

# Effet Hall Quantique (QuantHE)

La formation « QuantHE » est un travail expérimental (TP) en immersion au sein de deux laboratoires spécialisés dans les nanostructures (C2N) et le transport quantique (LPS). Au cours de ce TP les étudiants fabriquent en salle blanche une barre de Hall micrométrique dans un gaz bi-dimensionnel d'électrons en graphène pour ensuite la caractériser *via* des mesures de transport électronique à basse température (4.2K) et fort champ magnétique (5T). Les étudiants observent successivement trois régimes de transport électronique: l'effet Hall classique à bas champ, les oscillations Shubnikov-de Haas à champ moyen et l'effet Hall quantique à fort champ.

Formation et établissement concerné ([M2 Nanosciences, Université Paris Saclay](#)).

Ce projet d'enseignement s'inscrit dans l'unité d'enseignement « Elaboration et caractérisation de nanostructures et nanodispositifs » du M2 Nanosciences sous la forme de deux séances d'une demi-journée chacune. L'idée est de montrer aux étudiants que l'association des petites dimensions aux basses températures permet d'observer des phénomènes nouveaux, inattendus et gouvernés, non plus par les lois de la physique classique, mais par celles de la mécanique quantique.

Dans la première séance les étudiants réalisent une **barre de Hall à partir de graphène** CVD déposé sur un wafer de Silicium dopé. Deux étapes de micro-fabrication sont nécessaires pour réaliser des contacts et définir la forme de la barre de Hall. Au cours de cette séance les étudiants utilisent des procédés de **lithographie optique**, d'**évaporation sous vide** de métaux et de la **gravure plasma** au sein de la salle blanche du C2N.

Au cours de la seconde séance, au LPS, les étudiants mesurent dans un bain d'**Hélium liquide** les propriétés de **transport électronique sous champ magnétique du graphène**. Ils utilisent une canne de mesure dédiée et de l'électronique de qualité afin de mesurer précisément les résistances longitudinales et transversales de la barre de Hall en fonction du champ magnétique. Ces mesures permettent d'introduire des notions fondamentales telles que la formation de **niveaux de Landau** et la **quantification de la résistance** en unités de  $R_K = h/e^2$  où  $e$  est la charge de l'électron et  $h$  la constante de Planck. Des mesures complémentaires en fonction de la densité de porteurs et/ou pour un autre type de gaz 2D en GaAs/GaAlAs sont également proposées.



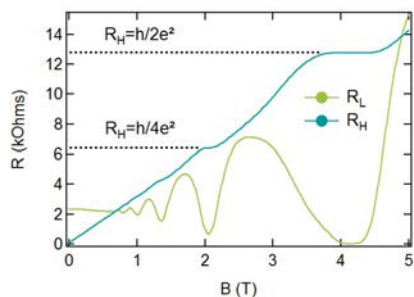
Un groupe d'étudiant refroidissant un échantillon dans l'Hélium liquide au LPS



Barre de Hall en graphène réalisée par les étudiants au C2N



Aimant supraconducteur utilisé en TPs (5Teslas pour 50 A environ)



Mesure typique de l'effet Hall quantique dans un gaz 2D d'électrons réalisée en TP



Setup de mesure avec canne et bouteille d'Hélium