

Sujet de thèse CIFRE

Modélisation multiphysique et optimisation des stacks d'électrolyseurs AEM

Les électrolyseurs à membrane échangeuse d'anions (AEM, pour « Anion Exchange Membrane ») sont considérés comme une technologie prometteuse pour la production d'hydrogène décarboné à moindre coût. Cependant, le passage à l'échelle vers des stacks d'électrolyseurs AEM de forte puissance soulève des verrous liés à la distribution des écoulements liquide-gaz, aux pertes de charge et à l'hétérogénéité des conditions locales (température, PH à l'interface membrane catalyseurs, pression, taux transfert des de gaz crossover). Ces effets conduisent à des phénomènes qui sont à mettre en évidence et à étudier par rapport à la technologie de Gen-Hy.

Cette thèse vise à développer une modélisation multiphysique des stacks d'électrolyseurs AEM industriels en s'appuyant sur les bancs d'essai et les données déjà disponibles chez l'entreprise Gen-Hy (essais sur des stacks de plus de 2000hrs de fonctionnement par essai). Des modèles CFD (Computational Fluid Dynamics) et des modèles multi-échelles (cellule / stack) seront construits et validés, puis utilisés pour optimiser la conception des plaques bipolaires et des collecteurs. L'objectif est de proposer un stack d'électrolyseurs AEM optimal assurant des domaines de fonctionnement sûrs et efficaces eu égard aux critères de l'industrialisation. Ainsi, ce travail de recherche consistera tout d'abord à caractériser et à quantifier, en régimes stationnaire et dynamique, la distribution des flux liquide-gaz, des champs de pression et de température au sein des plaques bipolaires et des collecteurs, en s'appuyant sur des données expérimentales existantes. Sur cette base, un modèle multiphysique couplé, intégrant les phénomènes fluidiques, le transport d'espèces les échanges thermiques ainsi qu'un comportement électrochimique simplifié, sera développé aux échelles cellule et stack, puis calibré et validé expérimentalement. Ce cadre de modélisation servira ensuite à explorer et à proposer des architectures optimales, adaptées à des régimes de fonctionnement exigeants tels que les fortes densités de courant, le fonctionnement à cathode sèche et sous haute pression (30 bars), tout en minimisant les pertes de charge et les risques de déséquilibres hydriques et d'assèchement des membranes. Enfin, l'ensemble de ces travaux débouchera sur la construction d'un prototype d'électrolyseur AEM optimisé.

Plan de travail

- Étude bibliographique ciblée sur les électrolyseurs Alcalin et AEM matériaux, architectures de cellules, champs d'écoulement, modélisation multiphysique et études à l'échelle stack
- Caractérisation des stacks existants à partir des données expérimentales (bancs d'essai, résultats de performance, incidents de fonctionnement, configurations hydrauliques).
- Modélisation multiphysique cellule / stack (modèles CFD 3D, modèles 0D/1D, couplages faible/fort, validations expérimentales).

- Optimisation des champs d'écoulement et des collecteurs
- Construction et teste d'un prototype de stack optimisé.
- Validations expérimentales.
- Publication d'au moins 3 articles scientifiques, dont au moins une revue et une conférence internationales.
- Rapport de thèse de doctorat et soutenance.

Environnement de recherche

La thèse est proposée dans le cadre d'une convention CIFRE entre l'entreprise GEN-HY, spécialisée dans les stacks d'électrolyseurs AEM et les systèmes d'électrolyse, et le laboratoire FEMTO-ST/Belfort.

Salaire

3500 € brut par mois

Profil recherché

- Diplôme d'ingénieur ou Master 2 en énergétique, génie des procédés, génie électrique, physico-chimie ou discipline apparentée.
- Solides bases en mécanique des fluides et transfert de chaleur, avec un fort intérêt pour la modélisation numérique.
- Expérience en simulation CFD (COMSOL, Ansys Fluent, OpenFOAM ou équivalent) appréciée.
- Intérêt pour les systèmes de conversion d'énergie, l'hydrogène et les procédés électrochimiques.
- Bon niveau en programmation scientifique (Python, Matlab ou équivalent).
- Rigueur, autonomie, goût pour le travail à l'interface modélisation / expérimentation.
- Capacité à travailler en équipe dans un contexte académique-industriel et à communiquer en français et en anglais (écrit et oral).

Documents à fournir

- CV
- Lettre de motivation
- Relevés de notes avec classements en M1 et M2
- Lettre de recommandation

Contacts

- Prof. Abdesslem DJERDIR, UTBM, CNRS, FEMTO-ST, abdesslem.djerdir@utbm.fr
- Dr. Mondher RTIMI, UTBM/Gen-Hy, mondher.rtimi@utbm.fr