
Optique quantique avec des électrons uniques

Jean-Marc Berroir^{*1}, Erwann Bocquillon², François Parmentier³, Adrien Mahe⁴,
Christian Glattli⁵, Bernard Plaçais⁶, and Gwendal Feve⁷

¹Laboratoire Pierre Aigrain (LPA) – Ecole Normale Supérieure – France

²Laboratoire Pierre Aigrain (LPA) – Ecole Normale Supérieure – France

³Laboratoire Pierre Aigrain (LPA) – Ecole Normale Supérieure – France

⁴Laboratoire Pierre Aigrain (LPA) – Ecole Normale Supérieure – France

⁵Service de Physique de l'Etat Condensé (SPEC) – Commissariat à l'Energie Atomique – France

⁶Laboratoire Pierre Aigrain (LPA) – Ecole Normale Supérieure – France

⁷Laboratoire Pierre Aigrain (LPA) – Ecole Normale Supérieure – France

Résumé

Le transport électronique balistique dans les gaz bidimensionnels d'électrons présente de fortes analogies avec la propagation des photons. En particulier, lorsqu'un fort champ magnétique est appliqué perpendiculairement au gaz, on atteint le régime d'effet Hall quantique où les électrons peuvent être guidés le long de canaux unidimensionnels, appelés canaux de bords, comme les photons dans une fibre optique. L'utilisation de grilles électrostatiques déposées à la surface de l'échantillon permettant par ailleurs de disposer de lames séparatrices électroniques, les expériences de base de l'optique électronique, par exemple l'interférométrie Mach-Zehnder [1], ont pu être réalisées dans les gaz bidimensionnels d'électrons. Jusqu'à maintenant, seules des sources thermiques d'électrons, constituées d'un réservoir alimentant continûment un canal de bord, ont été utilisées. L'analogie électron/photon peut-être poussée jusqu'à l'optique quantique électronique et la réalisation des célèbres expériences de Hanbury-Brown et Twiss (HBT) ou Hong-Ou-Mandel (HOM) peut être envisagée avec des électrons [2]. La géométrie HBT, où des particules sont émises sur l'un des bras d'entrée d'une séparatrice, permet de démontrer l'émission de particules uniques. Dans l'expérience HOM, deux particules uniques entrent en collision sur la lame séparatrice et les corrélations des faisceaux de sortie reflètent la statistique quantique des particules. La réalisation de la version électronique de ces expériences fondamentales nécessite de disposer de sources d'électrons uniques, analogues des sources de photons uniques de l'optique, et de savoir mesurer les corrélations des faisceaux émergents de la lame séparatrice. Dans cet exposé, j'illustrerai deux étapes importantes vers la réalisation des expériences HBT et HOM électroniques. Dans un premier temps, je présenterai la réalisation d'une source émettant périodiquement un électron unique dans un canal de bord [3]. Je montrerai comment la quantification du courant moyen mesuré reflète l'émission de charges uniques. En suivant la démarche de l'optique quantique photonique, j'exposerai ensuite des mesures des corrélations du courant au temps courts (bruit haute fréquence) qui démontrent rigoureusement l'émission de particules uniques. Lorsque l'émission d'électrons uniques est réalisée, le bruit du courant atteint une limite inférieure fondamentale associée aux fluctuations quantiques du temps d'émission [4]. [1] Y. Ji et al., Nature 422, 415 (2003) [2] S. Ol'khovskaya et al., Phys. Rev. Lett. 101, 166802 (2008) [3] G. Fève et al., Science 316, 1169 (2007). [4] A. Mahé et al., Physical Review B, 82, 201309 (R) (2010)

*Intervenant

Mots-Clés: Effet Hall quantique, Canaux de bord, Optique quantique, Effet Hanbury, Brown, Effet Hong, Ou, Mandel