

# Sujet de Thèse

## Chaire Opale

### CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

INTERACTIONS FATIGUE – FLUAGE – OXYDATION  
EFFETS DU VIEILLISSEMENT MÉTALLURGIQUE

La chaire industrielle OPALÉ, 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. Ces matériaux sont employés pour la fabrication de pièces de turboréacteurs en raison de leur tenue mécanique à haute température. 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 OPALÉ 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 OPALÉ offre ainsi un cadre de travail collaboratif particulièrement riche.

### TRAVAUX DE THÈSE

L'usage des superalliages dans les parties chaudes des turbomachines implique des processus de fluage et de fatigue qui, combinés aux effets d'oxydation, conduisent à l'amorçage et à la propagation de fissures. Un stade critique concerne la transition entre les fissures courtes « naturelles » et celles plus longues dont la propagation peut être décrite par la mécanique de la rupture. Cette transition dépend de nombreux facteurs concernant le chargement mécanique (fréquence, rapport  $R$ ,  $\Delta K$  initial, couplage fatigue-temps de maintien...) et le niveau de température. De plus, des études préliminaires ont montré qu'une évolution dynamique de la microstructure fine de précipitation en pointe de fissure peut, dans certains cas, se mettre en place avant même que la fissure ne progresse. Les conséquences en termes de vitesse de propagation sont alors très marquées. Ces effets compétitifs entre vieillissement confiné en pointe de fissure et propagation sont au cœur de ce travail de thèse.

Le travail s'articulera autour de :

- la réalisation d'essais de fatigue et de fatigue-temps de maintien sur éprouvette lisse (comportement) et entaillée (fissuration) afin d'identifier les domaines paramétriques favorisant ces couplages;
- la réalisation d'essais de fissuration à partir d'éprouvette micro-entaillée de manière spécifique : micro-usinage, FIB, à partir de fissure naturelle, etc;
- la remise en charge in situ sous MEB de micro-éprouvette contenant la pointe de fissure avec différents états de précipitation;
- l'analyse (MEB, EBSD,...) du chemin de fissuration et des processus de déformation en avant de la fissure en fonction de la microstructure (grains, joints de grains, macles, précipitation intragranulaire multimodale);
- l'analyse comparative des effets induits par le vieillissement et l'oxydation par la réalisation d'essais sous air ou sous vide.

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

### MOTS-CLÉS

Superalliages - Microstructures - Mécanismes de déformation - Fissuration - Essais mécaniques instrumentés - Microscopie électronique à balayage - EBSD.

### PROFIL – COMPÉTENCES RECHERCHÉES

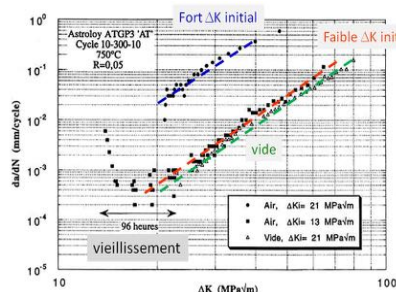
Formation d'Ingénieur et/ou Master en Métallurgie / Sciences ou Génie des Matériaux / Mécanique des Matériaux. Attirance pour le travail expérimental, les challenges techniques à relever / Curiosité et méticulosité / Maîtrise de la langue anglaise.

### LIEU

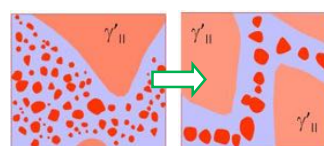
La thèse sera effectuée à l'Institut Pprime à l'ISAE-ENSMA (près de Poitiers) dans le département Physique et Mécanique des Matériaux (Axe ENDO). Démarrage octobre 2016. Financement Cifre SAFRAN.

### EQUIPE

Direction : Patrick Villechaise (Directeur de Recherche au CNRS) et Gilbert Hénaff (Professeur à l'ISAE-ENSMA).



*Influence des conditions initiales de fissuration ( $\Delta K$ ) sur la vitesse de propagation → Effets du vieillissement et de l'oxydation.*



*Dissolution des  $\gamma'$  tertiaires → changement des processus de déformation plastique.*