

## Offre de post-doc

### ***Modélisation numérique du comportement électromagnétique des nano-composites***

Le renfort de polymères par des nano-objets permet d'en modifier les propriétés mécaniques, électriques ou thermiques. Les additifs sous forme de nanotubes de carbone (NTCs) principalement multiparois ont donné naissance à de nombreuses applications grâce à leurs propriétés physiques et structurales comme des ratios longueur-sur-diamètre significativement importants et des conductivités électriques et thermiques élevées. Une grande variété de nano-composites fonctionnels peut ainsi être réalisée. D'autres types d'inclusions comme des nano-fibres ou nano-plaques de graphène ont été proposées ces dernières années dans le domaine des micro-ondes en vue de réaliser des blindages ou des absorbants radar dans le domaine de la compatibilité électromagnétique (CEM). Néanmoins le lien entre la structure des composites et leur comportement électromagnétique est rarement exploré.

Dans le domaine de la modélisation, les approches les plus courantes représentent le composite par des propriétés effectives équivalentes macroscopiques obtenues par homogénéisation et dérivant des techniques utilisées pour les composites standard à fibre de verre ou de carbone exploitant la formule de Maxwell-Garnett. L'homogénéisation exploitée néglige toujours l'effet de la fréquence et la plupart du temps la forme des inclusions. Certaines techniques ont été proposées pour considérer des réseaux périodiques de motifs soumis à une excitation électromagnétique variable mais le type de NTCs considéré reste très basique afin de pouvoir réaliser les calculs dans des temps raisonnables [1]. Parmi les travaux les plus aboutis figurent [2] où le caractère aléatoire de la distribution des NTCs est pris en compte et où un réseau tridimensionnel de circuits équivalents résistifs et capacitifs traduit les interactions entre particules. Néanmoins ces approches ont des difficultés à considérer l'effet de la fréquence en présence d'inclusions micrométriques et d'inclusions nanométriques.

L'objectif de ce travail de post-doctorat est de mettre en place une procédure d'homogénéisation à partir d'une détermination des coefficients de réflexion et de transmission d'un échantillon de matériau localisé dans une section de guide d'onde. La modélisation de la structure de propagation contenant l'échantillon sera réalisée par une méthode d'éléments finis 3D. On cherchera à évaluer les propriétés macroscopiques de l'échantillon en fonction des paramètres des inclusions (dimensions, fraction volumique, etc.). Cette démarche se situe dans une méthodologie d'ingénierie où l'on cherche à synthétiser un matériau composite à base de NTCs à partir de spécifications globales en termes de propriétés macroscopiques électromagnétiques.

[1] A. I. Sotiropoulos, I-G. V. Plegas, S. Koulouridis, and H. T. Anastassiou, Scattering Properties of Carbon Nanotube Arrays, IEEE Trans. Electromagn. Compatibility, vol 54, n° 1, pp 110-117, 2012.

[2] B. De Vivo, P. Lamberti, G. Spinelli, V. Tucci, L. Guadagno, and M. Raimondo, The effect of filler aspect ratio on the electromagnetic properties of carbon-nanofibers reinforced composites, Journal of Applied Physics, 118, 064302, 2015.

Le travail s'inscrit dans le cadre du projet CONIC (COMposites Nanostructurés à propriétés Contrôlées en vue d'applications en compatibilité électromagnétique) du labex LASIPS impliquant les laboratoires GeePs et MSSMat. Il déroulera en parallèle à une thèse DGA sur la même thématique mais portant plutôt sur les aspects expérimentaux.

**Durée** : 18 mois

**Lieu** : GeePs, 11 rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette cedex

**Profil de candidat** : Titulaire d'un doctorat en mathématiques de la modélisation ou analyse numérique ou d'un doctorat dans le domaine de l'électromagnétisme avec une forte expérience en modélisation numérique. Connaissance de plateformes de simulation (COMSOL, CST, etc.)

**Contacts** : Lionel Pichon (Tel. 01 69 85 16 58, [lionel.pichon@geeps.centralesupelec.fr](mailto:lionel.pichon@geeps.centralesupelec.fr))

Jinbo Bai (Tel. 01 41 13 13 16/01 75 31 63 16, [jinbo.bai@ecp.fr](mailto:jinbo.bai@ecp.fr))