

Modélisation par éléments finis de l'effet de l'hydrogène sur la rupture brutale et en fatigue d'un acier de construction

Mots clefs : Hydrogène ; Fatigue ; Éléments Finis ; Champs de phase
Cofinancement : Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM)*
Candidat : HEM Chanveasna*, M2 Science & Génie des Matériaux, USPN
Laboratoire : LSPM
Direction de thèse : Y. Charles (yann.charles@univ-paris13.fr)
co-encadrement H. Heyraud, CETIM (Hugo.Heyraud@cetim.fr)

Contexte

Dans un contexte de réflexion quant à la pertinence d'utiliser l'hydrogène comme vecteur énergétique, l'évaluation de la tenue mécanique des structures existantes devient un enjeu crucial. En effet, l'hydrogène, de par sa petite taille, pénètre facilement les matériaux, en particulier métalliques, et y diffuse. Cette diffusion n'est pas anodine car cela modifie en profondeur le comportement mécanique des métaux : elasto-plasticité, mais surtout rupture (« fragilisation par l'hydrogène»). Une rupture prématurée est ainsi observée, qui peut mettre en défaut les critères de dimensionnements utilisés, s'appuyant sur des utilisations hors présence de l'hydrogène.

L'évaluation de l'effet de l'hydrogène sur le comportement des métaux est donc un enjeu critique ; bien que de nombreux mécanismes aient été proposés dans la littérature, deux mécanismes sont largement dominant dans la littérature : *Hydrogen Enhanced Decohesion* (HEDE), dans lequel l'hydrogène diminue les énergies de surface liées la rupture et *Hydrogen Enhanced Localized Plasticity* (HELP), qui formalise l'effet de l'hydrogène piégé autour des dislocations sur le comportement élastoplastique local, en particulier sa localisation induisant une rupture prématurée. Il est, de plus, de plus en plus admis que ces deux mécanismes agissent simultanément. Le travail de doctorat proposé s'inscrit dans la suite du stage M2 de HEM C. qui a modélisé les effets combinés de ces deux mécanismes, en s'appuyant sur des essais réalisés au CETIM.

Objectifs de la thèse de doctorat

Il s'agit alors d'affiner les modélisations proposées pour la propagation de fissure en environnement hydrogène, afin de mieux capturer les différents effets cinétiques influant la propagation des fissures en particulier en fatigue.

Le travail attendu est donc le suivant :

1. Transposer la modélisation proposée dans le cadre du stage de HEM C. dans le cadre d'un formalisme champs de phase pour y inclure le mécanisme HELP en plus de celui classiquement utilisé (HEDE). Pour cela, nous réutiliserons les développements mis en place lors du travail de doctorat de QM Vuong que nous adapterons.
2. Mettre en œuvre un modèle cinétique de la compétition entre l'oxydation ou la présence d'impureté dans le gaz hydrogène/rupture de la couche d'oxyde afin de mieux modéliser la pénétration de l'hydrogène dans le matériau au travers des lèvres de la fissure, qu'elles soient nouvellement créées ou non.
3. Étudier spécifiquement les cinétiques effectives de diffusion et le piégeage de l'hydrogène en pointe de fissure pour des chargements cycliques afin de déduire, à partir d'une étude paramétrique systématique, l'impact des paramètres de chargement (fréquence, rapport de charge, contrainte maximale) sur l'évolution temporelle de la concentration en hydrogène en pointe de fissure.

* Sous réserve de confirmation finale.