

Simulation des comportements mécanique et thermique de réservoirs de stockage d'hydrogène pour la décarbonation des filières maritimes et industrielles

Profil recherché : docteur en physique ou en chimie physique avec une expérience dans la modélisation de phénomènes physico-chimiques couplés par utilisation du logiciel Comsol Multiphysics.

Missions/Tâches : Modéliser le comportement mécanique et thermique d'un réservoir dédié au stockage de l'hydrogène lors des phases de chargements et déchargements en intégrant les propriétés thermiques basse température des structures poreuses (MOF) constituant le réservoir mesurées au laboratoire.

Durée : 13 mois, à partir de 2024

Rémunération brute mensuelle indicative : 2787 €

Lieu : UDSMM EA 4476 Université du Littoral Côte d'Opale, site de DUNKERQUE

Contacts : fabrice.goutier@univ-littoral.fr ; stephane.longuemart@univ-littoral.fr

Descriptif :

Si rien n'est fait pour améliorer le bilan carbone de la propulsion maritime, l'Organisation Internationale Maritime prévoit des niveaux d'émission en 2050 entre 2,5 et 3,5 fois ceux d'aujourd'hui, sachant qu'en 2018 ils étaient estimés à 1056 millions de tonnes équivalent CO₂. Par ailleurs, il a été estimé que le transport maritime était responsable de 60 000 morts prématurées par an¹ du fait de l'émission de particules fines. Pour changer cela, une des pistes est de propulser les navires avec de l'hydrogène^{2,3}. Un point clef est le stockage de cet hydrogène, à bord et aussi au niveau des ports. C'est un défi important, qui dépasse le cadre maritime compte tenu des nombreuses applications de l'hydrogène dans le cadre du stockage d'énergie⁴ et de la décarbonation, industrie comprise⁵.

Un des avantages du transport maritime est que la masse des réservoirs n'est pas aussi critique que pour le transport aérien. Ils peuvent donc être remplis de matériaux poreux améliorant la quantité d'hydrogène stocké. Parmi ces matériaux poreux, les réseaux organométalliques (MOF) sont prometteurs. Lors des charges et décharges des réservoirs, des phénomènes thermiques importants se produisent^{6,7}. L'objectif de ce contrat post-doctoral est de les simuler par la méthode des éléments finis (logiciel Comsol Multiphysics), en utilisant les données expérimentales déterminées au niveau du laboratoire.

Mots-clefs : stockage d'hydrogène, comportement mécanique et thermique, Comsol Multiphysics, Matlab, décarbonation, transport maritime, MOF, adsorption, milieux poreux.

¹ J.J. Corbett *et al.*, Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment, *Environ. Sci. Technol.* 41 (2007) 8512–8518.

² A. Fernández-Ríos *et al.*, Environmental sustainability of alternative marine propulsion technologies powered by hydrogen - a life cycle assessment approach, *Science of The Total Environment* Volume 820, 10 May (2022) 153189-153200.

³ M. G. Sürer *et al.*, Advancements and current technologies on hydrogen fuel cell applications for marine vehicles, *International journal of hydrogen energy* 47 (2022) 19865-19875.

⁴ R. Nagar *et al.*, Recent developments in state-of-the-art hydrogen energy technologies, *Review of hydrogen storage materials*, *Solar Compass* 5 (2023) 100033-100067.

⁵ Q. Hassan *et al.*, Hydrogen energy future: Advancements in storage technologies and implications for sustainability, *Journal of Energy Storage* 72 (2023) 108404-108420.

⁶ J. Xiao *et al.*, Simulation of hydrogen storage tank packed with metal-organic framework, *International journal of hydrogen energy* 38 (2013) 13000-13010.

⁷ A. Chakraborty *et al.*, Thermal management and desorption modeling of cryo-adsorbent hydrogen storage system, *International journal of hydrogen energy* 38 (2013) 3973-3986.

Mechanical and thermal modeling of hydrogen storage tanks for the decarbonization of maritime and industrial sectors

Profile sought: doctor in physics or physical chemistry with experience in multiphysics modeling using Comsol Multiphysics software.

Missions/Tasks: mechanical and thermal behavior modeling of hydrogen storage tank during the charge and discharge by integrating the low temperature thermal properties of the porous structures (MOF) constituting the tank measured in the laboratory.

Duration: 13 months, from 2024

Estimated gross monthly salary: € 2,787

Location: UDSMM EA 4476 Université du Littoral Côte d'Opale, DUNKERQUE site

Contacts: fabrice.goutier@univ-littoral.fr ; stephane.longuemart@univ-littoral.fr

Description:

If nothing is done to improve the carbon footprint of maritime propulsion, the International Maritime Organization forecasts 2050 emission levels between 2.5 and 3.5 times those of today, knowing that in 2018 they were estimated at 1,056 million tons of CO₂ equivalent. Furthermore, it has been estimated that maritime transport is responsible for 60,000 premature deaths per year¹ due to the emission of fine particles. To change this, one way is to power ships with hydrogen^{2,3}. A key point is the storage of this hydrogen, on board and also at ports. This is an important challenge, which goes beyond the maritime context given the numerous applications of hydrogen in the context of energy storage⁴ and decarbonization, including industry⁵.

One of the advantages of sea transport is that the mass of the tanks is not as critical as for air transport. They can therefore be filled with porous materials improving the quantity of hydrogen stored. Among these porous materials, Metal-Organic Frameworks (MOFs) are promising. During tank loading and unloading, significant thermal phenomena occur^{6,7}. The objective of this post-doctoral contract is to simulate them using the finite element method (Comsol Multiphysics software), using experimental data determined at the laboratory level.

Keywords: hydrogen storage, mechanical and thermal behavior, Comsol Multiphysics, Matlab, decarbonization, maritime transport, MOF, adsorption, porous media.

¹ J.J. Corbett *et al.*, Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment, *Environ. Sci. Technol.* 41 (2007) 8512–8518.

² A. Fernández-Ríos *et al.*, Environmental sustainability of alternative marine propulsion technologies powered by hydrogen - a life cycle assessment approach, *Science of The Total Environment* Volume 820, 10 May (2022) 153189-153200.

³ M. G. Sürer *et al.*, Advancements and current technologies on hydrogen fuel cell applications for marine vehicles, *International journal of hydrogen energy* 47 (2022) 19865-19875.

⁴ R. Nagar *et al.*, Recent developments in state-of-the-art hydrogen energy technologies, *Review of hydrogen storage materials*, *Solar Compass* 5 (2023) 100033-100067.

⁵ Q. Hassan *et al.*, Hydrogen energy future: Advancements in storage technologies and implications for sustainability, *Journal of Energy Storage* 72 (2023) 108404-108420.

⁶ J. Xiao *et al.*, Simulation of hydrogen storage tank packed with metal-organic framework, *International journal of hydrogen energy* 38 (2013) 13000-13010.

⁷ A. Chakraborty *et al.*, Thermal management and desorption modeling of cryo-adsorbent hydrogen storage system, *International journal of hydrogen energy* 38 (2013) 3973-3986.