

Ingénierie Quantique et Technologies Emergentes

En bref

➤ **Langue de cours:** Français, Anglais

Présentation

Prérequis

Bases en optique et en physique quantique (cours de 1A); bases de probabilités/statistiques (cours de 1A)

Remarque: avoir suivi le cours de interaction lumière-matière en 2ème année n'est pas obligatoire, mais sera un plus pour la partie concernant justement l'utilisation de la lumière pour manipuler les atomes

Contexte

Au cours des dix dernières années, de nombreuses initiatives en France et en Europe visent à propulser les technologies quantiques du domaine de la recherche fondamentale à celui des applications industrielles. En 2018, l'Europe a inauguré le projet Quantum Technologies Flagship, avec un budget d'1 milliard d'euros sur 10 ans avec pour objectif la création d'une industrie quantique européenne. En janvier 2021 la France a lancé un plan national sur les technologies quantiques, dont le but est d'accélérer la maîtrise de technologies quantiques ayant un avantage stratégique décisif. Capteurs et métrologie, communication, simulation et calcul quantiques, sont des sujets qui mobilisent aujourd'hui un grand nombre d'acteurs de la recherche publique et industrielle. Bien qu'orientées vers des enjeux utilitaires et opérationnels, les technologies quantiques relèvent encore très majoritairement de la recherche fondamentale mais on voit naître depuis une dizaine d'années des entreprises issues des laboratoires de recherche, en France et en Europe. Pour comprendre les enjeux de ces transformations et prendre part à cette initiative, il faut non seulement connaître les concepts derrière ce qui est nommé aujourd'hui la seconde révolution quantique mais aussi maîtriser quelques-unes des techniques qui permettent la réalisation pratique des protocoles qu'elle implique.

Objectifs d'apprentissage

Ce module vise à présenter les bases théoriques nécessaires à la compréhension des technologies émergentes issues du domaine de la physique quantique, et à fournir un panorama actuel des domaines d'application de l'ingénierie quantique.

Description du programme

Cours et Travaux Dirigés.

--Cours mutualisé Europhotonics d'introduction à l'optique quantique (corps noir, quadratures, états comprimés, Hong Ou Mandel, TD et BS) et l'information quantique (qubits intrication decoherence no signaling no cloning cryptographie communication quantique: teleportation, codage dense et troc d'intrication TD)

-Cohérence et distribution de Wigner classique et quantique (MA),

-Tomographie quantique et applications du groupe de Heisenberg-Weyl (TD),

-Métrologie quantique à base d'atomes froids/ions piégés, avec description de protocoles concernant l'algorithmique quantique et les capteurs quantiques et les horloges, se basant sur l'interaction lumière-matière; ce cours contient outre des cours théoriques TD de simulations numériques et travaux pratiques reposant sur des dispositifs très proches des dispositifs de recherche (intervenant C. Champenois PIIM),

-Calcul et algorithmique quantiques (AK),

-Disorder and Q information; Q cryptography (JF)

-Génération d'états comprimés du champs ; Application à l'imagerie et à la détection des ondes gravitationnelles (BS),

-Thermodynamique quantique et effets collectifs en physique quantique, introduction (MH)

TP/Projets

-projet bibliographique (20 h)

-Remise à niveau dans une approche de type train'ing avec des CM, des TD, des TP numériques (approche de type boîte noire MH) et des TP expérimentaux dans le cadre de la plateforme quantique développée avec le soutien du Plan Quantique (projet Quantedu); 4 modules: qubits, cryptographie quantique, intrication et effaceur quantique (TD + Nicolas Sandeau +Vincent Lacombe).

Compétences et connaissances scientifiques et techniques visées dans la discipline

-pour les projets: soft skills, mener un travail bibliographique, situer une problématique dans un contexte scientifique et applicatif général

-pour les CC écrits: capacité de résoudre des problèmes simples en rapport avec le cours du type des exercices vus en TD et de comprendre la théorie (exemple: répondre à des questions de cours)

-pour les TP: implication et participation, capacité d'observation et d'analyse

Modalité de contrôle des connaissances

Evaluation de type devoir sur table, rapports de TP, présentations travaux personnels issus d'un travail de bibliographique/modélisation/simulation, projets.

CC1 = 7 écrits d'une heure chacun = 60 %

CC2 = Comptes rendus de TP = 10 %

CC3 = Exposés = 10%

CC4 = Projets = 20%

Bibliographie

biblio spécifique encore à préciser.

Equipe pédagogique

Caroline Champenois (AMU)

Thomas Durt

Brian Stout

Julien Fade

Miguel Alonso

Mohamed Hatifi

Nicolas Sandeau (plateforme photonique/quantique)

Vincent Lacombe (plateforme photonique/quantique)

Hachem Kadri (AMU)

Other stakeholders to be defined

Total des heures

100h

CM	Cours Magistral	56h
TD	Travaux Dirigés	24h
TP	Travaux Pratiques	10h
PJ		10h

Infos pratiques

Nom responsable UE

Responsable pédagogique

Thomas Durt

✉ thomas.durt@centrale-med.fr