

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

**Intitulé : Comportement thermomécanique d'un alliage de Cuivre élaboré par fabrication additive pour applications spatiales**

Référence : **MAS-DMAS-2026-04**  
*(à rappeler dans toute correspondance)*

**Début de la thèse : 01/10/2026**

**Date limite de candidature : 01/07/2026**

### Mots clés

Alliage cuivreux, Fabrication additive, Comportement, Endommagement, Fatigue thermique

### Profil et compétences recherchées

Ingénieur ou Equivalent Master 2 (recherche) avec une spécialisation en mécanique

- Solides connaissances en mécanique des solides
- Des connaissances et/ou expériences en méthodes expérimentales (caractérisation, essais mécaniques) seront appréciées

### Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

La conception des chambres de combustion des lanceurs spatiaux, particulièrement dans le cadre de la réutilisation des lanceurs, a besoin d'être optimisée afin d'en limiter les coûts. Dans ce but, ces pièces complexes et critiques sont maintenant conçues afin d'être réalisées par fabrication additive. Une telle conception permet alors des designs innovants de chambre de combustion intégrant, en particulier, un circuit régénératif.

Afin de pouvoir optimiser au mieux cette conception, il est nécessaire de bien maîtriser l'impact de la fabrication additive (procédé L-PBF) sur les propriétés thermomécaniques et de fatigue des alliages de cuivre utilisés. Cela passe par une compréhension plus fine du comportement cyclique (thermomécanique, endommagement...) des liners de chambre de combustion. Ces composants sont soumis à des gradients thermiques extrêmement élevés avec des températures comprises entre -200°C et 400 à 700°C, dépendant de l'alliage choisi, et ce, à chaque cycle de fonctionnement.

Afin de résister à de tels gradients cycliques, ces liners sont maintenant souvent fabriqués en alliages de cuivre, chrome et zirconium et/ou niobium, famille d'alliage développée dans les années 80 dans ce but, et plus récemment élaborée par voie additive. Le développement des lanceurs réutilisables amène l'usage de ces matériaux à des considérations de la fatigue à très faible nombre de cycles. Si quelques travaux récents ont été publiés, le comportement et l'endommagement par fluage et fatigue thermique de ces alliages sont encore très peu documentés, en particulier dans le cas de la fabrication additive. Or, de telles données sont cruciales pour pouvoir modéliser le comportement et l'endommagement afin de dimensionner ces composants.

L'objectif de ce travail de thèse est ainsi de caractériser et modéliser le comportement cyclique d'un alliage CuCrZr sur une large gamme de température, ainsi que du mécanisme prépondérant pour la ruine de la pièce. Il s'agira d'abord de réaliser une campagne d'essais cycliques combinant écrouissage et fluage / relaxation du matériau. Puis, à partir de ces résultats, une modélisation viscoplastique sera proposée. Dans un dernier temps, des essais de fatigue thermique anisothermes seront réalisés afin de valider l'approche de modélisation proposée.

### Collaborations envisagées

CNES

Ecole Polytechnique

#### Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Matériaux et Structures

Lieu (centre ONERA) : Châtillon

**Contact** : Vincent Bonnand

Tél. : +33 1 46 73 46 86 Email : [vincent.bonnand@onera.fr](mailto:vincent.bonnand@onera.fr)

#### Directeur de thèse

Nom : Charkaluk Eric

Laboratoire : LMS, Ecole polytechnique

Tél. : +33 1 69 33 57 95

Email : [eric.charkaluk@polytechnique.edu](mailto:eric.charkaluk@polytechnique.edu)

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