

SUJET DE STAGE M2 & THESE (2019)

INTERFACE PHOTONS/ELECTRONS EN OPTIQUE QUANTIQUE ELECTRONIQUE

1 - Titre de la thèse: Interface photons/electrons en optique quantique électronique.

2 - Nom et qualité du Directeur de thèse : Pascal Degiovanni (DR2 CNRS).

Email: Pascal.Degiovanni@ens-lyon.fr

2 – Unité de recherche : Laboratoire de Physique de l'ENS de Lyon (UMR 5672).

4 - Résumé du sujet :

Ces dernières années, des expériences spectaculaires [1-4] de physique mésoscopique ont ouvert un nouveau champ de possibilités: il est désormais possible de préparer, manipuler et caractériser l'état quantique d'électrons uniques dans des conducteurs quantiques réalisant ainsi l'analogie électronique de l'optique quantique. Ces développements font que l'on sait maintenant caractériser avec une grande précision le contenu en fonctions d'ondes mono-électroniques d'un courant électrique quantique [5,6]. Des expériences [7] et des études théoriques récentes [8,9] ont affiné notre compréhension de la décohérence induite par les interactions Colombiennes.

L'objectif de cette thèse est d'étudier les corrélations quantiques générées par les interactions Coulombiennes entre l'excitation injectée dans le système par les sources et tous les autres degrés de liberté qui incluent d'une part les autres électrons du canal considéré mais aussi l'environnement électromagnétique du conducteur. Au delà de la détermination de ces corrélations, il s'agira de voir comment elles peuvent être utilisées de manière contrôlées par exemple pour générer des états non classiques du champ électromagnétique, soit pour sonder les propriétés dynamiques de dispositifs mésoscopiques.

Ce projet de thèse se déclinera donc selon plusieurs axes:

a) Cohérence à deux électrons

Cette partie du projet consistera à étudier l'effet des interactions sur la cohérence d'ordre deux électronique. Cette quantité caractérise les états à deux électrons émis par une source électronique. Elle joue un rôle crucial dans la compréhension de l'intrication dans les conducteurs quantiques. Le projet s'appuiera sur et approfondira le travail de thèse d'Etienne Thibierge et de Clément Cabart qui ont permis de définir précisément ce concept fondamental, d'en comprendre les propriétés physiques et de proposer des manières d'y accéder expérimentalement [10] mais aussi qui ont commencé à étudier l'effet des interactions sur cette quantité [11].

Une partie du travail proposé visera à approfondir comment les interactions affectent la cohérences à deux électrons et comment cela se compare-t-il à la décohérence pour un électron.

Pour cela, on s'appuiera sur des techniques avancées qui ont déjà été éprouvées dans l'étude de la cohérence électronique [8,9,11]. Ce travail sera directement pertinent pour interpréter les futures expériences de G. Fève à l'ENS Paris.

b) Couplage lumière matière en optique quantique électronique

Le second volet de ce projet concerne l'étude des corrélations entre les électrons et leur environnement électromagnétique [6]. Les questions abordées seront les suivantes:

- quel est le rayonnement électromagnétique émis par une source d'électrons uniques ?
- quelles sont les relations entre les propriétés de ce rayonnement et les propriétés de cohérence de la source d'électrons uniques ? (projet avec G. Fève et C. Mora du LPA)
- peut t'on utiliser les canaux de bord de l'effet Hall pour faire de l'optique quantique micro ondes ?

La dernière question visera en particulier à proposer des sources de photons uniques dans le domaine micro-ondes déclenchées au moyen de sources d'électrons uniques, ainsi que des sources combinées photons/électrons uniques [6] (projet avec B. Roussel, ESA).

Collaborations et compétences

Cette thèse sera menée en étroite collaboration avec le groupe expérimental de G. Fève au Laboratoire Pierre Aigrain (ENS Paris) ainsi qu'avec B. Roussel de l'équipe Concepts Avancés à l'Agence Spatiale Européenne (Nordwijk, Pays-Bas).

Les compétences requises sont à la fois analytiques mais aussi numériques étant donné qu'il faudra utiliser et adapter les codes numériques (C, python, Lua) permettant le calcul des cohérences électroniques émises par les sources ainsi que l'effet des interactions sur celles ci.

Références:

1. E. Bocquillon *et al*, Annalen des Physik (Berlin) **526**, 1 (2014).
2. A. Marguerite *et al*, Physica Status Solidi B **254**, (2017).
3. B. Roussel *et al*, Physica Status Solidi B **254**, (2017).
4. C. Bauerle *et al*, Rep. Prog. Phys. **81**, 056503 (2018).
5. A. Marguerite *et al.*, *Extracting single electron wavefunctions from a quantum*

electrical current, ArXiv:1710.11181

6. B. Roussel, thèse de Doctorat de l'Université de Lyon (Décembre 2017).
7. A. Marguerite *et al*, Phys. Rev B **94**, 115311 (2016).
8. D. Ferraro *et al*, Phys. Rev. Lett. **113**, 166403 (2014).
9. C. Cabart *et al*, Phys. Rev. B **98**, 155302 (2018).
10. E. Thibierge *et al*, Phys. Rev B **96**, 081302(R) (2016).
11. C. Cabart, thèse de Doctorat de l'Université de Lyon (Septembre 2018).