

Formation Spécialisée MASTERE DMS Design des Matériaux et des Structures

OFFRE DE SUJET MASTERE DMS 2021/2022

Encadrement

Yazid Madi, Abdennour Meddour et Jacques Besson (CDM – Mines ParisTech), Jader Furtado (Air Liquide), Maxime Bertin (GRTgaz)

Titre

Etude de la rupture de pipelines en environnement H₂

Contexte

Ce sujet sera réalisé dans le cadre de la Chaire industrielle ANR « MESSIAH » (Mini Eprouvettes pour le Suivi en Service des structures avec Application au transport d'Hydrogène) en partenariat avec Air liquide (AL) et Mannesmann Precision Tubes France SAS (MPTFR).

Le programme MESSIAH propose d'utiliser des mini-éprouvettes usinées dans des coupons extraits des installations pour évaluer et suivre la ténacité en service. Ces coupons in situ seront en effet de petite taille (épaisseur : 1-3 mm, surfaces : quelques cm²). Les enjeux visés par le projet sont le vieillissement des installations et la prise en compte de nouveaux défis liés à la diminution des propriétés mécaniques du fait de l'hydrogène. L'intérêt du développement de ce type de méthodologie réside dans la possibilité de tester des équipements déjà en place pour évaluer leur comportement dans des conditions prospectives.

Objectif et travail proposé

Bien qu'il soit relativement facile de tester de petits échantillons de traction pour déterminer le comportement plastique, le programme propose d'aller bien au-delà de cet objectif en développant des essais de mécanique de la rupture en régime ductile et prenant en compte l'effet de l'hydrogène (la pratique actuelle étant limitée à la rupture fragile). La principale difficulté réside en effet dans les effets de taille. Les essais seront réalisés à la fois à l'atmosphère et en environnement hydrogène.

L'étude expérimentale de la fragilisation par l'hydrogène nécessite de charger les aciers. La procédure la plus simple consiste à électrolyser l'eau avec une solution facilitant l'absorption des protons ainsi créés (par exemple NaCl + NH₄SCN [1]). Compte-tenu de la taille réduite des éprouvettes, une perte en hydrogène est vraisemblable si le chargement n'est pas maintenu durant les essais mécaniques. Il est donc proposé de développer des dispositifs de chargement utilisables sur les machines d'essai. Il est également possible de conduire les essais sous pression partielle d'hydrogène. Les valeurs de pression sont de plusieurs centaines de bars, [2, 3]. Cette technique est bien sûr plus proche des conditions de transports des gaz mais beaucoup plus lourde à mettre en œuvre.

Le centre des Matériaux développe dans le cadre de la chaire des moyens d'essais en environnement H₂ selon les différentes conditions. Le projet DMS proposé est orienté sur le développement des montages sous hydrogène (chargement continu par électrolyse et essais sous pression d'hydrogène). L'objectif est de réaliser au terme du stage des premiers essais selon différentes géométries d'éprouvette (traction, traction entaillée et éprouvettes de ténacité) en

environnement H₂ . Des protocoles d'essais seront mis en place en vue d'une utilisation durant les travaux liés à la chaire.

Chaire ANR « **MESSIAH** ». <https://messiah.minesparis.psl.eu/>

Profil demandé

De bonnes connaissances en mécanique avec un attrait pour le travail expérimental.

Références bibliographiques

- [1] A. Shibata, Y. Madi, K. Okada, N. Tsuji, and J. Besson. Mechanical and microstructural analysis on hydrogen related fracture in a martensitic steel. *Int. J. Hydrog. Energy*, 44(54) :29034–29046, 2019.
- [2] I. Moro, L. Briottet, P. Lemoine, E. Andrieu, C. Blanc, and G. Odemer. Hydrogen embrittlement susceptibility of a high strength steel X80. *Mater. Sci. Eng. A-Struct. Mater. Prop. Microstruct. Process.*, 527(27-28) :7252–7260, 2010.
- [3] L. Briottet, R. Batische, G. de Dinechin, P. Langlois, and L. Thiers. Recommendations on X80 steel for the design of hydrogen gas transmission pipelines. *Int. J. Hydrog. Energy*, 37(11) :9423–9430, 2012.