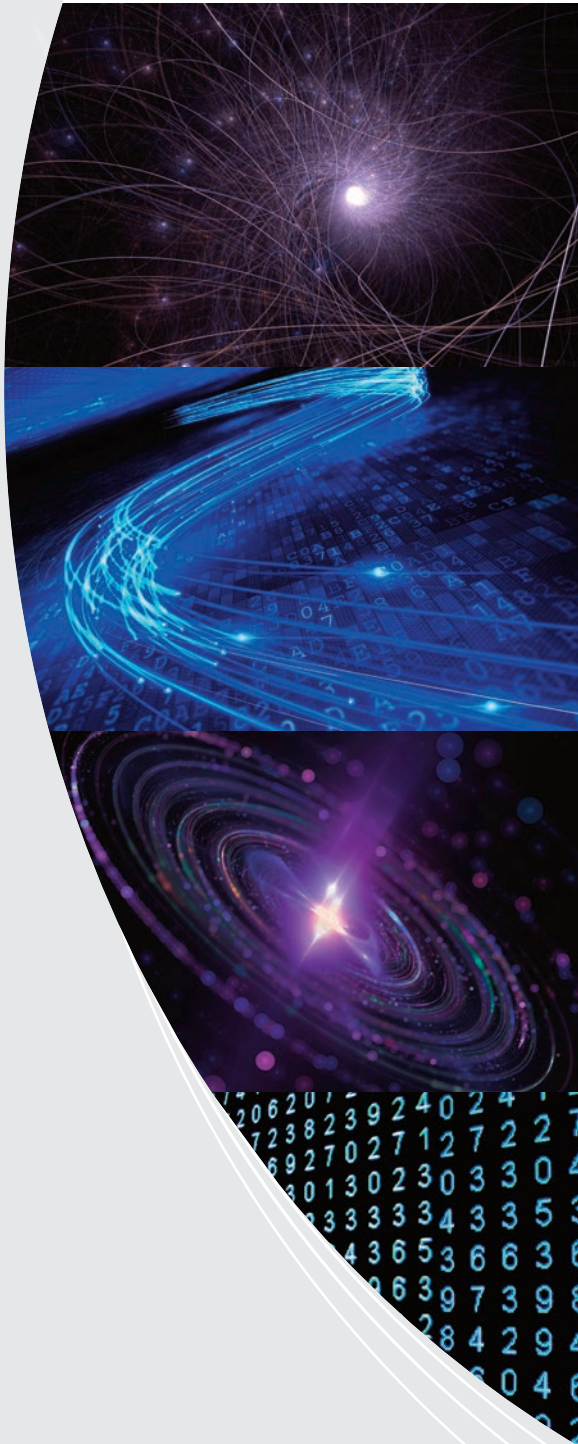
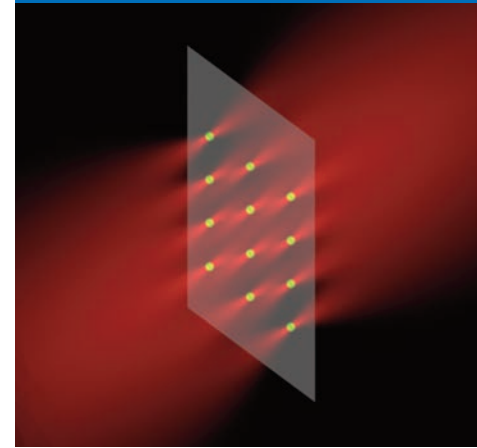




INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences



Calcul, communication, simulation et métrologie quantiques

Des principes aux réalisations concrètes

mardi 15 mai 2018 de 14h30 à 17h00

**Grande salle des séances
de l'Institut de France**

23, quai de Conti, 75006 Paris

Les technologies quantiques offrent des perspectives nouvelles enthousiasmantes pour réaliser des tâches hors de portée des systèmes ou machines classiques. La cryptographie quantique pourrait garantir l'inviolabilité de la transmission de nos messages et données. Le calcul quantique pourrait résoudre certains problèmes exponentiellement plus vite qu'un ordinateur standard. Les simulations quantiques pourraient s'attaquer à des problèmes quantiques à N-corps en interaction, hors de portée des calculateurs haute performance, actuels ou même futurs. Enfin, le traitement quantique des signaux et la métrologie quantique permettraient de réaliser toujours plus de mesures au-delà des "Limites Quantiques Standard". Ces promesses seront-elles tenues ?

Cette séance donnera quelques exemples des recherches en cours dans un domaine foisonnant.

Les organisateurs de la conférence-débat



Alain ASPECT

Membre de l'Académie des sciences

Alain Aspect est un ancien élève de l'ENS de Cachan et de l'université d'Orsay. Ex-directeur de recherche au CNRS, il est actuellement professeur à l'Institut d'Optique et à l'École Polytechnique.

Sa recherche a porté sur les tests expérimentaux des fondements de la mécanique quantique (test des inégalités de Bell), le refroidissement des atomes par laser et, dans la dernière période, sur les gaz quantiques dégénérés.

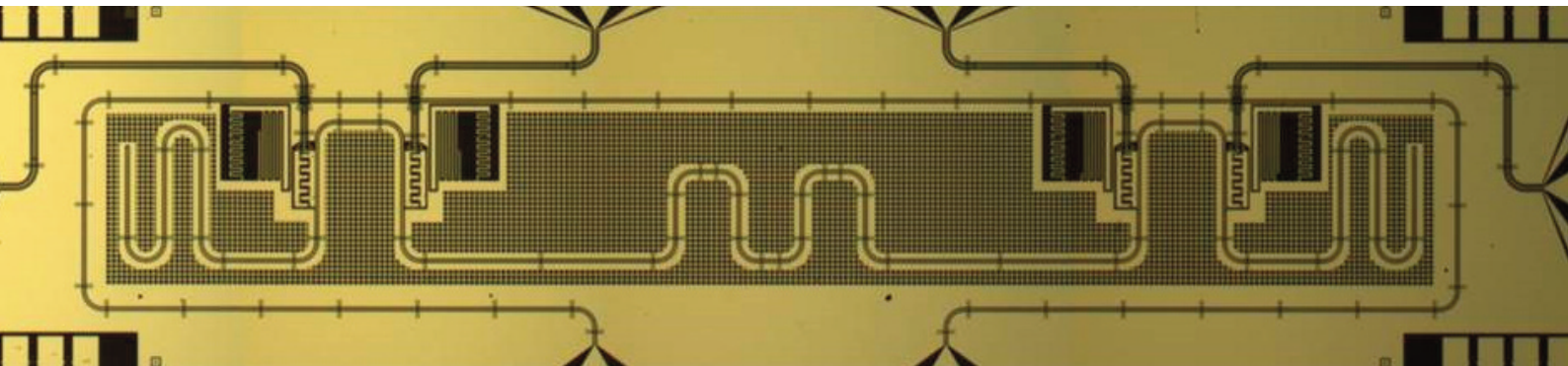
Alain Aspect appartient également à l'Académie des technologies et à plusieurs académies étrangères.



Daniel ESTÈVE

Membre de l'Académie des sciences

Daniel Estève est directeur de recherche au CEA-Saclay où il dirige le groupe Quantronique. Son équipe y développe la physique des circuits électriques quantiques parmi lesquels des dispositifs transférant les électrons un par un, des bits quantiques supraconducteurs ayant mené à un processeur quantique rudimentaire, des contacts de taille atomique fournissant un conducteur modèle pour la physique mésoscopique, et récemment des spectromètres de résonance paramagnétique électronique en régime quantique avec une sensibilité record.



P rogramme

- 14:30** **Ouverture de la conférence-débat**
Sébastien CANDEL, président de l'Académie des sciences
Catherine BRÉCHIGNAC, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences
- 14:40** **Introduction**
Daniel ESTÈVE, membre de l'Académie des sciences
- 14:50** **L'information quantique : des sciences aux technologies**
Philippe GRANGIER, Institut d'optique, université Paris Saclay
- 15:10** Discussion
- 15:20** **Un ordinateur quantique pour quoi faire ?**
Miklos SANTHA, Institut de recherche informatique et fondamentale,
université Paris-Diderot et *Centre for quantum technologies, National University of Singapore*
- 15:40** Discussion
- 15:50** **Simulateurs quantiques : résoudre des problèmes difficiles**
Jacqueline BLOCH, Centre de nanosciences et de nanotechnologies, université Paris-Sud
- 16:10** Discussion
- 16:20** **La résonance magnétique en régime quantique**
Patrice BERTET, Service de physique de l'état condensé, CEA Paris Saclay
- 16:40** Discussion
- 16:50** **Discussion générale et conclusion**
Alain ASPECT, membre de l'Académie des sciences

Résumés et biographies



Philippe GRANGIER

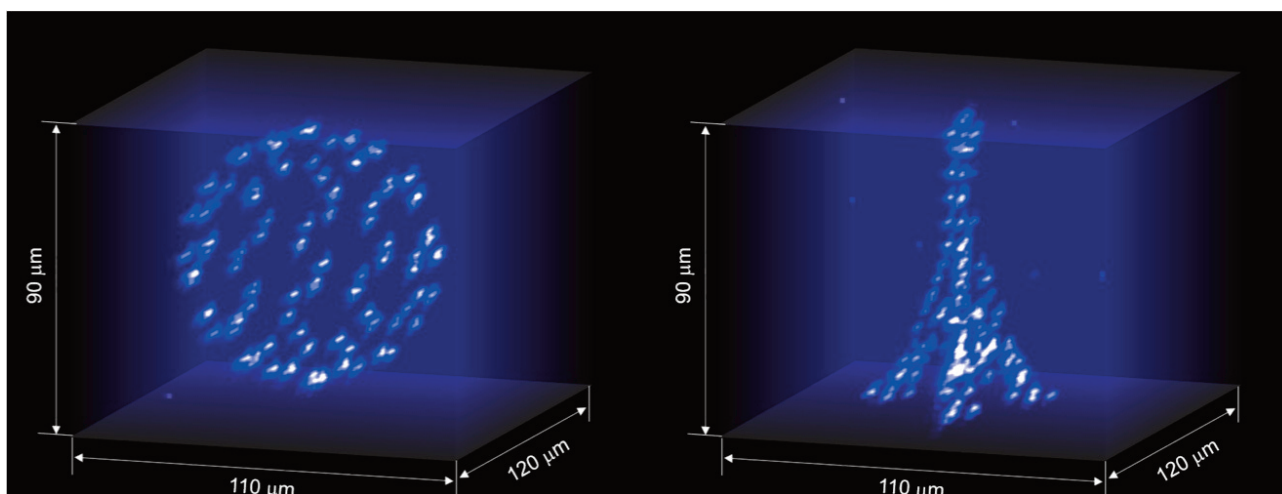
Institut d'optique, université Paris Saclay

Les activités de recherche de Philippe Grangier concernent l'optique quantique et l'étude des propriétés non-classiques de la lumière, sujet qui a évolué vers l'information quantique dès la fin des années 1990. Les expériences qu'il conduit de nos jours visent d'une part à mettre en œuvre de nouveaux protocoles de cryptographie quantique, et d'autre part à manipuler des atomes ou des photons individuels, pour effectuer des opérations élémentaires de logique quantique. Depuis 2017 il est coordinateur du DIM SIRTEQ, qui regroupe l'ensemble des équipes travaillant dans le domaine des Technologies Quantiques en Île-de-France.

L'information quantique : des sciences aux technologies

Les Technologies Quantiques se développent actuellement très vite au niveau international, dans le sillage de la « seconde révolution quantique », qui exploite les notions de superposition ou d'intrication quantiques. Il s'agit donc de développer de nouveaux moyens de traiter l'information ou de faire des mesures ultra-précises, en utilisant des supports physiques quantiques, et non plus classiques. Les directions principales sont :

- Les capteurs quantiques et métrologie : il est possible de dépasser la « limite quantique standard » dans ces dispositifs, et de réaliser des capteurs formés d'objets quantiques individuels.
- Les simulateurs quantiques : il s'agit de simuler un système quantique difficile d'accès par un autre, facile à manipuler, pour des applications allant de la chimie quantique à l'astrophysique.
- Les communications quantiques : à partir de la cryptographie quantique déjà bien maîtrisée, ces technologies progressent en vue de la globalisation d'un système de communications sécurisées.
- Le calcul quantique : calculer avec des bits quantiques améliore la vitesse d'exécution de certains algorithmes, par exemple pour l'optimisation ou l'apprentissage « profond ».



Miklos SANTHA

Institut de recherche informatique et fondamentale, université Paris-Diderot et
Centre for quantum technologies, National University of Singapore

Miklos Santha a reçu son doctorat de 3ème cycle en Mathématiques à l'université Paris 7 en 1983 et son Doctorat d'État en Informatique en 1988 à l'université Paris-Sud. Il est chercheur au CNRS depuis 1988, actuellement directeur de recherche à l'Institut de recherche en informatique fondamentale à l'université Paris Diderot. Depuis 2008, il est aussi professeur invité et responsable de recherche au Centre pour technologies quantiques (CQT) de l'université nationale de Singapour. Ses domaines de recherche incluent le calcul quantique, les algorithmes probabilistes et la théorie de la complexité.



Un ordinateur quantique pour quoi faire ?

Cet exposé est un survol, nécessairement partiel et subjectif, des principaux résultats de l'algorithmique quantique des 20 dernières années, depuis les articles fondateurs du domaine, l'algorithme de factorisation de Shor en 1994 et la recherche de Grover dans un domaine non-structuré en 1996. Les algorithmes quantiques pour le problème du sous-groupe caché peuvent potentiellement casser quasiment tous les systèmes cryptographiques actuels à clé publique. Ce danger a donné naissance à la cryptographie résistante aux attaques quantiques. Les marches quantiques généralisent la procédure de Grover et trouvent des applications diverses en recherche de collisions, dans l'évaluation des formules booléennes ainsi qu'en théorie des graphes. L'algorithme quantique de Harrow, Hassidim et Lloyd pour des systèmes linéaires est probablement le résultat le plus significatif de la dernière décennie. Ses applications sont nombreuses, y compris pour l'apprentissage automatique. Les méthodes d'optimisation quantiques récentes incluent l'algorithme du gradient, la programmation semi-définie et l'optimisation approchée.





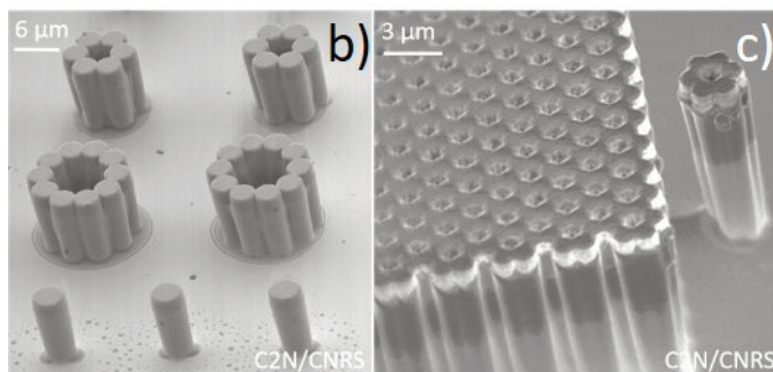
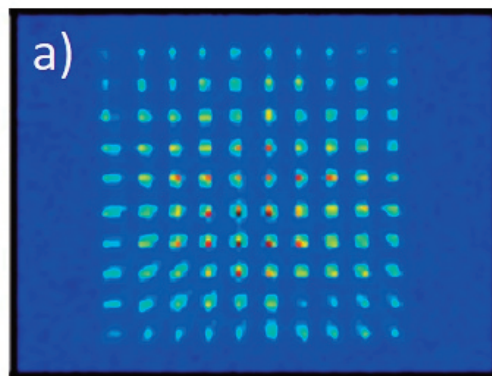
Jacqueline BLOCH

Centre de nanosciences et de nanotechnologies, université Paris-Sud

Jacqueline Bloch est directrice de recherche CNRS au Centre de nanosciences et de nanotechnologies. Experte en optique quantique et en physique du solide, elle utilise la lumière générée dans des semiconducteurs pour explorer des problèmes physiques complexes issus de la matière condensée. Ses recherches, d'un caractère fondamental, ont des applications pour le développement de nouveaux dispositifs photoniques intégrés. Jacqueline Bloch enseigne à l'École Polytechnique. Elle a reçu le Prix Jean Ricart de la Société française de physique en 2015, et la médaille d'argent du CNRS en 2017.

Simulateurs quantiques : résoudre des problèmes difficiles

Les solides cristallins sont le siège de phénomènes fascinants aux applications nombreuses: la conduction électrique, le magnétisme ou encore la supraconductivité. Ces phénomènes émergent de l'interaction entre un nombre astronomique de particules quantiques, à savoir les électrons et les noyaux des atomes qui constituent le cristal. De nombreuses questions restent ouvertes quant à leur compréhension. Pour appréhender cette physique à « N corps », les physiciens développent des modèles simplifiés, n'incluant que le minimum de paramètres. La puissance de calcul des ordinateurs actuels ne permet cependant pas de résoudre complètement ces problèmes simplifiés dès que le nombre de particules dépasse quelques dizaines. Pour surmonter cette difficulté, des systèmes expérimentaux parfaitement contrôlés sont développés aujourd'hui pour simuler ces modèles. Lorsque le nombre de constituants devient grand, l'expérience donne alors directement le résultat que l'on ne peut pas calculer. Dans cette intervention, Jacqueline Bloch illustrera par quelques exemples expérimentaux (atomes froids ou photons manipulés dans des réseaux) ce domaine de recherche récent appelé *simulation quantique*.



F. Nogrette et al., Phys. Rev. X 4, 021034 (2014)

Patrice BERTET

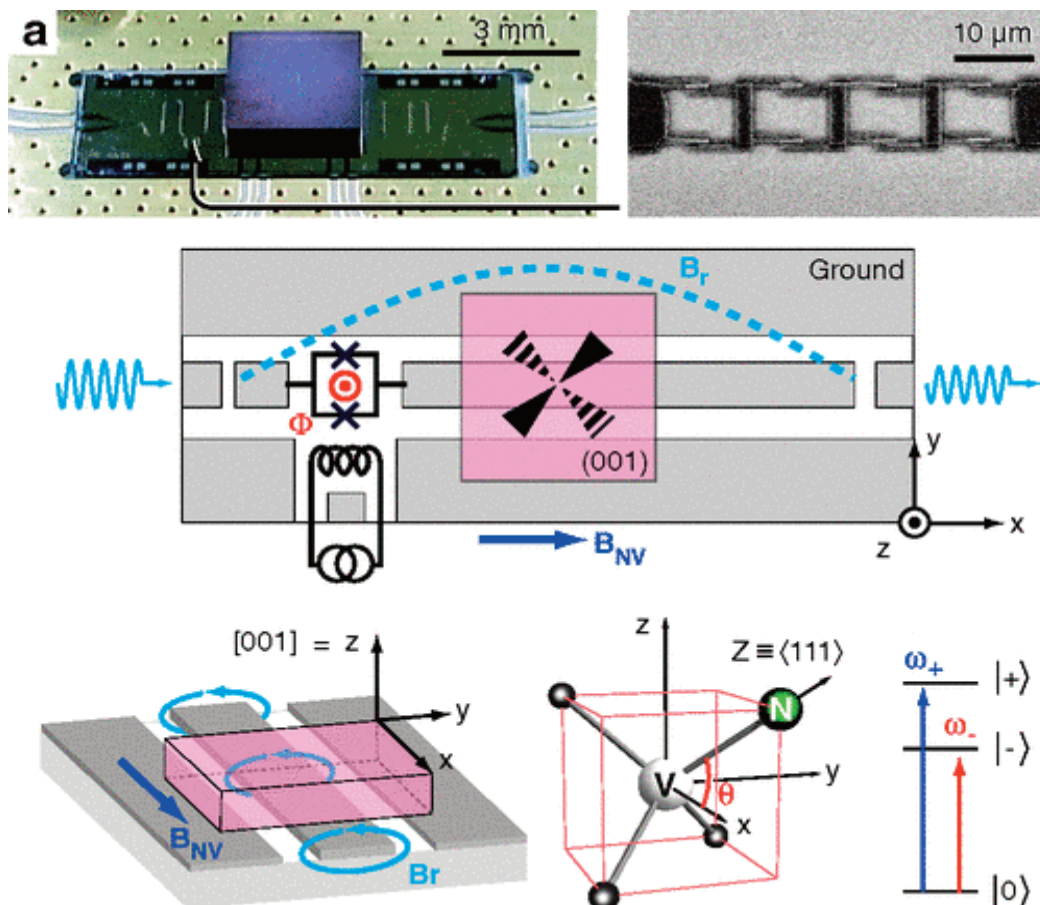
Service de physique de l'état condensé, CEA Paris Saclay

Patrice Bertet est directeur de recherche dans le groupe Quantronique, au Service de physique de l'état condensé (CEA Saclay). Il a effectué sa thèse en physique atomique au Laboratoire Kastler-Brossel sous la direction de Jean-Michel Raimond (1999-2002), suivi d'un postdoc de 3 ans à l'université de Delft (Pays-Bas). Ses recherches portent sur la physique et les technologies quantiques à base de circuits supraconducteurs et de spins dans les solides. Il est co-auteur de plus de 50 publications et a reçu le grand prix de physique Jacques Herbrand de l'Académie des sciences en 2012.



La résonance magnétique en régime quantique

La manipulation de l'état quantique de systèmes individuels ouvre la voie à des progrès dans le traitement de l'information (communication, calcul), mais aussi au développement de nouvelles générations de capteurs très performants. Dans cet exposé nous nous concentrerons sur la question de la détection de spins électroniques par résonance magnétique, aussi appelée spectroscopie de Résonance Paramagnétique Electronique (RPE), qui est une méthode de caractérisation de grande importance en physique des matériaux, biochimie, et même archéologie. Nous expliquerons comment en appliquant les nouvelles technologies quantiques à base de circuits électriques supraconducteurs refroidis à des températures de quelques millikelvins, il a été possible d'atteindre un nouveau régime dans lequel la sensibilité du spectromètre est limitée par les fluctuations quantiques du champ micro-onde et se trouve ainsi améliorée de 5 ordres de grandeur par rapport à l'état-de-l'art. Ce régime quantique de la résonance magnétique donne également lieu à des effets qualitativement nouveaux dans la dynamique des spins, que nous décrirons dans l'exposé tout en évoquant leurs applications potentielles





INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

Inscriptions ouvertes au public dans la limite des places disponibles.

www.academie-sciences.fr

(rubrique «prochains évènements»)

