

35 ans  
Académie des sciences



Le public  
scientifique



## 100 ans de révolutions quantiques

24 mai 2016 à 9h30

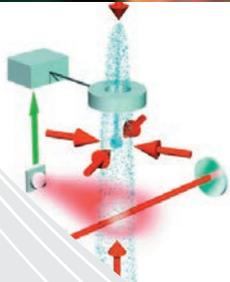
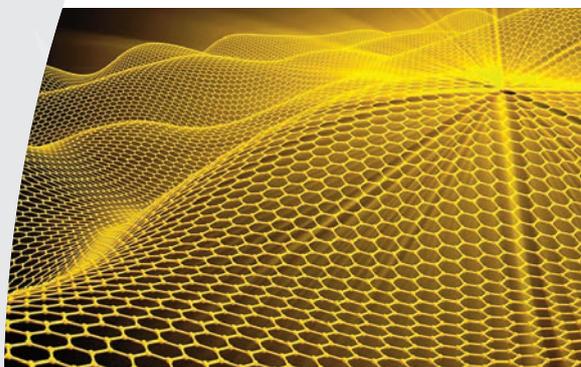
Grande salle des séances de  
l'Institut de France

Ordinateurs, téléphones portables, localisation et guidage par GPS, lasers dédiés à la chirurgie des yeux ou à la lecture des disques CD et DVD, mémoires magnétiques ou optiques, imagerie médicale, télécommunications par fibres optiques... Qui, aujourd'hui, pourrait vraiment se passer de tous ces progrès technologiques qui ont révolutionné notre vie quotidienne ?

Or, il y a cent ans, personne n'imaginait de tels progrès. Tous sont venus, de façon souvent inattendue, de découvertes fondamentales liées à la physique quantique, dont l'émergence au début du siècle dernier a révolutionné notre vision du monde.

Ce sont, en fait, notre compréhension de la lumière et de ses interactions avec la matière, nos connaissances de la chimie des matériaux et de leurs propriétés mécaniques, électriques, magnétiques et optiques, ainsi que notre conception de l'origine de l'Univers qui ont été bouleversées par la physique quantique.

Sans recherche fondamentale motivée par la curiosité, il n'y aurait pas d'innovations. Nous attendons le développement de bien d'autres technologies quantiques sans pouvoir vraiment prédire ce qu'elles seront.



# Les organisateurs du colloque



## Sébastien BALIBAR

Sébastien Balibar est chercheur au département de Physique de l'École Normale Supérieure (Paris), membre et délégué de la section de Physique de l'Académie des sciences. Ses plus importants travaux concernent la physique des fluides et solides quantiques. Il a enseigné à Constance, Kyoto et Harvard, et reçu divers honneurs internationaux dont le *Fritz London Memorial Award* en 2005. Il a aussi écrit plusieurs livres d'information scientifique grand public, dont *Climat : y voir clair pour agir* en 2015 ■



## Serge HAROCHE

prix Nobel de physique en 2012

Serge Haroche, membre de l'Académie des sciences, est professeur honoraire au Collège de France (chaire de Physique quantique). Ses recherches portent sur la manipulation de photons isolés dans une cavité afin de réaliser des tests fondamentaux de la physique quantique et d'étudier le phénomène de décohérence (passage entre les mondes quantique et classique). Il a reçu la médaille d'or du CNRS en 2009 et le prix Nobel de physique en 2012 ■

# P programme

- 09:30** Introduction  
**Catherine BRÉCHIGNAC**, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, Paris
- 09:35** Comment la physique quantique est née d'interrogations fondamentales sur la lumière  
**Serge HAROCHE**, Académie des sciences, École Normale Supérieure, Collège de France, Paris - Prix Nobel de physique (2012)
- 10:20** L'observation des fluctuations quantiques de l'Univers primordial  
**Jean-Loup PUGET**, Académie des sciences, Institut d'Astrophysique Spatiale (CNRS - Université Paris-Sud), Orsay
- 11:05** Pause
- 11:15** La mesure du Temps : passé, présent et avenir  
**Christophe SALOMON**, École Normale Supérieure, Paris
- 12:00** Interférences quantiques et impulsions attosecondes  
**Anne L'HUILLIER**, Université de Lund, Lund (Suède)
- 12:45** Déjeuner libre
- 14:00** Non-localité : de Newton à la téléportation quantique  
**Nicolas GISIN**, Université de Genève, Genève (Suisse)
- 14:45** Danse avec des spins  
**Lyndon EMSLEY**, École polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne (Suisse)
- 15:30** Pause café
- 16:00** Peut-on toucher la mécanique quantique ?  
**Thierry GIAMARCHI**, Académie des sciences, Université de Genève, Genève (Suisse)
- 16h45** *Quantum electronics*  
Électronique quantique  
**Carlo BEENAKKER**, Lorentz Institute for Theoretical Physics, Université de Leyde, Leyde (Pays-Bas)
- 17:30** Discussion générale  
**Catherine BRÉCHIGNAC**, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, Paris  
**Bernard MEUNIER**, Président de l'Académie des sciences, Paris



## Serge HAROCHE

Académie des sciences, École Normale Supérieure, Collège de France, Paris

Serge Haroche, membre de l'Académie des sciences, est professeur honoraire au Collège de France (chaire de Physique quantique). Ses recherches portent sur la manipulation de photons isolés dans une cavité afin de réaliser des tests fondamentaux de la physique quantique et d'étudier le phénomène de décohérence (passage entre les mondes quantique et classique). Il a reçu la médaille d'or du CNRS en 2009 et le prix Nobel de physique en 2012.

## Comment la physique quantique est née d'interrogations fondamentales sur la lumière

La lumière est-elle formée d'ondes ou de particules ? À cette question fondamentale sur laquelle Huyghens et Newton se sont opposés, Einstein a apporté une réponse qui les aurait réconciliés, mais sans doute surpris : le rayonnement, comme la matière d'ailleurs, est à la fois ondes et particules. Ce dualisme a conduit à la physique quantique, avec ses notions contre-intuitives de superpositions d'états et d'intrication. Cette physique, qui nous a donné les clés du monde microscopique, a conduit à des innovations qui ont déjà révolutionné notre vie quotidienne. D'autres applications de l'étrangeté quantique sont attendues de la manipulation et du contrôle de systèmes quantiques isolés de leur environnement ■



## Jean-Loup PUGET

Académie des sciences, Institut d'Astrophysique Spatiale (CNRS - Université Paris-Sud), Orsay

Après un doctorat sur le modèle de cosmologie symétrique matière-antimatière de Roland Omnès, Jean-Loup Puget a travaillé en astrophysique des hautes énergies puis en physique du milieu interstellaire, avant de revenir à la cosmologie. Il a mis en évidence le fond cosmologique infrarouge dans les données du satellite COBE et la présence de macromolécules d'hydrocarbures aromatiques dans le milieu interstellaire.

Il a été *Mission Scientist* sur l'observatoire infrarouge de l'Agence spatiale européenne. Depuis 1993, il est le principal investigateur de l'instrument hautes fréquences sur la mission Planck. Il a été à l'origine de la création de l'Institut d'astrophysique spatiale à Orsay et a occupé de nombreuses fonctions dans la recherche française et européenne. Il est aujourd'hui président du Comité des programmes scientifique du CNES. Membre de l'Académie des sciences et de l'*Academia Europea*, il a reçu de nombreux prix en France et à l'étranger, dont le *Space Science Award* (COSPAR 2014) et le prix Edison Volta (EPS 2015).

## L'observation des fluctuations quantiques de l'Univers primordial

Quand les astronomes observent les objets, ils observent leur passé plus ou moins lointain. Le rayonnement micro-onde, nous parvenant de distances plus grandes que les galaxies les plus lointaines, apporte l'image de l'Univers primordial bien avant que ne se forment les galaxies et les étoiles.

Il y a 35 ans, un modèle a été proposé pour l'origine de toutes les structures que nous voyons dans l'Univers proche sous forme de galaxies, d'amas et de filaments de galaxies. Les inévitables fluctuations quantiques de l'Univers primordial seraient à leur origine. Des prédictions spécifiques ont alors été faites. Enfin, ces prédictions ont été récemment vérifiées de façon spectaculaire par les observations satellitaires du fond cosmologique par la mission Planck ■

## Christophe SALOMON

École Normale Supérieure, Paris



Christophe Salomon est directeur de recherches au laboratoire Kastler Brossel du département de physique de l'École Normale Supérieure (CNRS - Paris). Il dirige l'équipe Gaz de Fermi ultra-froids et est *Principal Investigator* de la mission spatiale ACES de l'Agence spatiale européenne. En 2017, avec le soutien du Centre national d'études spatiales (CNES), cette mission placera en orbite terrestre l'horloge française à atomes froids PHARAO. Ses recherches actuelles portent sur la superfluidité des gaz quantiques et sur les tests de physique fondamentale à l'aide d'horloges ultra-stables. Christophe Salomon a reçu plusieurs distinctions importantes, dont le prix Mergier-Bourdeix de l'Académie des sciences en 2000, le prix Louis D. de l'Institut de France en 2012 et une *ERC Advanced Grant* de l'Union européenne en 2009.

### La mesure du Temps : passé, présent, et avenir

Les travaux de Bohr et Einstein sur les atomes et l'absorption ou émission de quantas de lumière, lors de la naissance de la mécanique quantique il y a une centaine d'années, sont à la base du principe de fonctionnement des horloges atomiques. Au cours de ce dernier siècle, la précision sur la mesure du temps s'est améliorée d'environ neuf ordres de grandeur et l'erreur résiduelle des horloges les plus modernes n'excède pas une seconde sur l'âge de l'Univers !

Nous décrirons tout d'abord le fonctionnement des horloges atomiques, puis aborderons quelques applications. Celles-ci couvrent un domaine très vaste, du positionnement et de la navigation par satellite (système GPS) aux tests de la relativité générale, comme le célèbre décalage gravitationnel des horloges prédit par Einstein en 1915, et à une nouvelle forme de géodésie relativiste ■

## Anne L'HUILLIER

Université de Lund, Lund (Suède)



Après un doctorat au Service "photons, atomes et molécules" du CEA, Saclay (1986), Anne L'Huillier est devenue professeur à l'Université de Lund, en Suède. Sa recherche est centrée autour des impulsions attosecondes liées à la production d'harmoniques d'ordre élevé dans un gaz et de leurs applications, en particulier en physique atomique. Elle est membre de l'Académie royale des sciences de Suède depuis 2004.

### Interférences quantiques et impulsions attosecondes

Un phénomène quantique très intéressant, qui se produit lors de l'exposition d'atomes à un rayonnement laser intense, est la production d'impulsions lumineuses très brèves, de durée « attoseconde » (une attoseconde est un milliardième de milliardième de seconde). Ces impulsions nous permettent d'examiner la matière avec une perspective nouvelle. On est maintenant capable, à l'aide de techniques d'interférence quantique, de mesurer non seulement l'amplitude, mais également la phase des paquets d'ondes, accédant ainsi à leur dynamique temporelle ■



## Nicolas GISIN

Université de Genève, Genève (Suisse)

Nicolas Gisin, professeur à l'Université de Genève, est un expert des communications quantiques. Il s'intéresse à la fois aux questions de fondement de la physique quantique et à ses applications. Il a obtenu deux des prestigieuses bourses européennes *ERC Advanced Grant* puis, en 2009, il a été le premier lauréat du prix John Steward Bell. En 2014, la fondation Marcel Benoist lui a octroyé le prix Science Suisse, la plus haute distinction scientifique suisse.

## Non-localité : de Newton à la téléportation quantique

Étrangement, la physique nous a de tout temps présenté une vision du monde non locale, sauf durant une petite fenêtre d'environ 10 ans entre la relativité générale et la mécanique quantique. Toutefois, la non-localité chez Newton diffère profondément de la non-localité quantique. En particulier, cette dernière a été confirmée expérimentalement. De plus, la non-localité quantique permet des applications fascinantes telles que la cryptographie et la téléportation quantique ■



## Lyndon EMSLEY

École polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne (Suisse)

Lyndon Emsley est professeur de chimie physique à l'École polytechnique fédérale de Lausanne. Ses développements de nouvelles expériences de résonance magnétique visent à déterminer la structure et la dynamique des matériaux complexes et des systèmes moléculaires au niveau atomique. Il a reçu une série de prix et distinctions, dont la médaille d'argent du CNRS, le grand Prix Charles-Léopold Mayer de l'Académie des sciences et le *Bourke Award* de la *Royal Society of Chemistry*. Il est *Fellow* de la Société internationale de résonance magnétique et membre de l'*Academia Europaea*.

## Danse avec des spins

Les atomes et les molécules qui sont créés et utilisés par la chimie moderne sont si petits que toutes leurs propriétés sont contrôlées par les lois de la mécanique quantique. Nous allons montrer des exemples de la façon dont la nature quantique de la chimie est reflétée dans la vie quotidienne, et nous allons voir comment ces signatures quantiques peuvent être utilisées comme espions pour déterminer la structure et les mouvements de molécules qui autrement seraient invisibles ■

## Thierry GIAMARCHI

Académie des sciences, Université de Genève, Genève (Suisse)

Après des études à l'École Normale Supérieure (Paris) et un doctorat à Orsay, Thierry Giamarchi a été chercheur au CNRS puis aux *Bell Laboratories*, avant d'être nommé professeur à l'Université de Genève en 2002. Il y dirige le département de physique de la matière quantique depuis 2013. C'est un spécialiste des effets d'interaction dans les systèmes quantiques de basse dimension et des effets de désordre, pour lesquels il aime montrer qu'ils conduisent à de nouvelles phases de la matière. Il a été nommé *Fellow* de l'*American Physical Society* et a été élu membre de l'Académie des sciences en 2013.



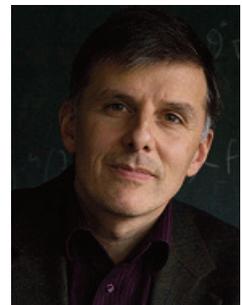
### Peut-on toucher la mécanique quantique ?

On pourrait naïvement penser que la mécanique quantique n'existe que dans l'infiniment petit et est donc une science ésotérique réservée aux physiciennes et physiciens confirmés. Et pourtant, la mécanique quantique se manifeste à une échelle humaine non seulement par des phénomènes spectaculaires tels que la supraconductivité - le transport de courant sans perte -, mais aussi à travers le fonctionnement de l'électronique dans nos ordinateurs et téléphones portables. Je passerai en revue certains de ces phénomènes et, sur quelques exemples, je démontrerai que, tel M. Jourdain qui faisait de la prose sans le savoir, nous avons tous déjà manipulé des objets quantiques ■

## Carlo BEENAKKER

Lorentz Institute for Theoretical Physics, Université de Leyde, Leyde (Pays-Bas)

Après avoir soutenu sa thèse en 1984, à l'Université de Leyde, Carlo Beenakker a rejoint les laboratoires de recherche Philips à Eindhoven. Depuis 1991, il est professeur à Leyde et étudie l'électronique quantique à l'Institut Lorentz de physique théorique. Il est membre de l'Académie royale des Pays-Bas et Chevalier de l'Ordre du Lion néerlandais.



### Quantum electronics

*Electrons live in the quantum world, where objects can be in two places at the same time, where no barrier is impenetrable, and where they are connected by a "spooky action at a distance" (Einstein's words). Computers would not function without quantum mechanics, but we have only just begun to tap into the full computational power of the quantum world ■*

### Électronique quantique

Les électrons vivent dans le monde quantique, où les objets peuvent être à deux endroits au même moment, où aucune barrière n'est impénétrable et où ils sont connectés par une "action surnaturelle à distance" (selon les mots d'Einstein).

Les ordinateurs ne pourraient pas fonctionner sans mécanique quantique, mais nous commençons à peine à exploiter la puissance de calcul complète du monde quantique ■

# 350 ans

Académie des sciences

