

Proposition de bourse post doctorale (12 mois)

Exfoliation hydrodynamique de graphène dans du Cyrène™.

L'équipe 'Energie' du LEGI a développé la cavitation hydrodynamique 'sur puce', c'est à dire au cœur de microsystèmes fluidiques. Cette approche fondamentale a trouvé un terrain d'application pour l'exfoliation de microparticules de graphite ($\approx 20\mu\text{m}$) en graphène, en solution aqueuse, dans des écoulements cavitants pilotés par une différence de pression inférieure à 10 bars. A la suite de travaux de thèse [1] et de valorisation menés ces cinq dernières années, nous possédons un dispositif capable de produire 1 g/L/jour de graphène en solution aqueuse surfactée, pour un coût énergétique inférieur à 0,3 kW.h.

Ces graphénofluides présentent des propriétés d'anti-usure intéressantes, mais la présence du surfactant inhibe les propriétés thermiques et électriques du graphène.

Les seuls solvants possédant une énergie de surface similaire à celle du graphène, et ne nécessitant pas l'ajout de surfactant, présentent une toxicité élevée les rendant inexploitable pour toute application industrielle.

La nouveauté est l'apparition du Cyrène™. Le Cyrene™ est l'appellation commerciale du dihydrolevoglucosénone, solvant biodégradable issu de la cellulose. Il a vocation à devenir une alternative aux solvants toxiques tels que le DMF et le NMP. Sa commercialisation est récente (2018). Il a été testé avec succès comme liquide porteur pour l'exfoliation de graphène par cavitation acoustique [2]. Aucune publication ne le mentionne dans des expériences d'exfoliation par voie hydrodynamique.

Ce projet est financé par le programme de prématuration du C.N.R.S. Il a pour objectif de valider l'utilisation du Cyrene™ comme liquide porteur, pour l'exfoliation de graphite en graphène par cavitation hydrodynamique ou par cisaillement laminaire. Notre objectif est de prouver qu'il y est possible d'exfolier par voie hydrodynamique le graphite en graphène, que les solutions obtenues sont stables, et de caractériser leurs propriétés thermiques et électriques.

La substitution du Cyrene™ à l'eau impose de reconsidérer de nouveaux verrous technologiques. Ses propriétés sont éloignées de celles de l'eau : température d'ébullition de 225°C, viscosité dynamique quatorze fois supérieure à celle de l'eau, densité de 1,25 et pression saturante à température ambiante de seulement 14 Pa. Il faudra développer une nouvelle génération de réacteurs et de connectiques robustes pour des pressions de plusieurs dizaines de bars. Il faudra également reconsidérer les conditions de centrifugation de la solution exfoliée pour extraire le maximum de feuillets de graphène.

Les livrables attendus (et leurs indicateurs de succès associés) sont :

- la production à l'échelle de quelques litres de solutions exfoliées (stables à l'échelle de plusieurs mois).
- la caractérisation de produits exfoliés : épaisseur, longueur, nombre de couches (< 10 couches, dimension latérale > 200 nm).
- la mesure de conductivité électrique et thermique (vérification de la loi de Maxwell).

Ce projet expérimental et interdisciplinaire s'adresse à un jeune docteur ayant travaillé sur le graphène ou en mécanique des fluides, et motivé par les développements expérimentaux et appliqués.

Contact : F. AYELA, 04 76 82 50 29, frederic.ayela@legi.cnrs.fr

[1] : X. QIU, V. BOUCHIAT, D. COLOMBET and F. AYELA : *Liquid-phase exfoliation of graphite into graphene nanosheets in a hydrocavitating 'lab-on-a-chip'* RSC Adv. **9**, 3232-3238 (2019).

[2] : H.J. SALAVAGIONE et al. : *Identification of high performance solvents for the sustainable processing of graphene* Green Chemistry. **19**, 2550-2560. (2017).