FICHE TYPE POUR OFFRE DE THESE

Spécialité doctorale :

- ☐ Biostatistique
- ☐ Electronique
- ☐ Mathématiques et modélisation
- ☐ Mécanique et Génie civil
- ■ Physique
- ☐ SYstèmes automatiques et Microélectroniques

Inscription en thèse : ■ UM2 ☐ UM1

Date limite de validité de l'offre :

ENCADREMENT DE LA THESE

Directeur de thèse: Pr. Christophe Chaubet (L2C)
Co-encadrant éventuel : Boris Chenaud (MCF au L2C), Kenji Ilushima (Univ. Tokyo)

Correspondant/Contact : christophe Chaubet, christophe.chaubet@univ-montp2.fr

Titre :

Capacités électrochimiques des conducteurs de Hall quantiques

ou

Electrochemical capacitance of quantum Hall conductors

Page web de l'offre (équipe L2C) :
http://www.coulomb.univ-montp2.fr/spip.php?page=pageperso&nom=CHAUBET&prenom=Christophe

sujet ouvert au concours pour attribution d'un contrat doctoral de l'ED **: SUJET PRIORITAIRE**

Profil(s) de candidats souhaité(s) :
experimentalist profile but with a very good knowledge of quantum physics in general and more particularly of quantum transport. An experience in cryogeny is helpful.

Présentation détaillée en français :

Dans un gaz d'électrons bidimensionnel, le transport à basse énergie en présence d'un champ magnétique quantifiant se fait dans des canaux de conduction unidimensionnels très propres situés sur les bords de l'échantillon : les états de bords chiraux des conducteurs de Hall quantiques.

L'électrostatique du plan 2D d'électrons et le processus de localisation sur le potentiel de désordre, entraine un couplage capacitif entre les deux états de bords chiraux qui sont séparés par la largeur de l'échantillon. A cette capacité géométrique qui dépend non seulement de la taille de l'échantillon mais également de sa topologie (barre de Hall ou Corbino), se rajoute la capacité

quantique intrinsèque créé par le stockage de charges dans la densité d'états à une dimension des états de bords. Ces deux capacités forment la capacité électrochimique[1].

Il a été montré récemment que ces capacités géométriques et quantiques jouent un rôle premier dans les temps d'accès aux nano-circuits [2] mais également dans la détermination métrologique de la constante de von Klitzing Rk[3]. Cependant si on comprend à présent assez bien le rôle joué par la densité d'états 1D [2,3], aucune étude expérimentale n'a été menée sur les capacités géométriques. Depuis 20 ans, les travaux sur le sujet se basent sur la théorie formulée par S. Komiyama[4], sans qu'il n' y ait eu de vérification expérimentale. Or, à la vue de l'importance des phénomènes capacitifs dans le développement du nano-transport, la question de la mesure de ces capacités intrinsèques est devenu primordiale. C'est dans ce contexte que nous avons proposé récemment [3] une méthode, qui permet d' avoir accès facilement à la capacité électrochimique, en mesurant à basse fréquence, l'admittance des échantillons dans une certaine configuration.

Au cours de cette thèse, le doctorant aura à mesurer -dans cette configuration- l'admittance de plusieurs types d'échantillons de taille et de topologies différentes, en régime d'effet Hall quantique et en fonction de la fréquence. L'objectif est d'arriver à remonter aux capacités géométriques, à les quantifier et à valider un modèle théorique. Le doctorant aura a mener des travaux expérimentaux sur la détermination de ces très faibles capacités (entre le pico et le femto Farad) dans différents échantillons, à partir de mesures d' admittance en fréquence. Les échantillons (barre de Hall ou Corbino) seront fabriqués en France et au Japon. Le doctorant pourra être amené à réaliser ou à coordonner la réalisation d'échantillons pendant sa thèse. Les expériences se dérouleront sous fort champ magnétique, dans une gamme de température allant de 35mK à 180K. Les mesures se feront à l'aide d'appareils de qualité métrologique dans un site dédié. Des mesures métrologiques comparatives avec des étalons de capacités sont prévues dans ce doctorat sur le site de Trappes du Laboratoire National d'Essai et de Métrologie (LNE). L'interprétation des résultats se fera dans le cadre de la théorie de Christen et Buttiker[1].

[1] « Low-frequency admittance of quantized Hall conductors » T. Christen and M. Buttiker, Phys. Rev. B 53, 2064 (1996)

[2] « Relaxation Time of a Chiral Quantum *R-L* Circuit » J. Gabelli and G. Feve and T. Kontos and J.M. Berroir and B. Placais and D.C. Glattli and B. Etienne and Y. Jin and M. Buttiker, Phys. Rev. Lett.98, 166806, (2007)

[3] « Low frequency admittance of quantum Hall conductors », C. Hernandez, C. Consejo, P. Degiovanni and C. Chaubet, Jour. of Appl. Phys. 115, p. 123710 (2014).

[4] « Ratio between edge and bulk currents in the quantum Hall effect » H. Hirai and S. Komiyama, Phys. Rev. B 49, 14012 (1994)

Présentation détaillée en anglais :

In a two dimensional electron gas, low energy transport in presence of a magnetic field occurs in one dimensional channels located on the edges of the sample (chiral quantum hall edges states).

The 2D plane electrostatics and the localization process leads to a coupling capacitance between the two chiral edges states, which are separated by the width of the sample. At this geometric

capacitance, which depends not only on the sample size but also on its topology (Hall and Corbino bar), is added a quantum capacitance created by the charge storage in the density of states of these one-dimensional edges states[1].

It was recently shown that these geometric and quantum capacitance play a role in the first access time of quantum circuits [2] but also in the determination of the metrological von Klitzing constant Rk which is done in a.c. current. However, if we now understand quite well the role played by the 1D density of states [2,3], no experimental studies have been done on these geometric capacitances. For 20 years, all studies are based on the theory formulated by S. Komiyama [4], without a real quantitative experimental verification. However, in view of the importance of these capacitances to develop nano-transport, these questions around the measure of these capacitances become essential and fundamental. In this context we have recently proposed a new method [3] to determine easily the quantum capacitance by measuring at low frequency, the sample admittance in a specific topology.

The PhD student will measure the admittance of several kind of samples in different topologies in the quantum Hall effect regime and as a function of the frequency. The objective is to obtain the geometrical capacitance and valid a theoretical model. Experiments will take place in strong magnetic field, in the temperature range from 180K to 35mK. Measurements will be done using metrological quality devices processed in a dedicated lab (in France and in Japan). Comparative metrological measurements with capacitive standards are planed in Laboratoire National d'Essai (Trappes). The interpretation of results will be done in the framework of the theory of Christen and Buttiker [1].

INFORMATIONS SUPPLEMENTAIRES UTILES

Particularités de l'encadrement :
Cette thèse se déroulera sur le site de Montpellier mais une collaboration est en place pour des mesures métrologiques comparatives avec des étalons de capacité, au Laboratoire National d'Essai (Métrologie Française) de Trappes. Une autre collaboration existe pour la fabrication d'échantillons avec l'université de Tokyo.