

PROPOSITION DE SUJET POUR UN CONTRAT DOCTORAL

Laboratoire LaSIE
Titre de la thèse Diffusion de l'hydrogène dans des bi-cristaux de nickel fabriqué par Croissance cristalline dans un four CZ
Direction de la thèse <i>directeur-trice-s (grade, HDR) et éventuels co-directeur-trice-s</i> Jamaa Bouhattate (MCF HDR) Abdelali Oudriss (MCF HDR)
Adéquation scientifique avec les priorités de l'établissement <p>Le projet vise à poursuivre nos efforts de réponses aux problématiques particulières de la fragilisation par l'hydrogène en poursuivant le développement de nouveaux états métallurgiques tolérants aux effets de l'environnement. Cette problématique est majeure dans de nombreuses activités industrielles, telles que l'industrie navale, aéronautique ou encore dans la production et le transport de l'énergie (transition énergétique) car elle représente de nos jours un poids financier non négligeable.</p> <p>Les nouvelles découvertes associées à ce projet vont nous conduire au développement d'états métallurgiques dits "intelligents" et plus "résistants" en tenant compte des éléments microstructuraux, ce qui augmentera la durabilité et la sécurité des structures métalliques et réduira ainsi les coûts liés à la maintenance de certains systèmes et structures. De plus, l'utilisation de l'hydrogène comme vecteur énergétique « propre » constitue un défi sociétal d'importance capitale pour une transition énergétique et environnementale en pleine adéquation avec notre établissement.</p>
Descriptif du sujet <i>(enjeux scientifiques, applicatifs, sociétaux...)</i> <p>L'originalité de ce projet réside principalement dans l'accès aux données expérimentales unique par la possibilité de faire croître un nombre important de bi et tri cristaux de plusieurs types et le développement de moyens expérimentaux et numériques multi-échelles questionnant plusieurs phénomènes physiques afin d'identifier les couplages entre la plasticité cristalline, la nature des joints de grains et des jonctions triples et l'hydrogène dans des alliages de structure cubique face centrée (Nikel).</p> <p>Donc, le défi réside dans la croissance contrôlée de joints de grains sélectionnés, car les connaissances ont été perdues au cours des dernières décennies en raison du manque d'intérêt de la recherche fondamentale sur l'effet de tels défauts microstructuraux. Notre groupe a relancé de telles recherches en montrant l'importance qu'elles ont sur la fragilisation par l'hydrogène [Li et al. 2021]. Et il est aujourd'hui quasi impossible de se procurer des JDG spécifiques avec des orientations de grains connues ; par exemple nous avons essayé en vain de trouver des groupes capables de fabriquer des joints de grains généraux avec un volume libre élevé. Les bi-cristaux et tri-cristaux souhaités peuvent être obtenus par un contrôle approprié des paramètres. La croissance des joints de grains à volume libre élevé nécessitera des efforts considérables tandis que la croissance des tri-cristaux reste sans précédent et constitue donc un défi de taille. Le nombre d'échantillons couvrira la plupart des joints de grains et jonctions triples disponibles dans les deux gammes de matériaux étudiés.</p>

Cette démarche doit à la fois permettre de comprendre la contribution de ces couplages dans les modes d'endommagement associés à la FPH en vue d'une transition d'échelle, et de d'ouvrir la possibilité d'un développement de nouveaux états métallurgiques plus résistants à la FPH.

Ainsi, notre équipe pluridisciplinaire, propose une approche en rupture grâce à la croissance de mono, bi et tri cristaux dans le four Czochralski récemment acquis couplé aux multiples capacités de caractérisation expérimentales et numérique permettant d'accéder à une compréhension plus détaillée du phénomène de FPH.

Contexte partenarial (cotutelle internationale, EU-CONEXUS, partenariat avec un autre laboratoire, une entreprise...)

Impacts (scientifiques, technologiques, socio-économiques, environnementaux, sociétaux...)

D'un point de vue économique, le projet permettra d'apporter des éléments de réponse aux problématiques de corrosion sous contrainte et plus particulièrement de fragilisation par l'hydrogène. En particulier il offrira l'opportunité de débiter le développement de nouveaux états métallurgiques tolérants aux effets de l'environnement. Cette problématique est majeure dans de nombreuses activités industrielles, telles que l'industrie nucléaire, aéronautique ou encore dans la production et le transport de l'énergie (transition énergétique) car elle représente de nos jours un poids financier non négligeable.

D'un point de vue sociétal, les nouvelles découvertes associées à ce projet liées à la fragilisation par l'hydrogène vont nous conduire au développement d'états métallurgiques dits "intelligents" et plus "résistants" en tenant compte des éléments microstructuraux, ce qui augmentera la durabilité et la sécurité des structures métalliques et réduira ainsi les coûts liés à la maintenance de certains systèmes et structures. De plus, l'utilisation de l'hydrogène comme vecteur énergétique « propre » constitue un défi sociétal d'importance capitale pour une transition énergétique et environnementale. Par conséquent, les résultats de ce projet apporteront des éléments de réponses dans le choix des alliages nécessaires au transport et au stockage de l'hydrogène avec une meilleure gestion du risque de fragilisation par l'hydrogène et nous conduira vers une « acceptation sociétale » qui repose sur la garantie de l'intégrité structurale des infrastructures. Le succès de ce projet permettra enfin d'ouvrir la voie vers une méthodologie d'élaboration par fabrication additive de nouveaux alliages présentant de meilleures propriétés fonctionnelles pour une application donnée.

Programme de travail du doctorant (tâches confiées au doctorant)

Dans cet objectif, nous proposons une organisation basée sur **Deux Tâches scientifiques** qui traiteront des différentes échelles de la microstructure avec des approches expérimentales et numériques :

- Tâche 1 : Interactions H-hétérogénéités métallurgiques à l'échelle des mono- bi et tri-cristaux. Expérimentales et numériques
- Tâche 2 : Compréhension des mécanismes d'endommagement assisté par l'hydrogène (échelle macroscopique : polycristal) et mise en place d'un modèle de transition d'échelle

Calendrier de réalisation

	M6	M12	M18	M24	M30	M36
Tache 1						
Tache 2						
Bibliographie/ rapport et publication						

Accompagnement du doctorant / Fonctionnement de la thèse (*accompagnement humain, matériel, financier, en particulier pour la prise en charge du fonctionnement de la thèse et des dépenses associées*)

Le projet sera accompagné par J. Bouhattate, A. Oudriss et X. Feaugas

Les équipements nécessaires sont déjà au LaSIE, il ne faudra que de la petites fournitures qui seront pris en charge par les contrats de l'équipe.