

Synthèse colloïdale de catalyseurs métalliques pour la croissance sélective de nanotubes de carbone par CVD

Soutenance de thèse – Clément SEMION

24 avril 2025 – 14h00

Salle Pierre Contensou - ONERA Châtillon

Lien visio-conférence : demande du lien d'accès auprès de clement.semion@onera.fr

Devant le jury composé de :

Lorette Sicard, Maître de Conférences, ITODYS, Université de Paris Cité	Rapporteur
Samir FARHAT, Maître de conférences, LSPM, Université Sorbonne Paris-Nord	Rapporteur
Hynd REMITA, Directeur de Recherche, ICP, Université Paris-Saclay	Examinatrice
Shigeo MARUYAMA, Professeur, DME, University of Tokyo	Examineur
Catherine JOURNET-GAUTIER, Professeur, ENS, Université Claude Bernard	Examinatrice
Esko KAUPPINEN, Professeur, NMG, Aalto University	Invité
Annick LOISEAU, Directeur de Recherche, LEM, ONERA	Directeur de thèse
Vincent HUC, Chargé de Recherche, ICMO, Université Paris-Saclay	Directeur de thèse

Résumé

Du fait de leurs propriétés mécaniques, optiques et électroniques exceptionnelles, les nanotubes de carbone (CNTs) suscitent un fort intérêt scientifique. Parmi eux, les nanotubes monoparois (SWCNTs) se distinguent par leur structure unique, leur conférant un caractère métallique ou semi-conducteur. Ces derniers sont particulièrement recherchés pour des applications électroniques, notamment dans la fabrication de processeurs. Toutefois, les techniques de synthèse actuelles ne permettent pas d'atteindre le niveau de pureté suffisant pour ces usages. Deux stratégies sont donc explorées : la purification post-synthèse et, celle que nous suivons, l'optimisation de la croissance sélective des SWCNTs.

Cependant, les mécanismes de croissance des CNTs sont encore mal compris. Le dépôt chimique en phase vapeur (CVD) est la technique de référence pour la synthèse des SWCNTs, permettant d'atteindre des rendements et une sélectivité élevés. Une variante, la CVD à catalyseurs flottants (FC-CVD), présente l'avantage de s'affranchir d'un substrat, facilitant ainsi la collecte des CNTs. Leur formation repose sur la nucléation d'un chapeau graphitique à la surface de nanoparticules jouant simultanément le rôle de support et de catalyseur. La solubilité en carbone du catalyseur est donc le paramètre clé influençant leur sélectivité.

L'utilisation d'alliages bimétalliques permet d'ajuster ce paramètre et représente une approche prometteuse pour un meilleur contrôle de la synthèse. Cette thèse étudie l'impact de catalyseurs bimétalliques sur la croissance des SWCNTs. Un procédé de synthèse chimique colloïdale a été développé, permettant d'obtenir des nanoparticules $\text{Co}_x\text{Ru}_{1-x}$ de taille nanométrique ($< 5 \text{ nm}$), combinant deux éléments à solubilités en carbone différentes. L'activité catalytique de ces catalyseurs a été démontrée en CVD, ainsi que l'influence de la composition du catalyseur et de la température sur la structure des CNTs obtenus et leur rendement. Enfin, afin d'optimiser leur utilisation en FC-CVD, de nouvelles sources de carbone adaptées à ces nanoparticules ont été étudiées.

Mots clés

Nanotube de carbone, nanoparticule métallique, synthèse colloïdale, CVD, FC-CVD, nanoalliage