Proposition d'un stage niveau M2 (English version below)

Sujet : Caractérisation du vieillissement d'une pile à combustible PEM

Location : Université Marie et Louis Pasteur (anciennement Université de Franche-Comté), Institut FEMTO-ST, Equipe SHARPAC, UAR FCLAB

Bâtiment F, UTBM, F-90000 Belfort, France

Encadrement : Marie-Cécile PÉRA (marie-cecile.pera@umlp.fr), Zhixue ZHENG (zhixue.zheng@umlp.fr) et Laurine TURPIN (laurine.turpin@ifpen.fr)

Durée : 6 mois, au début de l'année 2027

Contexte :

Aujourd'hui, en vue de réduire les émissions de CO_2 en particulier dans le secteur des transports, il est proposé de se tourner vers des solutions hydrogène pour électrifier le secteur. Pour rendre les véhicules et les systèmes Pile à Combustible compétitifs, leur durabilité - et donc leur vieillissement - doit être étudiés dans le but de développer des stratégies de contrôle adaptatif en fonction de l'état de santé, prévenir des défauts… Dans ce contexte, une collaboration entre le laboratoire du FEMTO-ST (FEMTO-ST) au département Energie et l'IFP Energies Nouvelles (IFPEN) au département Physico-chimie et mécanique appliquées est née pour proposer d'étudier le vieillissement d'une pile à combustible industrielle de type PEM à travers le spectre d'impédance et la DRT [1] dans le cadre d'une thèse.

Ainsi, dans le cadre de ce travail, nous proposons un stage d'une durée de 6 mois centré sur une campagne d'essai longue durée d'un système pile à combustible PEM (PàC). L'objectif principal de ce stage est de contribuer à la compréhension des phénomènes de vieillissement d'une pile PEMFC par une approche expérimentale ; cela comprend la participation à la campagne d'essais à travers la collecte, l'analyse et l'interprétation des données (courbe de polarisation, voltamétrie cyclique (CV) et spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE)). L'interprétation des résultats expérimentaux de SIE obtenus à l'aide de la Distribution of Relaxation Times (DRT) permettra de mieux comprendre l'évolution des processus physiques et chimiques sous différentes conditions de fonctionnement. De plus, l'extraction des paramètres permettra d'alimenter un modèle de vieillissement développé dans le cadre de la thèse de Laurine Turpin [2] en parallèle du stage.

Contenus :

Le sujet de ce stage comprend :

1. Etat de l'art sur le principe de fonctionnement d'un système PàC et les outils de caractérisations électrochimiques ;
2. L'adaptation et le suivi du banc d'essai ;
3. La participation active aux essais expérimentaux et à la caractérisation du système PàC.
4. Traitement des données (courbes de polarisation, SIE, CV) :
    a. Analyse de la cohérence des trois méthodes de caractérisation
    b. Conception de programmes pour l'extraction des paramètres de vieillissement

Profil du candidat :

Le candidat doit avoir une formation de qualité dans le domaine du génie électrique et de l'automatique, et démontrer :

☐ Des compétences solides en manipulations expérimentales.

☐ Une appétence pour la présentation et la communication de résultats expérimentaux

☐ Une bonne maîtrise d'un outil de programmation tel que Matlab/Simulink, NI LabVIEW ou Python.

☐ Une capacité d'apprentissage rapide, une grande motivation personnelle et de l'autonomie.

☐ Une bonne connaissance d'un contrôleur temps réel spécifique sera également un atout important.

Candidature :

Le candidat doit envoyer par mail :

1. Un CV complet et à jour,
2. Les relevés de notes de Master,
3. Les coordonnées d'une ou deux personnes de référence,
3. Une lettre de motivation (optionnel).

Les documents doivent être envoyé à Prof. Marie-Cécile PÉRA, Dr. Zhixue ZHENG and Laurine TURPIN avant **lundi 4 janvier 2027.**

Références :

[1] M. Heinzmann, A. Weber, and E. Ivers-Tiffée, 'Advanced impedance study of polymer electrolyte membrane single cells by means of distribution of relaxation times', *J. Power Sources*, vol. 402, pp. 24–33, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.jpowsour.2018.09.004.

[2] L. Turpin, Q. Cacciuttolo, B. Xu, Z. Zheng, and M.-C. Péra, 'Ageing phenomena identification of PEMFC using the DRT tool', in *6ème Symposium de Génie Électrique*, Toulouse, France: SGE-Conf, Jul. 2025. Accessed: Apr. 15, 2026. [Online]. Available: https://hal.science/hal-05317401

Master2 internship proposition

Subject: Characterization of PEM Fuel Cell Degradation

Location:

Université Marie et Louis Pasteur (formerly Université de Franche-Comté), FEMTO-ST Institute, SHARPAC research group, UAR FCLAB

Building F, UTBM, F-90000 Belfort, France

Supervisors: Marie-Cécile PÉRA (marie-cecile.pera@umlp.fr), Zhixue ZHENG (zhixue.zheng@umlp.fr) and Laurine TURPIN (laurine.turpin@ifpen.fr)

Duration: 6 months, at the beginning of 2027

Background:

Today, with the objective to reduce CO_2 emissions—particularly in the transport sector—it has been proposed to turn to hydrogen-based solutions to electrify the sector. To make fuel-cell vehicles and fuel-cell systems competitive, their durability, and therefore their ageing, must be studied in order to develop adaptive control strategies based on their state of health, to prevent faults and so on. In this context, a collaboration was established between the FEMTO-ST laboratory (FEMTO-ST), within the Energy Department, and IFP Energies Nouvelles (IFPEN), within the Applied Physicochemistry and Mechanics Department, to study the ageing of an industrial proton-exchange membrane (PEM) fuel cell through impedance spectroscopy and Distribution of Relaxation Times (DRT) analysis [1], as part of a PhD thesis.

Accordingly, as part of this research, a six-month internship is being offered to contribute to a long-term testing campaign on a PEM fuel-cell (PEMFC) system. The main objective of this internship is to contribute to the understanding of the ageing phenomena affecting a PEMFC through an experimental approach. This will involve participating in the testing campaign by collecting, analysing, and interpreting data, including polarization curves, cyclic voltammetry (CV), and electrochemical impedance spectroscopy (EIS). The interpretation of the electrochemical impedance spectroscopy results obtained using the Distribution of Relaxation Times (DRT) analysis will provide a better understanding of the evolution of the physical and chemical processes under different operating conditions. In addition, extracting the relevant parameters will help feed into an ageing model developed as part of Laurine Turpin's PhD thesis [2],running in parallel with the internship.

Contents:

The internship will include the following activities:

1. State-of-the-art review of the operating principle of a fuel-cell system and electrochemical characterization tools;
2. Adaptation and monitoring of the test bench;
3. Active participation in the experimental testing and characterization of the fuel-cell system;
4. Data processing (polarization curves, EIS, and CV):
    a. Analysis of the consistency between the three characterization methods;
    b. Development of programs for extracting ageing parameters.

Candidate profile:

The candidate must have solid training in the field of electrical engineering and control, and demonstrate:

☐ Strong experimental and hands-on skills;

☐ A keen interest in presenting and communicating on experimental results.

☐ Good proficiency in programming tools such as MATLAB/Simulink, NI LabVIEW, or Python (strong asset);

☐ Fast learning ability, motivation, and autonomy;

☐ Knowledge of a real-time control system would also be a significant advantage.

Candidature:

The candidate must send by email:

1. Complete and up-to-date CV,

2. Bachelor's and Master's transcripts,

3. Contact details of one or two professional reference persons

3. A motivation letter (optional).

The documents should be sent to Prof. Marie-Cécile PÉRA, Dr. Zhixue ZHENG and Laurine TURPIN before Monday **4th January 2027**.

References:

[1] M. Heinzmann, A. Weber, and E. Ivers-Tiffée, 'Advanced impedance study of polymer electrolyte membrane single cells by means of distribution of relaxation times', *J. Power Sources*, vol. 402, pp. 24–33, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.jpowsour.2018.09.004.

[2] L. Turpin, Q. Cacciuttolo, B. Xu, Z. Zheng, and M.-C. Péra, 'Ageing phenomena identification of PEMFC using the DRT tool', in *6ème Symposium de Génie Électrique*, Toulouse, France: SGE-Conf, Jul. 2025. Accessed: Apr. 15, 2026. [Online]. Available: https://hal.science/hal-05317401