

## Physique du graphène sous conditions extrêmes de pression : des nouveaux nano-systèmes pour l'énergie

### **Stage Niveau M2 de Physique avec option continuité en thèse**

Dans ce stage nous proposons d'étudier l'évolution sous très hautes pressions de systèmes 2-dimensionnels vers des dimensionnalités supérieures et d'étudier les changements de propriétés physiques associées.

En effet, la dimensionnalité des systèmes condensés est un facteur clef dans les propriétés physiques des nouveaux nano-systèmes comme les nanotubes ou le graphène. L'importance de la dimensionnalité dans l'obtention de nouvelles propriétés ou d'états exotiques de la matière est illustrée par les prix Nobel de physique de 2010 (graphène) et de 2016 (structures topologiques).

Dans ce stage il s'agira d'étudier des systèmes 2-D tels que le graphène ou du MoS<sub>2</sub> avec une ou deux couches en les soumettant à des pressions très élevées. La comparaison entre le comportement de la monocouche et la bi-couche permettra de mettre en évidence des transformations de phase pouvant impliquer la formation de nouvelles structures ayant des propriétés physiques originales.

La cellule à enclumes de diamant sera utilisée pour produire les pressions de plusieurs dizaines de GPa. L'étude de l'évolution des phonons des structures par spectroscopie Raman sera utilisée pour l'obtention des signatures des transformations structurales et les implications dans la structure électronique des systèmes. L'éventuelle irréversibilité des transformations ouvrirait une nouvelle voie à l'exploration de la physique du changement de dimensionnalité et l'ingénierie de ces nouveaux matériaux dans la production énergétique (photovoltaïque, thermoélectricité,...).

#### **Quelques références de l'équipe d'accueil sur le sujet**

- [1] J. Nicolle et al., « *Pressure Mediated Doping in Graphene* », Nano Letters 11, 3564 (2011)
- [2] J.C. Blancon et al., « *Direct measurement of the absolute absorption spectrum of individual semiconducting single-wall carbon nanotubes* », Nature Communications 4, 2542 (2013)
- [3] C. Bousige et al. « *Biaxial Strain in Supported Graphene* », Nano Letters (under review)

#### **Responsables du stage (personnes à contacter):**

Denis Machon, [denis.machon@univ-lyon1.fr](mailto:denis.machon@univ-lyon1.fr), tel: 04 72 44 83 43  
Alfonso San Miguel [alfonso.san.miguel@univ-lyon1.fr](mailto:alfonso.san.miguel@univ-lyon1.fr), tel: 04 72 44 80 57

**Lieu du stage:** Institut Lumière Matière, Campus de la Doua, Univ.Lyon 1 & CNRS, Villeurbanne, <http://ilm.univ-lyon1.fr/> ; Equipe : [\(Nano\)Matériaux pour l'énergie](#)

## Physics of graphene at extreme pressures: Novel nanosystems for energy

### ***Internship (master 2 level) with option for PhD continuity***

In this internship we propose to use very high pressure techniques to drive the evolution of 2-dimensional systems towards higher dimensionalities and study the associated changes in physical properties.

In fact, the dimensionality in condensed matter systems is a key factor in the physical properties of new nanosystems as nanotubes or graphene. The importance of dimensionality to obtain new properties or exotic states of matter has been well illustrated by the Nobel Prize of Physics of 2010 (graphene) and 2016 (topological structures).

We will study the evolution with pressure of 2-D systems as graphene or MoS<sub>2</sub> having one or two atomic layers. Comparing the behaviour of the single-layer and the bi-layer system, we expect to put into evidence phase transformations which will imply the formation of new structures of higher dimensionality having original physical properties.

Very high pressure of tens of GPa will be produced using the diamond anvil cell apparatus. The high pressure evolution of the phonon structures will be probed using Raman spectroscopy in order to detect the structural transformations and the implications in the electronic structure of the studied systems. The eventual irreversibility of the observed transformation should open a new avenue for the exploration of the physics of dimensionality changes and the engineering of these novel materials for energy production (photovoltaics, thermoelectricity,...)

#### **Some references on the subject by the research team:**

- [1] J. Nicolle et al., « *Pressure Mediated Doping in Graphene* », Nano Letters 11, 3564 (2011)
- [2] J.C. Blancon et al., « *Direct measurement of the absolute absorption spectrum of individual semiconducting single-wall carbon nanotubes* », Nature Communications 4, 2542 (2013)
- [3] C. Bousige et al. « *Biaxial Strain in Supported Graphene* », Nano Letters (under review)

#### **Supervisors (contacts) :**

Denis Machon, [denis.machon@univ-lyon1.fr](mailto:denis.machon@univ-lyon1.fr), tel: 04 72 44 83 43  
Alfonso San Miguel [alfonso.san.miguel@univ-lyon1.fr](mailto:alfonso.san.miguel@univ-lyon1.fr), tel: 04 72 44 80 57

**Internship location:** Institut Lumière Matière, Campus de la Doua, Univ.Lyon 1 & CNRS, Villeurbanne, <http://ilm.univ-lyon1.fr/> ; Team : [\(Nano\)Materials for energy](#)