

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Modélisation de fissures courtes de fatigue en lien avec la microstructure dans un superalliage base Nickel

Référence : **MAS-DMAS-2026-13**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2026

Date limite de candidature :

Mots clés

Fatigue ; fissures courtes ; plasticité cristalline ; micromécanique

Profil et compétences recherchées

Master en mécanique ; Ecole d'ingénieur ; Compétences en mécanique des solides, programmation et calcul scientifique

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Afin de garantir la sécurité des passagers d'un aéronafe, il est nécessaire de pouvoir prédire le comportement mécanique des pièces critiques, en particulier vis-à-vis des chargements vus par ces pièces. Les nombreux vols correspondent à des cycles de chargements et de déchargements de ces pièces. Bien que l'on puisse garantir qu'un cycle ne conduise à aucun endommagement, la répétition de ces cycles en revanche peut conduire à l'amorçage et à la propagation d'une fissure : on parle alors d'endommagement par fatigue. Il est primordial de pouvoir modéliser correctement l'amorçage et la propagation d'une fissure en fatigue pour pouvoir prédire au plus juste la durée de vie d'une pièce.

Pour les matériaux métalliques, la durée de vie en fatigue peut être divisée en plusieurs régimes. Dans la toute première phase, une fissure de fatigue s'amorce sur une hétérogénéité ou un défaut microscopique [JIMENEZ]. La fissure se propage ensuite de manière instable sur une certaine distance avant de s'arrêter (par exemple en rencontrant un obstacle microscopique), ou bien d'entrer dans une phase où sa croissance devient stable et où une description macroscopique suffit pour caractériser sa vitesse de propagation. La transition entre le régime de fissure courte devant la microstructure et celui de fissure macroscopique dépend à la fois du matériau et de sa microstructure, mais également du type de chargement appliqué. La phase de propagation de fissure macroscopique (dite « fissure longue ») est aujourd'hui relativement bien décrite par la Mécanique Linéaire Élastique de la Rupture. En revanche, la phase initiale de la fatigue, étant fortement dépendante de la microstructure, est, elle mal quantifiée. Il est souhaitable de développer des modèles numériques, fondés sur une compréhension physique fine de cette phase, et ce, pour plusieurs raisons. Dans certaines applications, la phase précoce de la fatigue (avant que des fissures ne soient visibles sans un microscope performant) peut représenter une partie importante de la durée de vie en fatigue. La forte influence de la microstructure peut également induire une dispersion significative de la durée de vie, selon la présence ou l'absence d'éléments microstructuraux particulièrement néfastes. Ces deux aspects jouent donc un rôle primordial dans l'estimation précise de la durée de vie en fatigue d'un composant moteur.

Cette thèse s'intéresse à l'amorçage et la propagation de fissures de fatigue courtes pour des très faibles nombres de cycles dans le superalliage base Nickel AD730™. L'objectif est de proposer un modèle capable de prédire le nombre de cycles nécessaires jusqu'à la transition entre une propagation de fissure discontinue et une propagation stable. L'accent sera donc mis sur le régime où l'influence de la microstructure est très marquée. Une approche incrémentale en plasticité cristalline sera utilisée afin de modéliser avec une grande fidélité le comportement élasto-viscoplastique local du matériau. Ce cadre de modélisation permet de prendre en compte l'influence de caractéristiques microstructurales telles que les joints de grains, les macles et l'orientation cristallographique locale, tandis que l'approche incrémentale permet de traiter des cas de chargements complexes. La modélisation de l'amorçage et de la propagation des fissures s'appuiera sur une combinaison de l'évaluation de paramètres indicateurs de fatigue appropriés [BENNET] et sur l'insertion de fissures par une approche continue-discontinue [FELD-PAYET]. Afin de mieux quantifier le comportement, le ou la doctorant.e sera également amené.e à réaliser des essais micromécaniques visant à caractériser les principales caractéristiques microstructurales et à fournir des mesures de champ complet

des déplacements permettant notamment le suivi des fissures, en vue de la calibration du modèle de simulation de cette phase d'amorçage.

[BENNET] V. P. Bennet et D. L. McDowell. *Polycrystal orientation distribution effects on microslip in high cycle fatigue*. International Journal of Fatigue 25 (2003) 27-39.

[FELD-PAYET] S. Feld-Payet, V. Chiaruttini, J. Besson, F. Feyel. *A new marching ridges algorithm for crack path tracking in regularized media*. International Journal of Solids and Structures 71 (2015) 57-69.

[JIMENEZ] M. Jimenez *et al.* *The role of slip transfer at grain boundaries in the propagation of microstructurally short fatigue cracks in Ni-based superalloys*. Scripta Materialia 162 (2019) 261-265.

Laboratoire d'accueil à l'ONERA	Directrice de thèse
Département : Matériaux et Structures	Nom : Sylvia Feld-Payet
Lieu (centre ONERA) : Châtillon	Laboratoire : DMAS/M3S
Contact : Anna Ask (co-directrice de thèse)	Tél. : 01 46 73 45 65
Tél. : 01 46 73 46 80 Email : anna.ask@onera.fr	Email : sylvia.feld-payet@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>