

Rapport d'activité à quatre ans 2006-2009

GDR 2426 Physique Quantique Mésoscopique

juillet 2009

Le GDR *Physique Quantique Mésoscopique* a été créé le 1er Janvier 2002. Il joue un rôle très important pour structurer la communauté française de physique mésoscopique. Le format varié de ses réunions a permis à la fois des rapprochements, la germination de nouvelles collaborations et aussi des ouvertures vers de nouvelles thématiques.

Le GDR a été renouvelé pour 4 ans le 1^{er} janvier 2006. Il poursuit son rôle d'animation de la communauté, en tenant compte des développements les plus récents de la physique mésoscopique et de ses recouvrements avec d'autres domaines de la physique de la matière condensée. Cet aspect est en effet une caractéristique forte de ce GDR de physique fondamentale au carrefour de nombreuses thématiques. Un autre rôle essentiel du GDR est de former des générations de jeunes scientifiques autour des thèmes centraux de la physique mésoscopique, en permettant aux étudiants d'être très rapidement immergés dans leur milieu scientifique et de tisser des liens avec des laboratoires français. Les étudiants constituent en général de l'ordre de 25% des effectifs des réunions du GDR. Deux écoles, une en septembre 2005 et une autre en octobre 2008, ont été encore plus directement centrées sur cet objectif.

Depuis sa création, les thématiques couvertes par le GDR ont considérablement évolué. Afin de renforcer notre rôle de structuration de la communauté scientifique, rôle essentiel souhaité par le CNRS, les axes principaux couverts au cours de la première période

- Techniques de nanofabrication
- Aspect fondamentaux du transport quantique
- Information quantique
- Transport électronique dans les systèmes hybrides, normal, supra, ferro
- Boîtes quantiques, effets de charge et blocage de Coulomb, effet Kondo
- Manipulation de charges et de spins individuels
- Transport à l'échelle nanoscopique: nanotubes, fils quantiques, fils et contacts moléculaires
- Physique du bruit
- Systèmes de basse dimensionalité en interaction forte (effet Hall quantique fractionnaire, liquides de Luttinger)
- Transport dépendant du spin

ont été complétés avec de **nouvelles thématiques** apparues durant ces dernières années, en particulier

- Interactions et désordre dans les gaz d'atomes froids, analogies avec la physique mésoscopique des systèmes électroniques
- Cohérence de phase et transport dépendant du spin
- Transport électronique à l'échelle moléculaire : aspects fondamentaux , méthodes numériques (ab initio)
- Localisation faible et forte d'ondes lumineuses ou de matière
- Cohérence dans les petits systèmes magnétiques
- Physique mésoscopique à haute fréquence
- Spectroscopies par STM
- Nanomécanique
- Phénomènes de décohérence et d'irréversibilité, couplage au monde extérieur
- Aspects mathématiques de la décohérence et des interactions

Lors de la demande de création du GDR, nous avons classifié les thèmes proposés selon trois grands axes repris succinctement ici (pour plus de détails, voir le site www.lps.u-psud.fr/gdrmeso)

1 - Les objets : le développement de cette physique est largement conditionné par la possibilité de créer de nouvelles structures à des échelles méso- et nanoscopiques.

2 - Les concepts : la réduction de la taille des objets électroniques conduit à de nouvelles interrogations fondamentales, que l'on peut classer essentiellement le long de trois directions : le transport quantique, les interactions, la cohérence.

3 - La mesure : la réalisation de petits objets pose le problème de leur connexion au monde macroscopique extérieur. Les questions fondamentales sont liées à la description du couplage au monde extérieur, à la modélisation des contacts.

Cette classification reste tout à fait pertinente. En ce qui concerne la mesure, de nouvelles méthodes expérimentales très fécondes se sont développées récemment et vont continuer à être développées, comme les mesures de bruit et de corrélations, les mesures dans la gamme des hyperfréquences, l'utilisation des sondes locales (microscope à effet tunnel, microscope à force atomique, micro-SQUIDS), l'étude des phénomènes dépendant du temps. Dans le domaine de la mesure se pose aussi la question très fondamentale des limitations de la détection par la mécanique quantique.

Compte tenu de ces évolutions, la liste des équipes et des chercheurs impliqués dans le GDR est en perpétuelle évolution. Elle intègre de nouvelles équipes et pour d'autres, l'implication jusque là marginale devrait devenir plus importante. Le nombre de chercheurs permanents participant à ce GDR est passé de 150 dans la période 2002-2005 à 200 dans la période 2006-2009, ce qui souligne l'attractivité du GDR.

Depuis sa création, on peut estimer à environ 300 le nombre de chercheurs qui ont participé à des titres variés à au moins une réunion du GDR. Par ailleurs, un noyau dur d'environ 120 personnes a participé à au moins deux réunions. Ces statistiques montrent le double but visé par le GDR, à la fois des réunions de travail et des ouvertures larges vers d'autres domaines.

. Enfin le GDR favorise les interactions avec des communautés proches comme celle des nanotubes (GDR 1752, puis 3217), celle de l'information quantique (GDR 2285) ou celle de la propagation des ondes en milieux aléatoires (GDR IMCODE 2283). Ces interactions se sont traduites par l'organisation de journées thématiques communes et de sessions communes lors des réunions plénières

Organisation du GDR

Le GDR fonctionne de la façon suivante

* Un conseil scientifique se réunit en début de chaque année ou lors des réunions plénières afin de préparer le contenu scientifique des rencontres du GDR et de réfléchir sur les évolutions des thématiques. Un bureau ainsi que des organisateurs locaux se chargent de l'organisation de chaque rencontre. L'organisation du GDR bénéficie de l'aide du secrétariat du laboratoire de Physique des Solides d'Orsay (gestion des dépenses M.-F. Cozic, organisation des réunions M.-F. Mariotto) ainsi que de l'hébergement du site web (responsable M.-F. Mariotto).

* En général deux rencontres (une plénière, une thématique ou une école) sont organisées par an. Lors de chacune de ces réunions, on cherche à privilégier l'aspect pédagogique des interventions (mini-cours) et un temps très important est laissé aux discussions, par exemple autour de sessions poster informelles. On encourage particulièrement la participation des thésards et post-docs. Pour chacune de ces réunions, quelques intervenants étrangers choisis pour leur excellence dans le domaine sont invités à dispenser des cours introductifs.

* Un site web ainsi qu'une diffusion e-mail permet de faire circuler les informations liés aux activités autour de la physique mésoscopique (conférences, écoles,...) www.lps.u-psud.fr/gdrmeso. En particulier, on y trouve les transparents de la plupart des présentations.

* Le GDR veille par ailleurs à la coordination d'activités impliquant à divers titres la communauté française, organisation ou aide à la participation d'écoles ou de conférences (Moriond en 2004 et 2008, SFP en 2006). Il faut souligner particulièrement le rôle d'animation joué par des membres du GDR dans l'organisation des conférences de « Moriond » qui jouent en quelque sorte le rôle de vitrine internationale du GDR.

* En huit ans, 19 réunions ont été organisées par le GDR. Les thèmes des rencontres et l'évolution du GDR suivent évidemment les développements les plus récents dans le domaine. Il faut souligner l'organisation d'une réunion thématique sur le graphène à Orsay en 2007 qui a permis très tôt de fédérer la communauté française sur ce sujet.

* L'organisation de ces réunions n'est réalisable que grâce à une gestion économique de la somme allouée, en particulier en minimisant les coûts d'organisation et de transport. La plupart des réunions ayant eu lieu soit à Aussois dont le rapport qualité (salles de réunion, atmosphère conviviale)/prix est excellent, soit sur l'axe Paris-Grenoble-Marseille, axe principal du GDR.

Orsay, juillet 2009
Gilles Montambaux
Directeur

Documents joints :

- 1 - Membres du conseil scientifique
- 2 - Les rencontres du GDR 2006-2007
- 3 - Bilan financier
- 4 - Rapports détaillés des rencontres du GDR 2006-2009

Le rapport d'activité 2002-2005, les transparents de toutes les réunions et des écoles de 2005 et 2008, sont consultables sur le site du GDR www.lps.u-psud.fr/gdrmeso

1 - Membres du Conseil Scientifique du GDR, période 2006-2009

<i>H. Bouchiat</i>	<i>Orsay</i>	
<i>A. Bouzdine</i>	<i>Bordeaux</i>	
<i>V. Cros</i>	<i>CNRS-Thalès</i>	
<i>D. Delande</i>	<i>Paris</i>	
<i>C. Glattli</i>	<i>Saclay</i>	
<i>F. Hekking</i>	<i>Grenoble</i>	<i>membre du bureau</i>
<i>R. Jalabert</i>	<i>Strasbourg</i>	
<i>D. Mailly</i>	<i>Bagneux</i>	<i>membre du bureau</i>
<i>T. Martin</i>	<i>Marseille</i>	<i>membre du bureau</i>
<i>G. Montambaux</i>	<i>Orsay</i>	<i>directeur</i>
<i>H. Pothier</i>	<i>Saclay</i>	<i>membre du bureau</i>
<i>L. Saminadayar</i>	<i>Grenoble</i>	
<i>M. Sanquer</i>	<i>Grenoble</i>	
<i>X. Waintal</i>	<i>Saclay</i>	

2 - Les rencontres du GDR 2006-2009

Rappel : fin 2005

* *Ecole de Physique Mésooscopique*

Aussois 28 septembre-5 octobre 2005 – organisateurs F. Hekking, G. Montambaux, H. Pothier

* Réunion plénière “ *Physique Mésooscopique : évolution et perspectives*”

Aussois 5-7 octobre 2005 – organisatrices H. Bouchiat, S. Guéron

2006

* Réunion plénière « *Transport et champ proche, matériaux moléculaires, nanomécanique* »

La Grande Motte 5-7 octobre 2006 – organisateurs C. Bauerle, L. Saminadayar

2007

* Réunion plénière *Rencontre plénière 2007*

Aussois 19-22 Mars 2007 – organisateurs O. Bourgeois, F. Hekking, M. Sanquer

* Réunion thématique « *Physique du Graphène* »

Orsay 22-23 Mai 2007 – organisateurs M. Goerbig, G. Montambaux

2008

* *Ecole de Physique Mésooscopique*

Cargèse 6 -18 Octobre 2008 – organisateur B. Reulet, C. Texier, G. Montambaux
Voir projet joint page suivante.

* *Réunion plénière*

Aussois 8 -11 Décembre 2008 – organisateurs P. Roche, L. Saminadayar

Réunions prévues pour 2008

* *Réunion plénière*

Aussois 5-8 Octobre 2009 – organisateurs P. Degiovanni, B. Plaçais

* *Réunion thématique, en préparation, Isolants topologiques, Effet Hall de spin*

Fin 2009 - organisateurs D. Carpentier, J. Cayssol,

3 - Bilan financier

2006 (DOTATION 20 000 €+ RELIQUAT 26 700 €)

Réunion conseil scientifique + divers	1 200
Réunion plénière, la Grande Motte	33 100
Financement invités SFP	2 100
Total	36 400
Solde	10 300

Le reliquat important de 2005 a été essentiellement généré par l'école du GDR qui avait bénéficié d'une subvention importante du CEA qui n'a pas été entièrement utilisée. Ce reliquat a permis de financer le transport de tous les participants à la réunion plénière de la Grande Motte.

2007 (DOTATION 18 000 €+ RELIQUAT 10 300 €)

Réunion plénière, Aussois	27 000
Réunion « graphène », Orsay	1 300
Total	28 300
Solde	0

2008 (DOTATION 17 000 €+ 5000 €(CEA) + 2 000 €(Moriond))

Réunion plénière, Aussois	20 100
Total	20 100
Solde	3 900

ESTIMATION 2009 (DOTATION 17 000 €+ 4000 € + RELIQUAT 3900 €)

Réunion plénière, Aussois	22 000
Réunion du conseil scientifique	600
Réunion thématique	2 300
Total	24 900
Solde	0

La dotation par le département est passée de 20 k€ en 2006 à 18 k€ en 2007 puis à 17 k€ en 2008 et 2009. De plus, le coup des réunions à Aussois a fortement augmenté, passant typiquement de 16 k€ HT en 2004 à 22 k€ HT en 2007 pour 100 participants. Le niveau de remboursement pour les participants, et en particulier les efforts consacrés pour la participation d'un nombre maximum d'étudiants n'ont pu être réalisés que grâce aux reliquats générés en 2005 et 2008 par les deux écoles, financées en bonne partie par une subvention CEA, en plus de la formation permanente.

Mais à par celle sur le graphène, l'organisation de réunions thématiques n'a pas été possible. Le GDR a toutefois bénéficié d'un supplément de crédit du CNRS de 4 k€ en 2009, ce qui devrait permettre l'organisation d'une réunion thématique en 2009.

4 - Rapports détaillés sur les rencontres du GDR 2006-2009

La plupart des présentations sont sur le site web du GDR www.lps.u-psud.fr/gdrmeso

On commence par présenter les rapports sur les deux manifestations de la fin 2005 qui n'étaient pas dans le rapport à 4 ans 2002-2005.

Ecole de Physique Mésooscopique

67 participants

Aussois 28 septembre-5 octobre 2005 – organisateurs F. Hekking, G. Montambaux, H. Pothier

Il y a eu 67 participants à l'école, dont 50 élèves (13 CNRS, 2 CEA, 1 universitaire, 29 thésards, 4 post-docs et un étranger), 13 intervenants (5 CNRS, 2 CEA, 2 universitaires, 4 étrangers), et les 4 organisateurs (Frank Hekking, Universitaire, Marie-France Mariotto, secrétaire au CNRS à Orsay, Gilles Montambaux, CNRS, et Hugues Pothier, CEA).

Les cours principaux ont été dispensés en plusieurs séances, toutes d'une heure et demie. Ils étaient assortis de séances de travaux dirigés, aux cours desquels des exercices, le plus souvent donnés aux élèves par avance (Texier, Baranger, Grabert) étaient abordés par les élèves. Quelques cours sur des sujets secondaires ou illustratifs ne duraient qu'une séance. Après chaque cours, les transparents ont été mis à disposition sur les trois ordinateurs en accès libre. Deux soirées posters ont été organisées pour les présentations faites par les étudiants. Le questionnaire rempli à l'issue de l'école a fait état du taux de satisfaction suivant : 70% entièrement satisfaits, 27% plutôt satisfaits, 3% satisfaits.

Les cours dispensés ont été les suivants :

Eric Akkermans (Technion–Israel Institute of Technology, Israël)
Diffusion multiple des photons: localisation et mésooscopie

Marco Aprili (Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud, Orsay)
Magnétisme et transport quantique

Harold Baranger (Duke University, USA)
Coulomb Blockade as a Probe of Interactions in Nanosystems

Hélène Bouchiat (Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud, Orsay)
Transport dans les nanotubes de carbone

Hervé Courtois (Centre de Recherche sur les Très Basses Températures, CNRS, Grenoble)
Effet tunnel appliqué à la mesure de systèmes mésoscopiques

Juan-Carlos Cuevas (Universidad Autónoma de Madrid, Espagne)
Transport through single molecules

Christian Glattli (ENS-Paris et Service de Physique de l'État Condensé, CEA-Saclay)
The magic Fermi statistics: electronic scattering, noise and entanglement

Hermann Grabert (Université de Freiburg, RFA)
Transport and noise in interacting quantum wires

Bernard Pannetier (Centre de Recherche sur les Très Basses Températures, CNRS, Grenoble)
Cohérence dans les réseaux

Bertrand Reulet (Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud, Orsay)
Bruit et statistique complète de comptage

Christophe Texier (Laboratoire de Physique Théorique et Modèles Statistiques, Orsay)
Transport électrique dans les métaux désordonnés

Cristián Urbina (Service de Physique de l'État Condensé, CEA-Saclay)
Transport cohérent

Denis Vion (Service de Physique de l'État Condensé, CEA-Saclay)
Quantum bits made of superconducting electrical circuits

«Réunion plénière : Physique Mésoscopique : évolutions et perspectives »
100 participants
Aussois 5-7 octobre 2005 – organisateurs H. Bouchiat, S.Guéron

Cette dernière rencontre plénière de la première période du GDR prenait la suite immédiate de l'école de dix jours. Il avait donc été décidé qu'elle ne durerait que deux journées. Elle a aussi comporté plus de résultats récents et moins d'exposés longs didactiques.

Les exposés se sont articulés autour des deux thématiques essentielles que nous avons choisi d'approfondir au cours de cette réunion plénière :

1- Développements récents autour de l'effet Kondo dans les boîtes quantiques et fils moléculaires avec en particulier l'observation récente de l'effet Kondo avec symétrie SU4 dans un nanotube de carbone, complété par quelques exposés d'électronique moléculaire l'un sur les propriétés électroniques étonnantes du graphène et l'autre centré sur les problèmes liés à la modélisation du transport à travers une petite molécule .

2- Effets de cohérence de phase dans les supraconducteurs mésoscopiques en parallèle avec ceux observés dans les fluides quantiques (hélium superfluide) et condensats de Bose Einstein.

Ceci constitue la première ouverture du GDR vers la communauté des atomes froids.

A ces deux thématiques principales se sont rajoutés deux exposés théoriques consacrés au bruit mésoscopique et statistique de comptage avec la confrontation entre une description quantique et une purement classique de ce bruit ainsi qu'un exposé expérimental sur l'exploration haute fréquence d'un circuit RC mésoscopique.

La première demi-journée traitait du sujet de l'effet Kondo réalisé dans les structures comportant une boîte quantique entre deux électrodes. S. de Franceschi a présenté l'exemple expérimental des nanotubes de carbones, dans lequel l'effet Kondo est réalisé à travers une île (le nanotube de carbone) possédant un niveau de dégénérescence 4, de spin et orbitale. D. Ullmo a quant à lui parlé de l'effet des fluctuations mésoscopiques sur l'effet Kondo. M. Lavagna a adressé la question de la valeur encore inexplicquée du déphasage observé dans les interféromètres comportant une boîte quantique sur l'une de leur branche, lorsque ces boîtes sont en régime de blocage de Coulomb, ainsi qu'en régime de couplage Kondo.

A. Geim, venu de Manchester, nous a parlé des très récentes expériences réalisées sur quelques voire un unique plan de graphite, et en particulier l'effet Hall étonnant observé sur une feuille unique de graphène.

Deux présentations ont suivi sur l'électronique moléculaire. Dans la première, H. Baranger a présenté ces calculs de la conductance de molécules, selon la nature des molécules (nanotubes de carbones, mais aussi molécules comportant un atome magnétique) et des contacts. F. Pistolesi a parlé de la

conductance et statistique des fluctuations de courant de jonctions comportant des îlots (molécules) dont le couplage tunnel aux électrodes peut varier suite à des oscillations de la position de l'îlot.

Enfin, cette première journée s'est conclue avec la présentation par R. Deblock d'un détecteur haute fréquence capable de détecter séparément le bruit émis et celui absorbé par une jonction Josephson.

La deuxième journée a débuté avec l'exposé de R. Egger traitant de l'effet tunnel à travers un îlot de nanotube de carbone lorsque les électrodes sont aussi des nanotubes, donc à la fois l'îlot et les électrodes sont des Liquides de Luttinger.

H. Pothier et a présenté des mesure de relations courant-phase dans les jonctions à cassure, pour différentes valeurs, parfaitement connues, des modes de transmission de la jonction. Grâce à l'ajout en parallèle d'une jonction Josephson, les relations courant phase sont déterminées soit d'après les dépendance en flux du courant de saut, soit d'après la dépendance en flux de l'inductance mesurée par reflectométrie microonde. Selon les valeurs des transmissions des modes de conduction de la jonction, des degrés d'anharmonicité très différents ont pu être mesurés.

E. Ilchev a montré comment, en couplant une boucle supraconductrice comportant trois jonctions Josephson à un circuit résonant, il peut détecter l'état fondamental de ce bit quantique macroscopique. Jusqu'à quatre bits quantiques couplés ont ainsi été fabriqués et sondés.

M. Houzet a présenté un régime de transition de phase quantique lorsqu'un îlot métallique passe de normal à supraconducteur, par compétition entre la charge et la capacité de l'îlot.

E. Varoquaux a fait un bel exposé sur les reallions courant-phase dans l'He-3 superfluide, dans lequel on crée des Jonctions Josephson, voire des jonctions π .

V. Bouchiat a présenté des circuits (fils, SQUID) fabriqués dans des films supraconducteurs de Nb de quelques Angstrom d'épaisseur.

S. DeFranceschi a présenté la mesure et la modulation, réalisées à Delft, de supercourants à travers des fils semiconducteurs de InP et InAs de quelques nanomètres de diamètre et plusieurs centaines de nanomètres de long.

B. Plaçais a présenté la mesure à des fréquences de l'ordre du GHz de l'admittance d'un point quantique, qui est un circuit RC quantique à basse température.

J. Dalibard a présenté les récentes expériences sur les condensats de Bose-Einstein réalisés avec des atomes froids : la possibilité de moduler la force et le signe de l'interaction entre condensats construits dans des réseaux bi-dimensionnels, d'explorer la rotation de ces condensats, ainsi que les interférences entre plusieurs condensats.

Sur le plan théorique, T. Jolicoeur a parlé des différents régimes d'effet Hall que l'on pourrait atteindre avec des atomes froids en rotation, selon la nature du réseau de vortex qui s'y développe.

La deuxième présentation d'Andy Geim porait sur la mesure de l'aimantation de disques supraconducteurs de taille de l'ordre de la longueur de pénétration du champ magnétique.

Olivier Bourgeois a pour sa part présenté la mesure de la chaleur spécifique d'anneaux supraconducteurs de taille semblable.

Enfin, la session s'est terminée par deux exposés théoriques sur les moments des fluctuations du courant. P. Samuelsson, venu de Lund (Suède), a calculé les moments dans un système SNS incohérent. P. Roche a montré qu'un modèle comportant seulement le principe d'exclusion de Pauli entre les porteurs et aucune autre interaction permet de retrouver tous les résultats sur les moments d'un système normal, qu'il soit diffusif ou ballistique, et quelque soit la transmission.

Comme toujours, la soirée de présentation des affiches a été très animée, avec des présentations d'expériences en cours et de calculs théoriques sur les sujets abordés lors des exposés oraux, et au-delà.

Réunion plénière « Transport et champ proche, matériaux moléculaires, nanomécanique » **100 participants**
La Grande Motte 5-7 octobre 2006 – organisateurs C. Bauerle, L. Saminadayar

Cette réunion est la première du GDR renouvelé, qui prévoit une importante ouverture à des communautés voisines ou des thèmes en émergence. Les thèmes d'ouverture de cette session sont naturels, et certains avaient déjà été abordés « à la marge » lors de la mandature précédente. Trois exposés de revue ont été donnés par des invités étrangers de très haut niveau.

- **Transport et champ proche**

Les sondes de champ proche, particulièrement STM et AFM ont atteint un niveau technologique tel qu'elles permettent désormais des études spectroscopiques ou de transport électronique extrêmement fines, par leur résolution spatiale et en énergie. L'étude par STM-AFM de nanostructures complète très bien les techniques plus standard de mesures de transport. Le GDR a permis de communiquer largement sur des performances expérimentales remarquables comme : une spectroscopie au microelectron-volt de jonctions à effet de proximité ; la spectroscopie de nanocristaux de semiconducteurs ; la spectroscopie Josephson de supraconducteurs ; l'étude spectroscopique de la transition isolant-supraconducteur ; la spectroscopie par AFM des interférences Aharonov-Bohm dans un anneau métallique. A noter aussi une ouverture sur la Physique mésoscopique des systèmes à Ondes de Densité de Charge.

- **Matériaux moléculaires**

Le transport dans des matériaux moléculaires ou apparentés est l'un des thèmes émergents de ce domaine. L'accent a été mis cette fois sur le graphène, matériau tant nouveau sur le plan fondamental que prometteur sur le plan appliqué. Un cours et un exposé de revue ont donné un panorama complet de l'état de l'art sur ce sujet en très rapide croissance.

- **Nanomécanique**

La dynamique de ce thème au niveau mondial justifiait d'y consacrer trois exposés de revue, un théorique, un expérimental et un appliqué. D'autres contributions ont montré la vitalité de cette thématique au niveau français. L'un des intérêts est bien sûr les « NEMS » associant la physique mésoscopique des électrons à celle des phonons, et la recherche du régime quantique d'un résonateur.

D'autres contributions, expérimentales et théoriques, ont complété le menu de cette session sur des thèmes centraux de la Physique Quantique Mésoscopique. On y a relevé plusieurs avancées remarquables comme la première réalisation d'un SQUID à base de nanotubes de carbone, exhibant de plus des jonctions Josephson « Pi ». Un exposé sur les qubits de spin a permis de faire le point sur les avancées décisives et très récentes dues au groupe de Delft, un autre sur la compréhension de la décohérence dans les métaux à basse température, liée à des impuretés Kondo. La question de la chiralité sous champ magnétique a été abordée dans différents systèmes.

Les présentations orales, limitées en nombre de manière à alléger l'emploi du temps, ont été complétées par 40 posters, installés pendant toute la session, et qui ont donné lieu à des discussions nocturnes très animées.

Cette session, de par la qualité et l'actualité des résultats qui y ont été présentés, a permis aux jeunes et moins jeunes, mais aussi aux nouveaux participants, de prendre la mesure de la vitalité de la Physique Quantique Mésoscopique.

Avec une centaine de participants, cette rencontre plénière regroupait une grande partie de la communauté française de la Physique Mésoscopique. La réunion a été l'occasion d'échanges et de très nombreuses discussions scientifiques entre les participants.

Les exposés scientifiques ont été orientés autour des thématiques suivantes:

- Localisation
- Physique mathématique et décohérence
- Effet Hall, semiconducteurs magnétiques
- Nanothermique
- Bruit et transport à haute fréquence

Avec ces sujets principaux, la réunion se place dans la continuité des réunions précédentes du GDR, tout en s'ouvrant vers de thématiques spécifiques qui gagnent en importance à l'heure actuelle, comme la nanothermique et la physique mathématique. Le nombre de jeunes orateurs était particulièrement élevé.

Les séminaires ont commencé par une série d'exposés autour de l'effet Hall et les semiconducteurs magnétiques, l'un des thèmes importants du GDR. Lucien Besombes a présenté la possibilité du contrôle optique du spin d'un atome magnétique individuel. Ensuite, Félicien Schopfer a parlé de l'effet Hall quantique dans le cadre de la métrologie. Mark Goerbig nous a présenté ses travaux sur l'effet Hall quantique en présence de degrés de libertés internes comme le spin. Une introduction à la spintronique dans les nanostructures ainsi qu'une revue des expériences récentes sur le transport en présence du couplage spin-orbite Rashba a été présentée par Laurens Molenkamp (Wuerzburg, Allemagne). Deux jeunes orateurs clôturaient cette session : Thierry Champel qui a présenté une théorie du transport quantique dans un gaz bidimensionnel d'électrons en présence d'un champ magnétique intense et Franck Dahlem qui nous a montré comment le potentiel d'un système bidimensionnel d'électrons sous champ magnétique peut être sondé localement à basse température par une microscopie à force.

En dehors de cette première session, il y a eu quatre autres exposés autour de cette thématique. L'exposé de R. Giraud portait sur des mesures des fluctuations universelles de conductance dans des nanofils ferromagnétiques, tandis que O. Couturaud nous a parlé des fluctuations de résistance en régime d'effet Hall entier, associées aux variations de la densité d'états dans les niveaux de Landau. B. Chenaud a parlé de l'effet Hall quantique en présence d'une polarisation nucléaire de spins. D'une part, les spins nucléaires peuvent être polarisés en utilisant les états électroniques de bord ; d'autre part, les états de bord peuvent être utilisés pour sonder les spins nucléaires. Finalement, l'étude théorique présentée par P. Simon démontre l'existence d'une transition de phase ferromagnétique des spins nucléaires dans un gaz bidimensionnel d'électrons.

La session autour de la physique mathématique était consacrée au phénomène de décohérence. Deux mathématiciens ont ouvert cette session. Stéphan de Bièvre (Lille) a présenté un modèle du transport ohmique pour une particule en contact avec un bain mono-chromatique (des oscillateurs d'Einstein). Il a montré que pour des échelles de temps raisonnables un tel système est caractérisé par un comportement ohmique, même si le spectre du bain n'est pas continu. Dominique Spehner (Grenoble) nous a présenté un modèle simple d'un système quantique couplé à un appareil de mesure (pointeur). Ce modèle permet d'étudier l'évolution quantique du système et du pointeur. Ainsi on trouve le temps de décohérence et par conséquent le temps minimal de mesure. Ensuite Nicolas Didier a parlé de l'effet de l'environnement électromagnétique sur le comportement quantique d'une jonction Josephson sous-amortie. Daniel Braun a présenté une étude théorique du modèle de N-spin boson. Ce modèle

pourrait décrire la décohérence d'un système atomique (atomes froids ou un atome dans un réseau optique) en contact avec un bain thermique.

La nanothermique est une thématique d'actualité, peu discutée jusqu'ici dans le cadre du GDR. Une introduction a été présentée par Francesco Giazotto (Pise, Italie). Son intervention portait en particulier sur le transport thermique dans les structures hybrides métal normal (N) - supraconducteur (S) et les applications possibles dans le domaine de la nano-réfrigération. La possibilité de refroidir la population électronique d'un métal en polarisant une jonction tunnel N-S a été discutée lors de l'exposé de Sukumar Rajauria. Florian Ong a donné une revue des propriétés thermodynamiques associées aux phonons des systèmes nanostructurés. De telles propriétés peuvent être étudiées à travers des mesures de la chaleur spécifique. Finalement, trois exposés portaient sur le rôle du rayonnement électromagnétique lors du transfert de chaleur. Wiebke Guichard a présenté une expérience qui a mis en évidence le transfert de chaleur par les photons dans un SQUID supraconducteur. Rémi Carminati et Sebastian Volz ont présenté des études du rayonnement thermique près d'une surface microstructurée. Un traitement classique ne suffit pas et des effets quantiques comme par exemple la cohérence se manifestent.

La session sur la localisation comprenait quatre exposés. Bart van Tiggelen a présenté une revue générale de la localisation forte d'Anderson. Ensuite il a discuté des résultats particuliers pour les systèmes optiques et acoustiques. Georg Maret a parlé de la localisation de la lumière. Il a présenté plusieurs expériences récentes qui mettent en évidence la transition entre la localisation faible et forte. Dominique Delande a parlé de la possibilité de localiser les ondes de matière. Là il s'agit d'atomes froids, placés dans un potentiel lumineux désordonné. L'exposé de Philippe Bouyer portait sur un gaz dégénéré quasi 1D (un condensat de Bose-Einstein) en présence de désordre. Les effets conjugués du désordre et des interactions ont été discutés.

La dernière session portait sur le bruit et le transport à haute fréquence, autre thème important au sein du GDR. Denis Vion a présenté des expériences récentes effectuées à Saclay sur les oscillations de Bloch dans le qantronium. Ce système permet de convertir un courant en une fréquence et présente un intérêt pour la métrologie. Frédéric Pierre a mis en évidence, pour la première fois, le blocage de Coulomb dynamique pour un contact ponctuel quantique inséré dans un environnement résistif. Thierry Martin a parlé de la possibilité de détecter (à fréquence finie) le moment d'ordre trois des fluctuations de courant à l'aide d'un circuit résonnant dissipatif. Renaud Leturcq a présenté une mesure du bruit de grenaille par comptage d'électrons dans une boîte quantique. Les électrons sont comptés un par un, ainsi cette mesure donne accès à la fonction de distribution des fluctuations de courant. Pierre Billangeon a présenté une mesure du bruit non-symétrisé à l'aide d'une jonction Josephson. Cette expérience met en évidence l'asymétrie entre l'émission et l'absorption d'un dispositif mésoscopique à fréquence finie. L'expérience présentée par Gwendal Fève vise à réaliser l'analogue électronique d'une source à photons uniques. Il s'agit de l'injection contrôlée d'électrons dans une boîte quantique à travers une barrière tunnel. Julien Gabelli nous a parlé des mesures du troisième moment des fluctuations de tension aux bornes d'une jonction tunnel. Il s'agit des mesures faites à fréquence finie f , supérieure à la tension eV/h et la température kBT/h . Finalement, F. Portier nous a présenté un dispositif capable de détecter le bruit de grenaille à fréquence finie f d'un contact ponctuel quantique, également pour $f > eV/h$. Cette mesure a mis en évidence la quantification de l'énergie échangée avec l'environnement électromagnétique.

La session "Posters" peut également être considérée comme un succès. Elle a démontré la diversité des sujets sur lesquels travaillent les membres du GDR et a donnée la possibilité de discussions longues et animées autour d'une trentaine de posters.

Cette rencontre avait le double but de réunir les chercheurs français travaillant dans la thématique émergente du graphène ainsi que ceux qui souhaitaient acquérir des connaissances générales sur ce sujet. Pour atteindre ce double objectif, une formule particulière a été proposée qui consistait en un programme avec quatre présentations (45 min) générales et introductrices à des aspects spéciaux de la physique du graphène, accompagnés de 14 présentations plus “conventionnelles” (20 min) de travaux de recherche des différents participants. De plus, une introduction générale et pédagogique d'une heure (J.-N. Fuchs, LPS, Orsay) au début de la réunion a permis d'expliquer les bases de la physique du graphène et de servir de référence pour les présentations suivantes.

La réunion était organisée en cinq sessions thématiques :

- (1) Fabrication d'échantillons et caractérisation du graphène – deux présentations générales d'experts invités (K. Novoselov, Université de Manchester, et C. Berger, CNRS Grenoble et Georgia Institute of Technology, Atlanta) ont permis de comparer deux techniques de fabrication du graphène : l'exfoliation mécanique et la reconstruction de feuilles de graphène par décomposition thermique d'un cristal de carbure de silicium (graphène épitaxié). Cette session était complétée par des présentations de V. Bouchiat (Institut Néel, Grenoble) sur la exfoliation “inverse” et par F. Varchon et P. Mallet (Institut Néel, Grenoble) sur la caractérisation du graphène épitaxié par STM.
- (2) Transport balistique dans le graphène – cette session a été ouverte par une présentation générale de B. Trauzettel (Université de Bâle), suivie par un exposé de L. Lévy (LCMI, Grenoble) sur le transport cohérent dans les rubans de graphène et par une présentation de S. Guéron (LPS, Orsay) sur l'effet de proximité dans des échantillons à plusieurs couches avec des contacts supraconducteurs.
- (3) Transport diffusif – V. Fal'ko (Université de Lancaster et LPS, Orsay) a donné une présentation générale sur la physique des bi-couches (deux couches de graphène fortement couplée). C. Bena (CEA Saclay et LPS, Orsay) a présenté une étude théorique sur la spectroscopie de la densité d'états des quasi-particules et R.-J. Tarento (LPS, Orsay) des travaux sur le couplage spin-orbite dans le graphène.
- (4) La physique du graphène sous fort champ magnétique – I. Luk'yanchuk (LPMC, Université de Picardie, Amiens) proposait un lien entre les effets Hall quantiques dans le graphène et dans le graphite qui permet de mettre en évidence des porteurs relativistes aussi dans ce dernier. G. Martinez (LCMI, Grenoble) a présenté des travaux théoriques et expérimentaux sur la spectroscopie des niveaux de Landau relativistes et la pertinence des interactions. Cette session s'est terminée par deux exposés sur la physique des corrélations fortes et sur la possibilité d'un effet Hall quantique fractionnaire dans des niveaux de Landau relativistes partiellement remplis, par R. Moessner (Université d'Oxford) et N. Regnault (LPA-ENS, Paris).
- (5) Perspectives – cette cinquième et dernière session avait pour but de donner quelques perspectives plus larges de la physique du graphène ainsi qu'un possible lien avec d'autres matériaux. F. Valsaque (LCSM, Université H. Poincaré, Vandœuvre-les-Nancy) a présenté une étude de l'influence de la courbure des feuilles de graphène sur les propriétés d'absorption et proposait ainsi un lien vers la physique des nanotubes de carbone. La spectroscopie Raman des modes phononiques dans le graphène a été abordé dans un séminaire de L. Wirtz (Université de Lille), et B. Grémaud (LKB, Jussieu, Paris) a présenté une possible mise en

évidence de fermions relativistes dans des atomes froids dans des pièges optique qui modélisent le réseau en nid d'abeille.

En conclusion, cette réunion a permis de dessiner un vaste panorama de la recherche française sur la thématique émergente que constitue le graphène, sur les deux plans, expérimental autant que théorique. La très grande participation à la rencontre thématique, la première en France, était un succès. La formule d'ajouter à des présentations de résultats de recherche des séminaires plus généraux d'introduction de certains axes de recherche dans le graphène ainsi qu'une introduction longue des notions de base a été, au vu des participants, généralement appréciée et a parfaitement respecté l'objectif pédagogique du GDR.

Ecole du GDR

65 participants

Cargèse 6-18 octobre 2008 – organisateurs B. Reulet, G. Montambaux, C. Texier

Il y a eu 65 participants à l'école, dont 40 élèves (2 CNRS, 9 CEA, 27 universitaires, 3 étrangers et 8 post-doctorants), 9 intervenants (3 CNRS, 1 CEA, 2 universitaires, 3 étrangers), et les 4 organisateurs Gilles Montambaux, Bertrand Reulet, Christophe Texier et M.-France Mariotto secrétaire au LPS, Orsay.

Les cours principaux ont été dispensés en plusieurs séances d'une heure et demie. Ils étaient assortis de séances de travaux dirigés, aux cours desquels des exercices étaient abordés par les élèves. Quelques cours sur des sujets secondaires ou illustratifs ne duraient qu'une séance. Les copies imprimées des transparents de cours ainsi que les sujets de TD ont été distribués aux étudiants. Les cours ont été mis sur le site web de l'école, en accès libre, et restent toujours accessibles.

Le taux de satisfaction a été très élevé (94% entièrement ou plutôt satisfaits, 67% des élèves souhaitant une suite à l'école.

Les cours dispensés ont été les suivants :

Markus Büttiker, *Université de Genève, Suisse*

Transport et bruit dans les conducteurs cohérents: formalisme de Landauer-Büttiker.

Application à l'effet Hall quantique.

Transport dynamique.

Michel Devoret, *Université de Yale, USA, et Collège de France, Paris*

Mesure, décohérence et information quantique

Bernard Plaçais, *Ecole Normale Supérieure, Paris*

Transport dynamique dans les conducteurs mésoscopiques: aspects expérimentaux.

Harold Baranger, *Université de Duke, USA*

La physique de la boîte quantique: blocage de Coulomb, Effet Kondo.

Jean-Noël Fuchs et Marc Goerbig, *Université Paris-Sud, Orsay*

La physique du graphène.

Effet Hall quantique dans le graphène

Gilles Montambaux, *Université Paris-Sud, Orsay*

Transport cohérent dans les métaux désordonnés

Frank Hekking, *Université Joseph Fourier, Grenoble*

Structures hybrides Normal/Supra: effet de proximité, jonction Josephson et Squid.

Philippe Joyez, *CEA, Saclay*

Blocage de Coulomb dynamique, effets de l'environnement.

Cette rencontre plénière du GDR s'est déroulée du 08 au 11 décembre 2008 au centre d'Aussois ; une centaine de personnes ont participé à ces journées, une participation que l'on peut considérer comme forte compte-tenu de la proximité avec l'école de Physique Mésoscopique organisée à Cargèse au mois d'octobre. Pour cette session, nous avons choisi une ouverture vers trois thèmes connexes à la Physique mésoscopique et en plein développement :

- l'interaction lumière-matière à l'échelle mésoscopique, illustrée à la fois par l'aspect nanophotonique et l'aspect plasmonique.
- la condensation de Bose-Einstein dans les puits quantique II-VI avec un cours très pédagogique délivré par D. Le Si.
- la spintronique, avec deux heures de cours par Henri Jaffrès illustrant à la fois les progrès récents mais aussi l'actualité d'un domaine récemment mis en avant par la communauté internationale.

Cette ouverture à des thématiques liées à la mésophysique par bien des aspects conceptuels a été largement appréciée tant des orateurs que des participants qui ont pu bénéficier d'un panorama large et pédagogique sur les différents sujets mentionnés.

A côté de ces trois thématiques d'ouverture nous avons voulu faire une large place à des exposés consacrés à des sujets centraux en mésophysique. Ainsi, nous avons dégagé cinq thématiques dont l'actualité nous semblait justifier de leur réserver une place importante :

- Les nanofils, à la fois sous leurs aspects croissance et caractérisation.
- Les jonctions hybrides, en particulier entre un métal normal et un supraconducteur.
- Le bruit et le transport à haute fréquence.
- L'information quantique.
- La cohérence quantique.

Comme à notre habitude, nous n'avions prévu au départ que peu de contributions invitées; ceci nous a permis d'inclure dans le programme des exposés issus de résultats récents dans un domaine (on peut citer par exemple un exposé sur la cohérence quantique dans les verres de spins). Au total, nous avons donc organisé 24 exposés oraux dont la durée variait de 30 minutes à 2 heures (sous le format de 2 cours de 1 heure).

Les rencontres du GDR se doivent d'être des lieux de rencontres et d'échanges ; c'est pourquoi nous avons laissé une large place à la session posters qui regroupait plus de 40 présentations. Cette séance s'est déroulée dans un large espace jouxtant la salle de conférences, et a permis de nombreux échanges notamment entre les jeunes chercheurs mais aussi entre jeunes chercheurs et chercheurs seniors. Il faut noter que les posters étaient installés pendant toute la durée des rencontres, ce qui a permis de nombreuses discussions informelles même en-dehors du créneau-horaire imparti à la séance poster; de plus, la présence de représentants de toute la communauté des chercheurs en mésophysique à l'échelle nationale nous a permis de faire un point précis sur l'ensemble des travaux en cours et des derniers résultats. Toujours dans cette même idée de promouvoir l'interactivité et les échanges, de larges plages de temps libres avaient été aménagés, et elles ont permis de nombreuses et fructueuses discussions.

Enfin, il nous faut insister sur l'aspect fédérateur de cette réunion plénière : on a ainsi pu constater que l'origine géographique des participants était très variée (avec par exemple des représentants de Toulouse, Bordeaux, Strasbourg ... mais aussi que le spectre thématique des laboratoires des participants était très large, avec en particulier la présence de laboratoires de Physique plus appliquée ou du Laboratoire National de Métrologie et d'Essais.