

Avis de Soutenance

Monsieur Yassine HBIRIQ

Physique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Modifications structurales des carbones durs par irradiation laser CO₂ : vers des applications dans les batteries Na-ion

dirigés par Monsieur Mohamed AMMAR et Monsieur Louis HENNET

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : CEMHTI - Conditions Extrêmes et Matériaux : Haute Température et Irradiation

Soutenance prévue le **vendredi 16 décembre 2022** à 9h00

Lieu : 3E avenue de la recherche scientifique, 45071 Orléans cedex 2

Salle : Amphithéâtre Charles Sadron de la délégation du CNRS

Composition du jury proposé

| | | |
|---------------------------------|---|------------------------|
| M. Mohamed-Ramzi AMMAR | Université d'Orléans - Laboratoire ICMN, UMR CNRS | Directeur de thèse |
| M. Louis HENNET | Laboratoire ICMN, UMR CNRS | Co-directeur de thèse |
| Mme Raymundo-Piñero ENCARNACION | Laboratoire CEMHTI, UPR CNRS | Co-encadrante de thèse |
| Mme Djamilia HOURLIER | Laboratoire IEMN, UMR CNRS | Rapporteuse |
| M. Bacsá WOLFGANG | Université Paul Sabatier – Laboratoire CEMES-CNRS | Rapporteur |
| M. Jean-François BARDEAU | Le Mans Université – Laboratoire IMMM, UMR CNRS 6283 | Examineur |
| M. Sébastien CAHEN | Université de Lorraine - Institut Jean Lamour - UMR 7198 CNRS | Examineur |

Mots-clés : carbone sp², irradiation laser CO₂, modifications structurales, spectroscopie Raman polarisée résolue en angle, imagerie Raman, batteries Na-ion

Résumé :

Le développement de matériaux de haute performance par des voies de synthèse économes en temps et en énergie est un axe de recherche majeur dans le contexte actuel où la crise énergétique est devenue un défi mondial. Dans ce travail, des carbones durs nanostructurés, sous la forme d'un film constitué de fibres, ont été préparés par irradiation laser CO₂ (sur les deux faces du film) qui représente une voie de synthèse éco-efficace et prometteuse. L'objectif de cette méthode de synthèse est de modifier structurellement les matériaux pour leur utilisation possible dans les électrodes négatives des batteries Na-ion. L'intérêt réside dans la rapidité avec laquelle l'échantillon peut être chauffé ou refroidi, et les températures assez élevées (3000 °C) qui peuvent être atteintes. Afin de mieux comprendre les modifications structurales (en surface et en profondeur) des carbones durs induites par laser CO₂, un ensemble de carbones dur et mou traités dans un four (températures connues et contrôlées) a été étudié presque exclusivement par spectroscopie de diffusion Raman. Il a été l'occasion d'aborder certaines questions liées à l'applicabilité de cette technique optique aux carbones (durs et mous) polis. Les résultats obtenus par spectroscopie Raman polarisée résolue en angle apportent une avancée importante dans la compréhension de l'origine et l'évolution homogène ou hétérogène de la bande D, souvent utilisée dans la littérature pour estimer le degré de désordre intrinsèque dans les carbones sp². Le contrôle des conditions d'irradiation laser CO₂ sous vide ou sous un environnement inerte a permis d'apporter les modifications structurales requises en quelques minutes, comme attesté par imagerie Raman malgré les architectures complexes des films de carbones tissés. Cette modification structurale a un impact clair sur les propriétés électrochimiques. Par exemple, une irradiation de 2 minutes à une température T = 1600 °C permet d'obtenir la capacité maximale de stockage (309.64 mAh.g⁻¹) des ions Na dans la structure carbonée avec une efficacité coulombique initiale de 84.5 %. Enfin, une nouvelle cellule d'irradiation laser a été développée dans le cadre de cette thèse permettant d'élargir la zone irradiée (aussi sur les deux faces de l'échantillon) de manière contrôlée et motorisée, pour une synthèse des carbones durs à grande échelle.