

Sujet de master

Caractérisation rhéologique et électrochimique des encres en vue du contrôle de la microstructure des électrodes graphites pour la charge rapide

Contexte :

Dans le cadre de la transition énergétique et du développement de la mobilité électrique, les batteries font aujourd'hui partie des solutions privilégiées. À titre d'exemple, la décision de l'Union européenne d'interdire la vente de véhicules thermiques au profit des véhicules électriques d'ici 2035 illustre l'essor attendu des batteries, et en particulier des batteries lithium-ion. Par ailleurs, les batteries sont également envisagées pour des applications stationnaires, notamment le stockage des énergies renouvelables, intermittentes par nature. Cependant, de nombreux verrous scientifiques persistent, notamment pour améliorer la fiabilité et la durée de vie des batteries, et ainsi réduire leur impact environnemental. En outre, avec le développement du véhicule électrique, la charge rapide reste un enjeu majeur. La promesse d'une recharge en 10 à 20 minutes représente un défi technique et un argument commercial de taille pour les constructeurs. Les enjeux de la charge rapide se jouent non seulement à l'échelle des matériaux mais aussi lors de la conception des électrodes qui définit la microstructure. La fabrication de ces dernières commence par la préparation d'une encre liquide, composée d'un matériau actif (capable d'insérer les ions lithium), d'un percolant électronique (comme du noir de carbone amorphe, assurant le passage des électrons entre le collecteur de courant et les grains de matériau actif), et d'un liant (par exemple un polymère fluoré tel que le PVDF, garantissant la tenue mécanique des électrodes et l'adhésion des matériaux sur le collecteur de courant).

Objectif :

L'objectif de ce stage de master est d'étudier les relations entre les propriétés rhéologiques des encres et la microstructure des électrodes. En effet ; la rhéologie de l'encre peut influencer la microstructure de l'électrode et aider à obtenir des électrodes optimales pour les charges rapides. Une attention particulière sera portée à l'électrode négative en graphite, actuellement la plus commercialisée au monde. Cette dernière est sujette à un problème de charge rapide en partie liée à la microstructure de l'électrode. À titre d'exemple, la conduction électronique (ou percolation électronique) est limitée en cas de forte porosité (contact de grains à grains difficile, et trop de volume « mort » pour l'industrie), tandis que la conduction ionique est restreinte à faible porosité (possibilité de porosités fermées bloquant le transport).

Dans le cadre de ce stage, plusieurs paramètres seront étudiés pour améliorer la microstructure des électrodes de graphite. Des graphites de différentes granulométries seront utilisés ainsi que deux types de liants (un pour les solvants aqueux, l'autre pour les solvants organiques) afin de comprendre leur impact sur les performances électrochimiques en charge rapide. Une attention particulière sera donnée à la caractérisation rhéologique de l'encre qui portera à la fois sur les propriétés en écoulement (viscosité, thixotropie, ...) et en déformation (viscoélasticité) en fonction des paramètres de formulation. Une attention sur les problématiques du séchage pourra également être portée.

Plan de travail :

- État de l'art sur les électrodes graphites, leur mise en forme et leur caractérisation
- Réalisation d'encres & caractérisations rhéologiques

- Réalisation d'électrode et de cellule type pile bouton & études électrochimiques

Conditions et environnement :

Ce stage de Master s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre le LEPMI et le LRP

Les activités du Laboratoire d'Electrochimie et de Physico-chimie des Matériaux et des Interfaces (LEPMI - UMR 52769) reposent sur l'utilisation de nombreux outils de caractérisation dont un plateau technique dédié à la caractérisation et au cyclage des batteries. Le laboratoire entretient également des relations suivies et privilégiées avec les grands instruments du site grenoblois : ESRF et ILL pour la caractérisation structurale des matériaux et des surfaces, essentiellement pour les générateurs électrochimiques (batteries, piles à combustible).

Les activités du Laboratoire Rhéologie et Procédés (LRP - UMR5520) s'articulent autour de l'étude des propriétés des matériaux et de leur mise en forme, avec des applications dans des domaines variés comme les matériaux biosourcés, les hydrogels innovants ou encore les procédés industriels. Le LRP s'appuie sur des plateformes techniques dédiées (rhéologie, microscopie, mise en forme des matériaux) en lien également avec les grands instruments du site grenoblois.

Ce stage de master sera gratifié conformément à la réglementation en vigueur.

Profil souhaité et connaissances techniques :

Les candidats devront avoir une solide formation en électrochimie et/ou en matériaux. Une connaissance des batteries lithium-ion sera un plus apprécié.

Compétences : Rigueur / Fiabilité (respect des engagements) / Capacité d'analyse et de synthèse.

Mots Clé : Batteries lithium-ion, Charge rapide, Mécanisme de dégradation, Modélisation

Contacts : claire.villevielle@grenoble-inp.fr, pierre-xavier.thivel@grenoble-inp.fr, fannie.alloin@grenoble-inp.fr, Frederic.bossard@univ-grenoble-alpes.fr