



## Interféromètre électronique Mach-Zehnder en graphène

**Spécialité** Physique de la matière condensée

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/GNE](#)

**Candidature avant le** 05-04-2018

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [Roulleau Preden](#)  
+33 1 69 08 73 11  
[preden.roulleau@cea.fr](mailto:preden.roulleau@cea.fr)

### Résumé

Réalisation d'expériences d'optique quantique électronique dans le graphène

### Sujet détaillé

L'information quantique repose sur la manipulation de qubits afin d'augmenter la rapidité du traitement de l'information. Dans la matière condensée, deux approches ont été explorées :

- les qubits statiques, couplés à des bus quantiques pour la manipulation et la transmission d'information
- les qubits "volants" qui sont des qubits se propageant dans des circuits quantiques tout en étant manipulés

La recherche dans le domaine des qubits "volants" a conduit à l'émergence récente de l'optique quantique électronique, où les électrons jouent le rôle de photons dans des expériences analogues aux expériences d'optique quantique. Cette nouvelle approche a permis le développement de l'interférométrie quantique électronique ainsi que des sources à électron unique. Pourtant, ces expériences n'ont été menées avec succès que dans les hétéro-structures semi-conductrices refroidies à très basse température. La réalisation d'expériences d'optique quantique dans le graphène serait la démonstration que l'information quantique dans le graphène est désormais envisageable.

L'un des briques élémentaires nécessaire à la réalisation d'expériences d'optique quantique électronique est la lame séparatrice électronique, qui est l'analogie électronique de la lame séparatrice pour les photons. Cependant, la lame séparatrice électronique habituellement utilisée dans les hétéro-structures semi-conductrices n'existe pas dans le graphène à cause de sa structure de bande sans gap. Nous proposons une percée dans cette direction, en utilisant une jonction pn comme lame séparatrice [1]. Cette jonction pn sera l'élément fondamental d'un nouveau type d'interféromètre de Mach Zehnder. Une étude des propriétés de cohérence quantique du graphène en découlera.

[1] Shot noise generated by graphene p-n junctions in the quantum Hall effect regime N. Kumada, F. D. Parmentier, H. Hibino, D. C. Glattli, and P. Roulleau, [Nature Communications. 8, 8068 \(2015\)](#)

---

**Mots clés**

Physique quantique, graphène, optique quantique

**Compétences****Logiciels**

---

## The electronic Mach-Zehnder interferometer in graphene

### Summary

Electron quantum optics experiments in graphene

### Full description

Quantum computing is based on the manipulation of quantum bits (qubits) to enhance the efficiency of information processing. In solid-state systems, two approaches have been explored:

- static qubits, coupled to quantum buses used for manipulation and information transmission,
- flying qubits which are mobile qubits propagating in quantum circuits for further manipulation.

Flying qubits research led to the recent emergence of the field of electron quantum optics, where electrons play the role of photons in quantum optic like experiments. This has recently led to the development of electronic quantum interferometry as well as single electron sources. As of yet, such experiments have only been successfully implemented in semi-conductor heterostructures cooled at extremely low temperatures. Realizing electron quantum optics experiments in graphene, an inexpensive material showing a high degree of quantum coherence even at moderately low temperatures, would be a strong evidence that quantum computing in graphene is within reach.

One of the most elementary building blocks necessary to perform electron quantum optics experiments is the electron beam splitter, which is the electronic analog of a beam splitter for light. However, the usual scheme for electron beam splitters in semi-conductor heterostructures is not available in graphene because of its gapless band structure. I propose a breakthrough in this direction where pn junction plays the role of electron beam splitter [1]. Based on this, an electronic Mach Zehnder interferometer will be studied to understand the quantum coherence properties of graphene.

[1] Shot noise generated by graphene p-n junctions in the quantum Hall effect regime N. Kumada, F. D. Parmentier, H. Hibino, D. C. Glattli, and P. Roulleau , [Nature Communications. 8. 8068 \(2015\)](#)

### Keywords

### Skills

### Softwares