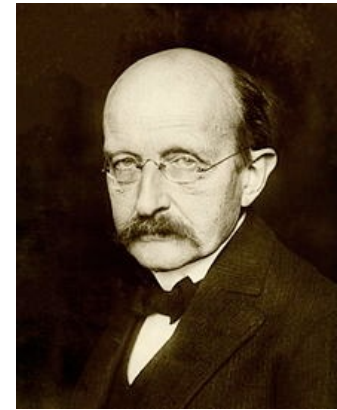


Présentation du cours UE D Physique et Applications Quantiques (UE D : PAQ)

IMT Atlantique, année 2023-2024

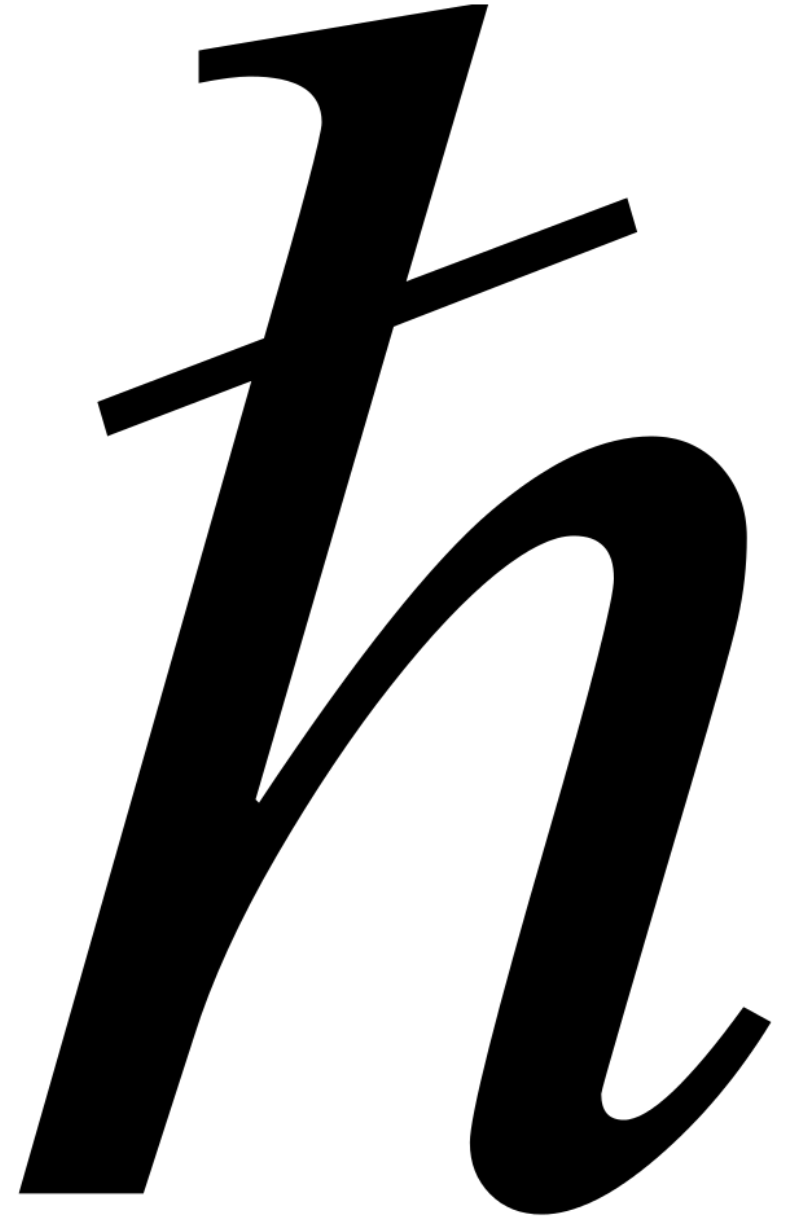
Formulation théorique

- Imaginé en début du XXème siècle pour comprendre/expliquer une grande nombre d'expériences à la frontière de la connaissance de l'époque : corps noir, effet photo-électrique, raies atomiques
- Max Planck (1858-1947), Niels Bohr (1885-1962), Louis de Broglie (1892-1987), Werner Heisenberg (1901-1976), Erwin Schrödinger (1887-1961), Paul Dirac (1902-1984). De gauche à droite, de haut à en bas).
- Il y a 100 ans, la génération de vos arrière-arrière-grands-parents, ce n'est pas si loin



La constante de Planck

- Nouvelle constante fondamental de la nature
- Pour la physique classique elle n'existe pas (« *elle vaut zéro* »)
- Unités d'action [Energie x temps]
- h vaut 6.626×10^{-34} joule-secondes
- La constante de Planck réduite $\hbar = h/2\pi$



Principe d'indétermination

- Espace – impulsion
- Energie – temps
- Angle- moment angulaire

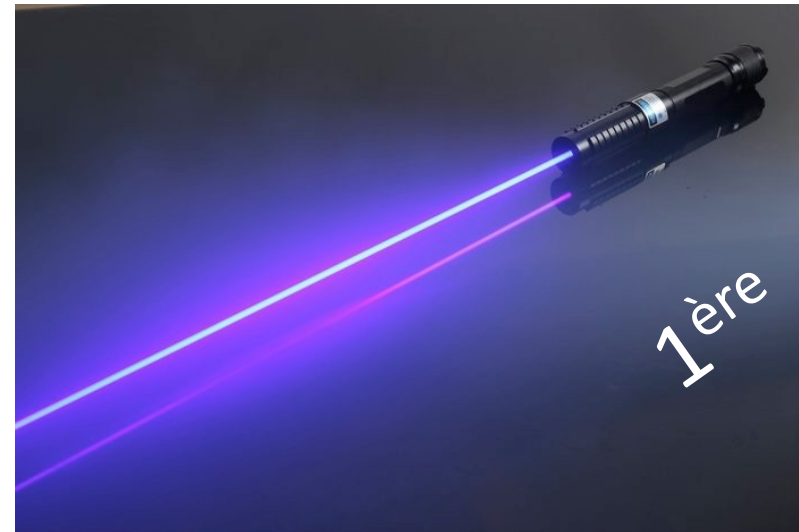
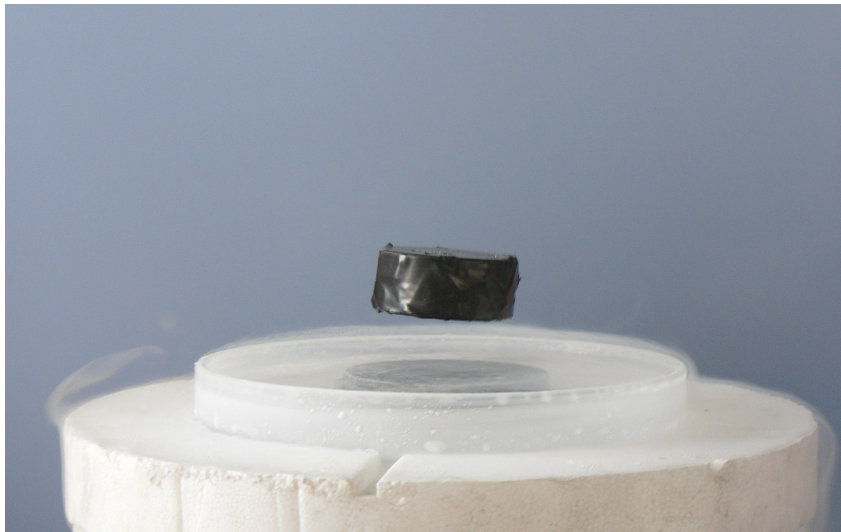
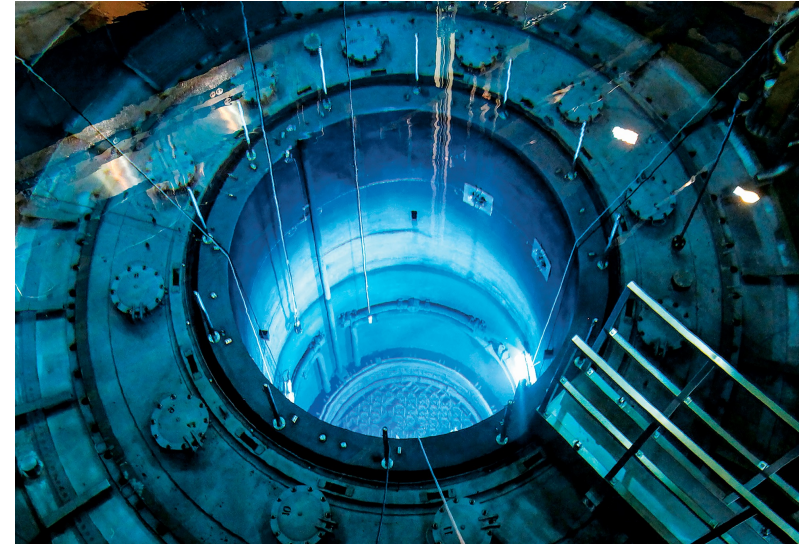
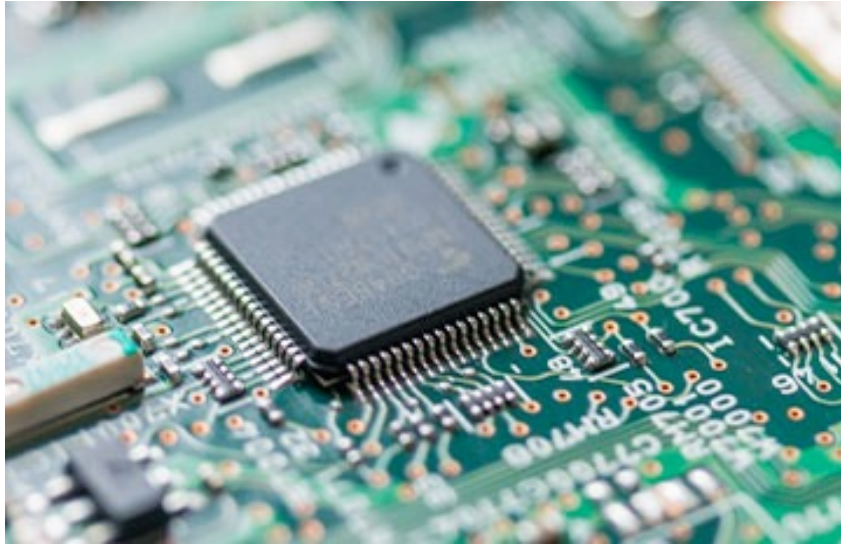
$$\Delta p \Delta x \geq \frac{1}{2} \hbar$$

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{1}{2} \hbar$$

Mécanique quantique

- Fonction d'onde
- Opérateurs et observables
- Equation de Schrödinger
- Etats lié et diffusion en 1D
- Moments cinétiques et spin
- Particules identiques

La physique quantique est partout !



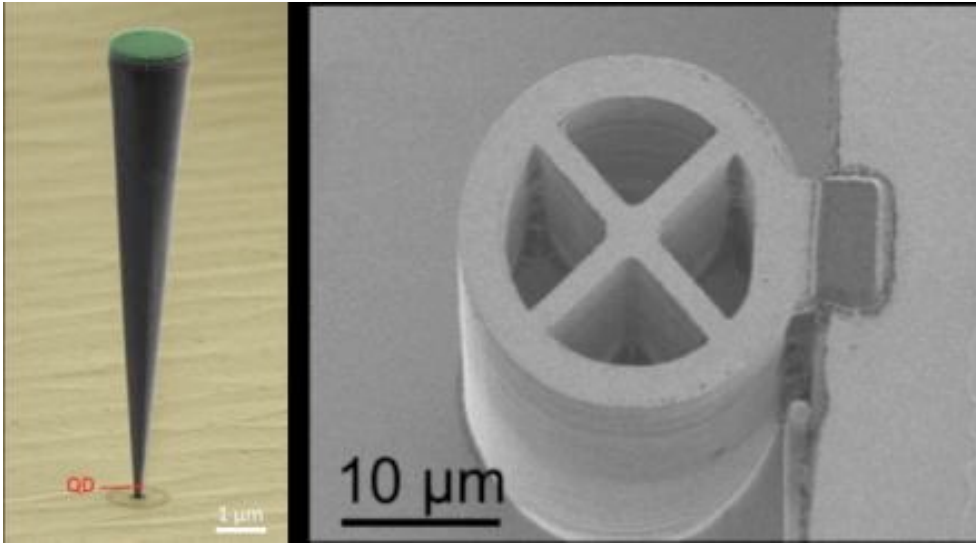
1^{ère} révolution
quantique

Concepts de la 2ème révolution

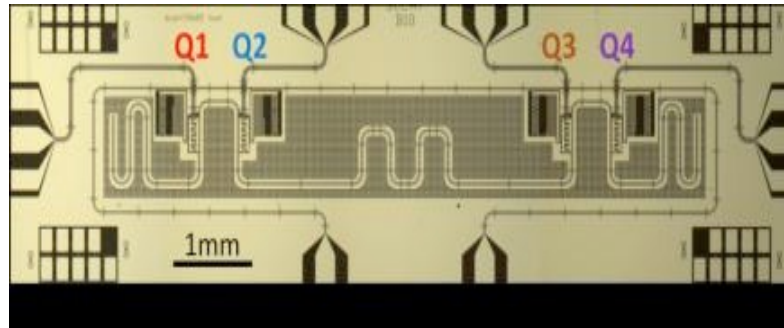
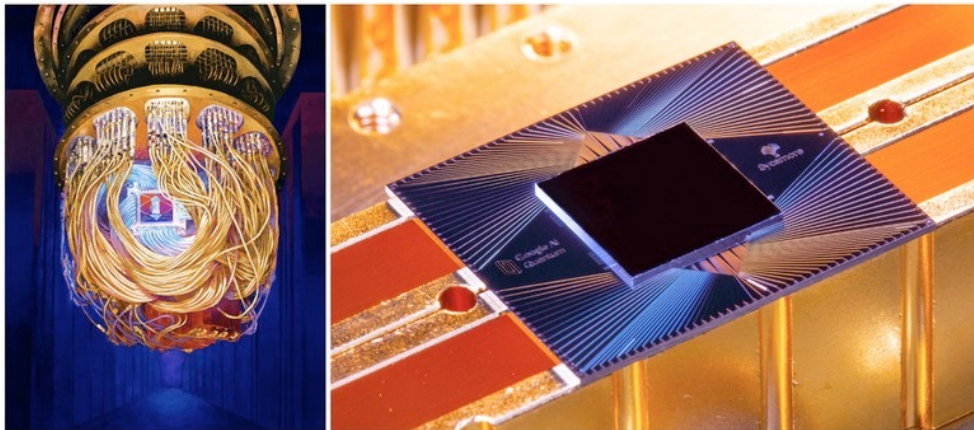
Ces nouvelles technologies ont besoin d'autres concepts de la physique quantique :

- La mesure quantique
- L'états intriqués
- L'argument EPR et les inégalités de Bell
- La décohérence
- ...

Une nouvelle révolution a commencé!



2ème révolution
quantique



Capteur quantiques, bits quantiques, processeurs quantiques, cryptographie quantique, ...

Module UE : Physique et Applications Quantiques (I)

25h de cours magistraux et travaux dirigés

- Introduction aux Phénomènes Quantiques
- Formalisme Mathématique et Postulats
- Problèmes à une dimension
- Moments cinétiques
- Approximation Hamiltonian dépendant du temps
- Système de particules identiques
- Systèmes Quantiques Ouverts Méthodes

Intervenants motivés et travaillant dans les domaines de l'optique, de la dynamique de spins, de la physique théorie, physique nucléaire et des particules, ...

Module UE :

Physique et Applications Quantiques (II)

10h d'intervenants extérieurs travaillant/dirigeant des nouvelles start-up dans les technologies quantiques :

- Philippe BOUYER chercheur CNRS de l'Institut d'Optique IOGS, cofondateur de la société μ quans,
- Antoine BROWAEYS chercheur CNRS au laboratoire Charles Fabry de Institut d'Optique IOGS et cofondateur de la start-up Pasqal,
- Boris BOURDONCLE de la société Quandela et
- Romain ALLEAUME enseignant chercheur à Telecom-Paris au Laboratoire Traitement et Communication de l'Information expert en cryptographie quantique.

Module UE : Physique et Applications Quantiques (III)

Projet autour des applications quantiques : se documenter, s'approprier et produire.

10h de travail personnel en binôme.

Rapport de 4 pages max (format A4, taille police 11, marge haute : 2 cm, marge basse : 3 cm, marge gauche : 2,5 cm, marge droite : 2,5 cm).

Présentation orale de 10 minutes et 5 minutes de questions.

Critères d'évaluation : rapport synthétique et concis, respect du format proposé, respect du temps de présentation orale (10'+ 5') vision globale et maîtrise du sujet, maîtrise opérationnel (application numérique).

Suggestions pour les projets : *Les inégalités de Bell , Résonance Magnétique Nucléaire, Le processeur Sycamore de google IA , Tomographie par émission de positons, Cryptographie Quantique, Le MASER, Le Microscope par Effet Tunnel, Horloge atomique, Capteurs TMR, Mémoire MRAM, Microscopie TEM, STM, les Lasers, Effet Zeeman en astronomie, Spectroscopie RMN, Condensat de Bose-Einstein, Évolution des LED, Spectroscopie Raman, Microscopie à centre NV ...*

Module UE : Physique et Applications Quantiques (IV)

Evaluation du module :

Devoir surveillé n.1 en novembre : 35%

Devoir surveillé n.2 en décembre : 35%

Projet (rapport et présentation orale) : 30%

Module UE : Physique et Applications Quantiques (V)

Bibliographie :

- Quantum Mechanics, concepts and applications, 2nd edition, N. Zettili
- Introduction to Quantum Mechanics, 2nd edition, D. J. Griffiths
- Mécanique Quantique, Vol. 1 & 2, Claude Cohen-Tannoudji & Bernard Diu & Franck Laloë, Collection Enseignement des Sciences, Hermann, éditeurs des sciences et des arts
- Le Monde Quantique, Michel LE BELLAC EDP Sciences
- The Feynman Lecture on Physics volume III, Feynman - Leighton – Sands. The New Millennium Editions