

Axe principal: EMQ

Axes secondaires :

Groupe de physique mésoscopique
(<http://www.lpa.ens.fr/spip/spip.php?rubrique38>)

Laboratoire Pierre Aigrain
Ecole Normale Supérieure, 24, rue Lhomond, 75005 Paris
(<http://www.lpa.ens.fr/spip/>)

Contact C'nano de l'équipe
Plaçais Bernard

Irresponsable d'équipe :

Bernard Plaçais, placais@lpa.ens.fr

Membres permanents de l'équipe :

Jean-Marc Berroir, berroir@lpa.ens.fr

Gwendal Fève, feve@lpa.ens.fr

Christian Glattli, glattli@lpa.ens.fr

Takis Kontos, kontos@lpa.ens.fr

Bernard Plaçais, placais@lpa.ens.fr

• **Activité scientifiques de l'équipe :**

Créé en 2000, le groupe de Physique Mésoscopique du LPA a entrepris de développer des techniques de mesures originales afin d'exploiter les effets quantiques où tenter de répondre à des questions nouvelles concernant les domaines suivants :

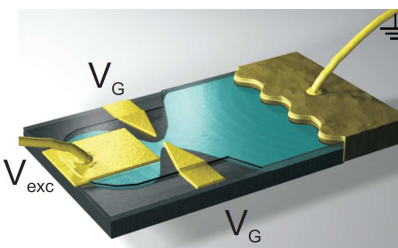
- Optique quantique électronique
- Circuits quantiques hybrides
- Dispositifs quantiques micro-onde

Les systèmes étudiés sont

- les gaz bidimensionnels d'électrons en régime d'effet Hall quantique
- les nanotubes de carbone
- le graphène et les isolants topologiques

- Recherche(s) et résultat(s) obtenu(s) dans les domaines d'actions des nanosciences :

Sources d'électrons uniques pour l'optique quantique électronique

	<p>Nous avons réalisé une source d'électrons uniques permettant d'émettre, à la demande, des paquets d'onde mono-électroniques au dessus de la mer de Fermi avec un contrôle en énergie, et en durée des paquets d'onde dans la gamme 0.1-10 ns. Nous avons mesuré la quantification de la charge émise et le bruit résiduel de cette source qui est dû au phénomène de gigue quantique associée à l'incertitude sur le temps d'émission tunnel des électrons par la boîte. L'utilisation de cette source, ou la combinaison de plusieurs sources synchronisées, laisse envisager de nouveaux types d'expériences d'optique quantique électronique avec des électrons, analogues à celles réalisées avec des photons comme les expériences de Hanbury-Brown et Twiss ou Hong Ou Mandel. Des déviations importantes à l'optique quantique sont attendues à cause de la présence de la mer de Fermi, des interactions Coulombiennes et de la décohérence.</p>
<p><i>Vue d'artiste d'une boîte quantique commandée par des pulses (tension V_{exc}) couplée à un réservoir par un contact ponctuel quantique (tension V_g), et utilisée comme source cohérente d'électrons unique.</i> © LPA</p>	

Lame séparatrice à nanotube de carbone

	<p>Les supraconducteurs peuvent être utilisés comme une source naturelle d'intrication en raison de l'appariement dans l'état singulet des paires de Cooper. Une brique importante pour l'implémentation d'expériences d'intrication utilisant des supraconducteurs est une lame séparatrice à paires de Cooper qui devrait séparer cet état singulet dans des orbitales électroniques différentes. On a pu utiliser les interactions électroniques et la quantification de taille pour favoriser les processus d'Andreev croisés dans les nanotubes de carbone, apportant pour la première fois la réalisation expérimentale d'une lame séparatrice à paires de Cooper. Les dispositifs étudiés sont des doubles boîtes quantiques, que l'on peut considérer comme des molécules artificielles, connectés à une électrode supraconductrice et deux électrodes normales. Grâce à leur caractère réglable, elles permettent de changer in situ la probabilité de réflexion d'Andreev croisée. Ces résultats ouvrent la voie vers la réalisation d'expériences plus sophistiquées inspirées de l'optique quantique.</p>
<p><i>Vue d'artiste d'un dispositif double boîte à nanotube de carbone permettant l'injection et la séparation des partenaires de paires de Cooper émises par un supraconducteur (Al). Les électrons sont détectés dans des contacts métalliques (Pd). Deux grilles permettent d'ajuster les niveaux des deux boîtes quantiques.</i> © LPA</p>	

Transistor à nanotube de carbone : le transistor à effet de champ ultime ?

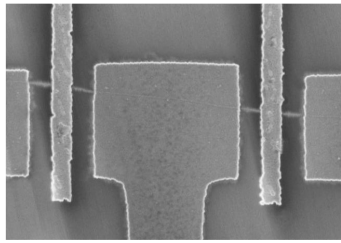


Image au microscope électronique d'un transistor à nanotube de carbone unique (diamètre 1.5 nm) et double grille (largeur de grille 300 nm)
© LPA

Le transistor à nanotube unique est étudié en tant que paradigme du nanotransistor à effet de champ. Le canal est constitué d'un unique mode électronique 4 fois dégénéré. Nous avons réalisé des nano-transistors avec une double grille fonctionnant dans la gamme GHz. Nous avons observé des performances dynamiques (transconductance, fréquence de transit, capacité de grille, etc..) proches des limites fondamentales. La sensibilité est limitée par le bruit de grenaille thermique dont nous avons montré qu'il obéissait à une loi de type Johnson-Nyquist modifiée que nous avons dérivée théoriquement. Ces qualités intrinsèques font du transistor à nanotube unique un détecteur de charge ultime, à la fois sensible, rapide et utile pour la physique fondamentale. Savoir détecter un à un les électrons qui circulent dans un conducteur quantique permettrait d'accéder à de nouveaux régimes de fonctionnement pour lesquels la mécanique quantique joue un rôle essentiel. Les perspectives sont aussi la lecture rapide des états de charge en sortie de dispositifs électroniques permettant de manipuler l'information quantique.

- **Programme de recherche :**

Le programme de recherche s'articule dans les trois grands axes suivants :

- Optique quantique électronique dans les gaz bidimensionnels d'électrons : étude par interférométrie Hanbury-Brown et Twiss de la cohérence, des interactions et de la relaxation des électrons dans les canaux de bord de l'effet Hall quantique
- Circuits quantiques hybrides : électrodynamique quantique de charge et de spin pour des nanotubes en cavité.
- Dispositifs quantiques micro-onde : dynamique du transport diffusif et balistique des fermions de Dirac dans le graphène et les isolants topologiques.

- **Références :**

- 1) Un condensateur quantique pour des électrons à la demande, G. Fève, J.-M. Berroir, D.C. Glattli, B. Plaçais, Images de la Physique 2009.
- 2) Current correlations of an on-demand electron source as an evidence of single particle emission. A. Mahé, F. Parmentier, E. Bocquillon, J.-M. Berroir, T. Kontos, D. C. Glattli, B. Plaçais, G. Fève, A. Cavanna, Y. Jin, *Phys. Rev. B* **82**, 201309(R) (2010).
- 3) An on-demand coherent single electron source, G. Fève, A. Mahé, J.-M. Berroir, T. Kontos, B. Plaçais, D. C. Glattli, A. Cavanna, B. Etienne, Y. Jin., *Science* 316, 1169 (2007).
- 4) Orbitally phase coherent spintronics, C. Feuillet-Palma, T. Delattre, P. Morfin, J.-M. Berroir, G. Fève, C. Glattli, B. Plaçais, A. Cottet, T. Kontos, *Phys. Rev. B* **81**, 115414 (2010).
- 5) Spin Quantum Bit with Ferromagnetic Contacts for Circuit QED. A. Cottet, T. Kontos, *Phys. Rev. Lett* 105, 160502 (2010).

- 6) Carbon nanotubes as Cooper-pair beam splitters, *Herrmann L., Portier F., Roche P., Levy Yeyati A., Kontos T., Strunk C.* *Phys. Rev. Lett.*, **104**, 026801 (2010)
- 7) Thermal shot noise in top-gated single carbon nanotube field effect transistors. *J. Chaste, E. Pallecchi, P. Morfin, G. Fève, T. Kontos, J.-M. Berroir, P. Hakonen, B. Plaçais*, *Appl. Phys. Lett.* **96**, 192103 (2010).
- 8) Single carbon nanotube transistor at GHz frequency, *J. Chaste, L. Lechner, P. Morfin, G. Fève, T. Kontos, J.-M. Berroir, D. C. Glatli, H. Happy, P. Hakonen, B. Plaçais*, *Nano Lett.*, **8**, 525 (2008).
- 9) Transport scattering time probed through rf admittance of a graphene capacitor, *E. Pallecchi, A.C. Betz, J. Chaste, G. Fève, B. Huard, T. Kontos, J.-M. Berroir, B. Plaçais*, *Phys. Rev. B* **83**, 125408 (2011).