

Post-doctoral position INSA-MRT –Dégradation of metal bipolar plates of proton-exchange membrane fuel cells (PEMFC) in automotive applications

Domaine d'expertise : corrosion, métallurgie, pile à combustible

Contexte

La réduction des émissions de gaz à effet de serre – notamment le dioxyde de carbone – constitue l'un des enjeux fondamentaux du XXI^{ème} siècle. Le transport contribue à hauteur de 23% des émissions de CO₂ dans le monde¹. Les véhicules électriques, hybrides et à pile à combustible représentent une alternative très prometteuse aux véhicules à moteur thermique.

Michelin Recherche et Technique SA est un centre de recherche avancée situé près de Fribourg en Suisse ayant pour objectif d'explorer de nouvelles technologies liées à la mobilité. Ses activités de recherche dans le domaine de la pile à combustible (PAC) depuis 2002 lui ont permis de positionner Michelin comme un acteur majeur de la mobilité hydrogène dans le monde.

Les véhicules à pile à combustible (FC-EV) sont dotés d'une pile à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC) qui convertit l'hydrogène en électricité au moyen de réactions électrochimiques. Les PEMFC sont constituées d'un empilement de cellules élémentaires alternant plaque bipolaire et d'assemblages membrane-électrodes (Figure 1).

Parmi les différents marchés actuellement visés pour la pile à combustible figurent les poids lourds et les bus, lesquels requièrent une durabilité minimale de 20 000 h. Afin de répondre à ces exigences, de nombreuses recherches sont actuellement menées à la fois sur l'assemblage membrane-électrodes (AME) mais également sur la corrosion de la plaque bipolaire.

Les plaques bipolaires en graphite composite présentent une grande stabilité dans le temps. En revanche, elles conviennent essentiellement aux applications stationnaires en raison de leur masse, de leur volume et de leur fragilité. Pour les applications liées à la mobilité, des plaques bipolaires métalliques sont ainsi plus adaptées. Malheureusement, les conditions de fonctionnement de la pile à combustible (potentiels élevés, présence d'oxydant, température, humidité et acidité élevés) favorisent la dégradation des plaques bipolaires, laquelle impacte sa durabilité.

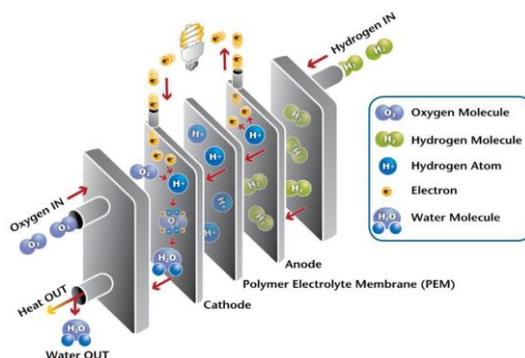


Figure 1. Schéma de fonctionnement d'une pile à combustible à membrane échangeuse de protons²

Après une analyse *post-mortem* de la dégradation des plaques bipolaires, et sur base d'une recherche bibliographique et d'une veille technologique, le candidat proposera des solutions innovantes et décalées afin de prolonger la durabilité des plaques bipolaires. Le candidat pourra s'appuyer sur les ressources de Michelin :

- Recherche et Technique, MRT (CH)
- Ladoux (Clermont-Ferrand)

¹ World Energy Council, « Global Transport Scenarios 2050 », 2011.

² EERE Information Center, « FUEL CELL TECHNOLOGIES PROGRAM - Fuel Cells », US DOE EERE, nov-2010.

et de l'expertise technique du laboratoire MATEIS à l'INSA.

Phasage du projet de recherche

1. Etat initial (2 mois)
 - Etablissement d'un protocole de test adapté à l'étude de plaques bipolaires en application automobile
 - Création d'une référence
 - Etude de la dégradation des plaques actuelles
2. Recherche de solutions alternatives (6 mois)
 - Analyse bibliographique/veille technologique des revêtements alternatifs
 - Orientation
 - Identification des prestataires
 - Contacts
 - Réception des échantillons
3. Test des solutions alternatives (4 mois)
 - Evaluation initiale
 - Tests accélérés
 - Analyses EoT
4. Mise en place du protocole de test à Michelin Recherche et Technique (1 semaine)

Techniques envisagées (liste non-exhaustive)

- Microscopie optique et électronique (MEB): observation de plaque bipolaires neuves et vieilles (Observation en surface et coupe transversales), voire XPS
- Electrochimiques :
 - Chronoampérométrie (éventuellement sous potentiel), résistance de polarisation,
 - Courbe de polarisation
 - EIS (electrochemical impedance spectroscopy)
 - CV (cycle voltammetry)
- Analytiques
 - Composition des solutions

L'analyse des plaques bipolaires revêtues comportera les éléments suivants (liste non-exhaustive)

- Aspect de la soudure (brasage)
- Observation de l'homogénéité planaire
 - Distinction anode/cathode
 - Distinction dent/canal
- Evolution du revêtement
 - Evolution du revêtement
 - Nature des phases
 - Présence de piqures
- Rôle du procédé de fabrication
 - Etamage
 - Assemblage
 - Traitement de surface...

Livrables

- Rapport rapportant la mise au point des protocoles
 - De mesure électrochimiques
 - Des observations microscopiques, et XPS
 - Du protocole de test accéléré

- Bilan des analyses des plaques bipolaires actuellement utilisées à MRT et proposition de fournisseurs alternatifs en découlant
- Bilan des tests réalisés sur les revêtements alternatifs incluant les tests accélérés, et identification de 2 à 3 revêtements estimés plus durables aux solutions actuelles

Le postdoctorat sera supervisé par Benoit Ter-ovanessian, Bernard Normand (INSA), Benjamin Decoopman (Michelin Recherche et Technique SA), Apolline Lecercle (Michelin Ladoux).

Le post-doctorant sera identifié par le laboratoire INSA sous l'approbation de Michelin Recherche et Technique (MRT).

Des réunions téléphoniques bimensuelles seront tenues par téléphone au minimum. Des réunions d'avancement bimestrielles seront organisées afin de suivre l'évolution du projet de collaboration.