

## Proposition de thèse (2024-2027)

**Titre de la thèse :** Étude des interactions hydrogène - défauts métallurgiques et leurs conséquences sur les processus de diffusion et de piégeage de l'hydrogène dans les aciers carbone

**Equipe d'encadrement :**

Abdelali OUDRISS (Maître de conférences HDR, LaSIE, La Rochelle Université)

Guillaume GEANDIER : Chargé de Recherche, IJL, Université de Lorraine

Xavier FEUGAS : Professeur, LaSIE, La Rochelle Université

Sébastien ALLAIN : Professeur, IJL, Université de Lorraine

**Début de la thèse :** Septembre-Octobre 2024

La thèse s'inscrit dans le cadre du projet financé par l'ANR (<https://anr.fr/>) intitulé « Hydrogen in Steels – A scale transition problem - HYSTYLE » (consortium : GPM - Univ. Rouen, LaSIE – Univ La Rochelle, MATEIS – INSA Lyon, IJL – Univ. Lorraine, IM2NP - Univ. Aix Marseille) et dédié à une meilleure compréhension de l'influence d'hydrogène sur le comportement des aciers.

**Contexte**

Les alliages métalliques sont des matériaux essentiels à tous les niveaux pour la production, le stockage ou le transport de l'hydrogène. Le but de ce projet est d'approfondir les connaissances fondamentales sur les interactions aux échelles atomiques entre l'hydrogène et les défauts cristallins ou les carbures dans les aciers. Il s'agit d'une thématique à fort impact puisqu'en relation avec la fragilisation par hydrogène, phénomène aux conséquences industrielles majeures. Plusieurs modèles phénoménologiques existent déjà, ils sont principalement basés sur ces interactions hydrogène/défauts. Néanmoins, beaucoup d'inconnues demeurent sur les configurations complexes ou dynamiques lorsque d'autres solutés sont présents (comme le carbone en solution solide) ou lorsque les dislocations interagissent avec des carbures

**Objectifs**

Dans le cadre de ces travaux de thèse, nous tenterons d'étudier les interactions entre hydrogène, carbone et défauts dans des aciers martensitiques, microstructures modèles et très souvent rencontrées dans l'industrie. L'avantage de cette structure est que l'on peut faire varier les états métallurgiques et la distribution des défauts cristallins (solutés, dislocations, lacunes et joints de grains austénitiques) ainsi que les carbures et précipités par des traitements thermiques. Ces états seront caractérisés par plusieurs techniques (in situ par HEXRD sur ligne de lumière synchrotron et ex-situ par des techniques de laboratoire - DRX, EBSD, MET, MEB-FIB-EDS), puis nous évaluerons l'influence de ces hétérogénéités métallurgiques sur la solubilité, la diffusion et le piégeage de l'hydrogène à l'aide de différentes approches expérimentales (Perméation électrochimique, chargement, dosage TDS, SKPFM). Ensuite, nous questionnerons l'impact de ces interactions sur les propriétés mécaniques locales avec des essais de nanoindentation ex situ instrumentée couplée à des essais de chargement en hydrogène. Les résultats attendus seront des données d'entrées pour modéliser les interactions H-

défauts cristallins avec des approches théoriques et numériques à l'échelle atomique (ab initio, DFT, KMC), puis converger vers des échelles plus importantes à l'aide de simulation par éléments finis et Machine Learning.

**Mots-clés :** Aciers martensitiques, Hydrogène, Défauts cristallins, Ségrégation, Diffusion et piégeage, Microscopie électronique, perméation électrochimique, HEXRD, Relations structure / propriétés

### Profil recherché

- Candidat(e) titulaire d'un diplôme d'ingénieur et/ou d'un master 2.
- Rigoureux(se), consciencieux(se), dynamique, curieux(se), créatif(ve) et coopératif(ve), avec un esprit de synthèse et une appétence marquée pour la recherche.
- Formation solide en science des matériaux et en métallurgie physique (transformations de phases et relations entre microstructure et propriétés mécaniques).
- Une expérience dans le cadre d'un projet impliquant de la caractérisation microstructurale, la mesure de propriétés mécaniques et une étude des relations structure/propriétés dans un alliage métallique serait fortement appréciée.
- Bonnes aptitudes à communiquer à l'écrit et à l'oral, et maîtrise de la langue anglaise.

### Laboratoires d'accueil

La thèse sera basée au Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement UMR CNRS 7356, localisé à La Rochelle Université

Une partie des travaux de thèse se déroulera à l'Institut Jean Lamour (IJL) - UMR CNRS 7198 localisé à l'Université de Lorraine à Nancy où divers séjours sont prévus.

Dans le cadre du projet « Hydrogen in Steels – A transition scales problem - HYSTYLE », des déplacements pour des échanges scientifiques auront également lieu vers les autres laboratoires du consortium.

### Contacts et candidature

Abdelali OUDRISS, [abdelali.oudriss@univ-lr.fr](mailto:abdelali.oudriss@univ-lr.fr)

Guillaume GEANDIER, [guillaume.geandier@univ-lorraine.fr](mailto:guillaume.geandier@univ-lorraine.fr)

Sébastien ALLAIN, [sebastien.allain@univ-lorraine.fr](mailto:sebastien.allain@univ-lorraine.fr)

Xavier FEAGAS, [xavier.feugas@univ-lr.fr](mailto:xavier.feugas@univ-lr.fr)

**Date limite de candidature : 18 Mai 2024**