

**Graphene in the mid-infrared:  
*pn* junctions for high responsivity photodetectors,  
acoustic Dirac plasmons with few nanometer confinement**

**Sébastien Nanot**

*L2C, Laboratoire Charles Coulomb – Université de Montpellier - CNRS*

[sebastien.nanot@umontpellier.fr](mailto:sebastien.nanot@umontpellier.fr)

*Séminaire au Centre de Nanosciences et de Nanotechnologie – Marcoussis*

23 janvier 2017

**Abstract:**

Mid-infrared technology (2-20 $\mu$ m wavelength) could benefit from various graphene properties. In particular, photodetectors based on *pn* junctions exhibit fast and efficient response in the visible and terahertz ranges, but in the intermediate wavelength range, this response is limited by the graphene small absorption and device design<sup>[1,2]</sup>. Light absorption can then be strongly enhanced by exciting plasmons in nanostructured graphene<sup>[3]</sup>, but until now, experimental absorption peaks are weaker and broader than they could theoretically be.

This presentation will combine some of our recent studies regarding 1) the development and optimization of photodetectors based either on the photothermoelectric effect and (polymer) transparent gates<sup>[4]</sup>, or on the photogating of graphene by pyro-resistive substrates<sup>[5,6]</sup>; and 2) a new method to couple light to graphene plasmons by placing a metallic rod array at a nanometer scale distance to the graphene, which efficiently excites acoustic plasmon modes which are vertically confined down to 2 nm<sup>[7]</sup>, while preserving the graphene quality.

**Résumé:**

Différentes propriétés du graphène peuvent être bénéfiques au développement de nouvelles technologies dans l'infrarouge moyen (2-20 $\mu$ m de longueur d'onde). En particulier, les photodétecteurs à base de jonctions *pn* de graphène présentent une réponse rapide et efficace dans les domaines du visible et du térahertz, mais cette réponse est limitée par la faible absorption dans l'infrarouge ou la conception des composants<sup>[1,2]</sup>. Celle-ci peut être fortement augmentée via l'excitation de plasmons dans des nanostructures<sup>[3]</sup>, mais les pics d'absorption expérimentaux sont généralement plus larges et faibles que leur limite théorique.

Cette présentation combinera nos études expérimentales récentes à-propos 1) du développement et de l'optimisation de photodétecteurs basés, soit sur l'effet photo-thermoélectrique et des grilles transparentes (polymères)<sup>[4]</sup>, soit sur le photodopage via des substrats pyro-électriques<sup>[5,6]</sup>; et 2) de nouvelles méthodes pour coupler les plasmons à la lumière en plaçant un réseau de rubans métalliques à des distances nanométriques du feuillet. Ceux-ci permettent d'exciter efficacement des modes acoustiques de plasmons confinés verticalement jusqu'à 2nm<sup>[7]</sup>, tout en préservant la qualité du graphène.

[1] M. Badioli, *et al.*, Nano Lett. **14**, 6374–6381 (2014).

[2] P.K. Herring, *et al.*, Nano Lett. **14**, 901–907 (2014).

[3] M.Freitag, *et al.*, Nat. Comm. **4**, 1951 (2013).

[4] C. Peng\*, D. K. Efetov\*, S. Nanot\*, *et al.*, ArXiv, 1610.07646 (2016).

[5] K.K. Gopalan, *et al.*, ArXiv, 1609.02041 (2016). Accepted in Adv. Opt. Mat.

[6] U. Sassi, *et al.*, ArXiv, 1608.00569 (2016). Accepted in Nat. Comm.

[7] D. Alcaraz Iranzo\*, S. Nanot\*, *et al.*, submitted.