

# Proposition de stage (M1)

## Approche temps/fréquence de la cohérence des électrons dans un conducteur quantique

Pascal Degiovanni, Laboratoire de Physique de l'ENS de Lyon  
Email: Pascal.Degiovanni@ens-lyon.fr

Ce projet de stage s'adresse à des étudiants de M1. Il vise à explorer la notion de fonction de Wigner dans le contexte de l'optique quantique électronique où se posent des problèmes liés à la nature fermionique des électrons et à l'existence d'un vide non trivial (mer de Fermi).

Ce projet est motivé par le développement de l'optique quantique électronique qui vise à préparer, manipuler et mesurer l'état quantique d'électrons uniques se propageant dans un conducteur mésoscopique [3]. Ce sujet est issu des progrès récents en matière de nanofabrication et de technologies radio-fréquence qui ont permis la réalisation de circuits électriques destinés à manipuler des électrons uniques [1]. Le développement de l'optique quantique électronique est motivé par des questions de physique fondamentale (étude des conducteurs en régime quantique) mais aussi par la réalisation de dispositifs de manipulation de l'information quantique.

En lien avec le groupe de physique mésoscopique du Laboratoire Pierre Aigrain (ENS Paris), nous avons notamment proposé une expérience de tomographie quantique par interférométrie Hanbury Brown & Twiss visant à reconstruire la cohérence électronique dans les canaux de bord de l'effet Hall quantique entier [2]. Dans cette approche, la cohérence électronique apparaît comme un "signal quantique" généralisant le courant électrique moyen. Ce signal présente des analogies avec l'opérateur densité pour une particule quantique.

Le but du stage est d'explorer cette analogie plus profondément en considérant une représentation temps/fréquence de ce signal quantique à partir de la fonction de Wigner associée à la cohérence électronique. Dans le cas de particules quantiques, la fonction de Wigner permet de discuter simplement du caractère classique ou quantique de l'état de la particule. Cependant, dans un conducteur quantique, des subtilités sont à prévoir du fait de la présence d'une mer de Fermi. Un des objectifs du stage est donc de comprendre précisément les propriétés de la fonction de Wigner en optique quantique électronique de manière à clarifier précisément comment l'existence d'excitations de type électron et trous se traduit dans cette représentation. L'autre objectif du stage est d'étudier la cohérence des sources d'électrons uniques connues dans cette représentation et de voir l'effet des interactions sur la fonction de Wigner afin d'avoir une vision temps/fréquence des phénomènes de relaxation électronique. Ce travail en partie numérique s'appuiera sur les outils développés par Charles Grenier dans le cadre de son doctorat et pourra donner lieu à des interactions avec l'équipe de traitement du signal du laboratoire.

## References

- [1] G. Fève, A. Mahé, J.M. Berroir, T. Kontos, B. Plaçais, D.C. Glattli, A. Cavanna, B. Etienne, and Y. Jin, *An on-demand single electron source*, Science **316** (2007), 1169.
- [2] Ch. Grenier, R. Hervé, E. Bocquillon, F.D. Parmentier, B. Plaçais, J.M. Berroir, G. Fève, and P. Degiovanni, *Single electron quantum tomography in quantum hall edge channels*, New Journal of Physics **13** (2011), 093007.
- [3] Ch. Grenier, R. Hervé, G. Fève, and P. Degiovanni, *Electron quantum optics in quantum hall edge channels*, Mod. Phys. Lett. B **25** (2011), 1053 – 1073, Proceedings of the Statphys 24 satellite meeting "International Conference on Frustrated Spin Systems, Cold Atoms and Nanomaterials" (Hanoi, 14-16 July 2010).