



## Position stage d'Ingénieur 3<sup>ème</sup> année ou de Master 2

CEA-Saclay, DRF/IRAMIS/NIMBE UMR3685, LEDNA



### Intitulé du projet de recherche : Développement de la croissance de nanotubes alignés pour des études *in-situ* par MET

#### Projet de recherche :

Les tapis de nanotubes de carbone verticalement alignés (VACNT) sont des matériaux aux propriétés intéressantes pour de nombreuses applications. Une méthode de choix et industriellement transférée pour la synthèse de VACNT de haute qualité est le dépôt chimique en phase vapeur assisté par un aérosol (AACCVD). Cette méthode a été jusqu'alors développée à pression atmosphérique et à haute température (800 à 850°C) [1,2] et récemment elle a été ajustée à la croissance sur aluminium qui impose des températures plus basses de l'ordre de 600°C [3,4]. Les résultats récents mettent en évidence une croissance de nanotubes alignés et denses. Toutefois, une limitation de la hauteur des tapis de VACNT se traduisant par une diminution de la vitesse de croissance en fonction de la durée de synthèse a été observée [3-6].

Dans ce contexte, l'objectif principal est d'approfondir notre compréhension de la croissance des VACNT spécifiquement à basse température et d'identifier les mécanismes mis en jeu de manière à aboutir à un meilleur contrôle du procédé de synthèse opéré à basse température. Pour cela, **l'étude *in situ*, pendant la formation des nanotubes, permettant d'analyser la nature et la structure des nanoparticules catalytiques, ainsi que la formation potentielle de carbone désordonné influençant la limitation en longueur des CNT, s'avère très importante.** Cette étude sera réalisée à l'échelle locale en utilisant un microscope électronique en transmission environnemental (E-TEM NANOMAX de l'Equipex TEMPOS) de manière à pouvoir analyser les nanoparticules catalytiques et le carbone en cours de formation autour des particules individuelles.

Le sujet de stage proposé s'inscrit dans ce contexte et fait l'objet d'une collaboration entre le NIMBE-LEDNA basé au CEA-Saclay et l'équipe SEEDs du département Matériaux du C2N. Il consistera, dans un premier temps, à **ajuster les configurations et conditions expérimentales de synthèse des NTC au regard des contraintes imposées par l'environnement E-TEM de manière à démontrer la faisabilité de la croissance dans ces conditions.** L'approche envisagée est l'implémentation de notre procédé AACCVD sur le microscope en l'adaptant de manière à pouvoir alimenter la zone de croissance avec des pressions contrôlées de vapeurs carbonées et catalytiques et permettre ainsi une synthèse des NTC à très basse pression (<1mbar). Des bâtis de tests seront utilisés pour réaliser les essais avant l'implémentation sur l'E-TEM et les premières observations. L'approche envisagée à long terme est en effet l'implémentation de notre procédé AACCVD sur l'E-TEM pour étudier *in-situ* la formation des NTC à basse température en mettant en œuvre une méthode CVD en une seule étape, ce qui, à notre connaissance, n'a jamais été réalisé.

[1] M. Pinault *et al.* (2005), Carbon 43, 2968–76.

[2] C. Castro *et al.* (2013), Carbon 61, 585–94.

[3] F. Nassoy *et al.* (2019) Nanomaterial 9, 1590.

[4] A. Combrisson *et al.* (2022) Nanomaterial 12, 2338.

[5] R. Xiang *et al.* (2008), J. Phys. Chem. C 112, 4892–6.

[6] E. Einarsson *et al.* (2008), Carbon 46, 923–30.

**Durée souhaitée :** 6 mois

**Début :** A partir de février

**Profil :** Ingénieur 3<sup>ème</sup> année ou master 2 sciences des matériaux ou instrumentation ou génie des procédés ou chimie. Des compétences dans le domaine des nanosciences et nanotechnologies ainsi que dans le développement instrumental seront bienvenues.

#### Responsable du projet :

Mme Emeline Charon, [emeline.charon@cea.fr](mailto:emeline.charon@cea.fr), tel : 01 69 08 63 16

Les candidatures doivent être adressées par mail à la responsable du projet et doivent comporter :

- Une lettre de motivation
- Un CV