

PROPOSITION DE STAGE – MASTER 2 DET

Dynamique des fluides, Énergétique et transferts

Université Toulouse 3 Paul Sabatier - Toulouse INP - INSA Toulouse -- ISAE SUPAERO – IMT Mines Albi

Titre : Etude de l'influence des conditions d'écoulement des gaz sur les transferts dans les couches de diffusion des piles à hydrogène

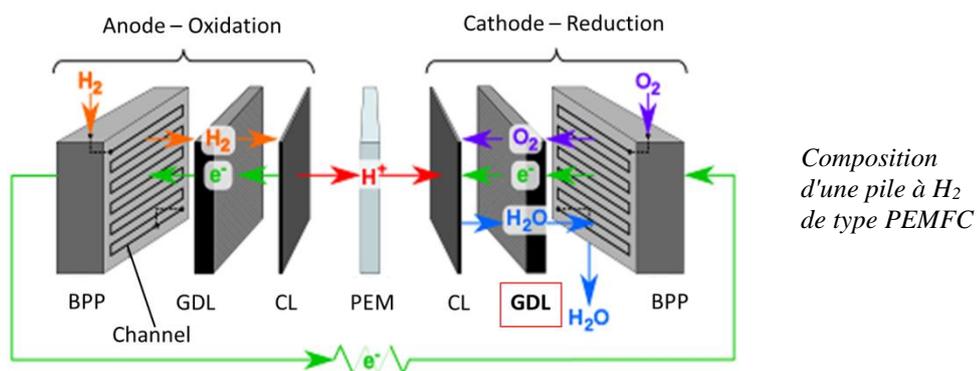
Responsable(s) : Manuel MARCOUX, Professeur, IMFT, marcoux@imft.fr
Loïc CHAGOT, Post-doc, LAPLACE, chagot@laplace.univ-tlse.fr

Lieu du stage : Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse
Groupe Milieu Poreux et Biologiques
Allée Prof; Camille Soula – 31400 Toulouse

Durée / période : de février à juillet 2025

Candidature [CV, lettre de motivation, références] à envoyer à : marcoux@imft.fr

Les piles à combustible à membrane échangeuse de protons PEMFC [1] constituent une technologie clé intensivement étudiée à travers le monde dans le contexte de la transition énergétique et de la lutte contre le changement climatique [2]. Dans ces piles l'hydrogène est recombéné à l'oxygène pour produire de l'électricité, ainsi que de l'eau et de la chaleur. Bien qu'aujourd'hui les PEMFCs aient atteint un bon niveau de maturité, des progrès sont encore nécessaires pour améliorer les performances, augmenter leur durée de vie et réduire leur charge en métal noble (platine). Ces progrès passent par une amélioration des différents composants constitutifs d'une pile : la membrane séparatrice d'ions, les couches catalytiques (CL), les couches de diffusion (GDL) et les plaques bipolaires (BPP) dans lesquelles ont lieu les écoulements de gaz. En particulier, l'optimisation des propriétés de transfert des différentes couches constituant la pile est un objectif majeur pour atteindre des performances élevées.



Le fonctionnement classique d'une pile à hydrogène consiste à injecter de l'hydrogène du côté anode via la plaque bipolaire qui comporte généralement des canaux de circulation pouvant avoir différentes formes (canaux droits, serpentins ...) de manière à distribuer le mieux possible l'hydrogène sur la couche poreuse adjacente associée à la GDL, puis aller ensuite vers la couche active et générer l'oxydation coté anode pour séparer les électrons des protons. La même configuration se retrouve coté cathode, où le gaz injecté est de l'oxygène ou de l'air, qui va circuler dans la seconde plaque bipolaire de forme similaire à celle coté anode et ensuite produire la réduction qui va capter les électrons et les protons H⁺ qui ont traversé la membrane PEM pour générer la circulation électronique et produire le courant ciblé, tout en dégageant de l'eau et de la chaleur.

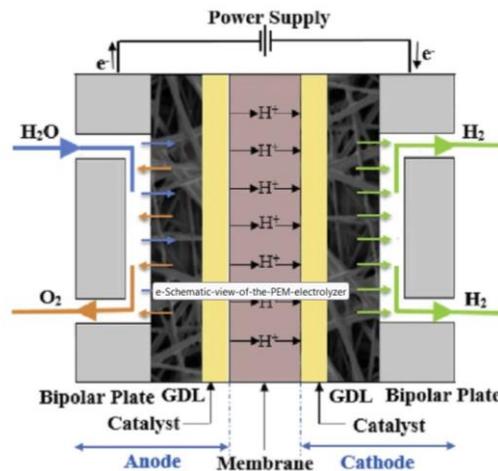


Illustration des écoulements et transfert ayant lieu dans une pile PEFMC en fonctionnement

Il est communément admis dans la communauté étudiant les PEFMC que les gaz d'injection ne se propagent que par diffusion dans les couches poreuses de la pile. Cependant les écoulements de gaz évoluant au sein des canaux des couches bipolaires sont au contact direct avec les GDL poreuses, ce qui peut engendrer des problématiques de type cavité entraînée [3] et provoquer l'apparition de cellules convectives susceptibles de modifier la façon dont les gaz traversent les milieux poreux et réagissent avec les éléments réactifs.

L'objectif principal de ce stage et d'étudier ces phénomènes à l'aide de simulations numériques (logiciel Comsol) en traitant différentes configurations d'écoulement dans les canaux de plaques bipolaires et dans la GDL poreuse accolée. Cette étude s'appuiera aussi sur des approches expérimentales pour déterminer les propriétés d'écoulement (perméabilité) et de transfert (porosité, diffusion effective) nécessaires à la simulation numérique. La partie expérimentale sera faite sur des couches de diffusion disponible sur le marché, à l'aide d'appareils disponibles dans la plateforme expérimentale dédiée à l'étude de PEMFC du groupe MPB de l'IMFT

L'étude pourra dans un second temps inclure l'effet de la présence d'eau liquide qui est produite par la pile lors de son fonctionnement et qui modifié les conditions d'écoulements des gaz dans la GDL, pouvant même empêcher la pile de fonctionner en cas d'engorgement ou/et l'étude des conséquences des mouvement convectifs sur les transferts thermiques ayant lieu dans la pile.

Références

1. M. Eikerling, A. Kulikovskiy, Polymer Electrolyte Fuel Cells Physical Principles of Materials and Operation, CRC Press (2017)
2. Pathways to Net Zero: The Impact of Clean Energy Research (2021), https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0006/1214979/net-zero-2021.pdf
3. Gutt, R., & Groşan, T., On the lid-driven problem in a porous cavity. A theoretical and numerical approach. *Applied Mathematics and Computation*, (2015).