

Etude d'hétérostructures 0D/1D/2D pour la nano-optique

Juliette Le Balle^{1,2}, Jean-Baptiste Marceau², Frédéric Fossard¹, Annick Loiseau¹ et Etienne Gaufrès²

1. Laboratoire d'Etude des Microstructures (LEM), UMR 104 CNRS-ONERA, Université Paris Saclay, 92322 Châtillon, France.
2. Laboratoire Photonique Numérique et Nanosciences, CNRS – Institut d'Optique – Université de Bordeaux, 33400, Talence, France.

Depuis la découverte du graphène, l'assemblage de semi-conducteurs 2D dans des hétérostructures de van der Waals (VdW) donne lieu à l'émergence de propriétés fascinantes¹ avec des applications potentielles en photonique et en optoélectronique. Toutefois, la présence de défauts structuraux et d'inhomogénéités intrinsèques, associés à des bandes interdites indirectes et à de faibles rendements quantiques dans leur forme massive, entrave toujours leur étude et leur utilisation dans la nanophotonique en tant qu'émetteurs de photons purs. En revanche, les matériaux 0D tels que les molécules organiques luminescentes peuvent agir en tant qu'émetteurs quantiques coopératifs avec une forte interaction lumière/matière et une émission de photons uniques. Toutefois, ces molécules sont fragiles et difficiles à arranger et à positionner à l'échelle nanométrique.

Dans cette présentation, nous montrons que les nanotubes de nitrure de bore (BNNT) peuvent être utilisés comme modèle pour intégrer une chaîne 1D de molécules luminescentes²⁻⁵ sur des matériaux 2D dans le régime de van der Waals (Figure1). Différentes hétérostructures sont fabriquées en modifiant la nature du matériau 2D (MoS_2 , WSe_2 , WS_2).

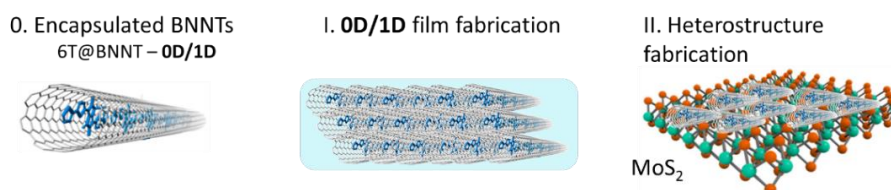


Figure 1 : représentation schématique de l'utilisation de BNNT pour intégrer des molécules pour ensuite former une hétérostructure mixte.

Nous présentons diverses méthodes de fabrication d'hétérostructures à dimensions mixtes (Figure 2) et les résultats préliminaires de leur caractérisation structurale et des empreintes des interactions optiques entre les molécules à l'intérieur des BNNT ainsi qu'entre les molécules et le semi-conducteur 2D.

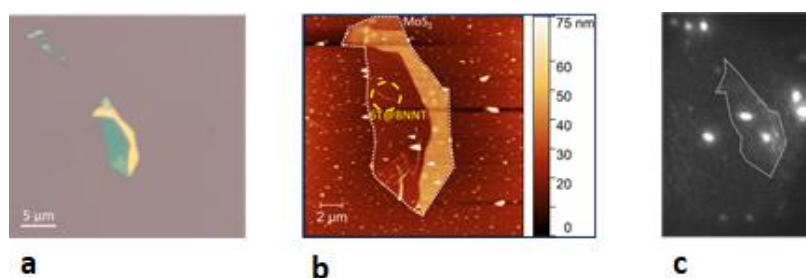


Figure 2.a. Image optique de l'HS mixte. b. Image obtenue par microscopie de force atomique. c. Image obtenue par microscopie de fluorescence.

Références :

1. Novoselov, K. S., Mishchenko, A., Carvalho, A. & Castro Neto, A. H. 2D materials and van der Waals heterostructures. *Science* **353**, aac9439 (2016).
2. Gaufrès, E. *et al.* Giant Raman scattering from J-aggregated dyes inside carbon nanotubes for multispectral imaging. *Nature Photon* **8**, 72–78 (2014).
3. Allard, C. *et al.* Confinement of Dyes inside Boron Nitride Nanotubes: Photostable and Shifted Fluorescence down to the Near Infrared. *Adv. Mater.* **32**, 2001429 (2020).
4. Badon, A., J.-B. Marceau *et al.* Fluorescence anisotropy using highly polarized emitting dyes confined inside BNNTs. *Mater. Horiz.* **10**, 983–992 (2023).
5. : J-B. Marceau, J. Le Balle *et al.*, Shaping and Spacing Dye J-aggregates by Activated Molecular Diffusion in BNNTs (2024) arXiv:2402.17537