 

**Proposition sujet de thèse :**

**« Développement du traitement laser avec suivi *in situ* par spectroscopie Raman et application à la graphitisation »**

Directeurs de thèse : Mohamed-Ramzi AMMAR et Louis HENNET

Email : [mammar@cnrs-orleans.fr](mailto:mammar@cnrs-orleans.fr) / [louis.hennet@cnrs-orleans.fr](mailto:louis.hennet@cnrs-orleans.fr)

**Mots-clés: Spectroscopie Raman in-situ, Haute température, Graphitisation, Electrochimie**

Les possibilités offertes par les lasers pour la synthèse des matériaux à haute température ne sont plus à démontrer. Récemment une étude a permis de montrer que les lasers CO2 pouvaient être utilisés pour la production de carbones durs nanostructurés traités à haute température pour une utilisation dans les électrodes négatives de batteries Na-ion.1 Un chauffage de seulement 1-2 minutes permet d’obtenir un matériau ayant un bon rendement. L’intérêt du chauffage laser CO2 réside principalement dans la rapidité avec laquelle l’échantillon peut être chauffé ou refroidi, évitant ainsi les rampes de montée/descente de température des fours conventionnels. Généralement, les températures demandées sont souvent très élevées et difficilement atteintes dans les fours classiques, ce qui empêche la graphitisation de la plupart des précurseurs carbonés à l’échelle de laboratoire.

Cette thèse se déroulera au sein du laboratoire CEMHTI, reconnu pour le développement des moyens originaux qui peuvent être d’une importance majeure à l’étude des propriétés des matériaux en conditions complexes. L’objectif sera de mieux comprendre et maîtriser les processus de transformations des matériaux carbonés en fonction de la température, du temps et les précurseurs utilisés. En effet, le suivi *in situ* permettrait de gagner un temps considérable dans la mise au point des conditions expérimentales permettant de réaliser une réaction donnée avec un chauffage à une certaine température et pendant un temps donné, notamment aux températures difficiles à atteindre en four classique. Ce challenge passe préalablement par la mise en place d’un système optique sur un banc expérimental déjà disponible au CEMHTI permettant le chauffage par laser de carbones sous vide ou sous atmosphère contrôlée, mais ne permet pas le suivi *in situ* de la réaction.

Le système sera testé sur des carbones durs non graphitisables pour la compréhension des mécanismes à l’œuvre et l’optimisation du choix de précurseur ainsi que sur leur résistance mécanique à un traitement laser, pour une application éventuelle en batterie. D’autres développements peuvent être envisagés pour modifier structuralement des grandes zones de l’échantillon par une motorisation contrôlée du support.

**Formation requise :** Master Recherche en Physique ou en sciences des matériaux

**Salaire et type de financement :** Financement Région centre de36 mois et d'un montant net de ~1400euros

*[1] Zhang et al. Advanced Materials Technologies 1600227* ***2017***

 

**Phd thesis proposition :**

**« Development of laser treatment with in situ analysis by Raman spectroscopy and application to graphitization»**

Thesis supervisors: Mohamed-Ramzi AMMAR et Louis HENNET

Email : [mammar@cnrs-orleans.fr](mailto:mammar@cnrs-orleans.fr) / [louis.hennet@cnrs-orleans.fr](mailto:louis.hennet@cnrs-orleans.fr)

**Key-words: In-situ Raman spectroscopy, High temperature, Graphitization, Electrochemistry**

The possibilities offered by lasers for the synthesis of materials at high-temperature are no longer to be demonstrated. Recently a study has shown that CO2 lasers can be used for the production of nanostructured hard carbons for applications as negative Na-ion battery electrodes.1 A heating time of only 1-2 minutes results in a high performance material. The advantage of CO2 laser heating lies mainly in the speed with which the sample can be heated or cooled, thus avoiding the temperature rise and fall ramps of conventional furnaces. Typically, the required temperatures are often very high and difficult to reach in conventional furnaces and that limitation prevents the graphitization of most carbon precursors at the laboratory scale.

This thesis will take place in the CEMHTI laboratory (Orleans, France) which is recognized for the development of original means which can be of major importance to the study of the properties of materials under complex and extreme conditions. The objective of the work will be to better understand and control the transformation processes of carbon materials according to temperature, time and precursors used. Indeed, in situ monitoring would save considerable time in the development of experimental conditions allowing a given reaction to be carried out with heating at a certain temperature and for a given period of time, particularly at temperatures that are difficult to reach in conventional ovens. This challenge requires the installation of an optical system on an experimental bench already available at CEMHTI allowing the heating by laser of carbon under vacuum or controlled atmosphere, but does not allow the in situ monitoring of the reaction.

The system will be tested on non-graphitizable hard carbons for understanding the mechanisms at work and optimizing the choice of precursor and their mechanical resistance to laser treatment, for possible applications in batteries. Further developments can be envisaged to structurally modify larger areas of the sample by a controlled motorization of the support.

Education required: Master's degree in Physics or Materials Science

Salary and type of financing: 36 months and a net amount of ~1400euros

*[1] Zhang et al. Advanced Materials Technologies 1600227* ***2017***