



Intitulé de la thèse	Etude d'un procédé de mise en forme de matériaux composites destinés à la fabrication de plaques bipolaires pour piles à combustibles (hydrogène)
Structure d'accueil	Institut Clément Ader – IMT Mines Albi
Entreprise d'accueil	SAS HYCCO, www.hycco.fr
Durée de la thèse	36 Mois (à partir d'Avril 2021)
Type de contrat	CIFRE
Rémunération	1957 €/mois (brut)

CONTEXTE GENERAL :

La réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) est l'un des défis principaux auquel nos sociétés doivent répondre, et la **transition énergétique** est devenue une des priorités pour répondre à l'urgence climatique actuelle. Afin de limiter l'augmentation de la température à 1.5°C au-dessus de l'ère préindustrielle, l'Europe et différents pays de l'Union se coordonnent afin d'accélérer cette transition. Sur tous les secteurs fortement émetteurs de GES (transport, industrie, habitat), **l'hydrogène** est maintenant clairement identifié comme une nécessité pour atteindre les objectifs visés, tout en préservant les usages modernes. Une des problématiques récurrentes sur les technologies hydrogènes concerne la durée de vie de ces systèmes, directement liée aux matériaux utilisés actuellement.

HYCCO® - Hydrogen Carbon Components - a développé un procédé de fabrication original permettant de produire un élément clef des piles à combustibles de type membrane échangeuse de proton (PEM pour Proton Exchange Membrane)¹, les plaques bipolaires^{2,3}. Ces dernières sont en charge du transport des gaz au sein de la pile, du transport des électrons générés à l'interface avec la membrane protonique, ainsi que de la régulation thermique de pile à combustible. A partir de matériaux composites hautes performances, HYCCO® développe la prochaine génération de matériaux pour les technologies hydrogène.

Les plaques bipolaires doivent respecter un certain nombre de contraintes afin d'être qualifiées pour des applications hydrogènes. Parmi elles, nous pouvons citer la haute conductivité électrique et thermique des matériaux, la capacité de mettre en œuvre des géométries submillimétrique complexes, et l'imperméabilité des matériaux à l'hydrogène.

C'est donc dans le but de mieux maîtriser le procédé de fabrication et accélérer la qualification de leurs plaques bipolaires pour des applications piles à combustibles, qu'HYCCO® propose ce poste de doctorant. Ces travaux de thèse multidisciplinaires seront réalisés en synergie avec les travaux de R&D entrepris par la SAS HYCCO®.

¹ <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/types-fuel-cells>

² Allen Hermanna et al. - *Bipolar plates for PEM fuel cells: A review*

³ Xianguo Li et al. *Review of bipolar plates in PEM fuel cells: Flow-field designs*

PROJET DE THESE

Les objectifs du projet sont d'étudier la mise en œuvre des composites à matrice thermoplastique dans le procédé de fabrication développé par HYCCO®, et de faire le lien entre les conditions de mise en œuvre et les propriétés d'usage des plaques bipolaires. Ce projet de thèse sera mené à l'Institut Clément Ader sur le site de IMT Mines Albi sous la direction de Fabrice Schmidt (Pr.) et d'Olivier De Almeida (Dr.).

L'Institut Clément Ader contribue depuis une dizaine d'années à l'amélioration de la compréhension des phénomènes en jeu lors de la mise en œuvre des composites à matrice thermoplastique. L'imprégnation en fonction des conditions de mise en œuvre (temps, température et pression) et de l'architecture des semi-produits composites^{4,5}, la dégradation de ces matrices à haute température ou la cristallisation sont différents aspects déjà étudiés au laboratoire⁶.

Le candidat retenu sera rattaché à l'axe Matériaux, Procédés et Propriétés (MaPP) du groupe Matériaux et Structures Composites (MSC), et sera inscrit à l'Ecole Doctorale MEGeP de l'Université de Toulouse.

Le travail de thèse comprendra un volet expérimental conséquent lié à la caractérisation physico-chimique et rhéologique des polymères, à la caractérisation de la perméabilité, à la fabrication de composites à matrice thermoplastique et à la caractérisation des propriétés d'usage. Une part conséquente de l'étude sera d'ailleurs menée sur la plateforme Mimausa⁷, et en particulier au moyen du pilote EDyCO qui permet la parfaite maîtrise des conditions de fabrication des composites. Un volet modélisation semi-analytique sera également entrepris dans le but d'optimiser le procédé de fabrication.

CAPACITES ET APTITUDES

Le/la candidat(e) doit avoir un goût prononcé pour la recherche expérimentale et l'innovation.

Vous devez être organisé, minutieux et rigoureux et être capable d'abstraction dans vos raisonnements. Le candidat doit également faire preuve d'autonomie et d'initiatives dans ses tâches. Vous êtes en mesure de communiquer efficacement en Anglais.

Le centre de recherche étant une Zone à Régime Restrictif, votre dossier sera évalué par les hauts fonctionnaires Français afin de garantir votre habilitation sur le site de l'ICA. A ce titre, vous êtes de nationalité Française ou interne à l'union Européenne.

FORMATION – PROFIL

Le/la candidat(e) devra être titulaire d'un diplôme de master ou d'ingénieur en sciences des matériaux, et avoir une bonne connaissance des matériaux polymères et composites, et des procédés de mise en œuvre. Des connaissances en modélisation multiphysique, et dans les transferts thermiques sont un plus.

Le candidat devra savoir faire preuve de rigueur et de synthèse et devra aussi avoir un goût prononcé pour l'expérimentation et le travail en équipe. Des déplacements/séjours dans l'entreprise partenaire seront à prévoir au cours de cette mission.

⁴ Ramakrishnan et al. *Comp. Part A* 124 (2019)

⁵ De Almeida et al. *15th ECCM conf, Venise* (2012)

⁶ Bessard et al. *J. Thermal Anal. Calorimetry* 115 (2014)

⁷ <https://www.imt-mines-albi.fr/fr/plateforme-mimausa>

CALENDRIER

- Phase de candidature ouverte jusqu'au 15 Décembre
- Phase de sélection : 15 / 12 -> 15 / 01
- Démarrage de la thèse : Avril

ENGLISH VERSION



PhD subject	Study on high performance composite processing for hydrogen fuel cell bipolar plate
Location	Institute Clément Ader – IMT Mines Albi-Carmaux, Albi, FRANCE
Industrial partner	SAS HYCCO, www.hycco.fr
Duration	36 months (from April 2021)
Contract Type	CIFRE ⁸
Salary	1957 € / month (before tax)

GENERAL CONTEXT:

Reducing green house gases is one of the major challenges our societies have to face. Recently, energy transition became top priority in order to address the climate change emergency. In order to limit the rise of temperature at 1.5°C compare to pre-industrial era, the European Union is coordinating to speed up this transition. Hydrogen is now commonly admitted as a key stone of the ongoing energy transition in order to reduce CO₂ emissions of highly emitting sectors (like transport, industry and housing). One of the common issues on hydrogen fuel cell technology concerns the lifetime of fuel cell stacks, especially for heavy mobility. This lifetime is directly related to the materials that are used today.

HYCCO® - Hydrogen Carbon Components – has developed an innovative manufacturing process in order to produce bipolar plates^{9,10} : a key element of Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFC)¹¹. Bipolar plates are in charge of gas transport inside the fuel cell stack, electronic transport, and thermal regulation. By using high performance composite materials, HYCCO® is developing the next generation of materials for hydrogen technologies.

⁸ <http://www.anrt.asso.fr/fr/cifre-7843>

⁹ Allen Hermanna et al. - Bipolar plates for PEM fuel cells: A review

¹⁰ Xianguo Li et al. Review of bipolar plates in PEM fuel cells: Flow-field designs

¹¹ <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/types-fuel-cells>

Bipolar plates must satisfy critical characteristics to be qualified for hydrogen applications. Among them, high electrical and thermal conductivity, complex sub-millimetric forming capabilities and low hydrogen permeability are essential.

The goal of this PhD is to better understand and improve the comprehension of the manufacturing process in order to qualify bipolar plates for hydrogen application. The work is highly multidisciplinary and will be coordinated between the MIMAUSA research centre (Albi – France) and the R&D work carried at HYCCO® (Toulouse – France).

SUBJECT:

This project consists in studying high performance thermoplastic processing techniques as developed by HYCCO®. A link between processing parameters and bipolar plate application will be made. This project will be led by the French Clément Ader Institute, on the IMT Mines Albi-Carmaux research centre facilities, under the supervision of Pr. Fabrice SCHMIDT and Dr. Olivier DE ALMEIDA.

For more than a decade, the Clément Ader Institute has improved the global understanding of thermoplastic processing. Parameters like time, temperature and pressure, composite semi-product structure^{12,13}, high temperature matrix degradation processes and crystallisation rate highly impact the characteristics of the final product. They are all widely studied in the laboratory¹⁴.

The chosen candidate will be part of the Material, Process and Properties (MaPP) of the Material and Composite Structure research team (MSC). The doctoral school is MEGeP of the University of Toulouse – France. Most of the work will be done in the MIMAUSA¹⁵ research centre, thanks to the EDyCO means, which allows a complete control of the manufacturing process for composites.

The work will be highly experimental and is focused on the rheology and the physico-chemical analysis of polymers. Manufacturing campaign, permeability studies and characterisation of materials properties will be established in order to qualify the product for the hydrogen industry. A semi-analytical model will be established in order to optimise the fabrication process.

SKILLS

The candidate must have a pronounced taste for experimental research and innovation.

She/he must be organized, meticulous, rigorous and inclined to theoretical work. The candidate must also be autonomous and show initiatives in her/his tasks. She/he can efficiently communicate both in French and English.

The research centre is part of a confidential zone with restricted access. The candidate's profile will be evaluated by French Senior Officials so her/his access to the site is granted. For that reason, her/his nationality is part of the EU.

12 Ramakrishnan et al. Comp. Part A 124 (2019)

13 De Almeida et al. 15th ECCM conf, Venise (2012)

14 Bessard et al. J. Thermal Anal. Calorimetry 115 (2014)

15 <https://www.imt-mines-albi.fr/fr/plateforme-mimausa>

BACKGROUND

The candidate must have a master or engineering degree in polymer and composite / science materials. She/he must have a good theoretical and experimental understanding on polymer and material processing, as well as a good background in multi-physics simulation. Thermal transfer understanding is an extra asset.

The candidate must be rigorous and capable to synthetise results. She/he must have a pronounced taste for experimental work and must be a good team player. Frequent commute to the industrial partner location (Toulouse) have to be planed.

CALENDAR

- Candidature phase is open until December the 15th
- Selection phase from the 15/12/2020 -> 15/01/2021
- Kick-off: April 2021