

## Proposition de sujets de thèse 2021-2024.

<b>Sujet</b>	<b>Dimensionnement, réalisation et test de couches carbonées par électrofilage comme GDL pour pile à combustible PEM</b>
<b>Encadrant(s)</b>	<b>F. Fouda-Onana / J.Pauchet</b>
<b>Laboratoire support</b>	<b>STB/L2PC J-B. DUCROS</b>
<b>Directeur de thèse</b>	<b>Marc PRAT</b>
<b>Laboratoire du directeur de thèse</b>	<b>IMFT</b>
<b>Lieu de déroulement de la thèse</b>	<b>CEA Grenoble</b>
<b>Personne à contacter</b>	<b>F. Fouda-Onana, e.mail : FREDERIC.FOUDA-ONANA@cea.fr</b>

### Description du sujet :

La fabrication de couches poreuses carbonées par électrofilage offre beaucoup de latitude sur les paramètres de fabrication. Au cours du stage ingénieur de M. Navallon (2019), il a été montré qu'il était possible de réduire drastiquement le diamètre des fibres de carbone (entre 0.15 et 1.3  $\mu\text{m}$ ) ce qui est environ un ordre de grandeur plus important que les fibres des GDL commerciales, de varier les épaisseurs des couches entre 50 et 200  $\mu\text{m}$  et de modifier l'orientation des fibres.

Ces différentes propriétés permettent de modifier considérablement les propriétés microstructurales de ces couches ce qui aura un impact sur les écoulements (mono et diphasique) lors de son utilisation dans une pile à combustible. Beaucoup d'études montrent qu'au moins 50 % des pertes de transport de gaz dans une pile à combustible sont attribuées à la GDL, et elles se manifestent majoritairement à forte densité de courant (de 3 à 4  $\text{A}/\text{cm}^2$ ), quand l'apport des gaz aux sites actifs devient le phénomène limitant.

Donc l'amélioration des phénomènes de transport dans ces couches apporterait un gain très important sur les performances des piles à combustible et c'est la raison pour laquelle une meilleure compréhension du lien entre les propriétés locales des GDL et leurs performances en pile est de première importance.

Le sujet de thèse qui est proposé se présente sous deux piliers :

- 1- Conception et réalisation du support fibreux par électrofilage en jouant sur (taille des fibres, porosité, épaisseur, rugosité). De façon à obtenir une couche fine ( $< 100\mu\text{m}$ ) de structure contrôlée avec une conductivité électrique élevée ( $< 20 \text{ S}/\text{cm}$ ) et de bonnes propriétés de transport de gaz. Caractérisation physiques (distribution de taille de pores), conductivité électrique et thermique, caractérisation électrochimique en pile à combustible avec imagerie neutron pour identifier la répartition de l'eau liquide dans la GDL et tomographie X de la structure de GDL comme donnée d'entrée de la modélisation.
- 2- Utilisation des modèles existants au DEHT pour relier les propriétés locales (structure, mouillabilité) aux propriétés effectives de transport (électrique, fluide mono et diphasique) puis dans un second temps, intégrer ces propriétés effectives dans des modèles de performances. Ce travail pourrait être mis en lien avec une thèse sur cette thématique qui va débuter en Octobre 2020

Ce sujet de thèse est essentiellement orienté sur la fabrication de GDL et leurs caractérisations. Le développement actuel des GDL s'oriente sur des composants de plus en plus fins avec des propriétés poreuses qu'on ne sait pas bien optimiser car elles dépendent des conditions locales de fonctionnement de la pile difficiles d'accès expérimentalement (saturation liquide notamment). On peut mesurer localement la température et la densité de courant (utilisation de la carte S++ par exemple) mais pas la présence d'eau liquide qui est le point central de cette étude. Pour pallier cette lacune, on se propose de fabriquer des GDL dont il est possible de faire varier des propriétés structurales puis de caractériser ces composants de façon à *in fine* simuler la carte de présence d'eau liquide avec un des modèles présents dans les différentes plateformes de simulation du département (Europium (sous COMSOL), MePHYSTO (sous Matlab/Simulink) ou Antilope (sous PNM)).

Au terme de ce travail de recherche, des résultats sur le lien entre structure poreuse et la répartition de l'eau liquide pourrait donner des orientations sur les propriétés les plus importantes à prendre en compte lors de la fabrication d'une GDL (diamètre moyen des pores, teneur en agent hydrophobe, ratio entre l'épaisseur du substrat par rapport à celui de la couche microporeuse).

D'autre part, des outils de caractérisation seront développés, comme la mesure de la perméabilité de la GDL sous contrainte. Ce qui donnera des informations importantes sur les liens entre les transferts de masse dans la GDL et sa structure poreuse.

Enfin, les modèles existants prennent mal en compte certaines propriétés des composants de la cellule électrochimique, car ils sont mal connus et/ou difficiles à mesurer. Un exemple caractéristique est le modèle classique de pression capillaire qui repose sur la fonction adimensionnelle de Leverett, essentielle dans les transferts diphasiques. Les caractérisations que nous réaliserons permettront de valider ou d'améliorer ce modèle ainsi que des paramètres (diffusion effective, perméabilité relative) qui interviennent dans les modèles décrivant les écoulements dans ces milieux poreux. Disposant de tels modèles, il sera plus aisé de proposer des orientations en terme de fabrication de GDL avec des objectifs sur les paramètres jugés les plus pertinents.