

---

# Graphene épitaxié, bandes plates et fermions lourds : Quelle fermiologie ?

DIRECTEUR DE THÈSE : LAURENT SIMON

IS2M-3 BIS RUE A. WERNER 68093 MULHOUSE

TEL : 0624016977 ; E-MAIL : [LAURENT.SIMON@UHA.FR](mailto:LAURENT.SIMON@UHA.FR)

Ce sujet de thèse s'inscrit dans la course actuelle qui consiste à explorer les propriétés du graphène à des points critiques de sa structure de bande et plus spécifiquement la zone de très fort dopage en électron où a lieu la singularité de van Hove puis la transition de Lifshitz. Dans cette région la surface de Fermi est susceptible de présenter une région non dispersive où les bandes sont dites "plates" et où d'importants effets de corrélation électron-électron sont attendus avec l'émergence de nouvelles propriétés physiques (par exemple la supraconductivité non conventionnelle). Le dopage du graphène peut être réalisé de différentes manières, l'une d'entre elles consistant à insérer des atomes entre deux couches de graphène ou entre le graphène et son substrat : c'est la fonctionnalisation par intercalation et c'est le cas du graphène épitaxié sur SiC (0001). L'intercalation se fait simplement par évaporation sous ultra-haut-vide de l'élément d'intérêt suivie d'un recuit à différentes températures. La plupart des éléments peuvent être intercalés et, par analogie avec les composés d'intercalation du graphite (GICs), les atomes alcalins tels que Li, Na, K, Rb et Cs ont été et restent largement étudiés. La série des lanthanides explorée plus récemment, permet d'atteindre des niveaux de dopage record.

Avec l'intercalation d'Erbium nous avons mis en évidence une nouvelle structure ordonnée, un "supergraphène", obtenu par l'intercalation ordonnée d'atomes d'Er sous la surface du graphène. Ce réseau non-Bravais (en nid d'abeille) de 1,4 nm présente une topologie de surface de Fermi avec une bande plate où la transition de Lifshitz est dépassée, et ce pour la première fois, sans aucun ajout d'atomes dopants sur le graphène [1]. Des mesures XMCD montrent que nous sommes en présence d'atome dilués qui portent un moment magnétique hors plan important.

Dans le cadre de cette thèse, en associant les caractérisations physico-chimiques, par X-ray photo-electron spectroscopy (XPS), des mesures de dispersion et surface de Fermi par Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy (ARPES) et Low-Energy Electron Diffraction (LEED) associées à la microscopie STM (Scanning Tunneling Microscopy) à basse température, LT-STM et STS ainsi que des mesures sur rayonnement synchrotron, nous allons étudier quelles sont les interactions magnétique entre ces moments et quand les électrons sont délocalisés dans la bande  $\pi$  du graphène avec cette topologie de surface de Fermi et comment les modifier. Le doctorant participera à la mise en place d'un analyseur 5 axes fonctionnant à 8K afin d'étudier la dépendance des structures de bandes en fonction de la température. Ce travail sera fait dans le cadre d'une collaboration étroite avec un support théorique (recrutement d'un doctorant au Laboratoire de Physique théorique-CEA-Saclay-col. C.Pépin et C. Bena) et l'ANR COM2D (Lab. Lumière Matière-Lyon et IPCMS-Strasbourg). Une expérience dans le domaine de l'ultra-haut-vide est souhaitée.

Key words: Graphene, Flat-band, Heavy Fermion, Kondo Physics, correlation-driven topological phase

[1] A. Zaarour et al, Physical Review Research **5**(1), 013099 (2023)