

## Formation Spécialisée MASTERE DMS Design des Matériaux et des Structures

### OFFRE DE SUJET MASTERE DMS 2021/2022

#### Encadrement

---

Jacques Besson et Laurent Lacourt (CDM – Mines ParisTech), Stéphane Quilici et Nikolay Osipov (Société Transvalor)

#### Titre

---

**Simulation d'essais mécaniques conduits sur éprouvettes standardisées et mini-éprouvettes sur un acier pour gazoduc**

#### Contexte et objectifs du stage

---

La production d'hydrogène « décarboné » est un moyen pour réduire l'empreinte CO<sub>2</sub> liée à l'activité humaine. Cet hydrogène pourra être produit par électrolyse de l'eau grâce à de l'électricité produite par des panneaux photovoltaïques, des éoliennes, des hydroliennes ou encore des réacteurs nucléaires. Le gaz ainsi produit devra être collecté et acheminé vers les centres de consommation. Il est envisagé d'utiliser les réseaux de distribution existants (la construction de nouveaux réseaux serait très onéreuse). Il est donc primordial d'évaluer les propriétés mécaniques des aciers faiblement alliés utilisés pour la fabrication des tubes ainsi que l'évolution de celles-ci sous hydrogène.

Il est envisagé de réaliser des prélèvements *in situ* sur les gazoducs de petits coupons servant ensuite à caractériser les matériaux. Ces prélèvements doivent être suffisamment petits pour qu'ils puissent être réalisés sans interrompre le transport de gaz. Des éprouvettes de petite taille sont ensuite usinées dans ces coupons. Bien que délicate, cette technique s'applique facilement dans les cas des éprouvettes de traction. Par contre, les éprouvettes de la mécanique de la rupture (CT, SENB, SENT) posent de réelles difficultés car elles sont trop petites pour satisfaire aux normes en vigueur. Il est alors proposé d'employer des modèles d'endommagement avancés (prenant en compte les longueurs internes « matériau » associées à la rupture) pour simuler des éprouvettes de taille compatible avec les normes et obtenir ainsi des valeurs de ténacité en accord avec ces normes. Les modèles seront au préalable ajustés à partir des essais menés sur les mini-éprouvettes. On tentera ensuite d'étendre cette modélisation pour prendre en compte les effets de l'hydrogène.

#### Déroulement du stage

---

Dans le projet proposé, on utilisera dans un premier temps les modèles et techniques numériques nécessaires pour simuler le couplage entre le comportement élasto-plastique et l'endommagement ductile. Les modèles seront ajustés en employant une base expérimentale déjà existante et très complète. L'ensemble des simulations seront réalisées dans le logiciel **Z-set** (<http://www.zset-software.com>).

Dans la seconde partie du stage, on utilisera la base expérimentale pour ajuster les modèles. On proposera une stratégie de calcul permettant de simuler dans un cadre unique les essais menés sur les éprouvettes de toutes les tailles. En fonction de l'avancement des travaux on pourra aborder le couplage mécanique/diffusion de l'hydrogène. On s'intéressera en particulier au modèle HELP (hydrogen-enhanced localized plasticity).

Ce sujet sera réalisé dans le cadre de la Chaire ANR « **MESSIAH** ».

<https://messiah.minesparis.psl.eu/>

### **Profil demandé**

---

De bonnes connaissances en mécanique avec un attrait pour la simulation numérique et le dialogue essais-simulations.

### **Références bibliographiques**

---

- [1] H. Yu, J.S. Olsen, A. Alvaro, L. Qiao, J. He, and Z. Zhang, Hydrogen informed Gurson model for hydrogen embrittlement simulation, Engng Frac. Mech, 217, 2019.
- [2] Y. Chen, E. Lorentz, J. Besson, Properties of a nonlocal GTN model within the context of small-scale yielding, Int. J. Plast., 102701, 130, 2020.