Stage de Master 2 - 6 mois (mars à août 2027)

Caractérisation des carbones durs et évaluation de leurs propriétés électrochimiques pour des anodes de batteries sodium-ion

Contexte et objectif du stage :

Le développement des batteries sodium-ion constitue une voie prometteuse pour diversifier les technologies de stockage électrochimique de l'énergie. Parmi les matériaux d'anode envisagés, les carbones durs (hard carbons) présentent un intérêt particulier en raison de leur aptitude à stocker réversiblement le sodium et de la diversité de leurs précurseurs. Leurs performances dépendent toutefois fortement de leur organisation structurale, de leur chimie de surface et de leur porosité, notamment de la distinction entre pores ouverts et fermés.

Dans ce contexte, l'Institut de Chimie de Clermont-Ferrand (ICCF) propose un stage visant à établir des relations entre les caractéristiques physico-chimiques de différents carbones durs et leur comportement électrochimique en batteries sodium-ion. L'objectif sera de comparer des matériaux représentatifs, incluant selon les disponibilités des références commerciales, afin d'identifier les paramètres les plus déterminants pour la capacité réversible, le rendement coulombique initial et la tenue au cyclage.

Programme scientifique et travaux proposés :

La ou le stagiaire réalisera une caractérisation multi-échelle des poudres carbonées : diffraction des rayons X (DRX) pour l'ordre structural, spectroscopie Raman pour le désordre carboné, diffusion des rayons X aux petits angles (SAXS) pour sonder la nanoporosité, pycnométrie à l'hélium et, selon les échantillons, analyses complémentaires de surface et de morphologie (adsorption gazeuse, microscopie électronique). L'interprétation croisée de ces techniques permettra notamment de discuter la contribution de la porosité fermée, sans l'assimiler à une mesure unique.

Une seconde partie portera sur l'évaluation électrochimique : préparation d'électrodes selon une formulation maîtrisée, assemblage de piles bouton en demi-cellules face au sodium et essais galvanostatiques suivant des protocoles comparables. Seront étudiés la capacité spécifique réversible, le rendement coulombique initial, la stabilité au cyclage, les performances en régime et la répartition des capacités entre domaines de pente et de plateau à bas potentiel. Des mesures de voltampérométrie cyclique ou d'impédance pourront compléter l'étude.

Le travail aboutira à une analyse critique des corrélations structure–texture–performances, en intégrant la reproductibilité des mesures et les limites d'interprétation, ainsi qu'à l'identification des carbones durs les plus prometteurs pour la poursuite des études.

Profil recherché et candidature :

Le stage s'adresse à une étudiante ou un étudiant de Master 2 en chimie, science des matériaux, physico-chimie ou électrochimie. Des connaissances en caractérisation des matériaux et/ou en électrochimie des batteries seront appréciées. Rigueur expérimentale, autonomie, esprit critique, aptitude à analyser des données et à communiquer les résultats en français et en anglais sont attendus.

Le dossier de candidature comprendra un CV, une lettre de motivation et les relevés de notes du Master ; un avis de responsable de stage antérieur pourra être joint.

Contact :

Katia GUERIN ARAUJO DA SILVA, Supriya SAHA, ICCF – katia.araujo_da_silva@uca.fr