

21 February 2021

## Offre de thèse pour un CDD doctorant

Début : 1<sup>er</sup> octobre 2021

### Développement de cathodes sans platine pour piles à combustible à hydrogène

#### Informations Générales

**Lieu de travail:** Epinal et Nancy, France

**Type de contrat:** contrat doctoral LUE

**Durée du contrat:** 36 mois

**Date d'embauche prévue:** Octobre 2021

**Quotité de travail:** Temps complet

**Rémunération:** 1768.55 € bruts mensuels

**Formations souhaitées:** Master 2 en science des matériaux, chimie du solide.

**Expérience requise:** -

#### Contexte

Ce projet s'inscrit dans le cadre de Lorraine – Université d'Excellence (LUE) et de son programme dédié à l'hydrogène "Université de Lorraine Hydrogen Science and technology (ULHyS)". Ce doctorat donnera une occasion rare à un/e étudiant/e très motivé/ée d'étudier toutes les étapes depuis la préparation de formulations innovantes d'électrodes pour piles à combustible PEM (Proton Exchange Membrane) ou AEM (Anion Exchange Membrane) à leurs essais dans une pile à combustible en fonctionnement.

#### Missions / Activités

Le coût élevé des catalyseurs à base de platine dans les piles à combustible (PACs) à hydrogène et la cinétique défavorable de la réaction cathodique de réduction de l'oxygène (ORR) retardent la commercialisation généralisée des PACs. Par ailleurs, la rareté du platine ne permettrait pas d'équiper le parc automobile mondial avec de telles PACs.

Le premier objectif de cette thèse est donc de développer un catalyseur à haute performance sans platine pour ORR à base de matériaux carbonés poreux dopés avec de l'azote, du bore et du fer, entre autres. Ces hétéroatomes rompent l'électroneutralité, améliorent la durabilité electrocatalytique, et augmentent l'activité en ORR des matériaux carbonés par un facteur 1,5 à 1,6. Le travail proposé est basé sur deux études préliminaires publiées par l'équipe de l'IJL dans le journal international ACS Catalysis [1,2] (facteur d'impact 12,4), et bénéficiera des collaborations existantes avec la Prof. Bandosz (The City College of New York, USA) et avec le Prof. Francisco Carrasco Marín (Universidad de Granada, Espagne). Il s'appuiera aussi sur des tous nouveaux résultats développés dans l'équipe ayant obtenu des catalyseurs dont les caractéristiques électrochimiques se superposent parfaitement à celles de platine déposé sur noir de carbone (non publié).

Le deuxième objectif est d'optimiser la formulation des encres d'électrodes sans platine afin de réaliser des assemblages membrane-électrodes (MEA) reproductibles, et de les tester ensuite dans une pile à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC) ou d'anions (AEMFC). Un banc à enduction par spray sera utilisé pour déposer les couches d'électrodes. Peu de consortiums ont la possibilité de préparer, caractériser et tester des piles avec des électrodes pour ORR de petite et moyenne taille. L'expérience combinée de l'IJL-Epinal sur la préparation de matériaux carbonés et les tests électrochimiques à petite échelle, combinée à celle du LEMTA-Nancy en caractérisation et test de MEA dans des piles à combustible instrumentées, permettra d'aller plus loin dans le développement rapide d'alternatives aux électrodes à base de platine, reconnu comme un verrou majeur dans la réduction du coût de la technologie des PEMFC.

Le travail proposé consiste donc à étudier les performances electrocatalytiques de carbones poreux sans platine à différentes échelles, à la fois dans un réacteur idéal d'une part et dans un système réel

de type PEMFC / AEMFC d'autre part. Ce doctorat donnera une occasion unique à un/e étudiant/e très motivé/ée d'étudier toutes les étapes depuis la préparation de formulations innovantes d'électrodes pour piles à combustible à membrane échangeuse d'ions à leurs essais dans une pile à combustible en fonctionnement.

### Références

- [1] M. Seredych, A. Szczurek, V. Fierro, A. Celzard, T. Bandoz. Electrochemical Reduction of Oxygen on Hydrophobic Ultramicroporous polyHIPEs Carbon. *ACS Catalysis* 6 (2016) 5618–5628
- [2] J. Encalada, K. Savaram, N. Travlou, W. Li, Q. Li, C. Delgado-Sanchez, V. Fierro, A. Celzard, H. He, T. Bandoz. Combined Effect of Porosity and Surface Chemistry on the Electrochemical Reduction of Oxygen on Cellular Vitreous Carbon Foam Catalyst. *ACS Catalysis* 7 (2017) 7466-7478

### Mots clés:

Piles à combustible à hydrogène, Electrocatalyse, Réduction catalytique de l'oxygène, Carbone poreux sans platine, Electrodes de piles à combustible, Assemblage membrane-électrodes

### Contexte de travail

Le/la candidat/e intégrera deux équipes de recherche spécialisées en sciences des matériaux d'une part, et en procédé piles à combustibles d'autre part: l'équipe « Matériaux biosourcés » de l'Institut Jean Lamour (IJL, UMR CNRS 7198), hébergée dans les locaux de l'ENSTIB à Epinal, et le groupe « Vecteurs énergétiques », équipe Hydrogène et systèmes électrochimiques du Laboratoire Energies et Mécanique Théorique et Appliquée (LEMTA, UMR CNRS 7563), hébergé dans les locaux de l'ENSEM à Nancy.

Le candidat sera sous l'encadrement du Prof. Alain Celzard (IJL-Epinal) et de Dr Feina XU (LEMTA-Nancy).

L'encadrement se fera en alternance sur les deux sites, selon le degré d'avancement des travaux et les besoins de tel ou tel équipement scientifique. Il sera complémentaire en termes de compétences en synthèse et caractérisation de matériaux carbonés respectant un cahier des charges donné, et en mise en œuvre de tels matériaux dans des conditions de fonctionnement réelles et d'étude des performances du système global.

Il/elle travaillera tout d'abord au sein de l'équipe « Matériaux biosourcés », où il/elle sera immédiatement formé/ée à la synthèse de matériaux carbonés, de préférence dérivés de résines d'origine naturelle (formulation, pyrolyse et graphitisation, fonctionnalisation de surface), puis aux nombreuses techniques de caractérisation nécessaires aux études envisagées (analyse élémentaire, surface spécifique et porosité, conductivité thermique, propriétés mécaniques, microscopie en lumière polarisée et à force atomique, mouillabilité et énergie de surface, ...). Tous les équipements nécessaires pour la synthèse et la caractérisation des matériaux carbonés et pour l'étude de leur application en tant qu'échangeurs de chaleur sont disponibles à l'IJL-Epinal.

Une fois qu'un certain nombre de matériaux auront été testés et identifiés comme efficaces en tant qu'électrocatalyseurs pour la réduction catalytique de l'oxygène à l'IJL, des encres seront formulées et appliquées dans une pile à combustible réelle, à l'échelle laboratoire, où leurs performances seront évaluées au LEMTA, dans l'équipe Hydrogène et Systèmes Electrochimiques.

### Compétences

Il/elle devra avoir suivi en priorité une formation en chimie du solide ou en sciences des matériaux, mais des connaissances sur les piles à combustible, les systèmes électrochimiques ou la catalyse seront particulièrement appréciées. Le/la candidat/e devra faire preuve d'une grande aisance avec les techniques analytiques modernes sur lesquelles il/elle sera formé/ée pour devenir rapidement autonome, et notamment approfondir les aspects physicochimiques impliqués (pyrolyse, dopage, conductivité, perméation et diffusion, catalyse, réduction de l'oxygène, ...). Il/elle devra se montrer dynamique, curieux/se et persévérant/e pour réaliser les multiples synthèses, caractérisations, tests et interprétations des résultats, et faire preuve de capacités à travailler en équipe et dans deux environnements scientifiques distincts.

Une bonne maîtrise de l'anglais, oral et écrit de niveau avancé, sera nécessaire. Un niveau intermédiaire en français si possible (vous pouvez parler la langue de manière compréhensible, cohérente et avec assurance sur des sujets de la vie courante qui vous sont familiers).

### Contraintes et risques

Le poste sur lequel vous candidatez se situe dans un secteur relevant de la protection du potentiel scientifique et technique et nécessite donc, conformément à la réglementation, que votre arrivée soit autorisée par l'autorité compétente du MESR.

### A propos de l'Institut Jean Lamour

L'Institut Jean Lamour (IJL) est une unité mixte de recherche du CNRS et de l'Université de Lorraine. Il est rattaché à l'Institut de Chimie du CNRS. Spécialisé en science et ingénierie des matériaux et des procédés, il couvre les champs suivants : matériaux, métallurgie, plasmas, surfaces, nanomatériaux, électronique. L'IJL compte 183 chercheurs et enseignants-chercheurs, 91 personnels ingénieurs, techniciens, administratifs, 150 doctorants et 25 post-doctorants. Il collabore avec plus de 150 partenaires industriels et ses collaborations académiques se déploient dans une trentaine de pays. Son parc instrumental exceptionnel est réparti sur 4 sites dont le principal est un bâtiment neuf situé sur le campus Artem à Nancy.

L'équipe d'accueil sur le site d'Epinal mettra à disposition tous les équipements nécessaires au travail du/de la candidat/e (liste complète ici : [https://ijl.univ-lorraine.fr/fileadmin/Redacteurs/N2EV/eq402/pdf/Liste\\_equipements\\_402\\_web\\_IJL\\_mise\\_a\\_jour\\_2021.pdf](https://ijl.univ-lorraine.fr/fileadmin/Redacteurs/N2EV/eq402/pdf/Liste_equipements_402_web_IJL_mise_a_jour_2021.pdf)), les équipements mi-lourds (MEB, MET, DR) étant disponibles sur le site de Nancy.

Pour plus d'informations: <https://ijl.univ-lorraine.fr/>

### A propos du LEMTA

Unité Mixte de Recherche de l'Université de Lorraine et du CNRS, le LEMTA (Laboratoire Énergies et Mécanique Théorique et Appliquée, UMR 7563), concentre ses recherches autour de la Mécanique et de l'Énergie et compte parmi les 5 laboratoires de la Fédération de Recherche Jacques Villermaux pour la Mécanique, l'Énergie et les Procédés. Organisé en trois groupes de recherche et une opération scientifique transverse sur l'IRM, le Laboratoire contribue à créer des connaissances nouvelles dans le domaine des sciences pour l'ingénieur. Ces recherches sont mises en œuvre par près de 75 chercheurs et enseignants-chercheurs, 30 personnels administratifs et techniques répartis dans des services communs d'appui à la recherche (finances & administration, conception et fabrication mécanique, électronique & instrumentation, logistique et projets, informatique & calcul) et environ 60 doctorants et post-doctorants.

Pour plus d'informations: [www.lemta.univ-lorraine.fr](http://www.lemta.univ-lorraine.fr)

### Modalité de candidature

Adresser CV, lettre de motivation et relevé des notes de M1 et M2 à:

Pr. Alain Celzard (Professeur à l'Université de Lorraine) : [alain.celzard@univ-lorraine.fr](mailto:alain.celzard@univ-lorraine.fr)

Dr. Feina XU (Chargée de recherche au CNRS) : [feina.xu@univ-lorraine.fr](mailto:feina.xu@univ-lorraine.fr)