

Offre Post-Doc

Titre : Analyse d'impact de défauts locaux d'assemblage membrane-électrodes sur le fonctionnement d'une pile à combustible PEM (ADELE)

Équipe de recherche : Hydrogen and Electrochemical Systems

Laboratoire : Laboratoire Énergies et Mécanique Théoriques et Appliquées (LEMTA) – CNRS - Université de Lorraine, Nancy, France

Contact : Julia Mainka (julia.mainka@univ-lorraine.fr), Olivier Lottin (Olivier.lottin@univ-lorraine.fr)

Dates : 12 - 24 mois à partir de février 2026

Salaire brut/mois : 2600€

Mots-clés : PEMFC, assemblage membrane-électrodes, caractérisation électrochimique, performance, dégradation

Résumé :

Cette offre s'inscrit dans un contexte d'amélioration des performances et de la durabilité des piles à combustibles à membrane échangeuse de protons (PEMFC) par l'étude des phénomènes de transfert dans l'Assemblage Membrane-Electrodes (AME) qui sont à leur origine. Le LEMTA possède une expérience avérée dans la caractérisation et la modélisation associée [1, 2, 3, 4, 5].

Si les mécanismes de dégradation sont bien documentés dans la littérature, peu d'informations sont disponibles sur l'impact des défauts de fabrication. Nos travaux antérieurs ont permis de montrer qu'un manque important de couche active anodique peut se propager au sein d'une cellule de PEMFC et être susceptible de provoquer des dégradations tout au long d'un stack. Ces résultats, complètement nouveaux dans la littérature ont notamment fait l'objet de deux publications dans des journaux scientifiques internationaux [3, 5] et d'une communication spécifique par l'Institut INSIS du CNRS [6] et intéressent particulièrement les industriels du domaine hydrogène énergie. L'objectif actuel est d'aller plus loin pour étudier l'impact d'un défaut de fabrication représentatif pour des dispositifs de PEMFC commercialisés sur la dégradation de leurs performances et à lever ainsi un verrou majeur pour leur commercialisation à grande échelle.

Il s'agit en particulier d'identifier :

- La taille critique et la nature (GDL/MPL/couche catalytique/membrane) des défauts pouvant avoir un impact la dégradation des AME.
- Les mécanismes de propagation et leur lien avec les conditions de fonctionnement, avec la possibilité -s'il y a lieu- d'agir sur les protocoles de fonctionnement des cellules et des stacks dans l'objectif de limiter cette propagation.

Les travaux à réaliser dans le cadre de ce post-doctorat s'inscrivent dans ce contexte. Ils seront également en forte interaction avec d'autres travaux en cours [2], notamment ceux du programme PEPR-H2, France 2030. Ils visent la caractérisation fine et en fonctionnement au niveau d'une cellule unitaire grâce à l'utilisation de cellules segmentées (Fig. 1).

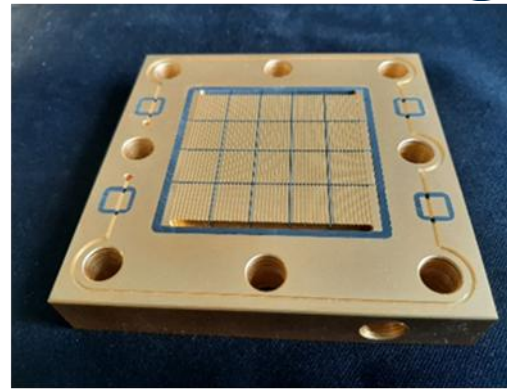
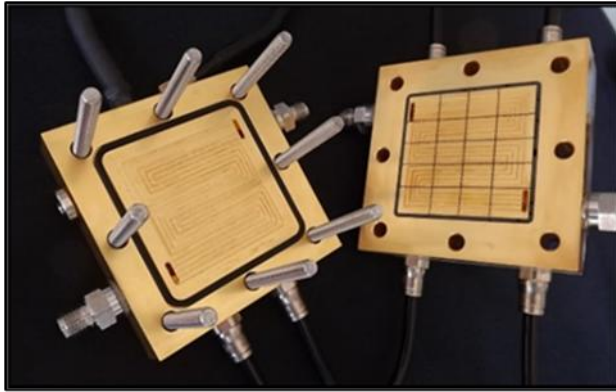


Figure 1 : cellule segmentée.

Ces outils développés au LEMTA permettent la mesure locale et *in-situ* de la densité de courant, des potentiels d'électrodes, de voltamétrie cyclique (pour déterminer la surface électrochimique active - ECSA), d'impédance électrochimique et de courant de perméation d'hydrogène. Cela permettra de caractériser comment les performances locales et globales de la pile à combustible sont impactées par la présence d'un défaut de l'AME. Un second objectif est d'analyser comment un défaut initial et contrôlé se propage lors du fonctionnement. Cet aspect sera réalisé par application de tests de vieillissement accélérés (AST) représentatifs des contraintes que l'AME subit en fonctionnement réel et de suivre l'évolution des performances locales et globales sur la durée du test (Fig. 2).

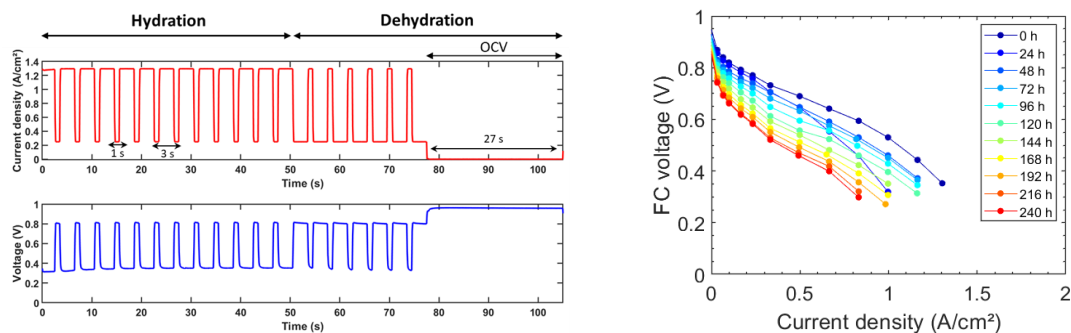


Figure 2 : séquence unitaire du test de vieillissement accéléré (à gauche) et évolutions des performances d'une PEMFC au long de l'AST (à droite).

L'état des électrodes sera suivi par la mesure de l'ECSA, tandis que celui de la membrane par le courant de perméation à l'hydrogène. Ces mesures seront complétées par le suivi des spectres d'impédance électrochimique (EIS) et leur interprétation par modélisation sous forme de circuits électriques équivalents (EEC) [4, 3, 1]. Cela permettra d'identifier les sources du vieillissement des performances par le suivi des paramètres électriques correspondant aux phénomènes de transfert dans les composants de la cellule.

Le(la) candidat(e) devrait posséder une formation initiale en mécanique, physico-chimie, électrochimie et/ou génie électrique et une expérience de l'électrochimie et/ou des systèmes électrochimiques acquise lors du doctorat, associant idéalement travaux expérimentaux et de modélisation (Matlab ou Python). Ce post-doctorat présente également une bonne opportunité pour préparer une candidature de chargé(e) de recherche au CNRS.

- [1] W. Aït-Idir, P. Wu, R. Sgarbi, Q. Labarde, S. Touhami, M. E. K. A. Daoudi, J.-C. Perrin, J. Dillet, C. Marty, F. Micoud, M. Chatenet, O. Lottin et J. Mainka, «[6] Oxygen Diffusion Impedance in Proton Exchange Membrane Fuel Cells – insights into Electrochemical Impedance Spectra and Equivalent Electrical Circuit Modeling,» *Electrochimica Acta*, vol. 472, p. 143430, 2023.
- [2] G. Etienne, A. Ouhammi, A. El Kaddouri, J. Mainka, J. Dillet, A. Morin, M. Chatenet et O. Lottin, «On the Main Factors Limiting the Performance of State-of-the-Art Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells in the 90-100°C Temperature Range,» *Electrochimica acta*, p. 147320, 2025.
- [3] S. Touhami, L. Dubau, J. Mainka, J. Dillet, M. Chatenet et O. Lottin, « ∇ Anode aging in polymer electrolyte membrane fuel Cells I: Anode monitoring by ElectroChemical impedance spectroscopy,» *J. Pow. Sources*, vol. 471, p. 228908, 2021.
- [4] S. Touhami, J. Mainka, J. Dillet, S. Ait Hammou Taleb and O. Lottin, "Transmission Line Impedance Models Considering Oxygen Transport Limitations in Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 166, no. 15, pp. F1209-F1217, 2019.
- [5] S. Touhami, M. Crouillière, J. Mainka, J. Dillet, C. Nayoze-Coyel, C. Bas, L. Dubau, A. El-Kaddouri, F. Dubelley, F. Micoud, M. Chatenet, Y. Bultel et O. Lottin, «Anode defect's ppropagation in polymer electrolyte membrane fuel cells,» *Journal of Power Sources*, vol. 520, p. 230880, 2022.
- [6] [En ligne]. Available: <https://www.insis.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/piles-combustible-des-defauts-dans-les-electrodes-peuvent-se-propager-dautres-composants>.

Post-Doc Position

Title: Impact analysis of local membrane-electrode assembly defects on fuel cell operation

Research group: Hydrogen and Electrochemical Systems

Laboratory: Laboratoire Énergies et Mécanique Théoriques et Appliquées (LEMTA) – CNRS - Université de Lorraine, Nancy, France

Contact: Julia Mainka (julia.mainka@univ-lorraine.fr), Olivier Lottin (Olivier.lottin@univ-lorraine.fr)

Dates: 12 – 24 months starting from February 2026

Gross salary/month: 2600€

Keywords: PEMFC, membrane-electrode assembly, electrochemical characterization, performance, durability

Abstract:

This offer is part of an effort to improve the performance and durability of proton exchange membrane fuel cells (PEMFC) by studying the transfer phenomena in the membrane electrode assembly (MEA) that cause these issues. LEMTA has proven experience in characterization and associated modeling [1, 2, 3, 4, 5].

While degradation mechanisms are well documented in the literature, little information is available on the impact of manufacturing defects. Our previous work has shown that a significant lack of anodic active layer can spread within a PEMFC cell and be likely to cause degradation throughout a stack. These results, which are completely new in the literature, have been the subject of two publications in international scientific journals [3, 5] and a specific communication by the INSIS Institute of the CNRS [6], and are of particular interest to manufacturers in the hydrogen energy sector. The current objective is to go further in studying the impact of a manufacturing defect representative of commercially available PEMFC devices on the degradation of their performance, thereby removing a major obstacle to their large-scale commercialization.

In particular, the aim is to identify:

- The critical size and nature (GDL/MPL/catalytic layer/membrane) of defects that may impact the degradation of MEA.
- Propagation mechanisms and their link to operating conditions, with the possibility—where appropriate—of modifying cell and stack operating protocols in order to limit this propagation.

The work to be carried out as part of this postdoctoral fellowship fits into this context. It will also interact closely with other ongoing work [2], particularly that of the PEPR-H2 program,

France 2030. It aims to achieve detailed characterization at the level of a single cell during operation through the use of segmented cells (Fig. 1).

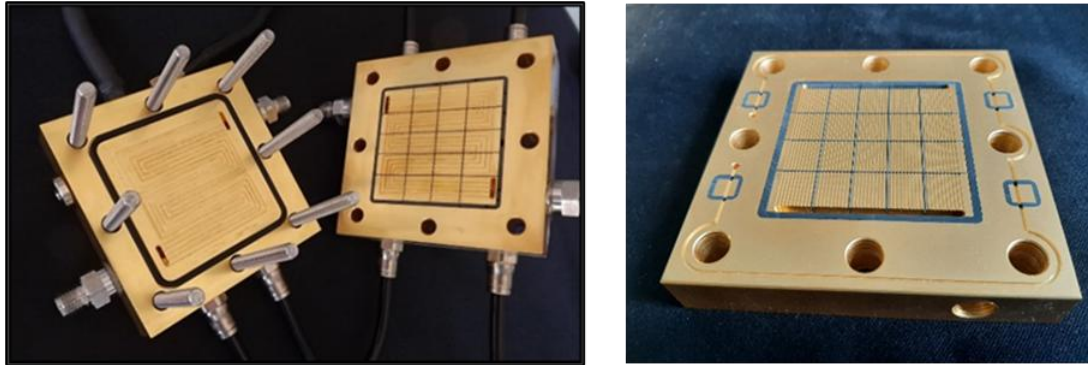


Figure 3: segmented cell.

These tools developed at LEMTA enable local and *in-situ* measurement of current density, electrode potentials, cyclic voltammetry (to determine the active electrochemical surface area - ECSA), electrochemical impedance, and hydrogen permeation current. This will enable characterization of how the local and overall performance of the fuel cell is impacted by the presence of an AME defect. A second objective is to analyze how an initial, controlled defect propagates during operation. This will be achieved by applying accelerated aging tests (AST) representative of the stresses that the AME undergoes in real operation and by monitoring the evolution of local and overall performance over the duration of the test (Fig. 2).

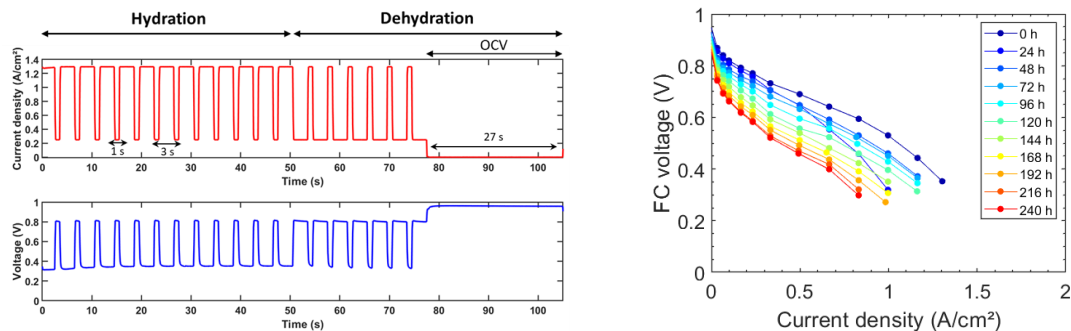


Figure 4: unitary sequence of the accelerated aging test (left) and changes in PEMFC performance over the course of the AST (right).

The condition of the electrodes will be monitored by measuring the AC impedance, while that of the membrane will be monitored by measuring the hydrogen permeation current. These measurements will be supplemented by monitoring the electrochemical impedance spectra (EIS) and interpreting them using equivalent electrical circuit (EEC) modeling [4, 3, 1]. This will enable the sources of performance degradation to be identified by monitoring the electrical parameters corresponding to the transfer phenomena in the cell components.

The candidate should have initial training in mechanics, physical chemistry, electrochemistry, and/or electrical engineering and experience in electrochemistry and/or electrochemical systems acquired during their PhD, ideally combining experimental work and modeling (Matlab or Python). This postdoctoral position also presents a good opportunity to prepare an application for a research position at the CNRS.

References

- [1] W. Aït-Idir, P. Wu, R. Sgarbi, Q. Labarde, S. Touhami, M. E. K. A. Daoudi, J.-C. Perrin, J. Dillet, C. Marty, F. Micoud, M. Chatenet, O. Lottin et J. Mainka, «[6] Oxygen Diffusion Impedance in Proton Exchange Membrane Fuel Cells – insights into Electrochemical Impedance Spectra and Equivalent Electrical Circuit Modeling,» *Electrochimica Acta*, vol. 472, p. 143430, 2023.
- [2] G. Etienne, A. Ouhammi, A. El Kaddouri, J. Mainka, J. Dillet, A. Morin, M. Chatenet et O. Lottin, «On the Main Factors Limiting the Performance of State-of-the-Art Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells in the 90-100°C Temperature Range,» *Electrochimica acta*, p. 147320, 2025.
- [3] S. Touhami, L. Dubau, J. Mainka, J. Dillet, M. Chatenet et O. Lottin, « ∇ Anode aging in polymer electrolyte membrane fuel Cells I: Anode monitoring by ElectroChemical impedance spectroscopy,» *J. Pow. Sources*, vol. 471, p. 228908, 2021.
- [4] S. Touhami, J. Mainka, J. Dillet, S. Ait Hammou Taleb and O. Lottin, "Transmission Line Impedance Models Considering Oxygen Transport Limitations in Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 166, no. 15, pp. F1209-F1217, 2019.
- [5] S. Touhami, M. Crouillière, J. Mainka, J. Dillet, C. Nayoze-Coyel, C. Bas, L. Dubau, A. El-Kaddouri, F. Dubelley, F. Micoud, M. Chatenet, Y. Bultel et O. Lottin, «Anode defect's ppropagation in polymer electrolyte membrane fuel cells,» *Journal of Power Sources*, vol. 520, p. 230880, 2022.
- [6] [En ligne]. Available: <https://www.insis.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/piles-combustible-des-defauts-dans-les-electrodes-peuvent-se-propager-dautres-composants>.