
Projet de thèse :

Nouveaux métamatériaux quantiques basés sur des nanoparticules métalliques

DIRECTEURS DE THESE : RODOLFO JALABERT (PUCE) ET GUILLAUME WEICK (MDC, SOUTENANCE D'HDR PREVUE LE 7/7/2015)
IPCMS, 23 RUE DU LOESS, F-67034 STRASBOURG CEDEX 2
TEL : 03 88 10 70 76; E-MAIL : RODOLFO.JALABERT@IPCMS.UNISTRA.FR

La manipulation de la lumière à des échelles sub-longueur d'onde, au-delà de ce qui peut être réalisé en optique traditionnelle, est au cœur de la recherche actuelle sur les nouveaux métamatériaux plasmoniques [1]. Ces métamatériaux présentent de nouvelles propriétés très intéressantes telles que, par exemple, un indice de réfraction négatif [2], une focalisation de la lumière parfaite [3], et la perspective fascinante d'une cape d'invisibilité [4]. En particulier, les réseaux ordonnés de nanoparticules métalliques sont à l'heure actuelle intensivement étudiés [5], puisque les interactions entre nanoparticules donnent lieu à des changements significatifs des propriétés plasmoniques globales du métamatériau par rapport à celles des composants individuels. Ceci ouvre donc de nouvelles perspectives pour confiner et guider la lumière à des échelles sub-longueur d'onde.

Dans ce contexte, nous avons récemment développé de façon théorique un analogue plasmonique du graphène [6,7], un allotrope atomiquement mince du carbone. Nous avons montré que l'accordabilité des interactions en champ proche entre des nanoparticules formant une structure en nid d'abeilles conduit à des effets uniques, en particulier l'apparition de modes collectifs bosoniques de type Dirac sans masse (voir figure) qui imitent les caractéristiques uniques des électrons dans le graphène.

Le but de ce projet de thèse est d'obtenir une compréhension théorique complète des propriétés des plasmons collectifs dans les réseaux de nanoparticules métalliques en nid d'abeilles. En particulier, le couplage de ces excitations à la lumière [8] sera étudié, ainsi que les mécanismes de désintégration donnant lieu à l'amortissement de ces modes collectifs [9]. L'étudiant pressenti pour ce projet, M. François Fernique, travaillera dans l'Equipe de Physique Mésoscopique Théorique dirigée par le Prof. Rodolfo Jalabert à l'IPCMS, en contact étroit avec des équipes théoriques et expérimentales de l'Université d'Exeter (UK). Des calculs de mécanique quantique à plusieurs corps, aussi bien analytiques que numériques, seront mis en œuvre afin d'attaquer ce projet ambitieux.

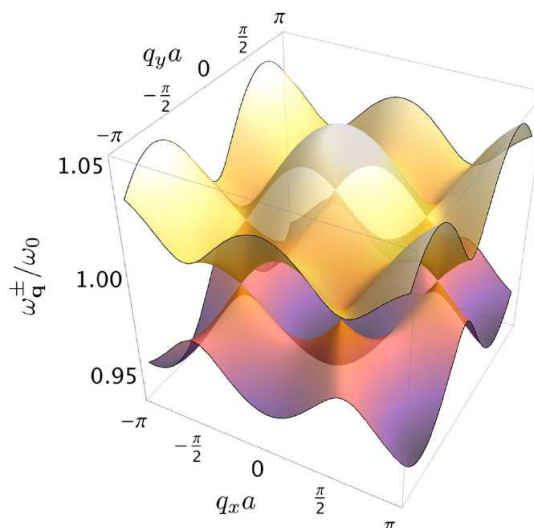


Figure: Relation de dispersion des plasmons collectifs dans un réseau de nanoparticules métalliques en nid d'abeilles. La ressemblance avec la structure de bande électronique du graphène est frappante. [Reproduit de: E. Mariani, G. Weick, "A Plasmonic Analogue of Graphene", SPIE Newsroom (2014)]

- [1] W.L. Barnes, A. Dereux, T.W. Ebbesen, *Nature* **424**, 824 (2003)
- [2] R.A. Shelby, D.R. Smith, S. Schultz, *Science* **292**, 77 (2001)
- [3] J.B. Pendry, *Phys. Rev. Lett.* **85**, 3966 (2000)
- [4] D. Schurig *et al.*, *Science* **314**, 977 (2006)
- [5] N. Meinzer, W.L. Barnes, I.R. Hooper, *Nature Photon.* **8**, 889 (2014)
- [6] G. Weick, C. Woollacott, W.L. Barnes, O. Hess, E. Mariani, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 106801 (2013)
- [7] T.J. Sturges, C. Woollacott, G. Weick, E. Mariani, *2D Materials* **2**, 014008 (2015)
- [8] G. Weick, E. Mariani, *Eur. Phys. J. B* **88**, 7 (2015)
- [9] A. Brandstetter-Kunc, G. Weick, D. Weinmann, R.A. Jalabert, *Phys. Rev. B* **91**, 035431 (2015)