



29/09/2023

## ***Sujet de stage Master 2*** ***Début : Premier trimestre 2024 pour une*** ***durée de 6 mois***

### **“Soutenabilité de systèmes de pile à combustible : Analyse sur Cycle de Vie pour l’intégration aux véhicules lourds routiers“**

Mots clés : Pile à combustible, Analyse sur Cycle de Vie, Soutenabilité, Vieillessement, Modularité

#### **Contexte**

Nous sommes confrontés à des enjeux environnementaux de plus en plus critiques. En ce sens, l’Union Européenne développe notamment une stratégie à long terme visant à atteindre la neutralité carbone d’ici à 2050. Dans le secteur des transports, le sous-secteur « routier » est le principal émetteur de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Toutefois, et ce bien que les véhicules lourds routiers (autobus, autocars, camions) soient responsable de 27% des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur des transports routiers, les normes européennes concernant la réduction de 30% des émissions de gaz à effets de serre (GES) des véhicules lourds routiers (poids supérieur à 3,5 tonnes) pour 2030 n’ont été adoptées qu’en 2019, laissant ainsi un temps limité de mise en œuvre.

La solution privilégiée dans ce cas est le déploiement de véhicules lourds équipés de batteries ou de dihydrogène (*via* des piles à combustible) comme vecteur d’énergie. Si de nombreuses études autour des impacts environnementaux des batteries existent aussi bien sur leur fabrication, durée de vie ou fin de vie, les études environnementales autour des piles à combustible sont beaucoup plus restreintes alors que cela représente un point clé afin, d’une part, d’aller vers le déploiement de solutions respectueuses des limites planétaires et ce point de vue de l’ensemble des catégories d’impacts environnementales (changement climatique, épuisement des ressources naturelles, etc...) et, d’autre part, de pouvoir proposer des solutions techniques visant à accélérer au mieux ce processus de décarbonation de la mobilité lourde.

#### **Objectif du stage et étapes à suivre**

L’objectif du stage est de réaliser l’Analyse sur Cycle de Vie de systèmes de pile à combustible pour en déduire des pistes de travail liées à leur soutenabilité dans le contexte d’intégration aux véhicules lourds. Les étapes à suivre sont :

- 1) Effectuer un état de l’art autour des piles à combustible et de leur soutenabilité.

- 2) Réaliser un inventaire de cycle de vie complet de plusieurs systèmes de pile à combustible (divers niveaux de puissance) et/ou de différentes technologies.
- 3) Evaluer les impacts environnementaux de ces systèmes à partir des bases de données EcoInvent et/ou EIME et du logiciel Brightway2 et analyser les résultats.
- 4) Tester les effets de la modularité sur les impacts environnementaux associés.

### **Contributions originales attendues**

- Inventaire du cycle de vie complet (représentation de flux entrants et sortants) de plusieurs de piles à combustible.
- Analyse sur Cycle de Vie paramétrée sur le logiciel Brightway2
- Détermination de « points chauds » sur le cycle de vie des piles à combustibles et proposition de stratégies d'éco-conception.
- Intégration des critères technologiques (modularité) à l'évaluation des impacts environnementaux d'une pile à combustible.
- Valorisation des travaux par une publication (optionnel). Les résultats d'Analyse sur Cycle de Vie et d'inventaire seront publiés en libre accès.

### **Profil du candidat ou de la candidate**

Le candidat ou la candidate sera en Master 2 ou en école d'ingénieurs avec une spécialisation soit sur les systèmes à hydrogène et/ou de stockage de l'énergie électrique et/ou en génie électrique. Des candidats ayant un profil orientés Analyse sur Cycle de Vie et/ou Procédés et/ou Matériaux peuvent également être retenus.

Des connaissances en Python, en procédés de fabrication et/ou en fiabilité des systèmes électriques est une plus-value. Une bonne maîtrise de l'anglais, notamment à l'écrit, est attendue.

### **Informations pratiques**

Le ou la candidat(e) sera principalement basé entre le laboratoire AMPERE **et/ou** le laboratoire FEMTO-ST. A discuter entre l'encadrement et le ou la candidat(e).

Ces travaux serviront de support à d'autres travaux dans le futur.

#### **Contact :**

Elodie PAHON, Maître de Conférences, FEMTO-ST

[elodie.pahon@utbm.fr](mailto:elodie.pahon@utbm.fr)

Walter LHOMME, Maître de Conférences HdR, L2EP

[walter.lhomme@univ-lille.fr](mailto:walter.lhomme@univ-lille.fr)

Hugo HELBLING, Maître de Conférences, AMPERE

[hugo.helbling@univ-lyon1.fr](mailto:hugo.helbling@univ-lyon1.fr)

# *Master of Science Subject*

## *Start: First quarter 2024 for 6 months*

### **"Sustainability of fuel cell systems: Life Cycle Assessment for integration into on-road heavy-duty vehicles"**

Key words: Fuel cell, Life Cycle Assessment, Sustainability, Aging, Modularity

#### **Context**

We are facing increasingly critical environmental challenges. As a result, the European Union (EU) is developing a long-term strategy aimed at achieving carbon neutrality by 2050. In the transport sector, the "road" sub-sector is the main emitter of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). However, despite the fact that on-road heavy-duty vehicles (buses, coaches, trucks) are responsible for 27% of CO<sub>2</sub> emissions of the "road" sub-sector, European standards for a 30% reduction in greenhouse gas (GHG) emissions from heavy-duty road vehicles (weighing more than 3.5 tons) for 2030 were only adopted in 2019, leaving limited time for implementation.

The preferred solution in this case is the deployment of heavy-duty vehicles equipped with batteries or dihydrogen (via fuel cells) as an energy carrier. While numerous studies have been carried out into the environmental impact of batteries, whether in terms of their manufacture, lifespan or end-of-life, environmental studies into fuel cells are much more limited. This is a key point to develop solutions that respect planetary limits (climate change, depletion of natural resources, etc.) and to be able to propose technical solutions aimed at accelerating the process of decarbonizing heavy mobility.

#### **Goal of the internship and work steps**

The aim of the internship is to carry out a Life Cycle Assessment of fuel cell systems, in order to deduce possible areas of work linked to their sustainability in the context of integration into heavy-duty vehicles. The work steps are:

- 1) Carry out a state-of-the-art study of fuel cells and their sustainability.
- 2) Carry out a full life-cycle inventory of several fuel cell systems (various power levels) and/or technologies.
- 3) Evaluate the environmental impacts of these systems using EcoInvent and/or EIME databases and Brightway2 software. Analyze the results.
- 4) Test the impacts of modularity on the associated environmental impacts.

#### **Original contributions expected**

- Complete life cycle inventory (representation of input and output flows) of several fuel cells.

- Life Cycle Analysis parameterized on Brightway2 software.
- Determination of "hot spots" in the fuel cell life cycle and proposal of eco-design strategies.
- Integration of technological criteria (modularity) in the assessment of the environmental impact of a fuel cell
- Publication of results (optional) in a scientific journal. Lifecycle analysis and inventory results will be published in open access.

## **Candidate Profile**

The candidate will be in Master 2 or engineering school with a specialization in either hydrogen systems and/or electrical energy storage and/or electrical engineering. Candidates with a profile in Life Cycle Analysis and/or Processes and/or Materials may also be considered.

Knowledge of Python, manufacturing processes and/or electrical system reliability is an asset. A good level of English, particularly in writing, is expected.

## **Practical information**

The candidate will be based mainly between the AMPERE **and/or** FEMTO-ST laboratories. To be discussed between the supervisors and the candidate.

This work will serve as a basis for other research works in the future.

### **Contact :**

Elodie PAHON, Maître de Conférences, FEMTO-ST

[elodie.pahon@utbm.fr](mailto:elodie.pahon@utbm.fr)

Walter LHOMME, Maître de Conférences HdR, L2EP

[walter.lhomme@univ-lille.fr](mailto:walter.lhomme@univ-lille.fr)

Hugo HELBLING, Maître de Conférences, AMPERE

[hugo.helbling@univ-lyon1.fr](mailto:hugo.helbling@univ-lyon1.fr)