

# TRI ET CONTROLE DES PROPRIETES DES NANOTUBES PAR TRANSFERT DE CHARGES (TRICOTRA)

F. Dragin, E. Abou Hamad, R. Almairac, L. Alvarez, J.L. Bantignies, C. Goze-Bac, V. Jourdain, T. Michel, M. Picher, J.L. Sauvajol, A. Zahab, E. Anglaret, *Laboratoire des Colloïdes, Verres et Nanomatériaux, CNRS-Université Montpellier II*

C. Valles, M. He, A. Derré, M. Maugey, P. Poulin, A. Pénicaud, *Centre de Recherche Paul Pascal, CNRS-Université Bordeaux I*

M. He, P. Petit, *Institut Charles Sadron, CNRS-Université Strasbourg I*

R. Fleurier, M.F. Faiwo, A. Loiseau, *Laboratoire d'Etude des Microstructures, CNRS-ONERA Chatillon*

L'objectif central de TRICOTRA est de contrôler les propriétés structurales et électroniques des nanotubes de carbone mono-feuillets par transfert de charge. Le projet s'articule autour de deux volets : **i) contrôle et mesure des propriétés de nanotubes (ou de faisceaux) individuels** par transfert de charge par voie gazeuse ou électrochimique, **ii) séparation des nanotubes métalliques et semi-conducteurs** par dopage ou dédopage sélectif à partir de solutions de NTC polyélectrolytes

## Synthèse de nanotubes individuels par CVD

L'ICS a développé une nouvelle méthode de synthèse de nano-particules de faible polydispersité en ajoutant un surfactant (le SDS) à une solution acide de chlorure ferrique déposée sur une surface électro-négativement chargée. La taille et la polydispersité des particules peuvent être diminuées en ajoutant du dodécanol.

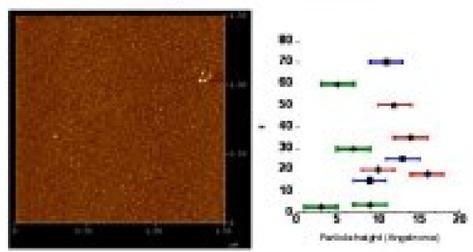


Fig 1. Haut : image AFM typique des nanoparticules. Bas : distribution des hauteurs de particules sur l'image : les couleurs rouge, bleu puis vert correspondent à une augmentation de la concentration de dodécanol.

Le LCVN a optimisé ses méthodes de production CVD de nanotubes individuels. Les nanoparticules sont préparées en phase liquide, le précurseur carboné est le méthane ou l'éthanol, la croissance se fait entre 800 et 950°C.

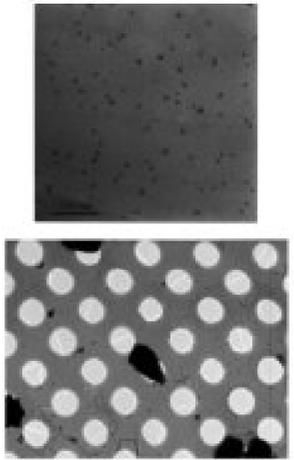


Fig 2. Haut : image AFM typique des nanoparticules. Bas : image TEM des nanotubes individuels.

## Préparation de solutions de nanotubes polyélectrolytes

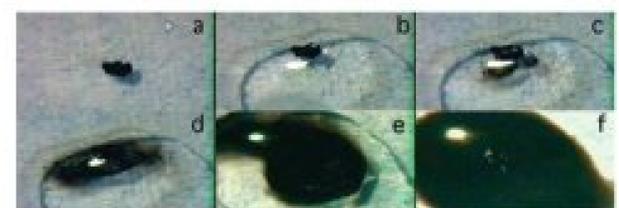
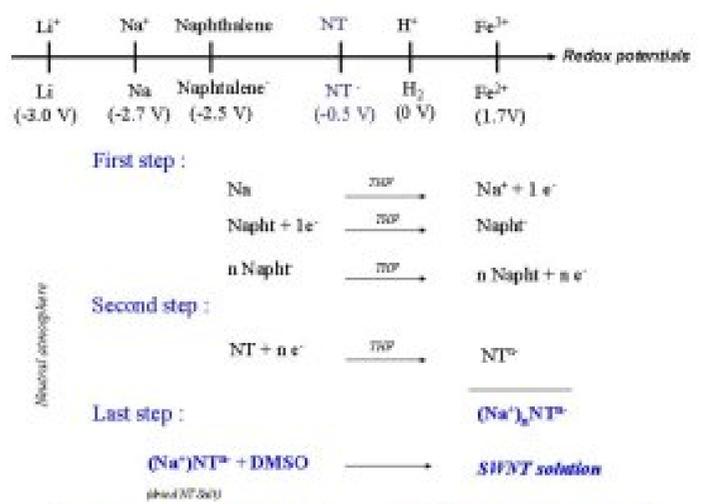


Figure 3 : photos séquentielles de la dissolution spontanée de [Na(THF)]nNT dans le DMSO.

## Extensions du projet :

### Etude TEM du tri par DGU et Solutions de plans de graphène

Le LEM a étudié par TEM les nanotubes triés par ultracentrifugation de gradients de densité (DGU) de suspensions aqueuses.

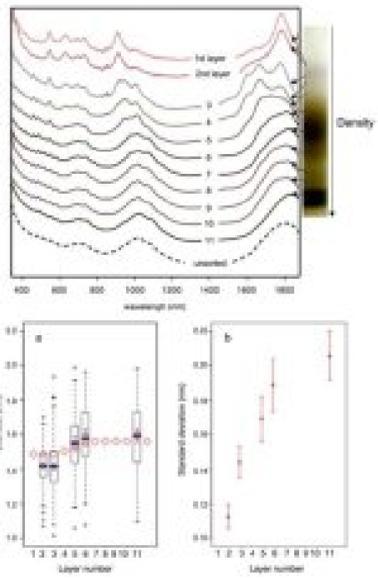
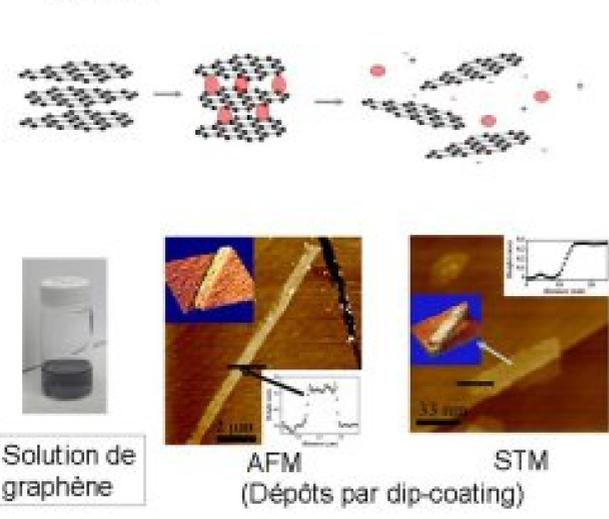


Fig 4. En haut : spectres d'absorption (gauche) pour différentes fractions des nanotubes triés par DGU (image à droite). En bas : évaluation par MET de la distribution en diamètre pour chaque couche (moyenne à gauche et écart-type à droite) et comparaison avec les mesures optiques (losanges rouges).

L'application de la méthode de dissolution douce au graphite permet d'obtenir, des solutions de graphène, et donc de proposer une alternative à la méthode fastidieuse « d'exfoliation au scotch ».



Solution de graphène  
AFM (Dépôts par dip-coating)  
STM

Fig 5 En haut : intercalation et exfoliation du graphite. En bas : photo d'une solution de graphène, images AFM et STM de plans de graphène, après dépôt par spin-coating des solutions

### Dédopage sélectif des nanotubes

Peut-on dédoper sélectivement les NTC, en fonction de leur diamètre et de leur angle chiral? Pour y répondre, les solutions ont été étudiées par spectroscopie Raman résonante à différents stades d'une titration redox et pour différents potentiels électrochimiques.

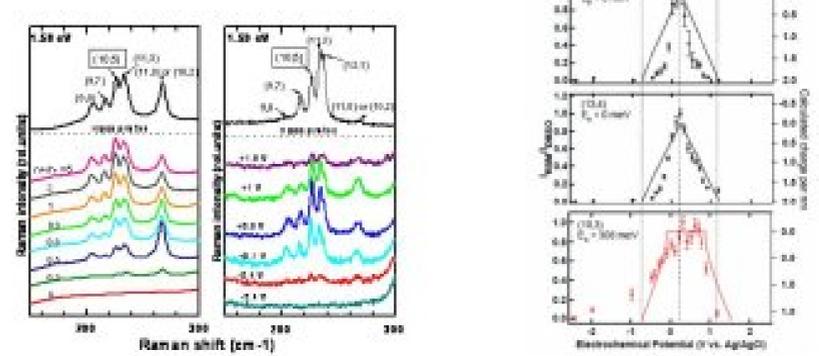


Fig 6. A gauche : de bas en haut, évolution typique des spectres Raman RBM des solutions lors de la titration (gauche) et pour des potentiels électrochimiques croissants (droite). A droite : évolution de l'intensité RBM de trois types de nanotubes en fonction du potentiel électrochimique (symboles) et comparaison avec des calculs de densité de charges (lignes continues).

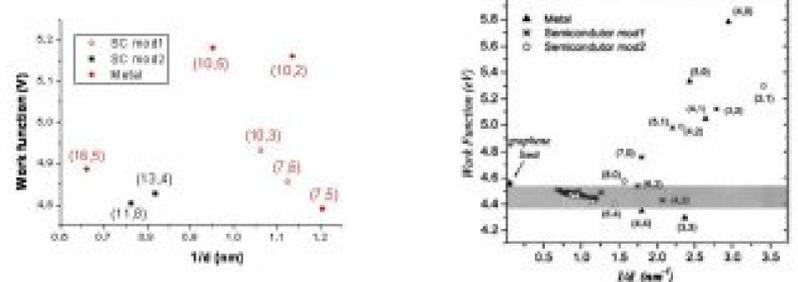


Fig 7. A gauche : travaux de sortie des tubes étudiés en spectro-électrochimie. A droite : travaux de sortie calculés (V. Barone et al, JPC124, 024709 (2006)).