

Rapport d'activité à 4 ans

GDR 2426 Physique Quantique Mésooscopique

juillet 2005

Le GDR *Physique Quantique Mésooscopique* a été créé le 1er Janvier 2002. Son objectif est de favoriser la communication et les collaborations scientifiques entre les chercheurs en physique mésooscopique. Pendant ces quatre années, il a de plus permis de favoriser les interactions avec des communautés proches comme celle des nanotubes (GDR 1752), 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 de nos réunions plénières.

Le GDR fonctionne de la façon suivante

* Un conseil scientifique se réunit en début de chaque année 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 ainsi que de l'hébergement du site web (responsable M.-F. Mariotto).

* Deux ou trois rencontres (plénière ou thématique) 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 mésooscopique (conférences, écoles,...) www.lps.u-psud.fr/gdrmeso. En particulier, on y trouve les transparents des présentations de la plupart des réunions.

* Le GDR veille par ailleurs à la coordination d'activités impliquant à divers titres la communauté française : participation à la préparation d'un réseau européen (rencontre Lancaster Janvier 2002), école d'été des Houches sur le "transport quantique nanoscopique" (juillet 2004). A cela on peut ajouter les rencontres de Moriond qui, sur une base d'une tous les deux ou trois ans, sont organisées par des physiciens français de physique mésooscopique et constituent la seule conférence internationale régulière de Physique Mésooscopique.

* Douze réunions ont été organisées pendant ces quatre années. Les rencontres thématiques réunissent autour de 50 participants et les réunions plénières entre 80 et 100. Ces rencontres ont permis de travailler autour de la plupart des objectifs affichés lors de la création du GDR, en particulier,

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

Les thèmes des rencontres et l'évolution du GDR ont évidemment suivi les développements les plus récents dans le domaine. L'organisation de journées thématiques sur le bruit et la statistique complète de comptage (full counting statistics) en 2003 en sont des exemples précis.

* L'organisation de douze réunions a été réalisable 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.

* 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 80 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.

* Le souci constant de l'ouverture du GDR vers des thématiques voisines associées à d'autres GDR s'est concrétisé par des journées communes avec les GDR Nanotubes, Information quantique et IMCODE, et par l'invitation d'intervenants extérieurs.

* Nous organisons une école de Physique Mésoscopique cette année 2005. Nous avons conscience qu'il s'agit de la dernière année de ce GDR (sauf en cas de renouvellement demandé) et qu'il aurait été préférable de l'organiser plus tôt. 2003, seconde année de fonctionnement, était trop tôt et il ne nous a pas semblé raisonnable de l'organiser en 2004 à cause de l'interférence avec les Rencontres de Moriond et l'Ecole des Houches. Cette école permettra de faire le point sur l'état de nos connaissances, de proposer aux chercheurs une introduction pédagogique aux sujets les plus récents développés au cours de ces dernières années et de former une nouvelle génération de jeunes chercheurs.

G. Montambaux

Juillet 2005

Documents joints

Les rencontres du GDR
Composition du conseil scientifique et du bureau du GDR
Bilan financier
Comptes-rendus des précédentes rencontres

Les rencontres du GDR

2001 , année -1

* Colloque fondateur du GDR “**Physique Quantique Mésoscopique**”
Orsay 21-22 mai 2001 – organisateur G. Montambaux

2002

* Journées Thématiques : “ **Transport Quantique, interactions & Nanotubes de Carbone** ”
Grenoble 12-13 juin 2002 – organisateurs S. Roche, F. Hekking, L. Lévy
En partenariat avec le GDR nanotubes 1752

* Réunion Plénière “ **Systèmes Hybrides Supraconducteurs** ”
La Londe des Maures 15-18 septembre 2002 – organisateurs T. Martin, D. Feinberg

2003

* Journées “ **Technoparade** ”
Marcoussis 22-23 Mai 2003 - organisateur D. Mailly

* Réunion plénière “ **Corrélations, diffusion et décohérence** ”
Aussois 22-25 septembre 2003 – organisateurs M. Sanquer, L. Saminadayar

* Réunion thématique : “ **Full counting statistics (statistique complète de comptage)** ”
Marseille 20-21 novembre 2003 – organisateurs F. Hekking, T. Martin

2004

* Réunion thématique “**Points quantiques silicium de faible mobilité**”
Orsay 16 Juin 2004 - organisateurs D. Weinmann, M.Sanquer

* Journée commune: “**Information quantique et matière condensée**”
Orsay 2 Décembre 2004 – organisateurs D. Feinberg, J.-P. Poizat
En partenariat avec le GDR information quantique 2285

* Réunion plénière “**Coherence, spin, interactions, supraconducteurs**”
Aussois 6-9 septembre 2004 – organisateurs G. Faini, D. Weinmann

2005

* Journées “ **Technoparade** ”
Grenoble 6-7 Avril 2005 - organisateurs F. Lefloch et C. Naud
En partenariat avec l’Institut des Nanosciences de Grenoble

* “**International Meeting on Mesoscopic Physics with Matter and Waves** ”
Orsay 21-22 Mars 2005 – organisateurs G. Montambaux et B. van Tiggelen
En partenariat avec le GDR imagerie et communication en milieu désordonné 2253

* **Ecole de Physique Mésoscopique**
Aussois 28 septembre-5 octobre 2005 – organisateurs F. Hekking, H. Pothier

* Réunion plénière “ **Physique Mésoscopique : évolution et perspectives**”
Aussois 5-7 octobre 2005 – organisatrices H. Bouchiat, S. Guéron

Le conseil scientifique du GDR

<i>H. Bouchiat</i>	<i>Orsay</i>	
<i>C. Chappert</i>	<i>Orsay</i>	
<i>D. Delande</i>	<i>Paris</i>	
<i>A. Georges</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>L. Levy</i>	<i>Grenoble</i>	<i>membre du bureau</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>B. Pannetier</i>	<i>Grenoble</i>	
<i>J.L. Pichard</i>	<i>Saclay</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>W. Wernsdorfer</i>	<i>Grenoble</i>	

Bilan financier

2002	(DOTATION 24 000 €)	
Réunion Nanotubes	1 200	
Réunion plénière	18 000	
Total	19 200	
Solde	4 800	
2003	(DOTATION 21 140 € + RELIQUAT 4 800 €)	
Réunion Technoparade Marcoussis	1 200	
Réunion plénière	13 500	
Réunion full counting statistics	4 200	
Réunion conseil scientifique + divers	500	
Total	19 400	
Solde	6 540	
2004	(DOTATION 24 000 € + RELIQUAT 6 540 €)	
Rencontre de Moriond	4 600	
Réunion plénière	22 200	
Réunion points quantiques	400	
Réunion conseil scientifique + divers	800	
Total	28 000	
Solde	2 540	
2005	(DOTATION 20 000 € + RELIQUAT 2 540 €) prévision	
Réunion Orsay ondes matière	2 000	
Réunion Technoparade 2 Grenoble	1 000	
Réunion conseil scientifique + divers	800	
Réunion plénière	18 740	
Ecole du GDR	0	
Total	22 540	
Solde	0	

3 - Rapports détaillés sur les rencontres du GDR 2002-2005

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

“ Transport Quantique, interactions & Nanotubes de Carbone ” (Grenoble 12,13 Juin, 2002) **50 participants** *Réunion commune aux GDR Physique Mésoscopique et Nanotubes*

L'organisation de ces Journées Thématiques a été menée dans un souci de mise en relation des deux communautés scientifiques regroupées au sein des deux GDR "Physique Quantique Mésoscopique" et "Structures nanotubulaires mono et multi-éléments". Les journées se sont déroulées sur le site du Polygone du CNRS à Grenoble.

Les nanotubes de carbone sont des objets moléculaires présentant une originalité structurale à l'origine de propriétés électroniques remarquables, associées à des phénomènes quantiques fondamentaux mais ouvrant également des perspectives sérieuses vers une nanoélectronique moléculaire. Dans cette perspective, les outils et les apports de la physique quantique mésoscopique peuvent permettre une meilleure compréhension de la physique et l'utilisation technologique de ces nano-objets. Les exposés et les discussions menées sur deux jours démontrèrent, selon les participants, la nécessité de ce rapprochement entre les efforts et développements théoriques actuels de la physique mésoscopique et la problématique d'interprétation expérimentale des propriétés de transport électroniques des nanotubes de carbone, sujet en pleine expansion mais dont les fondements théoriques restent insuffisamment explorés et stabilisés.

“ Systèmes Hybrides Supraconducteurs ” (La Londe Les Maures, 15-18 septembre 2002) **80 participants**

Les hybrides supraconducteurs sont des systèmes comportant des interfaces entre différents composés: supraconducteurs, ferro-aimants, semiconducteurs, isolants ou métaux normaux de dimensionnalité variable, dans lesquels on étudie le transport cohérent des électrons. Ce domaine possède une forte représentation sur le territoire français, et donc cette rencontre répondait à une certaine attente de la communauté de physique quantique mésoscopique. Il s'agissait ici de décrire les avancées sur le transport dans de telles structures, et leur application aux bits supraconducteurs (qubits), plutôt que d'étudier les propriétés intrinsèques des supraconducteurs. D'une part, il s'agissait d'instruire la communauté de physiciens en mésoscopie sur les dernières avancées du domaine, et de procurer des exposés à caractère pédagogique. D'autre part il s'agissait également d'inviter quelques intervenants étrangers afin de générer des discussions animées, et de procurer un cadre de travail aussi stimulant que possible.

Nous avons débuté notre programme avec des présentations sur un sujet d'actualité: les bits quantiques supraconducteurs, leur spectroscopie et leur contrôle -- leur pilotage -- par un circuit électrique. Il

existe actuellement deux tendances dans ce domaine, les bit quantiques basés sur la superposition d'états de charge et ceux qui sont basés sur une superposition d'états de flux. Le groupe de Delft a présenté les résultats datant de quelques mois seulement, montrant la première manifestation d'oscillations de Rabi dans un qubit de flux, ainsi que des résultats préliminaires sur le couplage de deux qubits. Le groupe de Saclay a présenté leur résultat remarquable d'observation d'oscillations cohérentes dans leur qubit composé d'une petite jonction Josephson et d'une grande jonction Josephson. En matière d'oscillations de Rabi, ce dispositif détient le record car la conception du qubit permet d'optimiser les paramètres expérimentaux pour réduire les effets de décohérence. Non moins intéressants sont les dispositifs proposés par les groupes grenoblois sur les qubits de charge, pour lesquels des études spectroscopiques ont été menées. Il faut noter ici un certain recouvrement avec les thématiques présentées dans le GDR d'Information Quantique, qui est inévitable: ces efforts tendent à démontrer la possibilité d'utiliser des dispositifs de nanophysique, pour effectuer les opérations élémentaires d'un ordinateur quantique. Néanmoins, la physique qui est impliquée dans ces différentes expériences est bel et bien de la physique de la matière condensée, et une grande majorité des participants de ce GDR -- en particulier ceux qui sont affiliés aux sections 06 et 02 du CNRS -- ont pu écouter ces exposés originaux, pour la première fois dans le cadre de cette réunion.

La présentation de ces avancées très récentes a été accompagnée d'un cours d'introduction sur les systèmes hybrides supraconducteurs portant d'une part sur le transport à travers les interfaces métal normal – supraconducteur et d'autre part sur la théorie des qubits de charge et de flux, en passant par une description des îlots supraconducteurs et par les effets de décohérence dans ces systèmes.

A la suite de la première session sur les qubits, les résultats récents sur les systèmes hybrides supraconducteurs-ferromagnétiques de groupes français et russes ont été présentés. Les deux expériences portant sur la réalisation de jonctions π ont suscité un intérêt considérable, qui s'est répercuté dans la séances de posters ou les squids à jonctions π ont été exposés.

La rencontre a également abordé des thèmes plus classiques de la supraconductivité mésoscopique, des résultats récents qui -- si il ne sont pas aussi médiatiques que les applications à l'informatique quantique -- sont indispensables pour faire avancer notre domaine. Parmi ceux-ci, la première mesure de bruit dans un système semiconducteur-supraconducteur et S-N-S (supraconducteur-métal normal-supraconducteur) diffusifs, montrant explicitement les effets de chauffage des électrons, et superbement interprétés par la théorie quasi-classique des équations d'Usadel. Les expériences de transport hors équilibre dans les structures hybrides supraconducteur-ferromagnétique et de mesures de densité d'états locale à l'aide d'un microscope à effet tunnel refroidi à l'hélium liquide ont confirmé que la physique mésoscopique française détient une certaine expertise au sein de la communauté internationale. Deux exposés d'intervenants internationaux ont également permis d'aborder le thème de la décohérence et le rôle des détecteurs, si importants dans la mesure des systèmes mésoscopiques.

La dernière demi-journée a eu pour but de donner une introduction à un domaine proche de ces thématiques: l'électronique/l'injection de spin. Un cours d'introduction par le groupe de Thalès a résumé les avancées des pionniers du domaine, en passant par les effets de magnéto-résistance géante, et par les applications aux mémoires sur disque dur d'ordinateur. Ce cours a été suivi par une présentation très stimulante des travaux des six derniers mois sur l'injection de spin du groupe de Groningen, également pionniers du domaine. La théorie du transport dépendant du spin basée sur une formulation du transport à la Landauer-Büttiker a été présentée de manière pédagogique. La rencontre a été clôturée sur un exposé conciliant le transport, les structures supraconductrices et la manipulation du spin par le biais du blocage de Coulomb, sur la téléportation d'états de spin électronique en physique mésoscopique.

“ Technoparade ”
(*Marcoussis 22-23Mai 2003*)

45 participants

L'objet de cette réunion était de rassembler la communauté du GDR impliquée dans la nanotechnologie. L'idée est d'une part, de faire le point sur ce que l'on sait faire, et d'autre part, de recenser les besoins et les verrous technologiques rencontrés dans les différents projets. Le nombre de participants a été de 45 avec deux grands pôles de présence de Grenoble et de Paris.

Nous avons voulu donner un panorama des possibilités de fabrication en France. Pour cela nous avons invité des représentants des grandes structures : IEMN, MINERVE, LPN. Ainsi que des structures de taille plus modeste : Nanofab de Grenoble, Groupe quantronique. Nous avons également donné la parole aux chercheurs qui développent des techniques plus dédiées comme le champ proche, les nanotubes de Carbone, la nanoimpression, etc ... Nous avons également invité un chimiste pour ouvrir le débat vers les technologies bottom-up.

Les exposés ont donné largement la part aux discussions, notamment pour aborder les problèmes technologiques rencontrés dans les différents procédés et des solutions qui pourraient être apportées dans différents centres de technologie. Cela a donné lieu par exemple à des partenariats pour acheter des produits en communs qui coûtent relativement cher et qui ont une durée de vie assez courte. Les exposés sur les grands centres de technologies ont permis de clarifier leur rôle, leur mode de fonctionnement et les modalités pour y accéder.

Cette réunion s'est clôturée par la visite des nouvelles installations des salles blanches du LPN

“ Corrélations, diffusion et décohérence ”
(*Aussois 22-25 Septembre 2003*)

70 participants

Cette deuxième rencontre plénière était centrée sur la thématique des structures de métaux normaux et de semiconducteurs mésoscopiques, en parfait complément de la thématique supraconductrice qui avait été choisie l'an dernier. Les thèmes abordés recouvraient donc une physique assez vaste, depuis les conducteurs moléculaires jusqu'au régime de l'effet Hall quantique.

Il existe un fort sentiment dans la communauté scientifique française, que la physique des systèmes corrélés est le champ le plus prometteur de la physique mésoscopique, et que cette dernière doit chercher des signatures expérimentales des effets de corrélations et d'interaction entre porteurs dans les méso-et nanostructures artificielles. Le blocage de Coulomb est certainement la plus accessible de ces manifestations, mais au-delà de son observation, les problèmes sous jacents reliés à l'énergie d'échange entre porteurs, à la séparation entre excitations de charge et de spin dans les systèmes unidimensionnels, à la transition de Mott-Hubbard, à l'écrantage dynamique, à la supraconductivité ou encore à l'effet Kondo sont autant de domaines ouverts. Cette diversité était résumée dans le titre : « Corrélations, diffusion et cohérence ».

La réunion a débuté par la première partie d'une introduction de deux heures à l'effet Hall quantique fractionnaire, par L. Lévy. (LCMI) puis par un séminaire de revue par D. Lhote (CEA-Saclay) sur la transition métal-isolant dans les gaz bidimensionnels de haute mobilité. La richesse (et la complexité) de la physique des gaz d'électrons à deux dimensions a parfaitement été illustrée tout au long du colloque, après ces exposés d'introduction.

La plupart des thématiques ci-dessus ont fait l'objet d'exposés au cours de cette rencontre. En plus des conférenciers français, trois orateurs étrangers prestigieux avait été conviés à exposer leur travaux les plus récents : Amir Yacoby, de l'institut Weizmann (Israel) nous a d'abord présenté une expérience de mesure spatialement résolue de la compressibilité d'un gaz d'électron 2D dans le régime de l'effet

Hall quantique. La détection se fait par une mesure de la variation du potentiel électrostatique en fonction de la densité d'électrons contrôlée par une grille arrière à l'aide d'un détecteur mono-électronique en surface de l'hétérostructure. L'expérience permet de visualiser les hétérogénéités de compressibilité et l'apparition de zones incompressibles où l'addition d'un électron nécessite de vaincre une énergie d'activation. Dans un deuxième exposé A. Yacoby a montré comment mesurer la relation de dispersion dans un fil unidimensionnel construit par assemblage de deux hétérostructures d'AsGa. Cette expérience montre pour la première fois la séparation spin-charge dans un conducteur unidimensionnel, ce qui illustre parfaitement la richesse de la physique des électrons corrélés.

Klaus Ennslin, de l'ETH Zurich, a introduit en deux heures la physique des boîtes quantiques et décrit très pédagogiquement les expériences d'effet Aharonov Bohm dans des boîtes quantiques en forme d'anneau. Le dernier invité étranger, Juan-Carlos Cuevas de l'université de Karlsruhe a montré comment calculer la conductance à travers des structures moléculaires ou atomiques.

Ces trois orateurs étrangers ont montré les directions actuelles de la physique des mésostructures artificielles, et ont trouvé un large écho parmi les exposés et affiches des participants français. Il faut par ailleurs souligner la qualité exceptionnelle de leurs exposés.

P. Roche (CEA-Saclay) a discuté les mesures de bruit dans le régime de l'effet Hall quantique Fractionnaire. R. Deblock (TU Delft et Orsay) a montré comment mesurer à haute fréquence le bruit en courant de dispositifs quantiques à l'aide d'une jonction Josephson.

A. Bachtold et l'ENS Paris et Marcello Goffmann du CEA-Saclay ont présenté des résultats récents sur le transport moléculaire et les NEMS (nano electro mechanical systems), qui ont fait le pendant de l'exposé théorique de Cuevas.

D. Quirion (Stuttgart) et X. Jehl (CEA-Grenoble) ont présenté oralement des expériences récentes sur les boîtes quantiques, en montrant comment mettre en évidence un analogue de l'effet Kondo dans les boîtes couplées, et comment mesurer la polarisation de spin des boîtes. Le pendant théorique de ces expériences s'est trouvé dans l'exposé de Pascal Simon (LP2MC-Grenoble) qui a montré comment détecter le nuage d'écrantage Kondo grâce à des mesures de magnétisme orbital.

L'effet Kondo et son influence sur la décohérence de phase à très basse température dans les métaux avec impuretés magnétiques a donné lieu à une session complète, avec les présentations expérimentales de H. Pothier (CEA-Saclay) et F. Schopfer (CRTBT-Grenoble). Il s'agit d'un sujet en pleine évolution, dont la difficulté réside à la fois dans la nécessité expérimentale de maîtriser parfaitement la pureté des métaux utilisés et dans le besoin théorique de développer des modèles non perturbatifs pour décrire l'écrantage Kondo.

Le thème de la diffusion avait été aussi choisi, notamment pour son lien avec la décohérence. C. Miniatura (Sophia-Antipolis) et C. Delande (ENS Paris) ont présenté oralement le problème de la diffusion de la lumière par les atomes (notamment les gaz d'atomes froids), et montré comment la structure interne de l'atome influe sur la décohérence des ondes multidiffusées. Cette ouverture vers un sujet connexe de la physique des solides a été appréciée par les participants.

Pierre Mallet (LEPES) et Z. Z. Wang (LPN Marcoussis) ont présenté des expériences qui illustraient parfaitement les possibilités offertes par la spectroscopie à champ proche.

Enfin un certains nombres d'exposés sur des travaux théoriques concernant des sujets prospectifs proches des expériences ont été présentés par R. Mosseri (Paris 7, états intriqués et groupe de rotation), D. Feinberg (LEPES Grenoble, bruit en courant de spin), P. Degiovanni (ENS Lyon, couplage de deux qubits), R. Molina (CEA-Saclay, transport à travers un système 1D corrélé). Il ont montré la grande vitalité du sujet et ont remis en perspective beaucoup de questions pressantes posées par les développements de la discipline.

La séance d'affiche a été le lieu de beaucoup de contacts et de discussion : tous les thèmes retenus (et d'autres) ont été abordés sur des affiches : nanotubes de carbone, effet Hall quantique, diffusion sur réseau, interactions et spins, détermination de la cohérence de phase, bruit de grenaille, etc...

En conclusion, cette réunion plénière du GDR a permis de couvrir les thèmes qui n'avaient pas été abordés en 2002, et a permis aux participants, d'une part d'avoir un éclairage instantané sur les dernières avancées de la physique quantique mésoscopique, et d'autre part de repartir stimulés par de nouvelles idées d'expérience et de collaborations. Il est à souligner qu'une partie très importante de la communauté était présente, et que les échanges, en particulier entre étudiants et chercheurs confirmés, ont été très nombreux et fortement encouragés. Les effets bénéfiques et structurants qui viennent de la périodicité des réunions au sein de ce GDR se sont fait sentir, avec des contacts plus faciles et désormais plus familiers.

“ Full counting statistics ”
(Aussois, 22-25 septembre 2003)

30 participants

Il s’agissait d’une rencontre ciblée sur la « full counting statistics » - la statistique de comptage complète des électrons. Il s’agit là d’un domaine qui est avant tout prisé par les théoriciens de la physique quantique mésoscopique. Le transport dans notre domaine de recherche est bien sur caractérisé par le courant moyen, mais on comprend bien vite de cette valeur moyenne ne donne pas toute l’information sur le courant. En particulier, il est maintenant établi que les fluctuations du courant autour de la valeur stationnaire du courant contiennent une information sur la statistique des porteurs de charge : ceci est contenu dans une mesure de bruit. Mais le bruit lui même ne permet pas de caractériser toute l’information sur le transport. Certains groupes expérimentaux s’intéressent à la mesure des moments supérieurs du courant. Du point de vue théorique, il est parfois possible de calculer la fonction caractéristique, qui permet de générer tous les moments supérieurs du courant. F. Hekking (LMMP, Grenoble) et T. Martin (CPT, Marseille) ont organisé cette réunion qui s’est tenue au Centre International de Rencontres Mathématiques (CIRM), sur le site du Campus de la Faculté des Sciences de Luminy à Marseille.

La réunion a porté avant tout sur les aspects théoriques de la « full counting statistics ». En effet, à ce jour il n’existe qu’une seule mesure du troisième moment, effectuée par B. Reulet (LPS, Orsay), actuellement à Yale aux Etats Unis. Cependant, certains groupes expérimentaux français étaient désireux de s’informer sur la pertinence de ce genre de diagnostic. Nous avons donc choisi de présenter un panorama assez large de l’état actuel du sujet. Les exposés ont été séparés en deux catégories : les présentations pédagogiques et les séminaires. Le choix des orateurs s’est fait en consultant les « leaders » du domaine. Dans l’éventualité où ces derniers n’étaient pas disponibles, nous avons choisi d’inviter leur élève à parler.

- S. Pilgram (Genève) a ouvert la séance en parlant des échelles de fréquences dans la statistique du courant dans les conducteurs mésoscopiques, et a détaillé sont approche d’intégrale de chemin stochastique pour approcher ce problème.
- Y. Gefen (Weizmann) a motivé l’intérêt de calculer les moments supérieurs du courant de manière très pédagogique et a présenté une approche perturbative diagrammatique pour calculer ces derniers.
- D. Bagrets (Karlsruhe) a détaillé le calcul de la statistique de comptage complète deans les conducteurs multi terminaux, en utilisant en particulier la théorie des circuits de Nazarov.
- W. Belzig (Bâle) a considéré le transport dans les jonctions hybrides métal-normal/superconducteur et superconducteur-superconducteur, à partir d’un formalisme de fonctions de Green hors équilibre (Keldysh).
- A. Shelankov (Umea, Suède) a proposé une alternative sur la définition même de la statistique de comptage du courant, basée sur des arguments de première quantification, et les a étendu pour le transport d’un nombre arbitraire d’électrons.
- F. Lefloch (CEA, Grenoble), seul orateur du point de vue des expériences, a présenté des résultats récents sur les jonctions SNS courtes, dans lesquelles il est possible d’observer des réflexions d’Andreev multiples.
- P. Samuelson (Genève) a présenté sa version de la théorie de la statistique de comptage complète pour la réflexion d’Andreev multiple.
- F. Taddei a généralisé le diagnostic de violation d’inégalités de Bell, précédemment obtenu pour les corrélations de bruit, dans le cadre de la « full counting statistics ».

Entres les exposés, et à la clôture de ces derniers, des séances de discussions ont eu lieu. Celles ci ont permis de faire le point sur certains points des exposés. Il semble d’ailleurs que plus de temps aurait du être réservé pour celles-ci, ou du moins pour des discussions privées entre participants ou orateurs. Il sera tenu compte de ce fait pour d’éventuelles réunions futures.

En résumé, cette réunion a rempli son contrat, dans le sens que nous avons réussi à rassembler les principaux acteurs du domaine de la « full counting statistics », et ces derniers ont fait un effort pédagogique pour nous présenter les dernières avancées du domaine. Reste à savoir si les expérimentateurs présents à cette réunion ont été complètement convaincus de la nécessité de mesurer ces choses... Les retours et commentaires des participants ont été très positifs.

Il s'agit là d'un domaine en pleine expansion, et il est néanmoins clair que cette réunion à caractère exploratoire était nécessaire, du moins pour la communauté des théoriciens à l'heure actuelle.

“Points quantiques silicium de faible mobilité”
(Orsay, 16 juin 2004)

15 participants

Cette mini-réunion thématique a rassemblé une quinzaine de participants du GDR, de région parisienne, de Strasbourg et de Grenoble. Les interventions se sont déroulées dans une ambiance informelle et propice aux échanges scientifiques.

Le support initial à la discussion était une présentation assez détaillée par M. Hofheinz et M. Sanquer (CEA-Grenoble) des résultats expérimentaux obtenus dans des points quantiques silicium-sur-isolant à basse température et sous champ magnétique. Elle était complétée par une revue expérimentale sur la statistique des spectres d'addition dans les points quantiques.

La discussion a largement débordé le sujet initial, pour aborder les questions suivantes: comment modéliser le potentiel électrostatique et les interactions dans la couche d'inversion d'un transistor à effet de champ silicium? Quelles sont les conditions pour observer des oscillations de Coulomb dans des constriction et fils désordonnés? Quelle est la situation expérimentale et théorique à propos du spectre d'addition dans les points quantiques? Que peut on dire de l'aimantation dans points quantiques? Quelles sont les observations du blocage de spin?

R. Jalabert et D. Weinmann (ULP, Strasbourg) ont présentés aussi leurs travaux sur la relaxation de spin au cours de l'après midi.

Les échanges ont été approfondis et fructueux, grâce à la présence d'une communauté très concernée, suffisamment large et avertie qui a suivi l'intégralité des présentations et débats. Cette journée a permis de se rendre compte que cette thématique est largement présente au niveau national et mérite tout à fait d'être abordée lors des prochaines réunions plénières du GDR. Les participants ont apprécié les très nombreuses interventions qui ont contribué très efficacement à l'approfondissement de cette thématique.

“Cohérence, spin, interactions, supraconducteurs”

(Aussois, 06-09 décembre 2004)

100 participants

Avec une bonne centaine de participants, cette troisième rencontre plénière du GDR 2426 regroupait une grande partie de la communauté française de la Physique Mésoscopique. Le nombre de jeunes chercheurs parmi les participants était particulièrement élevé et la réunion a été l'occasion d'échanges et de très nombreuses discussions scientifiques entre les participants.

Les exposés scientifiques ont été orientés autour de thématiques suivantes:

- l'électronique de spin en physique mésoscopique
- les effets de spin dans les boîtes quantiques
- les systèmes hybrides contenant des parties supra-conductrices et ferromagnétiques
- les effets de cohérence quantique dans les réseaux artificiels
- le transport dans des systèmes unidimensionnels avec des corrélations électroniques
- le calcul quantique

Avec ces sujets principaux, la réunion se place dans la continuité des réunions précédentes du GDR, tout en s'ouvrant vers de nouvelles thématiques qui gagnent en importance à l'heure actuelle, comme la spintronique et l'information quantique.

Les séminaires ont commencé par une série d'exposés portant sur les effets de transport dépendant du spin dans des systèmes ferromagnétiques. Une introduction à cette thématique ainsi qu'une revue des expériences récentes sur le transport à travers des constriction dans les ferromagnétiques a été présentée par Michel Viret (SPEC/CEA Saclay). Son intervention allait au-delà du domaine traditionnel de la physique mésoscopique et donnait une ouverture intéressante vers celui de la spintronique. Il était suivi par un exposé de Xavier Waintal (SPEC/CEA Saclay) qui discutait la théorie des effets du confinement et d'un spectre discret sur les petits grains de métaux ferromagnétiques ainsi que leurs propriétés magnétiques et électroniques. Un exemple du transport dépendant du spin dans les fils quantiques ferromagnétiques était illustré par Peter Falloon (IPCMS Strasbourg). Vincent Cros (Thales/Orsay) nous a parlé des expériences de manipulation de l'aimantation de structures magnétiques par un courant polarisé en spin et Wolfgang Wernsdorfer (LLN Grenoble) clôturait cette session en nous faisant part des résultats expérimentaux sur la dynamique de structures magnétiques nanoscopiques, à savoir agrégats ou molécules magnétiques.

Le second bloc thématique était consacré aux boîtes quantiques dont les spectres influencent les propriétés de transport. Marc Sanquer (CEA Grenoble) présentait des résultats sur le spectre d'addition de boîtes très petites en silicium dans des structures de type transistor sur SOI. La possibilité d'obtenir des corrélations positives des fluctuations du courant, en utilisant une boîte à trois contacts, par exemple en présence de contacts ferromagnétiques, était discutée par Audrey Cottet (Univ. Bâle, Suisse). Les corrélations croisées faisaient aussi l'objet de l'exposé d'Adeline Crépieux (CPT Marseille), qui considérait l'injection d'électrons dans un nanotube de carbone. Le dernier exposé de la série, par Serge Florens (Univ. Karlsruhe, Allemagne), été focalisé sur l'effet Kondo multi-canal dans les boîtes quantiques. Dans toutes ces contributions, l'importance du spin des électrons était évidente et en faisait une suite naturelle à la session d'ouverture portant sur les effets de spin dans les systèmes magnétiques.

La thématique des systèmes hybrides, contenant des parties supra-conductrices et/ou ferromagnétiques commençait avec deux exposés longs d'orateurs extérieurs, Christian Schönenberger et Takis Kontos (Univ. Bâle, Suisse). Ils ont présenté des revues sur leurs travaux expérimentaux avec des nanotubes de carbone. C. Schönenberger a centré son exposé sur leurs propriétés et sur l'effet Kondo en présence de contacts supra-conducteurs, ainsi que sur le transport à travers un nanotube attaché à des contacts normaux. Dans ce dernier cas, la physique est proche de celle des boîtes quantiques de la session précédente. T. Kontos se concentrait sur le transport polarisé en spin dans les nanotubes connectés à des réservoirs ferromagnétiques, en revenant sur la thématique du transport dépendant du spin de la

première session. La richesse de la physique des systèmes hybrides supra-conducteur/ferromagnétique (SF) était ensuite illustrée dans les revues d'Alexandre Buzdin (CPMOH Bordeaux) et de Hermann Sellier (Delft, Pays-Bas). Des aspects théoriques reliés à la polarisation forte en spin dans les dispositifs SFS étaient aussi discutés par Jérôme Cayssol (LPS Orsay et CPMOH Bordeaux).

La physique intéressante des systèmes unidimensionnels étant déjà évoquée au cours des séminaires parlant des nanotubes de carbone, nous avons aussi sélectionné deux autres contributions théoriques discutant du transport quantique dans cette situation où les corrélations électroniques sont importantes. Ines Safi (LPS Orsay) a développé la théorie de la conductance et du bruit de grenaille d'un liquide de Luttinger et Jean-Louis Pichard (SPEC/CEA Saclay) nous a montré comment on peut calculer la transmission à travers une région corrélée, pour en déduire la conductance à l'aide de l'équation de Landauer.

La cohérence peut avoir des conséquences particulièrement importantes dans des réseaux artificiels. Ces effets de cohérence quantique ont fait partie d'un autre volet thématique. Dans ce cadre, Christophe Texier (LPS Orsay) présentait une introduction pédagogique comportant des aspects expérimentaux et théoriques et finissait son exposé avec une discussion de l'approche sémi-classique dans ces systèmes. Piero Martinoli (Univ. Neuchâtel, Suisse) nous a montré les résultats expérimentaux sur des réseaux de jonctions Josephson. Benoît Douçot (LPTHE Paris) terminait cette session en exposant des considérations théoriques de caractère général sur les cages Aharonov-Bohm.

Une ouverture vers l'information quantique était le sujet du dernier grand volet thématique de cette rencontre. En effet, la cohérence de phase est primordiale pour la réalisation des qubits nécessaires à son implémentation et ce sujet rejoint ainsi de nombreuses problématiques de la physique mésoscopique traditionnelle. Une introduction au calcul quantique et une discussion théorique des conséquences des imperfections d'un ordinateur quantique étaient données par Klaus Frahm (LPT Toulouse). La décohérence qui représente l'obstacle principal à la construction d'un ordinateur quantique était l'objet de l'intervention de José Lages (LPT Toulouse). Il a développé une approche de la décohérence dans le cadre d'un modèle de spins couplés. Le point de vue de l'optique quantique était illustré par Izo Abram (LPN Marcoussis) qui évoquait la cryptographie quantique et la création de photons intriqués en utilisant l'émission optique de boîtes quantiques uniques. Enfin, les avancées actuelles dans les réalisations expérimentales de qubits ont été montrées au cours des exposés de Julien Claudon (CRTBT Grenoble) et de Grégoire Ithier (SPEC/CEA Saclay).

A coté de ces thématiques centrales, nous avons aussi retenu quelques exposés supplémentaires. Ainsi, Julien Gabelli (ENS Paris) présentait une expérience sur la relaxation de la charge dans un circuit RC comportant un contact ponctuel quantique. Boris Chenaud (Univ. Montpellier) montrait la réalisation d'un dispositif de type Fabry-Perot électronique dans un fluide de Hall quantique et Mark-Olivier Goerbig (LPTHE Paris) discutait de nouvelles phases de fermions composites qui peuvent être observés dans l'effet Hall quantique fractionnaire.

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 de plus d'une trentaine de posters.

“Information et télécommunication quantique, physique quantique mésoscopique

(Orsay, 1-3 décembre 2004)

70 participants

Une journée commune aux GDR Physique Mésoscopique et Information Quantique

L'implémentation de protocoles d'Information Quantique à l'état solide implique la connaissance et l'utilisation de mécanismes intrinsèquement cohérents. Les bases physiques de ce type de physique sont l'un des thèmes principaux du GDR "Physique Quantique Mésoscopique". Il était donc utile, lors d'une réunion commune, de croiser les points de vue des physiciens travaillant sur la physique quantique des électrons avec celui des physiciens travaillant à manipuler les états de photons, ou sur la théorie de l'Information Quantique.

Une journée sur les trois a été consacrée aux Qubits en Matière Condensée. Située au milieu de la rencontre, elle a été très largement suivie par la communauté régulière du GDR Information Quantique. Les thèmes retenus couvraient ce qui se fait en France dans le domaine : utilisation de la supraconductivité (boîtes à paires de Cooper et jonctions Josephson), manipulation des spins uniques (complété par un invité étranger), électrons balistiques dans les gaz bidimensionnels, mais aussi l'optique dans les boîtes quantiques semiconductrices, qui fait partie du GDR "Information Quantique" mais se situe au carrefour de l'Optique et de la Matière Condensée.

La première session était consacrée aux états cohérents dans les circuits quantiques supraconducteurs. G. ITHIER (Saclay) a présenté l'état de l'art du "quantronium", circuit quantique réalisant la première manipulation d'un qubit à l'état solide, en mettant l'accent sur l'analyse des processus de décohérence. O. BUISSON (Grenoble) a mis en évidence les oscillations cohérentes dans un circuit Josephson à plusieurs niveaux quantiques. Pour compléter ce tour d'horizon, B. DOUCOT (Paris) a proposé un schéma théorique original basé sur un réseau de jonctions Josephson conçu de manière à protéger les états quantiques de l'environnement.

Dans la deuxième session, L. VANDERSYPEN (Delft) a passé en revue l'état de l'art du groupe de L. KOUWENHOVEN quant à la manipulation du spin dans des points quantiques à très petit nombre d'électrons. Toujours concernant l'utilisation du spin comme qubit, T. MARTIN a analysé le fonctionnement d'une source d'électrons intriqués en spin, émis à partir d'un supraconducteur.

C. GLATTLI (Saclay et Paris) a fait un exposé très complet sur deux thèmes originaux. D'abord, la mesure du bruit grenaille électronique à haute fréquence dans des circuits mésoscopiques, et le couplage possible entre statistiques de comptage électroniques et photoniques. Ensuite, le projet en cours qui consiste à manipuler des qubits "volants" se propageant sur les états de bord de l'effet Hall quantique.

Les autres exposés étaient consacrés à l'Optique dans les boîtes quantiques semiconductrices. R. FERREIRA (Paris) a passé en revue les problèmes de décohérence liées aux transitions optiques, en présence notamment de couplage aux phonons. C. COUTEAU (Grenoble) a présenté les travaux visant à maîtriser la production de photons uniques ou de paires de photons intriqués à partir d'une seule boîte quantique. I. ROBERT (Marcoussis) a exposé les techniques de source micropilier pour l'émission d'états quantiques de la lumière. T. AMAND (Toulouse) a passé en revue la manipulation du spin dans les boîtes quantiques neutres et chargées. L. BESOMBES (Grenoble) a montré comment le spin d'un ion magnétique unique pouvait être détecté dans une boîte quantique. Enfin, P. BOUCAUD (Orsay) a exposé les résultats sur la dynamique de polarons dans ces objets.

Le succès de cette réunion commune a montré l'intérêt que les physiciens des deux communautés travaillant sur les phénomènes quantiques ont à confronter leur vision et leurs résultats. En effet, il semble bien que des architectures d'information quantique devraient émerger qui marient

les deux types d'objets : les photons pour communiquer l'information à grande distance, les électrons pour une intégration à l'échelle nanométrique, si tant est que les problèmes de décohérence puissent être surmontés. Les recherches sur ces processus sont au cœur du GDR Physique Mésoscopique.

“ Technoparade 2”

(Grenoble, 6-7 Avril 2004)

50 participants

En partenariat avec l'Institut des Nanosciences et l'Institut de la Matière Condensée de Grenoble

Ces deux journées thématiques étaient organisées conjointement par le GDR 2426 « Physique quantique mésoscopique », l'Institut des nanosciences de Grenoble et l'Institut de la Matière Condensée de Grenoble. Comme pour la première édition (LPN-Marcoussis, Mai 2003), l'objet de cette réunion était de rassembler la communauté du GDR impliquée dans la nanotechnologie afin de mettre en commun les savoir faire en matière de fabrication d'échantillons de dimensions submicroniques. Cette communauté a été élargie aux physiciens de la région Rhône-Alpes travaillant dans le domaine des nanosciences. Le contexte Grenoblois, où l'industrie de la microélectronique est très bien implantée, a permis l'intervention de chercheurs du secteur industriel. Le nombre de participants a été de 47 avec un nombre important de physiciens de la région.

Afin de structurer ces journées, nous avons défini des thèmes donnant un panorama des techniques actuelles et choisi pour chacun de ces thèmes des orateurs invités à nous les présenter :

- ✓ l'auto-assemblage (A. Perez, LPMCN Lyon),
- ✓ les isolants « High K » (G. Hollinger, LEOM Lyon),
- ✓ les biopuces (T. Livache, CEA Grenoble),
- ✓ les MEMS (J. S. Danel, CEA- LETI Grenoble),
- ✓ la technologie “silicon on nothing” (S. Monfray, ST-microelectronics Crolles).

Enfin nous avons laissé du temps consacré à des exposés relatifs aux problèmes expérimentaux :

- ✓ la plate-forme nanomonde à Grenoble (F. Marchi, LEPES Grenoble),
- ✓ la nanocalorimétrie (O. Bourgeois, CRTBT Grenoble),
- ✓ les expériences hautes fréquences (J. M. Berroir, LPA-ENS Paris),
- ✓ les expériences optiques sur des boîtes quantiques (L. Besombes, SPECTRO Grenoble),
- ✓ la détection de spin locale (O. Klein, CEA Saclay).

Ces exposés invités ont laissé une large part à des présentations de chercheurs participants à la manifestation ainsi qu'à des discussions plus informelles. Afin de faire fructifier ces échanges, tous les exposés sont accessibles sur le site Internet du GDR « Physique quantique mésoscopique ».

“International Meeting on Mesoscopic Physics with Matter and Waves”

(Orsay 21-22 Mars 2005)

100 participants

Réunion commune aux GDR Physique Mésoscopique et IMCODE

Cette réunion, organisée en partenariat avec le GDR Imagerie et Communication en Milieux Désordonnés avait pour but d'établir des ponts entre deux communautés qui abordent parfois des problèmes voisins mais avec des langages différents, et d'aborder des thèmes émergents intéressant potentiellement les deux communautés, comme la physique des gaz d'atomes froids. Le format avait été choisi volontairement court, et limité à des interventions de spécialistes la plupart étrangers, reconnus comme les spécialistes de leur domaine (M. Büttiker, C. Beenakker, C. Glattli, J. de Rosny, E. Akkermans, I. Bloch, Y. Castin, A. Lagendijk, J.M. Raimond, F. Hekking, D. Delande, C. Miniatura, H. Pothier). Les sujets suivants ont été abordés : la physique du bruit, en plein développement comme sonde des caractéristiques du transport quantique électronique, mais aussi dans les systèmes optiques ; la propagation du son ou de la lumière dans des cavités ou des milieux désordonnés, pour lesquels on caractérise les fluctuations ou les propriétés de cohérence de phase par des méthodes analogues à celles utilisées pour les systèmes électroniques ; les transitions de phase quantiques dans les gaz d'atomes froids, et la propagation des ondes dans ces gaz, la physique de la localisation faible ou forte pour des ondes de matière ; l'apport de la matière condensée pour l'information quantique et la manipulation de qubits et la comparaison avec la physique atomique.

Ainsi de façon systématique, les recouvrements possibles entre les différentes thématiques ont été recherchés. Il apparaît que la culture acquise par la communauté de la Physique Mésoscopique lui permet d'aborder de nouveaux problèmes, en particulier reliés à la physique des atomes froids et des ondes de matière, et que cette réunion constituait une sorte de prospective pour des rencontres ultérieures dans le cadre du renouvellement du GDR.

Ecole de Physique Mésoscopique

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

« Physique Mésoscopique : évolutions et perspectives »

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