

Proposition de post-doctorat à l'IMSIA ENSTA Paris : Étude en fatigue oligocyclique et à hautes températures de superalliages base Nickel imprimé par LMD

L'ENSTA Paris est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche sous tutelle du ministère de la défense. Membre de l'Institut Polytechnique de Paris, l'école a pour mission la formation d'élèves ingénieurs généralistes de haut niveau, d'étudiants de masters et de doctorat ainsi que la conduite d'activités de recherche. Elle possède ainsi six unités d'enseignement et de recherche et ses laboratoires mènent des recherches fondamentales et appliquées en relation étroite avec l'industrie. La recherche en mécanique des fluides et des solides est faite au sein de l'IMSIA (Institut des Sciences Mécaniques et Applications Industrielles), unité mixte de recherche ENSTA Paris, CNRS, CEA et EDF (UMR 9219). Elle rassemble près d'une centaine de personnes, dont, parmi les permanents, une trentaine de chercheurs EDF, une douzaine du CEA, une vingtaine de l'ENSTA et trois du CNRS. Elle est structurée en plusieurs opérations de recherche dont l'une est le couplage multi-physique et la durabilité des matériaux et des structures qui tient lieu de cadre à cette étude postdoctorale. L'IMSIA développe en effet depuis 3 ans une activité autour de la fabrication additive métallique et de la fatigue avec des actions à la fois expérimentales et numériques et propose aujourd'hui une étude autour de la fatigue à hautes température de superalliages imprimés 3D qui s'appuiera sur sa nouvelle plate-forme expérimentale.

De plus en plus de travaux sur la fatigue de pièces ou d'éprouvettes réalisées en fabrication additive métallique sont aujourd'hui réalisés et il s'agit essentiellement d'étudier le lien entre les paramètres de procédés (essentiellement SLM et EBM, parfois LMD) et de post-procédés (traitement de surface, traitement thermique, CIC, etc.) sur la limite d'endurance ou sur des courbes de fatigue en général. Des analyses statistiques précises de la variabilité de la réponse en chargement statique et en fatigue polycyclique (grand nombre de cycles à température ambiante) de ce type de matériau ainsi qu'une comparaison détaillée sur les liens entre la microstructure, le procédé et ces propriétés a été réalisé pour l'Inconel 625 à l'IMSIA. Cet alliage qui est pertinent pour la fabrication additive du fait de sa bonne soudabilité et de la disponibilité de poudre de qualité, est par ailleurs largement utilisé dans l'industrie aéronautique ou dans le domaine de l'énergie en raison de ses bonnes propriétés mécaniques à chaud ainsi que de sa bonne résistance à la corrosion et à l'oxydation. Dans ce cadre, les structures concernées peuvent avoir des conditions d'utilisation nécessitant des matériaux résistants à des températures pouvant aller jusqu'à 800°C. Il est alors pertinent de s'intéresser à la résistance à la fatigue oligocyclique à chaud voire thermomécanique de ce type d'alliage. En effet, pour parvenir à produire des pièces de rechange ou procéder à des réparations, il faudra bien entendu garantir la fiabilité des structures produites et évaluer leur résistance à des chargements de type fatigue oligocyclique à chaud où les matériaux sont également sujets à des contraintes d'environnement comme l'oxydation ou le vieillissement métallurgique. Il s'agit donc, dans le cadre de ce post-doc, de disposer d'outils permettant d'estimer la résistance en fatigue à chaud de l'Inconel 625 obtenu par fabrication additive métallique (LMD principalement) en fonction des caractéristiques de production et des temps d'exposition aux hautes températures (au-delà de 600°C). L'étude va s'attacher à répondre à des questions qui constituent autant d'objectifs :

- Quelle est le rôle du procédé de fabrication additive et des traitements thermiques sur la réponse en fatigue à hautes température d'un tel matériau ?
- Quel sont les grandeurs thermomécaniques représentatives de la sévérité de l'endommagement et comment les intégrer à un critère de durée de vie prédictif pour la fatigue à hautes températures ?
- Quel est l'influence des paramètres de fabrication additive et les effets de l'environnement sur le comportement à hautes températures de l'Inconel 625 ?

Le projet comporte **une large part expérimentale** (constitution de base d'essais en fatigue, analyses métallurgiques, développements de moyens expérimentaux) mais aussi de modélisation à la fois du comportement et de l'endommagement ainsi que le développement de critères de fatigue.

Missions :

- Bibliographie sur la résistance à fatigue oligocyclique et à hautes températures et les variabilités de microstructure des matériaux obtenu par fabrication additive
- Définition des paramètres de production des éprouvettes en regard des résultats précédents obtenus en fatigue polycyclique
- Participation à l'élaboration des éprouvettes (utilisation de la machine CLAD)
- Réalisation d'essais de fatigue oligocyclique de l'ambiante à 800°C
- Observations microstructurales sur éprouvettes post-mortem et lors d'essais interrompus
- Analyse statistique des résultats et proposition de modèle de fatigue oligocyclique à base statistique

Remarques générales :

L'étude sera menée à l'IMSIA et fera l'objet d'une collaboration étroites avec le laboratoire de Mécanique des Solides de l'École Polytechnique. Le(a) candidat(e) possèdera une thèse dans le domaine de la mécanique ou des matériaux et aura démontré sa capacité à mettre en œuvre des protocoles expérimentaux. Une connaissance de la fatigue et de la métallurgie serait un plus. Une bonne maîtrise du français et de l'anglais est par ailleurs indispensable. La rémunération est à discuter en fonction du profil et de l'expérience du (de la) candidat(e).

Mots-clefs : fatigue oligocyclique, hautes températures, fabrication additive, superalliage, viscoplasticité

Durée de l'étude : 18 mois

Début souhaité (négociable) : janvier 2020

Contact : Fabien Szmytka (fabien.szmytka@ensta-paris.fr)