

Invitation à la soutenance de thèse de

Blin Thomas

## Nanoalliages métalliques pour le contrôle de la structure des nanotubes de carbone pendant la croissance

Jeudi 21 septembre 2023 – 9H00

Amphithéâtre Hervé Daniel

17 Avenue des Sciences

Centre Henri Moissan, Université Paris-Saclay

91400 Orsay – France

### Devant le jury composé de :

Pr. Ovidiu ERSEN	UPCMS, Université de Strasbourg (Rapporteur)
Dr. Jaysen NELAYAH	LMPQ, Université Paris Cité (Rapporteur)
Pr. Catherine Journet	LMI, Université de Lyon (Examineur)
Pr. Pierre MIALANE	MIM, Université Versailles St-Quentin-en-Yveline (Examineur)
Pr. Christophe BICHARA	CINaM, Aix-Marseille Université (Examineur)
Dr. Vincent HUC	ICMMO, Université Paris-Saclay (Directeur de thèse)
Dr. Annick Loiseau	LEM, ONERA (co-Directrice de thèse)
Dr. Armelle GIRARD	LEM, ONERA (encadrant de thèse)
Pr. Laure CATALA	ICMMO, Université Paris-Saclay (encadrant de thèse)

### Résumé

Depuis leur découverte, les nanotubes de carbones (CNTs) se sont placés comme des matériaux prometteurs. Principalement connus pour leurs propriétés mécaniques remarquables, leurs propriétés électroniques en font également un sujet d'étude de premier ordre. Nos technologies actuelles dans le milieu informatique basées sur le silicium arrivent à leurs limites de miniaturisation. La nécessité de trouver des nouvelles technologies se fait de plus en plus présente et les nanotubes de carbone mono paroi (SWCNTs) se placent comme une alternative de choix. Les SWCNTs possèdent des subtilités de structure qui leur confèrent des propriétés métalliques ou semi-conductrices. Ce sont bien entendu ces derniers qui vont nous intéresser et servir à la fabrication de transistors, et par extension de processeurs. Cependant, de tels dispositifs nécessitent d'être constitués avec une quasi-totalité de SWCNTs semi-conducteurs (>99.999%). À ce jour la fabrication de ces CNTs ne permet pas d'obtenir un tel rendement. Se présentent alors deux solutions : la purification ou la sélectivité lors de la synthèse. C'est sur cette dernière que se positionne le travail effectué dans cette thèse.

La croissance sélective lors de la synthèse de SWCNTs est sans doute l'axe de recherche le plus actif et le plus important dans l'étude des croissances des SWCNTs. Parmi les méthodes de synthèse, la plus efficace pour progresser vers la voie de la synthèse sélective est la CVD (dépôt chimique en phase vapeur). Cette technique permet d'obtenir des SWCNTs avec de bons rendements. Pour cela, les CNTs

nucléent et croissent sur des nanoparticules (NPs) qui servent à la fois de support et de catalyseur.

Le mécanisme de croissance des nanotubes de carbone est encore peu compris et demande d'avantage d'informations et d'analyses sur les liens existants entre le nanotube et les nanoparticules dont ils sont issus. Il a été mis en avant que les NPs métalliques utilisées en synthèse de CNTs semblent passer par un état intermédiaire de carbures avant de former les CNTs. Des NPs de carbures ont été peu utilisées comme catalyseur. On trouve cependant l'utilisation Co<sub>3</sub>W<sub>3</sub>C pour la croissance de nanotubes de carbone montrant ce qui semble être une bonne sélectivité pour certaines structures de NTs. Cependant, l'exploitation de ces carbures n'a pas été approfondie.

Cette thèse se propose d'étudier l'effet des carbures bimétallique en tant que catalyseur sur la croissance des SWCNTs. Pour se faire nous avons développé une voie de synthèse chimique à partir de précurseurs moléculaires de nanoparticules de carbure bimétallique (aussi appelé η-carbure) à base de Co, Mo et W avec un suivi in-situ. Cette méthode, utilisée au cours de ces travaux, permet non seulement d'obtenir de manière simple des carbures sous forme de nanoparticules avec des paramètres compatibles à la croissance des CNTs, mais se place également comme une voie de synthèse versatile pour moduler la composition chimique des nanoparticules. À partir d'un même précurseur, nous pouvons obtenir des nanoalliages, des oxydes et des carbures sous forme de Nps de faibles dimensions (< 10 nm). Ces nanoparticules ont ensuite été utilisées lors de synthèse de CNTs, dont des synthèses en TEM in-situ (Nanomax, LPICM) afin de démontrer la possibilité d'obtenir des SWCNTs à partir de catalyseurs déjà enrichis en carbone.