

Optimisation de la gestion électrique d'un système énergétique décarboné hybride combinant production électrique renouvelable et hydrogène

Proposé par P. POULICHET, E. NEFZAOU, J. PAGAZANI

p.poulichet@esiee.fr, e.nefzaoui@esiee.fr, j.pagazani@esiee.fr

Etudiants des filières Systèmes embarqués, Systèmes électroniques intelligents ou Énergie.

Contexte :

Des plans de développement stratégique pour l'industrie de l'hydrogène sont annoncés partout dans le monde. L'Union européenne et la France ont présenté des plans d'investissement ambitieux pour produire de l'hydrogène sans carbone. L'hydrogène peut être considéré comme une solution pour compenser l'intermittence des sources d'énergie renouvelables qui produisent peu de gaz à effet de serre. La conversion de l'électricité en hydrogène permet de stocker l'électricité, ce qui fait cruellement défaut aux sources d'énergie renouvelables. L'utilisation de l'hydrogène semble inévitable pour réduire les émissions dans les principaux secteurs consommateurs d'énergie qui émettent des gaz à effet de serre, à savoir le bâtiment, les transports et l'industrie. Cet impératif est d'autant plus important dans le contexte de la crise énergétique sans précédent que nous traversons.

Cependant, l'intégration des systèmes électriques à partir des différentes formes d'énergie n'est toujours pas toujours opérationnelle et optimisée. C'est l'objet du présent projet.

Dans le cadre d'une collaboration entre l'ESIEE Paris, un partenaire industriel et d'autres laboratoires de l'université Gustave Eiffel, un banc expérimental de production et de consommation d'hydrogène pour la production d'électricité par pile à combustible (PAC) a été mis en place depuis 2020. La partie électrique de ce banc sera utilisée, développée et optimisée dans le cadre du présent projet.

Description du banc de production et d'utilisation d'hydrogène existant :

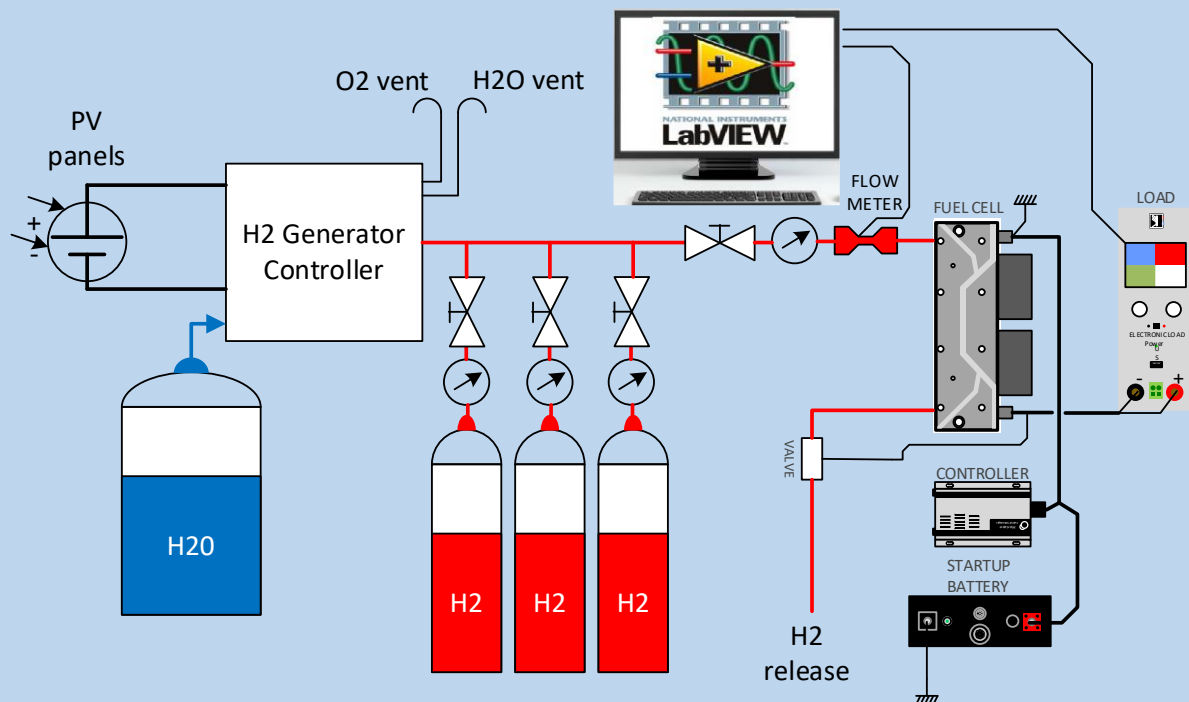


Figure 1 : représentation schématique du système existant.

Il comprend :

- Un modules photovoltaïques (PV) d'une capacité de 1320 W crête connecté au réseau via un onduleur,
- Une pile à combustible (FC) pour la production d'électricité,
- Des bouteilles d'hydrure métallique pour le stockage de l'hydrogène (H2),
- Un débitmètre pour mesurer le débit d'hydrogène,
- Deux charges électroniques pour simuler la consommation d'électricité,
- Une batterie,
- Des supercondensateurs,
- Des convertisseurs CC-CC,
- Des relais,
- Des capteurs de courant,
- Une alimentation électrique bidirectionnelle.

Objectifs du projet :

La figure suivante représente le schéma électrique actuel du banc. Suivant les scénarios, la pile à combustible peut être reliée à la batterie ou à la charge active par l'intermédiaire de convertisseurs DC-DC. **L'objectif de ce dernier est d'adapter la tension délivrée par la pile à combustible à celle acceptable par la batterie.** Pour ce faire, un arduino acquiert la tension de la batterie, mesure le courant circulant dans la batterie et il génère une tension qui va piloter le convertisseur DC-DC qui assurera alors une charge optimale de la batterie.

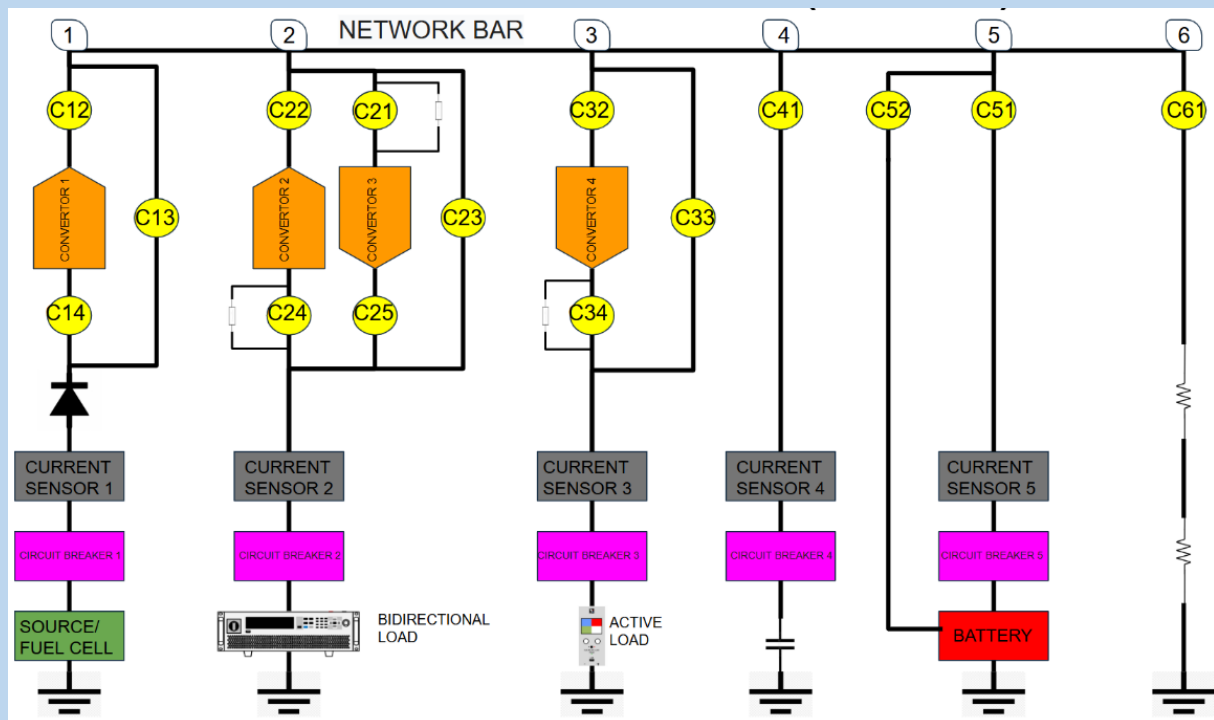


Figure 2 : Schéma électrique du système.

Les objectifs du projet peuvent se résumer en plusieurs points :

- Compréhension du circuit électrique du banc,
- Compréhension du code arduino existant et sa modification pour commander les relais,
- Avec une alimentation extérieure qui remplace la pile à combustible, modification du code arduino pour recharger la batterie à courant constant,
- Estimation de l'état de charge de la batterie,
- Détermination expérimentale du rendement de la conversion de l'hydrogène vers l'énergie électrique transmise à la batterie. Utilisation du programme Labview existant.

En fonction des progrès de l'étudiant, une publication du travail peut être envisagée.

Références:

- *Electrolytic hydrogen as a means of storing electricity for isolated photovoltaic systems*, Julien Labbé, 2007.
- *Hydrogen production by water electrolysis – AFHYPAC*, 2015.
- W. Friede, "Modeling and characterization of a PEM-type fuel cell.", INPL thesis, Nancy, August 28, 2003.
- A. LACHICHI, "Modeling and stability of a hybrid current regulator – Application to fuel cell converters", doctoral thesis, University of Franche-Comté, November 2005.
- *Fuel Cell Handbook* EG&G Technical Services, Inc., 6th edition, November 2002.
- H. Oman, « Fuel cells for personal electricity ». *Aerospace and Electronic Systems Magazine*, IEEE, vol. 15, no. 9, September 2000, pp.43-45.

- *P. Stevens, F. Novel-Cattin, A. Hammou, C. Lamy, M. Cassir, "Fuel Cells', Techniques de l'Ingénieur, D 3 340-1/28.*
- *Thomas Dapra, Eric Dalmau, Patrick Poulichet, E. Nefzaoui, Characterization of an experimental bench for lowcarbon hydrogen production, storage, and conversion, ICECCME Conference Juillet 2023.*