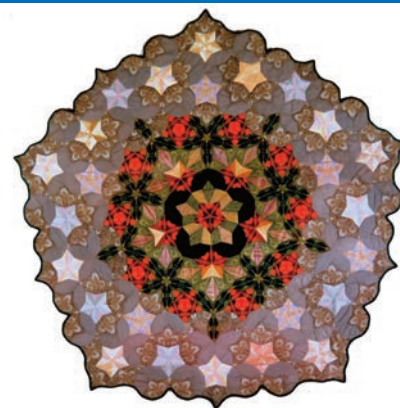


35 ans
Académie des sciences



Le public
scientifique

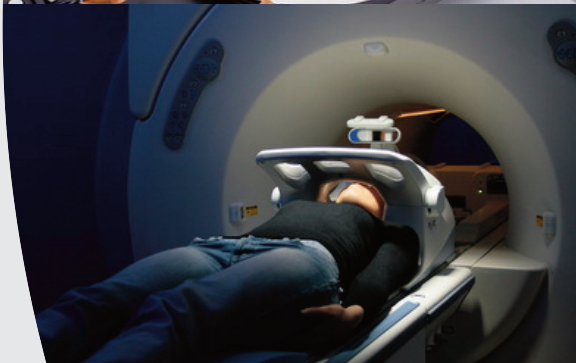


Physique de la matière condensée au 21^e siècle

L'impact de Jacques Friedel

Mardi 26 janvier 2016 à 10 h
Grande salle des séances de
l'Institut de France

Une grande part des progrès récents dans le monde de la santé, des techniques ou de l'ingénierie est due à l'apport de la physique de la matière condensée, avec notamment les études des propriétés électroniques et structurales des matériaux. Le professeur Jacques Friedel, médaille d'or du CNRS (1970), conseiller scientifique au CEA, président de l'Académie des sciences en 1993 et 1994, a très largement contribué aux succès de la recherche en matière condensée, tant par ses travaux personnels et ceux de son groupe, que par le rôle stimulant qu'il a joué dans les décisions de politique scientifique au niveau des réformes des enseignements ou de la promotion des grandes installations scientifiques. Les exposés de ce colloque témoigneront de la marque laissée par Jacques Friedel sur la recherche en physique actuelle.



Les organisateurs du colloque



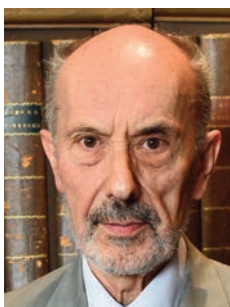
Hélène BOUCHIAT

Hélène Bouchiat est membre de l'Académie des sciences, ancienne élève de l'École normale supérieure et directrice de recherche au CNRS au Laboratoire de physique des solides de l'université Paris-Sud, où elle dirige le groupe de physique mésoscopique. Elle s'est vu décerner la médaille d'argent du CNRS en 2005. Ses intérêts scientifiques concernent le transport quantique, les nanotubes de carbone, les graphènes, etc. ■



Thierry GIAMARCHI

Thierry Giamarchi a été élève de l'École normale supérieure. Il est membre du CNRS depuis 1986, a été postdoctorant aux laboratoires Bell aux USA, et est depuis 2002 professeur à l'université de Genève, où il dirige le département de physique de la matière quantique depuis 2013. C'est un spécialiste des effets d'interactions dans les systèmes quantiques de basse dimension et des effets de désordre, pour lesquels il aime bien 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 à l'Académie des Sciences en 2013 ■



Denis JÉROME

Denis Jérôme est directeur de recherche émérite au CNRS et membre de l'Académie des sciences. Il a développé à l'université Paris-Sud l'étude des métaux et alliages sous haute pression et basse température et les conducteurs organiques de basse dimensionnalité. Il a notamment découvert le premier supraconducteur organique ■

Programme

- 10:00** Jacques Friedel : l'homme et son rayonnement
François GROS
- 10:20** Des travaux de Friedel sur le magnétisme à la spintronique d'aujourd'hui
Albert FERT
- 10:40** *Jacques Friedel and his English connections : a personal tribute*
Jacques Friedel et sa famille anglaise: un hommage personnel
Alice MOTT-CRAMPIN
- 11:00** *How Jacques Friedel aroused my interest in electron correlations*
Comment Jacques Friedel a suscité mon intérêt pour les électrons corrélés
Peter FULDE
- 11:20** **Pause café**
- 11:40** Gap supraconducteur et pseudogap
Guy DEUTSCHER
- 12:00** RMN en champs magnétiques intenses dans les supraconducteurs à haute température critique : le retour des ondes de densité de charge
Claude BERTHIER
- 12:20** Solides moléculaires et basse dimensionnalité électronique
Patrick BATAIL
- 12:40** Conducteurs organiques et physique quantique à basse dimension
Claude BOURBONNAIS
- 13:00** **Déjeuner libre**
- 14:15** Graphènes artificiels, des microondes aux atomes froids
Gilles MONTAMBAUX
- 14:35** *Scanning Tunneling Microscopes reveal the long sought Friedel Oscillations*
Les microscopes à effet tunnel résolvent l'énigme des oscillations de Friedel
Maurice RICE
- 14:55** Les oscillations de Friedel du graphène révèlent la symétrie cachée des électrons de Dirac
Pierre MALLET, Cristina BENA
- 15:25** **Pause café**
- 15:40** Entre l'atome et le solide ; les agrégats précurseurs des nano-particules
Catherine BRÉCHIGNAC
- 16:00** Des dislocations aux défauts du champ soucier
Pawel PIERANSKI
- 16h20** Dislocations dans un cristal quantique
Sébastien BALIBAR
- 16:40** La métallurgie physique : des débuts aux ultimes travaux, une réflexion sur le « style Friedel »
Yves BRÉCHET
- 17:00** Conclusion

Résumés et biographies



François GROS

Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences de 1991 à 2000, directeur général de l'Institut Pasteur de 1976 à 1981, François Gros a consacré son œuvre à la biologie moléculaire. Il a été le premier à mettre en évidence les acides ribonucléiques (ARN) et leur action de transmission d'information codée depuis les gènes jusqu'aux sites de formation des protéines.

Jacques Friedel : l'homme et son rayonnement

Avec Jacques Friedel, éminent physicien, nos premières relations furent un peu difficiles : il avait des réserves à l'égard de la biologie en tant que science, etc. Mais, peu à peu, nous apprîmes à nous connaître et devinrent de véritables amis. Nous décidâmes d'instaurer un groupe d'échanges réguliers à la frontière de la physique et de la biologie, qui fonctionna quelque temps à l'Académie.

Nous déjeunions souvent ensemble nous rendant à nos domiciles respectifs. Une abondante correspondance finit par s'échanger entre nous concernant de multiples sujets : enseignement scolaire et supérieur, relations internationales, problèmes de société, gestion de la recherche... Il s'intéressa beaucoup au COPED ! Il me narrait souvent ses préoccupations concernant l'industrie métallurgique ; nous discutons du nucléaire mais aussi de la crise de l'emploi !

Ses fils étaient au courant de notre amitié et l'un d'eux m'a écrit à ce sujet après sa disparition ■



Albert FERT

Membre de l'Académie des sciences, unité mixte de physique CNRS/Thales et Université Paris-Sud, Orsay

Albert Fert est un physicien français, dont les travaux sur la matière condensée ont permis le développement des mémoires des disques durs actuels. Son œuvre scientifique a été récompensée par de nombreux prix nationaux et internationaux comme le Japan Prize, le prix Wolf, la médaille d'or du CNRS ou le Prix Nobel de physique.

Des travaux de Jacques Friedel sur le magnétisme à la spintronique d'aujourd'hui

La spintronique, une électronique qui exploite le magnétisme des électrons (le spin), a des racines profondes dans les travaux de Friedel en physique du magnétisme. Je décrirai comment ce domaine de recherche est né d'idées de « l'école Friedel », que de nouveaux outils, les nanotechnologies, ont permis de concrétiser. La spintronique se développe aujourd'hui dans de nombreuses directions et mon exposé sera centré sur la présentation d'un axe émergent particulièrement prometteur, la spin-orbitronique. Je montrerai comment certains développements récents, sur les skyrmions magnétiques ou l'effet Hall de spin par exemple, ont à nouveau remis au premier plan des concepts introduits par Friedel ■

Alice MOTT-CRAMPIN

Alice Mott-Crampin a étudié l'anthropologie et l'économie à l'université de Cambridge avant de travailler dans le domaine de l'économie appliquée, à Londres, pendant plusieurs années. Après avoir élevé sa famille, elle a participé activement aux affaires locales, ce qui l'a conduit à être conseillère communale et exercer des charges de magistrature locale (juge de paix).



Jacques Friedel and his English connections : a personal tribute

Family recollections of Jacques Friedel from his early days in England as a shy PhD student in postwar Bristol, to his later visits as a most distinguished and honoured French physicist, but, throughout, our inimitable and much loved Uncle Jacques ■

Jacques Friedel et sa famille anglaise: un hommage personnel

Souvenirs familiaux de Jacques Friedel depuis ses premiers jours en Angleterre en tant que timide étudiant en thèse dans le Bristol de l'après guerre, jusqu'à ses dernières visites en tant que physicien renommé et distingué... mais restant toujours notre inimitable et tant aimé Oncle Jacques ■

Peter FULDE

Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme, Dresde (Allemagne)

Peter Fulde, chercheur allemand, a consacré son œuvre à la physique de la matière condensée et notamment la supraconductivité. Il a été directeur du *Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems* à Dresde. Il est par ailleurs membre de l'Académie des sciences Léopoldina d'Allemagne et de l'Académie des technologies de ce pays.



How Jacques Friedel aroused my interest in electron correlations

It was an article of J. Friedel in The Physics of Metals, ed. by J. Ziman in 1969, which strongly affected my thinking about electronic correlations. It was so clearly written, that it was obvious how to generalize the work of Gutzwiller. In the meantime, the subject has tremendously developed. Recent progress will be discussed on electronic structure calculations for strongly correlated electron systems based on many-body wavefunctions ■

Comment Jacques Friedel a suscité mon intérêt pour les électrons corrélés

L'article de J. Friedel dans *The Physics of Metals*, ed. par J. Ziman en 1969 a fortement influencé ma réflexion sur les corrélations électroniques. Il était rédigé de façon si claire qu'il était à présent simple de généraliser le travail de Gutzwiller. Entre temps, le sujet s'est développé fortement. On abordera les récents progrès en calculs de structure électronique pour des systèmes d'électrons fortement corrélés basés sur des fonctions d'onde à plusieurs corps ■



Guy DEUTSCHER

École de physique et d'astronomie, Université de Tel Aviv (Israël)

Guy Deutscher est un physicien franco-israélien connu pour ses travaux sur les propriétés structurales et électroniques des systèmes désordonnés, en particulier à l'échelle nanométrique, comme les supraconducteurs granulaires et les supraconducteurs à haute température critique. Il a été président du Comité exécutif du programme pour la supraconductivité de l'Agence internationale pour l'énergie de 2004 à 2012 et dirige la nouvelle collection de *World Scientific* dans ce domaine.

Gap supraconducteur et pseudogap

Dans les cuprates supraconducteurs sous-dopés, le gap déterminé par effet tunnel augmente lorsque le dopage est réduit, alors que la température critique (T_c) diminue. De plus, au-dessus de T_c , les mesures de résonance magnétique nucléaire (NMR) et d'effet tunnel (*Scanning tunneling microscopy*, *STM*) montrent une réduction de la densité d'états sur la même échelle d'énergie, appelée pseudogap. L'étude des réflexions d'Andreev-Saint-James menée par l'équipe de Guy Deutscher sur les cuprates démontre qu'en fait, le véritable gap supraconducteur est distinct du pseudogap et a un comportement de type BCS (d'après le nom de leurs découvreurs Bardeen, Cooper et Schrieffer), tout à fait en accord avec les vues de Jacques Friedel ■



Claude BERTHIER

Laboratoire national des champs magnétiques intenses, *European Magnetic Field Laboratory*, Grenoble

Claude Berthier est directeur de recherche émérite au CNRS au Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses à Grenoble, spécialiste de la résonance magnétique nucléaire (RMN) qu'il a appliquée aux nombreux domaines de la physique de la matière condensée: alliages dilués, électrolytes polymères, ondes de densité de charge, supraconducteurs à haute T_c , gaz d'électrons 2D, magnétisme quantique. Il a reçu en 2015 le Prix Alexandre Joannides de l'Académie des sciences

RMN en champs magnétiques intenses dans les supraconducteurs à haute température critique : le retour des ondes de densité de charge

L'utilisation de la RMN en champs magnétiques intenses (à l'aide d'aimants résistifs) a démontré sa pertinence dans l'étude du magnétisme quantique. Récemment, après la découverte d'oscillations quantiques impliquant une reconstruction de la surface de Fermi dans les composés sous-dopés $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$, des expériences de RMN en champs forts ont démontré que la brisure de la symétrie de translation était en réalité due à l'établissement d'un ordre de type onde de densité de charge (ODC), apparaissant au-dessus d'un champ seuil. Ces études RMN ont également dévoilé la compétition entre les deux états fondamentaux, ODC et supraconductivité. Cette découverte a déclenché une avalanche d'études par diffraction de rayons X (RX) dans divers cuprates sous-dopés, confirmant l'omniprésence des ODCs. D'autres expériences RMN suggéraient fortement que les observations par RX pouvaient s'expliquer par le piégeage autour de défauts de fluctuations de l'ODC, phénomène observé 40 ans plus tôt dans le composé NbSe_2 . De récentes expériences de RX en champs magnétiques pulsés confirment finalement la découverte initiale par RMN, à savoir que l'ordre tridimensionnel ODC s'établit seulement à basse température et en champs forts ■

Patrick BATAIL

CNRS et Université d'Angers, Angers

Patrick Batail est un chimiste français dont les travaux ont été conduits en immersion interdisciplinaire, initiée lors d'une période féconde, de IBM à San José (1978-1980) au Laboratoire de Physique des Solides à Orsay de 1984 à 1995. Il a créé une classe de solides de superatomes en s'appuyant sur la chimie et la physique des interactions intermoléculaires dans les métaux et supraconducteurs.



Solides moléculaires et basse dimensionnalité électronique

Entre la vision du chimiste du solide, qu'il soit minéraliste ou moléculariste, habitée encore aujourd'hui par une vision géométrique des motifs créés par les liens forts tracés entre des atomes ponctuels, héritage de la révolution des Bragg au début du 20^e siècle, et celle qui s'est forgée à l'émergence de la physique des solides contemporaine (post-métallurgie), il fallait tracer un chemin, celui de la dynamique des électrons dans le réseau étendu, et de ses instabilités, d'autant plus foisonnantes que la dimension électronique est réduite. Jacques Friedel, inspiré par l'approche de Hume-Rothery (electron compounds), a emprunté ce chemin à la rencontre des chimistes, montrant que ce qui détermine la structure (géométrie) n'est pas nécessairement ce qui détermine la propriété (structure électronique), inspirant les chimistes théoriciens et expérimentateurs, joignant les forces pour créer la science des matériaux dans les frontières multiples pratiquées aujourd'hui ■

Claude BOURBONNAIS

Département de physique, université de Sherbrooke, Québec (Canada)

Claude Bourbonnais est un professeur-chercheur canadien œuvrant dans le domaine de la physique des conducteurs et supraconducteurs organiques. Il a contribué à différents volets de la description théorique de ces matériaux de basse dimensionnalité, en proposant notamment un mécanisme d'origine magnétique pour la supraconductivité organique. Il a été chercheur-associé du CNRS au Laboratoire de Physique des Solides d'Orsay entre 1987 et 1990.



Conducteurs organiques et physique quantique à basse dimension

Dans ce bref exposé, Claude Bourbonnais discutera des concepts de la physique quantique qui ont su marquer la compréhension des conducteurs organiques de basse dimensionnalité, et au cœur de laquelle figure une longue et féconde collaboration entre la France et le Québec, qui fut grandement stimulée par Jacques Friedel ■



Gilles MONTAMBAUX

Laboratoire de physique des solides, CNRS, Université Paris-Sud, Orsay

Gilles Montambaux est directeur de recherche au CNRS et professeur à l'École polytechnique. Ses thèmes de recherche en théorie de la matière condensée sont la physique quantique mésoscopique, la physique des électrons à basse dimension, le graphène, et une ouverture sur la physique des réseaux d'atomes froids. Il est co-auteur d'un livre sur la *Physique mésoscopique des électrons et des photons*.

Graphènes artificiels, des microondes aux atomes froids

Entre autres propriétés fascinantes du graphène, les électrons s'y déplacent comme des particules sans masse, avec un degré de liberté interne supplémentaire lié à la structure sous-jacente du réseau en nid d'abeille. La fabrication de graphènes artificiels, où les électrons peuvent être remplacés par des atomes froids ou des ondes électromagnétiques par exemple, permet d'aborder une physique encore plus riche, inaccessible dans le graphène lui-même et liée à la topologie particulière des fonctions d'ondes ■



Maurice RICE

ETH Zurich (Suisse)

Maurice Rice est professeur émérite à ETH Zurich qu'il a rejoint en 1981. Il est théoricien de la physique des fermions fortement corrélés avec une prédilection pour la théorie microscopique des supraconducteurs de haute température. Il a reçu le *Europhysics Prize* en 1998 et est membre de la *National Academy of Sciences* et de la *Royal Society*.

Scanning tunneling microscopes reveal the long sought Friedel oscillations

In 1952, Jacques Friedel wrote a fundamental paper on "The distribution of electrons around impurities in monovalent metals", predicting the existence of modulations in the electronic density with a period determined by the spanning wavevector of the Fermi surface. The much later invention of scanning tunneling microscopy led to observation of Friedel oscillations and a new way to probe electronic structure ■

Les microscopes à effet tunnel résolvent l'énigme des oscillations de Friedel

En 1952, Jacques Friedel a écrit un texte fondamental sur « La distribution d'électrons autour d'impuretés dans des métaux monovalents », anticipant l'existence de modulations dans la densité électronique avec une période déterminée par la gamme du vecteur d'onde de la surface de Fermi. Bien des années après, l'invention de la microscopie à effet tunnel a conduit à l'observation des oscillations de Friedel et à une nouvelle façon d'approcher la structure électronique ■

Pierre MALLET

Institut Néel, CNRS-Université Grenoble Alpes, Grenoble

Pierre Mallet est directeur de recherche au CNRS à l'Institut Néel de Grenoble, spécialiste de microscopie à effet tunnel. Ses centres d'intérêt concernent les propriétés électroniques locales de matériaux bi-dimensionnels. Il s'est focalisé depuis une dizaine d'années sur le graphène, avec plusieurs contributions liées aux oscillations de Friedel et au couplage électronique graphène/substrat.



Cristina BENA

IPHT, CEA Saclay, Gif sur Yvette

Cristina Bena a fait ses études à Harvard et à Santa Barbara, et est chercheur en physique des solides au sein de l'IPHT CEA Saclay et du LPS Orsay depuis 2008. Ses travaux sont centrés sur les systèmes à basse dimension, comme le graphène et les nanotubes de carbone. Dans ces systèmes elle a étudié les oscillations de Friedel et la formation de fermions de Majorana. Elle est aussi lauréate d'une bourse *ERC Starting Grant*.



Les oscillations de Friedel du graphène révèlent la symétrie cachée des électrons de Dirac

L'analyse complémentaire – par microscopie à effet tunnel et par la théorie - des oscillations de Friedel induites par des impuretés est une approche très performante pour étudier les systèmes électroniques de basse dimension. Pierre Mallet et Cristina Bena montreront ici comment ces méthodes sont appliquées au graphène, cristal bidimensionnel star de la matière condensée, afin d'extraire des informations cachées comme la chiralité des électrons de Dirac ■

Catherine BRÉCHIGNAC

Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, Paris

Catherine Bréchnignac est Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences et Ambassadeur délégué à la science, la technologie et l'innovation. Physicienne, elle est pionnière dans la physique des agrégats atomiques, précurseurs des nanoparticules, aux confins de la physique atomique et de la matière condensée.



Entre l'atome et le solide ; les agrégats précurseurs des nano-particules

La construction de la matière atome par atome est une démarche qui semble a priori élémentaire. Ce n'est cependant qu'avec le développement des jets supersoniques couplés à la spectroscopie de masse que l'on a pu suivre les propriétés intrinsèques des agrégats en fonction de leur taille. Lorsque la taille de l'agrégat est plus petite que la portée de la propriété étudiée, on observe que chaque atome compte. C'est ce qui fit dire à Jacques Friedel, lors d'un colloque sur les petites particules dans le début des années 80, « *keep it small* » ■



Pawel PIERANSKI

Laboratoire de physique des solides, université Paris-Sud, Orsay

Chercheur au laboratoire de physique des solides à Orsay, il a réalisé des expériences sur les cristaux liquides et les cristaux colloïdaux qui ont conduit aux découvertes de concepts et des phénomènes nouveaux. Ayant toujours enseigné, il a rédigé avec Patrick Oswald un ouvrage issu de leurs cours intitulé *Cristaux liquides : concepts et propriétés physiques illustrés par des expériences*.

Des dislocations aux défauts du champ soucier

Dans ses mémoires, Jacques Friedel évoque le rôle joué par Yves Rocard dans la création du laboratoire de physique des solides, et raconte comment le concept de « dislocations » a été élargi aux défauts topologiques, dont les défauts ponctuels des nématiques font partie. Ces derniers, qui ont longtemps brillé par leur absence, sont apparus tout récemment, par surprise, dans une texture appelée « champ soucier », dont la forme et la sensibilité rappellent celles de l'outil du même nom ■



Sébastien BALIBAR

Membre de l'Académie des sciences, laboratoire Pierre-Aigrain, École normale supérieure, Paris

Sébastien Balibar est chercheur au département de physique de l'École normale supérieure. Ses travaux concernent surtout 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 .

Dislocations dans un cristal quantique

On peut déformer un métal en le chauffant et en appliquant une force importante afin que les défauts de sa structure cristalline - ses dislocations - se déplacent malgré la présence d'impuretés qui les piègent. On peut aussi déformer des cristaux d'hélium solide en déplaçant ses dislocations, mais cette fois à très basse température. C'est parce que l'on peut supprimer toutes leurs impuretés et que les dislocations peuvent se déplacer librement en passant par effet tunnel quantique à travers les barrières du réseau cristallin. L'hélium solide est à la fois un modèle et une exception ■

Yves BRÉCHET

Membre de l'Académie des sciences,
Haut-commissaire à l'énergie atomique, Paris

Membre de l'Académie des sciences, Yves Bréchet est Haut-Commissaire à l'énergie atomique depuis 2012. Physicien spécialiste des métaux et des alliages, il étudie, compare et adapte les matériaux, leurs applications et leurs propriétés. Ces recherches impliquent tout autant des approches fondamentales qu'appliquées, avec des questions spécifiques aux sciences de l'ingénieur, à l'interface entre la physique, la chimie et la mécanique.



La métallurgie physique : des débuts aux ultimes travaux, une réflexion sur le « style Friedel »

Dans sa grande variété, l'œuvre de Friedel se ressource en permanence dans la métallurgie physique, discipline dont il fut un des fondateurs et l'un des maîtres. Depuis les travaux de sa jeunesse sur l'énergie des joints de grains, en passant par la somme sur les dislocations, et pour s'achever par les réflexions sur les phénomènes d'ancrage collectif ou les caractéristiques des séismes, la métallurgie physique fut un terrain de développement privilégié du « style Friedel » si reconnaissable. On illustrera cette permanence des sujets, et cette élégance du style par quelques exemples pour lesquels on montrera la fécondité du « style Friedel » ■

INSCRIPTION OBLIGATOIRE EN LIGNE

Service des séances

colloques@academie-sciences.fr – 33(0)1 44 41 45 76

Contact presse

presse@academie-sciences.fr - 33(0)1 44 41 45 51

350  ans
Académie des sciences

