

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **19 décembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur. e : **Monsieur Jordan FERNANDES**

Titre de la thèse : Caractérisation du lithium : Application aux systèmes de stockage électrochimiques

Résumé



L'amélioration des batteries Li-ion est un défi majeur pour la décarbonation des moyens de transport individuels. Leurs performances diffèrent principalement par la nature des matériaux qui composent l'électrode, dont certains sont encore en cours de développement. Pour étudier les performances et le vieillissement ou pour calibrer les modèles électrochimiques de ces systèmes, des analyses post-mortem sont souvent nécessaires, pour lesquelles la distribution élémentaire du lithium dans les électrodes doit être mesurée avec une résolution micrométrique. Aujourd'hui, peu de techniques (par exemple l'IRM) sont capables de caractériser le lithium. Elles prennent généralement du temps et sont difficiles à appliquer en routine en raison de contraintes techniques. D'autres approches telles que le SEM (Scanning Electron Microscopy) combinées à l'EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) peuvent imager la plupart des éléments avec une haute résolution spatiale ($\sim \mu\text{m}$) mais sont dans l'incapacité de détecter le lithium avec une sensibilité suffisante. La spectroscopie du plasma par laser (LIBS) est une technique de caractérisation élémentaire très sensible aux éléments légers, faisant d'elle une technique très prometteuse pour l'étude de la répartition du lithium au sein des électrodes. Cependant, plusieurs obstacles majeurs doivent être surmontés. Tout d'abord, la résolution des mesures doit être comparable à celle du MEB ($\sim \mu\text{m}$). En effet, il est essentiel d'atteindre cette résolution afin d'observer correctement les grains de matières actives composant les électrodes ($\sim 5 \mu\text{m}$). Deuxièmement, étant donné la faible quantité de matière ablatée par tir ($\sim \text{pg}$), il est essentiel de travailler avec un système de détection optimisé et de haute sensibilité. Ces besoins légitiment la mise au point d'un tout nouveau dispositif micro-LIBS à haute résolution latérale utilisant un objectif à grande ouverture numérique (0,42), un faisceau laser UV (266 nm) arrangé pour obtenir un M^2 proche de 1, et un système de détection optimisé dans le cadre de l'étude des mécanismes de vieillissement. Avec cet instrument, la distribution du lithium a été

imagée avec une résolution latérale de 2 μm sur des batteries formées, cyclées et vieilles permettant l'observation de la perte de lithium cyclable.

Mots-clés : Lithium,Spectroscopy,LIBS,Batterie Li-ion,Microscopie,Imagerie