



École Centrale de Lyon - INSA de Lyon - Université Claude Bernard Lyon 1

# Ampère

Unité Mixte de Recherche du CNRS - UMR 5005

Génie Électrique, Automatique et Bio-Ingénierie

01/02/2024

Ampère – Ecole Centrale de Lyon – 36, avenue Guy de Collongue - 69134 Ecully cedex – France  
Tél : +33 (0) 4 72 18 60 99 <http://www.ampere-lab.fr>

## *Offre de thèse de doctorat* **“Etude de la soutenabilité forte d’une chaîne hydrogène”** Début : durant l’année 2024

Mots clés : Pile à combustible, Electrolyseur, Analyse sur Cycle de Vie, Soutenabilité forte, Mobilité décarbonée

### Contexte

Les enjeux environnementaux se faisant de plus en plus présents et pressants, le domaine du génie électrique, et les acteurs qui le composent, doivent être capables d’y faire face et de proposer des solutions pour aller vers des systèmes d’énergie électrique plus durables. Le secteur des transports et de la mobilité est particulièrement touché par cette problématique avec l’arrivée grandissante, et qui tend encore à croître, des véhicules électriques décarbonés. En particulier, dans le cadre de « France 2030 », la France veut devenir une nation pionnière de l’hydrogène (déploiement de 6,5 GW d’électrolyseur, décarbonation du secteur du transport à travers le déploiement de véhicules lourds fonctionnant avec des piles à combustible). De fait, le développement du secteur hydrogène doit se faire massivement et rapidement afin de répondre aux défis de la transition énergétique. Toutefois, ce développement doit se faire en y intégrant directement les notions d’impacts environnementaux, économiques et sociaux ce qui, en d’autres termes, revient à la nécessité d’intégrer la soutenabilité forte de la chaîne hydrogène dans son déploiement. De plus, ces technologies ne sont pas encore totalement matures et de nombreux axes de travail persistent : que ce soit sur la réduction des matériaux critiques, l’amélioration de la fiabilité et de la durée de vie des véhicules à hydrogène, la production et le stockage de l’hydrogène ou encore la fin de vie à travers le recyclage et la circularité.

### Objectifs de la thèse

La thèse présente quatre objectifs principaux.

- 1) Effectuer un état de l’art exhaustif permettant d’extraire les principaux enjeux et verrous associés à la soutenabilité forte des chaînes hydrogènes (électrolyseurs et piles à combustible)

Ampère – Ecole Centrale de Lyon – 36, avenue Guy de Collongue - 69134 Ecully cedex – France  
Tél : +33 (0) 4 72 18 60 99 <http://www.ampere-lab.fr>

- 2) Réaliser un inventaire de cycle de vie complet d'une chaîne hydrogène (électrolyseur et pile à combustible)
- 3) Intégrer des indicateurs technologiques (durée de vie, fiabilité, rendement, applications) à l'évaluation des impacts environnementaux *via* la méthode d'analyse sur cycle de vie
- 4) Effectuer l'analyse sur cycle de vie, incluant l'analyse des résultats, selon plusieurs scénarios pertinents afin d'établir des préconisations générales en lien avec un déploiement massif et soutenable des technologies hydrogène

Les objectifs ci-dessus doivent permettre de faire ressortir des principes génériques et systémiques autour de l'éco-conception et de la soutenabilité des systèmes hydrogènes mais également des applications dans lesquels ils s'insèrent.

### **Verrous scientifiques**

Les principaux verrous sont les suivants.

- 1) Effectuer un inventaire sur cycle de vie exhaustif et flexible
- 2) L'intégration d'indicateurs technologiques à une ou plusieurs méthodes d'évaluation des impacts environnementaux
- 3) La réalisation d'une ou plusieurs analyses sur cycle de vie selon des scénarios génériques et adaptés aux objectifs de déploiement massif de la technologie hydrogène
- 4) L'extraction de préconisations et de conclusions générales autour de la soutenabilité des chaînes hydrogènes

### **Contributions originales attendues**

- Etat de l'art exhaustif permettant d'identifier les enjeux et verrous génériques autour de la soutenabilité de la chaîne hydrogène
- Inventaire du cycle de vie complet (représentation de flux entrants et sortants) de plusieurs types/composants de chaînes hydrogènes
- Analyse sur Cycle de Vie paramétrée sur le logiciel Brightway2
- Développement d'indicateurs faisant le lien entre les aspects technologiques (ex : vieillissement) et les impacts environnementaux associés.
- Recommandation de bonnes pratiques autour de la soutenabilité pour chaînes hydrogène auprès de la communauté.

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

Le candidat ou la candidate sera issu d'un Master ou d'une école d'ingénieurs avec une spécialisation soit sur les systèmes hydrogène (pile à combustible, électrolyseur), soit en génie électrique. Des connaissances sur les systèmes de stockage de l'énergie électrique et/ou sur les véhicules électrifiés et/ou la programmation (Python) serait un plus.

Une bonne maîtrise de l'anglais, notamment à l'écrit, est attendue.

## **Informations pratiques**

### **Contact et modalités :**

CV, lettre de motivation et notes de Master 2 à envoyer à :

Ali Sari, Professeur des Universités au laboratoire Ampère

ali.sari@univ-lyon1.fr

Hugo Helbling, Maître de Conférences des Universités au laboratoire Ampère

hugo.helbling@univ-lyon1.fr

### **Lieu du doctorat et durée**

Le candidat ou la candidate sera localisé(e) au laboratoire Ampère, sur le campus de la DOUA au bâtiment OMEGA (Villeurbanne).

Le doctorat a une durée de 3 ans avec un financement par le projet REMED

# *PhD thesis offer*

## **“Study of the sustainability of a hydrogen chain”**

Start : during the year 2024

Keywords: Fuel cell, Electrolyzer, Life Cycle Analysis, Strong sustainability, Decarbonized mobility

### **Context**

With environmental issues becoming increasingly present and pressing, the field of electrical engineering, and its constituents, must be able to address them and propose solutions to move towards more sustainable electrical energy systems. The transport and mobility sector is particularly affected by this issue with the growing arrival, and still increasing, of decarbonized electric vehicles. In particular, as part of "France 2030", France aims to become a pioneer nation in hydrogen (deployment of 6.5 GW of electrolyzers, decarbonization of the transport sector through the deployment of heavy vehicles operating with fuel cells). Therefore, the development of the hydrogen sector must be massive and rapid to meet the challenges of the energy transition. However, this development must directly integrate the concepts of environmental, economic, and social impacts, which in other words, means the need to integrate the strong sustainability of the hydrogen chain into its deployment. Furthermore, these technologies are not yet fully mature, and many areas of work persist: whether it be on the reduction of critical materials, improving the reliability and lifespan of hydrogen vehicles, hydrogen production and storage, or end-of-life through recycling and circularity.

### **Objectives**

The thesis presents four main objectives

- 1) Conduct a comprehensive state-of-the-art review to extract the main challenges and barriers associated with the strong sustainability of hydrogen chains (electrolyzers and fuel cells).
- 2) Perform a complete life cycle inventory of a hydrogen chain (electrolyzer and fuel cell).
- 3) Integrate technological indicators (lifespan, reliability, efficiency, applications) into the assessment of environmental impacts via the life cycle analysis method.
- 4) Perform the life cycle analysis, including result analysis, according to several relevant scenarios to establish general recommendations related to a massive and sustainable deployment of hydrogen technologies.

The above objectives should highlight generic and systemic principles around eco-design and sustainability of hydrogen systems but also the applications in which they are integrated.

### **Scientific Barriers**

The main barriers are as follows.

- 1) Conduct a comprehensive and flexible life cycle inventory.
- 2) Integrating technological indicators into one or more methods of assessing environmental impacts.
- 3) Conducting one or more life cycle analyses according to generic scenarios adapted to the objectives of massive deployment of hydrogen technology
- 4) Extracting recommendations and general conclusions regarding the sustainability of hydrogen chains

### **Expected Original Contributions**

- Comprehensive state-of-art review to identify generic challenges and barriers around the sustainability of the hydrogen chain.
- Complete life cycle inventory (representation of incoming and outgoing flows) of several types/components of hydrogen chains.
- Parametrized Life Cycle Analysis on Brighthway2 software.
- Development of indicators linking technological aspects (e.g., aging) and associated environmental impacts.
- Recommendation of best practices around sustainability for hydrogen chains to the community.

### **Candidate profile**

The candidate will have a Master's degree or an engineering degree with a specialization in either hydrogen systems (fuel cell, electrolyzer) or electrical engineering. Knowledge of electrical energy storage systems and/or electrified vehicles and/or programming (Python) would be a plus.

A good level of English, especially in writing, is expected.

### **Practical information**

The PhD student will be hosted at the OMEGA building, in Villeurbanne (near Lyon), at the Ampère laboratory

#### **Contact and Procedures**

CV, cover letter, and Master's 2 grades to be sent to:

Ali Sari, Professor at Laboratoire AMPERE

ali.sari@univ-lyon1.fr

Hugo Helbling, Associate Professor at Laboratoire AMPERE

hugo.helbling@univ-lyon1.fr

#### **Duration**

The PhD has a duration of 3 years with funding from the REMED project.