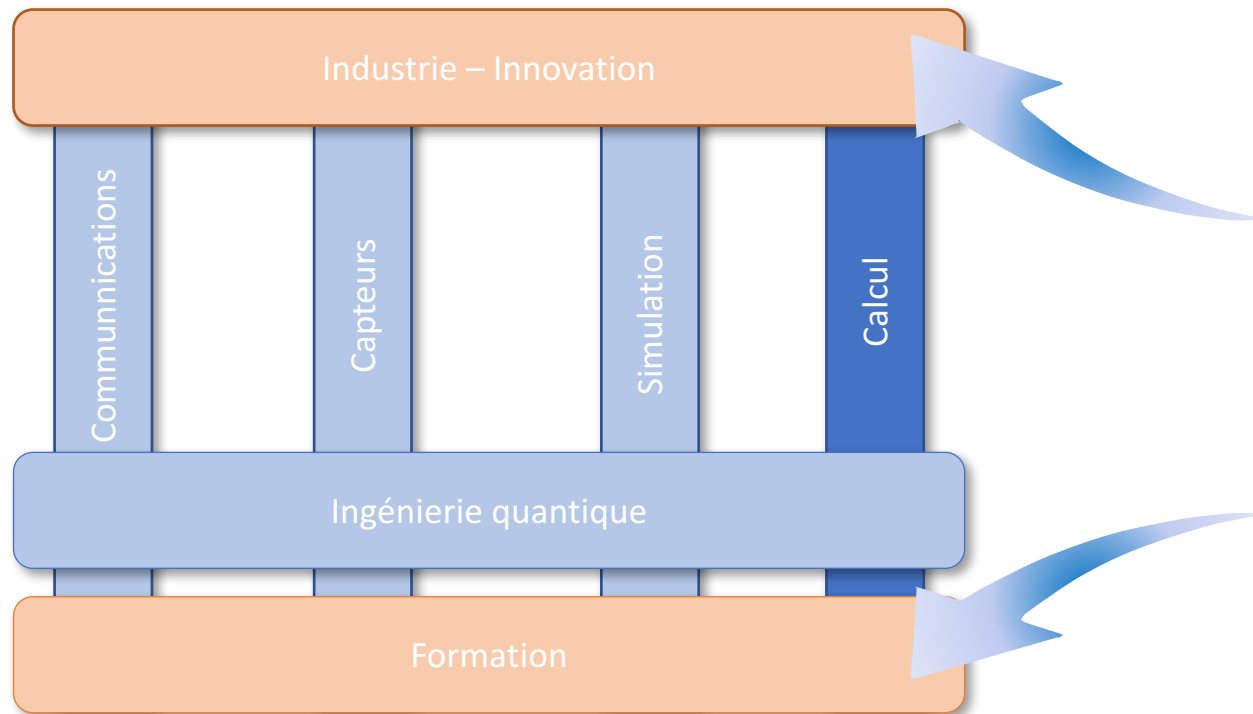
- Dans le cadre du Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur de la Recherche et de l'Innovation (SRESRI)
- Et du Schéma Régional du Développement Économique, de l'Innovation et de l'Internationalisation (SRDEII)





Horizon 2020-2023

• Le projet QuantUM



Partenariat UM - IBM

- Chercheurs invités
- Post-doctorants

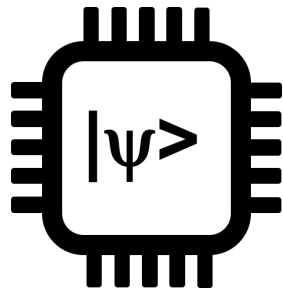


- Dans le cadre du **Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur de la Recherche et de l'Innovation (SRESRI)**
- Et du **Schéma Régional du Développement Économique, de l'Innovation et de l'Internationalisation (SRDEII)**





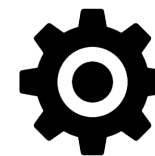
Technologies quantiques en Occitanie



Plus de **1300** chercheurs.mois par an

Plus de **500** publications par an

1 recherche d'excellence



En présence d'un **écosystème industriel**



En soutien à une **filière d'innovation d'actualité**



Vers une **offre large de formation**