



## Proposition de stage

<b>Titre du stage :</b>	<b>Matériaux à base de silicium pour batteries Li-ion</b>
<b>Laboratoire :</b>	Laboratoire PMC – Ecole Polytechnique – Route de Saclay – 91128 Palaiseau
<b>Contact :</b>	François Ozanam
<b>email/ téléphone</b>	<a href="mailto:francois.ozanam@polytechnique.edu">francois.ozanam@polytechnique.edu</a> Tel : 33 (0)1 6933 4704
<b>Date de publication</b>	29/11/2024
<b>Observations</b>	Date de début de stage à définir avec le (la) candidat(e)

Le silicium amorphe méthylé est un matériau prometteur pour son utilisation comme électrode négative de batteries à ions lithium en raison de sa capacité massique plusieurs fois supérieure à celle des électrodes actuellement commercialisées, et sa stabilité lors de cycles répétés de lithiation et délithiation. Récemment, l'ajout de bore dans la composition du matériau a permis une amélioration sensible des performances des électrodes.

Les études menées actuellement au laboratoire sont des études très amont, qui ont essentiellement pour but de mieux comprendre les mécanismes qui limitent encore l'efficacité ou la stabilité des électrodes, de façon à se rapprocher des performances nécessaires à leur utilisation pratique dans des batteries. Plusieurs points devront être approfondis :

- La chimie de surface du matériau lors des lithiations et délithiations successives. Cet aspect pourra être abordé à l'aide de deux outils : i) la spectroscopie infrarouge en conditions opératoires, qui permet de suivre sur plusieurs dizaines de cycles l'évolution de la composition chimique de la surface de l'électrode ; ii) la modification chimique de la surface (par greffage moléculaire ou dépôt de matériau en couche très mince) dans le but de bloquer certaines réactions parasites qui ont des effets délétères sur les performances de l'électrode.
- L'adaptation des conditions de dépôt du matériau. Ce dépôt se fait actuellement par PECVD. Plusieurs options sont envisagées : i) l'obtention de couches présentant une capacité par unité de surface augmentée (exploration des conditions permettant l'utilisation de couches plus épaisses, dépôt sur des substrats structurés pour augmenter la surface active à surface géométrique donnée) ; ii) l'augmentation des vitesses de dépôt en adaptant les conditions plasma pour la réalisation de couches épaisses (micrométriques) à l'échelle de quelques minutes ; iii) la réalisation de couches sur substrats souples pour s'affranchir de certains effets délétères liés aux contraintes subies par le matériau lors des cycles de lithiation/délithiation.

Outre les techniques de dépôt par PECVD et la spectroscopie infrarouge en conditions opératoires, le projet bénéficiera de plusieurs outils d'analyse et de caractérisation disponibles au laboratoire, notamment la spectroscopie Raman et les microscopies optiques, électroniques et à force atomique. Certains aspects du projet feront l'objet de collaborations avec d'autres laboratoires à l'Ecole polytechnique ou dans d'autres institutions.