

# Sujet de Thèse

## Chaire Opale

### CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

#### ANALYSE DES PROCESSUS D'ENDOMMAGEMENT AUX JOINTS DE GRAINS DANS LES SUPERALLIAGES BASE NICKEL

La chaire industrielle OPALE, co-financée par l'ANR et le groupe Safran, porte sur l'optimisation des propriétés de superalliages à base nickel polycristallins par le contrôle de la microstructure issue de la mise en forme. Améliorer les performances de ces alliages permettra d'élever la température de fonctionnement des moteurs et d'en améliorer le rendement et contribuera ainsi à la réduction du coût énergétique et de l'impact écologique du transport aérien. La chaire OPALE réunit les compétences du CEMEF (MINES ParisTech, UMR CNRS 7635) concernant l'impact du procédé de mise en forme sur la microstructure et celles de l'Institut P' (ISAE-ENSMA, UPR CNRS 3346) pour l'impact de la microstructure sur les propriétés mécaniques en service. Neuf doctorants et cinq post-doctorants seront recrutés sur la période 2015-2018 pour aborder des aspects complémentaires. La chaire OPALE offre ainsi un cadre de travail collaboratif particulièrement riche.

### TRAVAUX DE THÈSE

Les conditions d'usage des superalliages dans les parties chaudes des turbomachines impliquent des processus de déformation allant du fluage à la fatigue qui, combinés aux effets d'oxydation, conduisent à la l'amorçage et à la propagation de fissures. Afin d'être force de proposition pour la conception de microstructures plus résistantes, il est nécessaire d'identifier précisément quels éléments microstructuraux favorisent la localisation et le développement des mécanismes de déformation et d'endommagement.

La thèse porte sur la caractérisation des processus de déformation intra et intergranulaire qui coexistent dans le domaine des hautes températures. Il s'agira de comprendre les phénomènes de dégradation au niveau des joints de grains liés au glissement intergranulaire, aux interactions joints de grains / bandes de glissement ou encore aux effets d'oxydation. La précipitation intragranulaire au voisinage des joints de grains ainsi que la morphologie / nature locale des joints sera également au cœur des analyses.

Le travail s'articulera autour de :

- la mise en place de méthodes d'évaluation des champs mécaniques aux échelles pertinentes (grains / joints de grains) (corrélations d'images ; EBSD Haute Résolution). L'adaptation aux hautes températures constituera un des challenges de ce travail,
- la caractérisation des modes de déformation intra et intergranulaire en lien avec la microstructure locale: paramètres cristallographiques, taille et distribution spatiale de la précipitation fine. Des essais mécaniques développés *in situ* sous microscope seront développés,
- l'évaluation des couplages entre effets mécaniques et oxydation en s'appuyant sur des essais comparatifs réalisés sous air et sous vide,
- la réalisation d'essais mécaniques sur différentes microstructures industrielles et/ou « modèles » conçues au laboratoire par traitement thermique spécifique pour faciliter les analyses.

Institut Pprime  
 ISAE-ENSMA 1 av. Clément Ader, Téléport2,  
 BP40109 Futuroscope-Chasseneuil, France  
 patrick.villechaise@ensma.fr (Titulaire adjoint  
 de la Chaire)  
 jonathan.cormier@ensma.fr  
 +33 (0)5 49 49 82 32 – +33 (0)5 49 49 80 97

### MOTS-CLÉS

Superalliages – Microstructures – Mécanismes de déformation – Endommagement – Essais mécaniques instrumentés – Microscopie électronique à balayage – EBSD.

### PROFIL – COMPÉTENCES RECHERCHÉES

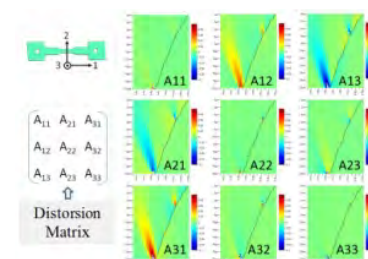
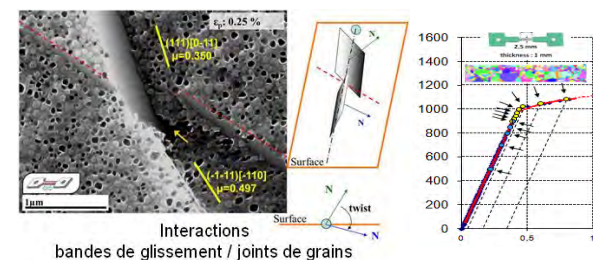
Formation d'Ingénieur et/ou Master en Métallurgie / Sciences ou Génie des Matériaux / Mécanique des Matériaux. Attirance pour le travail expérimental, les challenges techniques à relever. Curiosité et méticulosité seront des atouts.

### LIEU

La thèse sera effectuée à l'Institut Pprime à l'ISAE-ENSMA près de Poitiers dans le département Physique et Mécanique des Matériaux (Axe ENDO).

### EQUIPE

La thèse se déroulera sous la direction de Patrick Villechaise (Directeur de recherche au CNRS) et Jonathan Cormier (Maître de Conférences à l'ISAE-ENSMA).



Interactions bandes de glissement / joint de grain – traction *in situ* sous MEB – Analyse locale des champs de déformation (EBSD HR).