

## **Etude de l'influence de l'hydrogène sur le comportement mécanique et la formabilité d'aciers AHSS de 3<sup>ème</sup> génération pour application automobile**

---

*Mots-clés : Fragilisation par hydrogène, aciers de 3<sup>ème</sup> génération, essais mécaniques, lois de comportement, simulations par éléments finis*

### **Contexte :**

Le projet européen H2FORM3G s'inscrit dans la course à l'allègement des futures véhicules automobiles pour répondre aux enjeux environnementaux via la réduction des gaz à effet de serre ou l'augmentation de l'autonomie des véhicules électriques. L'utilisation des aciers AHSS (Advanced High Strength Steels) dits de 3<sup>ème</sup> génération, s'impose comme la solution la plus fiable afin de réduire les épaisseurs des tôles de la caisse en blanc tout en conservant les hautes propriétés des matériaux. En effet, le procédé de mise en forme requiert une grande ductilité des tôles minces tout en garantissant une bonne résistance en service. Ces matériaux offrent un bon compromis entre ces deux exigences antagonistes. Aujourd'hui, la capacité de ces aciers n'est pas complètement exploitée en raison de leur sensibilité à la Fragilisation Par l'Hydrogène (FPH). En effet, la prise en compte du risque de fissuration pendant de la mise en forme ou en différé présente un verrou scientifique crucial avant leur pleine intégration dans les moyens de mobilité du futur. La FPH est une thématique de recherche qui a suscité de nombreuses études dans la littérature et il est établi que la sensibilité à la FPH est d'autant plus importante que les propriétés mécaniques de l'acier sont élevées. Lors de la mise en forme, l'effet de la FPH se manifeste sur les courbes limites de formage et dépend de nombreux paramètres dont la microstructure du matériau, la vitesse de déformation, la nature et le trajet du chargement.

L'objectif à terme du projet H2FORM3G est de fournir aux constructeurs automobiles des guidelines pour l'optimisation des nouveaux designs des véhicules et des outils de dimensionnement pour l'intégration de ces aciers en toute sécurité.

### **Travaux de thèse :**

Dans le cadre de ce projet, une thèse est proposée au laboratoire IRDL (UMR CNRS 6027) sur le site de l'ENSTA Bretagne (Brest). L'objectif principal de la thèse est d'évaluer l'influence de l'hydrogène sur le comportement mécanique de trois nuances d'acier AHSS considérées dans le cadre de cette étude. Il s'agira, après une étude fine de la microstructure, de réaliser une caractérisation expérimentale complète sous différents chargements (traction, cisaillement, ...) avec la prise en compte de l'anisotropie, l'influence de la vitesse de déformation et des trajets de chargement. Afin de mettre en évidence la FPH, les éprouvettes seront chargées avec différents teneurs en hydrogène. Sur la base des données expérimentales, un modèle de comportement macroscopique sera développé et implémenté dans le logiciel de calculs par éléments finis Abaqus. Ce modèle sera utilisé dans les travaux des autres partenaires du projet pour la simulation du procédé de mise en forme sur des éprouvettes technologiques et sur un prototype échelle 1. Par ailleurs, une étude des mécanismes d'endommagement sera menée à l'aide des essais de traction in-situ sous microscope électronique à balayage (MEB) afin de mettre en évidence à la fois l'évolution de la microstructure (transformation austénite-martensite) et la FPH à l'échelle des grains. Un modèle micromécanique en utilisant une loi de comportement en plasticité cristalline couplée à une loi de diffusion d'hydrogène permettra d'améliorer la compréhension des mécanismes de fragilisation par hydrogène.

### **Profil recherché :**

Les travaux de thèse présentent un bon équilibre entre essais expérimentaux et modélisation. Le candidat doit avoir un fort attrait pour la mécanique expérimentale et la modélisation, avec des connaissances préalables

en métallurgie et sciences des matériaux. Une grande curiosité scientifique ainsi qu'une bonne autonomie sont également un atout important pour la bonne conduite du projet.

Le projet H2FORM3G réunit plusieurs partenaires européens, industriels et académiques, de 4 nationalités différentes. Le consortium est constitué de :

- 2 fournisseurs d'acier : Arcelormittal Maizieres Research (FR) et Voestalpine Stahl GMBH (AT) ;
- un utilisateur final issu de l'industrie automobile : Centro Ricerche Fiat (IT) et un de leur sous-traitants : Magneto Automotive SRL (IT) ;
- 3 organismes privés de recherche : Eurecat (ES), Institut de la Corrosion SASU (FR) et Letomec SRL (IT)
- 3 universités ou écoles d'ingénieur : Universita di Pisa (IT), l'Université de Bretagne Sud (FR) et l'ENSTA Bretagne (FR).

Etant donné le contexte international du projet, de fortes interactions avec les partenaires européens auront lieu. De ce fait, le candidat doit justifier d'un bon niveau en anglais (parlé et écrit).

### **Contacts :**

Les candidats doivent envoyer un CV, une lettre de motivation et les relevés des notes des deux dernières années à :

Younès DEMMOUCHE ([younes.demmouche@ensta-bretagne.fr](mailto:younes.demmouche@ensta-bretagne.fr)),

Matthieu DHONDT ([matthieu.dhondt@ensta-bretagne.fr](mailto:matthieu.dhondt@ensta-bretagne.fr))

Nicolas JACQUES ([nicolas.jacques@ensta-bretagne.fr](mailto:nicolas.jacques@ensta-bretagne.fr))

**Date limite d'envoi des candidatures : 31/05/2024**

### **Démarrage du projet :**

La thèse pourra démarrer entre le 01/09/2024 et 15/11/2024.