

Développement d'un banc de teste Pile à Combustible pour l'exploration de la chaîne de conversion Electricité – Hydrogen – Electricité dans le cadre d'utilisation de l'hydrogénation comme moyen de stockage d'énergie.

Porteur : Karima JRAD

Partenaires : Fayez Shakil AHMED

Laboratoire : LAGEPP

Nature du financement demandé : Stage de M2

Période : 01/04/2025-31/8/2025

Résumé : (200 mots)

Dans un contexte de transition énergétique, l'hydrogène s'impose comme une solution prometteuse pour la décarbonation des secteurs industriels, des transports et de la production énergétique [1]. Les moyens de génération et de stockage d'hydrogène évoluent à grande pas et le prix des systèmes de conversion ont vus une baisse importante au cours des dix dernières années, ce qui rend l'hydrogène de plus en plus abordable en tant qu'un moyen de stockage d'énergie [2-5]. Plus simplement, d'un côté l'énergie en excès sur les réseaux électrique pourrait être utiliser pour générer l'hydrogène. D'autre coté de la chaîne de conversion, les piles à combustible (PàC) rentrent dans le jeu en permettant une conversion efficace de l'hydrogène en énergie électrique tout en minimisant les émissions de gaz à effet de serre [6-8].

Ce stage vise cette deuxième aspect de la chaîne de conversion : réutiliser l'hydrogène produit par des moyens durables afin de générer l'électricité. L'objectif est de mettre en place un banc de test qui permettrait d'étudier pile à combustible instrumenté pour évaluer la performance de toute la chaîne de conversion.

Mots-clés :

Hydrogène, Piles à combustible, Transition énergétique, Conversion énergétique, Énergies renouvelables, Stockage d'énergie, Décarbonation.

Sujet développé :

Il s'agit de construire un banc de test pile à combustible afin d'étudier l'efficacité et le rendement d'un système de génération et de stockage d'hydrogène ayant le but de réutiliser l'hydrogène pour générer l'électricité dans le cadre d'application stationnaire ou mobile. La mise en œuvre sera autour d'un PàC Ballard FCGen 1020ACS avec 36 Cellules et une puissance d'1kW. Cette PàC est de type « Dead End », qui offre plusieurs avantages : petite taille et simplicité d'alimentation en hydrogène, meilleur efficacité, et conception pour l'usage intermittent.

La recherche s'articule sur plusieurs axes :

1. Analyse des technologies existantes :

- Présentation des différents types de bancs de tests pour les PàC et leur instrumentation.

- Développement du système de contrôle-commande nécessaire pour le pilotage et la sécurité du banc.
- 2. **Étude de la conversion et de la réutilisation de l'hydrogène :**
 - Exploration des filières de production d'hydrogène (électrolyse, reformage, etc.).
 - Approches pour le stockage, le transport et l'intégration dans des systèmes énergétiques.
- 3. **Conception et simulation d'une installation :**
 - Proposition d'un système de piles à combustible adapté à un cas d'étude spécifique.
 - Simulation des performances énergétiques et environnementales à l'aide de logiciels dédiés.
- 4. **Aspects économiques et réglementaires :**
 - Analyse des coûts d'investissement et d'exploitation.
 - Évaluation de la conformité aux réglementations en vigueur.

1. Winter, C. J., & Nitsch, J. (Eds.). *Hydrogen as an Energy Carrier: Technologies, Systems, Economy*. Springer, 1988.
2. Ball, M., & Wietschel, M. (Eds.). *The Hydrogen Economy: Opportunities and Challenges*. Cambridge University Press, 2009.
3. Andersson, J., & Grönkvist, S. *Large-Scale Hydrogen Production and Storage Technologies for Renewable Energy Systems*. Academic Press, 2019.
4. Schmidt, O., Gambhir, A., Staffell, I., Hawkes, A., Nelson, J., & Few, S. "Future cost and performance of water electrolysis: An expert elicitation study." *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(52), 2017, pp. 30470–30492.
5. Bhandari, R., Trudewind, C. A., & Zapp, P. "Life cycle assessment of hydrogen production methods – A review." *Journal of Cleaner Production*, 85, 2014, pp. 151–163.
6. Laghrouche, S., Matraji, I., Ahmed, F. S., Jemei, S., & Wack, M. "Load Governor Based on Constrained Extremum Seeking for PEM Fuel Cell Oxygen Starvation and Compressor Surge Protection." *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(33), 2013, pp. 14314–14322.
7. Ahmed, F. S., Matraji, I., & Laghrouche, S. "Dynamic Modeling and Control of PEM Fuel Cell Systems for Automotive Applications." *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2016.
8. Ahmed, F. S., Matraji, I., & Laghrouche, S. "Advanced Energy Management Strategies in Hybrid Fuel Cell Systems." *Energy Conversion and Management*, 2018.