

RÉSUMÉ

Ce projet de recherche avait pour objectif d'étudier le fonctionnement d'une pile à combustible de type membrane échangeuse de protons (PEM), et également de caractériser un matériau pouvant entrer dans la confection de piles PEM. Il s'agit des poudres de carbone nano-structurées produites à l'IRH.

Le présent mémoire comporte quatre grands volets :

- Le premier volet au chapitre II, est une étude bibliographique sur la pile combustible PEM et les nanostructures de carbone. Cette étude a fait ressortir le fonctionnement et les caractérisations d'une pile à combustible ainsi qu'une de ses principales problématiques, à savoir la gestion de l'eau qui soit : « noie » les électrodes quand celles-ci sont saturées en eau ou assèche la membrane, provoquant des chutes brutales des performances de la pile. Pour résoudre ce problème, on peut humidifier les gaz réactifs ou, compte-tenu que la membrane de NafionTM n'est pas complètement imperméable aux gaz réactifs, l'oxygène et l'hydrogène peuvent se combiner et former de l'eau aux interfaces de la membrane de Nafion. Elle peut ainsi conserver une bonne humidité. Les phénomènes de diffusion-retour de l'eau et de « poussée électroosmotique » constituent également des pistes pour gérer l'humidification de la membrane de Nafion. De plus, les nanostructures de carbones ont des propriétés électriques et une structure poreuse qui pourrait minimiser les problèmes d'accumulation d'eau. Nous présenterons cette nouvelle forme de carbone et nous décrirons brièvement un procédé de fabrication mis en place à l'IRH.

- Dans le deuxième volet au chapitre III, nous rappelons les différentes sources de chutes de tension et les effets de l'eau dans le fonctionnement de la pile PEM. Au moyen de simulations numériques par le code de calcul en mécanique des fluides Fluent [1], nous montrerons comment nous pourrions tirer profit des mécanismes de transport de l'eau pour améliorer les performances des piles PEM. Nous avons montré au moyen de ces simulations que le phénomène dit de « crossover » avait une influence bénéfique sur les performances de la pile en utilisant des gaz secs. De plus, il est aussi apparu que l'humidification des gaz augmentait les performances de la pile d'au moins un facteur 4 par rapport au cas où les gaz sont secs.

- Au troisième volet dans le chapitre IV, nous avons procédé à des caractérisations d'AME (Assemblage Membrane Électrode) dans un banc d'essai. Cette étude expérimentale nous a montré les risques de noyade des électrodes quand nous opérons à température ambiante. Notre meilleure AME de 4 cm^2 , avec de 1 mg/cm^2 de platine supporté par du carbone Vulcan sur nos électrodes, atteignait les $62,5 \text{ mW/cm}^2$ à 150 mA/cm^2 .

- Le quatrième volet au chapitre V, porte sur la caractérisation de poudres de carbone produites à l'IRH. Cette caractérisation concerne particulièrement la mesure de la conductivité électrique. Nous avons également procédé à des mesures de porosité. Le meilleur échantillon, possédant des nanostructures, a une surface spécifique de $247 \text{ m}^2/\text{g}$ et une structure essentiellement meso/macro poreuse. Les mesures de conductivités électriques des échantillons étaient de $0,85 \text{ S/cm}$ en moyenne. La mise en évidence d'une structure meso poreuse et le caractère conducteur de cet échantillon, le rend éligible pour remplacer le carbone Vulcan XC-72 comme support catalytique dans une pile à combustible. En effet, l'avantage d'utiliser ces échantillons réside d'une part dans leur surface externe plus étendue que le noir de charbon, permettant une meilleure distribution du platine, et d'autre part, dans la structure poreuse de ces échantillons. Le grand volume des pores contribuerait à une meilleure diffusion des gaz et réduirait les risques de baisses de performances liées au problème de transport de masse.

5 avril 2005