

Titre de la thèse : Etude et modélisation de l'impact du gaz hydrogène sur les matériaux constitutifs du réservoir de stockage hyperbare

Laboratoire d'accueil : Institut FEMTO-ST, Département Mécanique Appliquée (DMA)

Spécialité du doctorat préparé : Sciences pour l'ingénieur et microtechniques

Mots-clefs : Hydrogène, Stockage hyperbare, Diffusion, Polymère, Endommagement, Analyse cycle de vie, Bilan carbone

Descriptif détaillé de la thèse :

Equipe : MATECO du DMA



Le DMA, Département Mécanique Appliquée de l'Institut FEMTO ST, est investi sur la thématique du stockage d'hydrogène depuis 20 ans, sur les problématiques en lien avec la mécanique et la science des matériaux. Le recrutement vise à renforcer les moyens humains pour le projet HYperStock. Le projet HYperStock est l'un des 7 projets ciblés du PEPR – Hydrogène décarboné (France 2030) qui vise à consolider le leadership scientifique français dans le domaine du stockage et de la distribution de l'hydrogène sous haute pression. Réduire l'impact carbone des solutions de transport et de stockage de l'hydrogène comprimé requiert d'agir sur les matériaux qui sont mis en œuvre, en intégrant leur mode d'obtention, les procédés de transformation, et leur recyclabilité. Ce projet vise à établir un référentiel « matériaux en environnement sévère H2 », couplé à des méthodologies de sélection et décline le travail suivant deux grandes familles de matériaux :

- Matériaux non-métalliques (élastomères, thermdurcissables, thermoplastiques et composites)
- Matériaux métalliques (aciers, alliages d'aluminium...)

Les réservoirs hyperbares de type IV de stockage de l'hydrogène sont constitués d'une enveloppe étanche en polymère d'un renfort en matériau composite et d'embases métalliques pour la connexion au réseau. Ces structures travaillent en environnement sévère, hydrogène gazeux sous des pressions supérieures à 350bar qui conduisent au cours des cycles à des phénomènes d'endommagement matériau (modification des propriétés mécaniques, cavitation...) ou structurel (détachement composite-polymère, dit 'collapse') qu'il convient d'étudier afin de mieux les prévenir et les limiter.

Grands axes du travail :

- Contribution à l'analyse du cycle de vie du réservoir de Type IV
- Mise en œuvre des essais d'endommagement des polymères en environnement hydrogène
- Caractérisation des défauts générés sur les éprouvettes de test
- Modélisation des phénomènes physico-chimiques induits

Références bibliographiques :

M. Melnichuk, F. Thiébaud, D. Perreux, Non-dimensional assessments to estimate decompression failure in polymers for hydrogen systems, International Journal of Hydrogen Energy, 45 (11), 28 (2020) 6738-6744
 E. Vargas, D. Chapelle, D. Perreux, B. Delobelle, F. Thiébaud, Unified approach of filament winding applied to complex shape mandrels, Composite Structures, 116 (2014), 805-813
 D. Chapelle, F. Thiébaud, D. Perreux, "Analysis and modeling of the burst pressure of high-pressure hydrogen tanks", Materials issues in a hydrogen economy, 211-220, 2007
 Chapelle D., Perreux D., Optimal design of a Type 3 hydrogen vessel: Part I - Analytic modeling of the cylindrical section, International Journal of Hydrogen Energy, 31 (2006) 627 – 638

Profil demandé :

De formation Bac+5 (Master ou École d'ingénieurs) en mécanique ou science des matériaux, le candidat possède un goût avéré pour l'expérimentation ainsi que des connaissances en modélisation. Des compétences spécifiques sur les matériaux polymères seront appréciées. Faire preuve de rigueur et d'autonomie, aimer travailler en équipe, avoir de bonnes capacités de communication (à l'écrit et à l'oral) en français et en anglais sont des aptitudes attendues chez le candidat.

Une sensibilité forte au développement durable et à l'analyse de cycle de vie sera particulièrement appréciée et valorisable.

Financement :

PIA4, PEPR Hydrogène décarboné, projet ciblé HyperStock France 2030

Début du contrat : 01/10/23

Durée : 36 mois

Salaire mensuel brut : 2300,00€

Direction / codirection de la thèse :

Frédéric THIEBAUD, PU UFC, frederic.thiebaud@univ-fcomte.fr

David CHAPPELLE, MCF HDR, UFC, david.chapelle@univ-fcomte.fr

Anne MAYNADIER, MCF, UFC, anne.maynadier@univ-fcomte.fr

PhD title: Study and modeling of the impact of hydrogen gas on the constituent materials of the hyperbaric storage tank

Host laboratory: FEMTO-ST Laboratory, Department of Applied Mechanics

Speciality of PhD: Engineering Sciences and Microtechnologies

Keywords: Hydrogen, Hyperbaric storage, Diffusion, Polymer, Damage, Life cycle analysis, Carbon footprint

Job description:

Equipe: MATECO du DMA



The DMA, Applied Mechanics Department of the FEMTO ST Institute, has been involved in the hydrogen storage theme for 20 years, on issues related to mechanics and materials science. The recruitment aims at reinforcing the human resources for the HYperStock project. The HYperStock project is one of the 7 targeted projects of the PEPR - Decarbonized Hydrogen (France 2030) which aims to consolidate the French scientific leadership in the field of storage and distribution of hydrogen under high pressure. Reducing the carbon impact of compressed hydrogen transport and storage solutions requires action on the materials used, by integrating the way they are obtained, the transformation processes, and their recyclability. This project aims to establish a "materials in a severe H2 environment" reference system, coupled with selection methodologies, and is divided into two main families of materials

- Non-metallic materials (elastomers, thermosets, thermoplastics and composites)
- Metallic materials (steels, aluminum alloys...)

Type IV hyperbaric hydrogen storage tanks are made of a tight polymer envelope, a composite material reinforcement and metallic bases for the connection to the network. These structures work in a severe environment, hydrogen gas under pressures higher than 350bar which lead during the cycles to material damage phenomena (modification of mechanical properties, cavitation...) or structural damage (composite-polymer detachment, known as 'collapse') which should be studied in order to better prevent and limit them.

Main lines of work:

- Contribution to the life cycle analysis of the Type IV tank
- Implementation of damage tests on polymers in a hydrogen environment
- Characterization of the defects generated on the test specimens
- Modeling of induced physical and chemical phenomena

References:

- M. Melnichuk, F. Thiébaud, D. Perreux, Non-dimensional assessments to estimate decompression failure in polymers for hydrogen systems, *International Journal of Hydrogen Energy*, 45 (11), 28 (2020) 6738-6744
- E. Vargas, D. Chapelle, D. Perreux, B. Delobelle, F. Thiébaud, Unified approach of filament winding applied to complex shape mandrels, *Composite Structures*, 116 (2014), 805-813
- D. Chapelle, F. Thiébaud, D. Perreux, "Analysis and modeling of the burst pressure of high-pressure hydrogen tanks", *Materials issues in a hydrogen economy*, 211-220, 2007
- Chapelle D., Perreux D., Optimal design of a Type 3 hydrogen vessel: Part I - Analytic modeling of the cylindrical section, *International Journal of Hydrogen Energy*, 31 (2006) 627 – 638

Candidate Profile:

The candidate must have a Master's degree in mechanics or materials science and a proven taste for experimentation as well as knowledge of modeling. Specific skills in polymeric materials will be

appreciated. Rigor, autonomy, teamwork and good communication skills (written and oral) in French and English are expected from the candidate.

A strong sensitivity to sustainable development and life cycle analysis will be particularly appreciated and valued.

Financing Institution:

PIA4, PEPR Hydrogène décarboné, projet ciblé HyperStock France 2030

Début du contrat : 01/10/23

Durée : 36 mois

Salaire mensuel brut : 2300,00€

Supervisor(s):

Frédéric THIEBAUD, PU UFC, frederic.thiebaud@univ-fcomte.fr

David CHAPELLE, MCF HDR, UFC, david.chapelle@univ-fcomte.fr

Anne MAYNADIER, MCF, UFC, anne.maynadier@univ-fcomte.fr