



**Proposition de sujet de thèse - Institut Clément Ader**  
**Contrats Doctoraux : IMT Mines Albi – Région Occitanie - 2021**

<b>Titre du sujet</b>	<b>TRIBOLOGIE D'ALLIAGES MÉTALLIQUES POUR L'AÉRONAUTIQUE OBTENUS PAR FABRICATION ADDITIVE SLM : RELATIONS PROCÉDÉ - MACRO/MICROSTRUCTURE - DURABILITE</b>
<b>Directeur de thèse</b>	Christine BOHER - Maître-Assistant, HDR IMT Mines Albi / Institut Clément ADER (ICA) / Groupe Surface Usinage Matériaux et Outillages e-mail : christine.boher@mines-albi.fr tél. : 05 63 49 31 69
<b>Co-Directeur de thèse</b>	Joel ALEXIS- Professeur des Universités École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes / Interfaces et Matériaux Fonctionnels (IMF) e-mail : <a href="mailto:joel.alexis@enit.fr">joel.alexis@enit.fr</a> tél : 05 62 44 27 59
<b>Laboratoire</b>	ICA UMR CNRS 5312 - LGP ENIT Tarbes : Spécialité du doctorat : génie mécanique, mécanique des matériaux

**Contexte :**

L'introduction de pièces obtenues par Fabrication Additive métallique dans le secteur aéronautique est soumise à des contraintes normatives contraignantes. Ainsi, il est nécessaire de déterminer les propriétés de ces nouvelles structures en abordant des propriétés liées à la durée de vie et à l'intégrité des surfaces.

L'objet de ce travail est de comprendre la relation procédé/microstructure/propriétés, au travers du procédé de fabrication additive SLM (Selective Laser Melting), en étudiant les relations entre les microstructures obtenues avec un superalliage base nickel, en fonction des paramètres du procédé SLM, et les propriétés tribologiques des pièces dans une gamme de température allant de l'ambiante aux hautes températures.

**Problématique**

Dans ses travaux de thèse, il s'agira de comprendre l'influence des microstructures hors équilibres présentant une anisotropie morphologique et cristalline sur le comportement tribologique des surfaces. La nuance métallurgique choisie pour cette étude sera un superalliage base nickel car la FA — pour ce superalliage — présente de grands avantages au niveau aéronautique et spatial que ce soit en gain de matière par rapport à l'usinage, mais aussi s'agissant d'un potentiel gain de propriétés en service. Les gammes de hautes températures pour ce superalliage seront comprises entre 400 et 600 °C. Les principales étapes de ce travail seront :

- comprendre l'influence des paramètres de lasage sur les macrostructures (orientations des grains), les microstructures (nature et texturation des structures cristallographiques des grains) et sur la topographie des pièces,
- établir les propriétés macro et microstructurales statiques de ces microstructures,
- proposer un modèle d'usure permettant l'établissement de lois d'évolution et d'accommodation gouvernant les débits de matière au sein du contact en fonction des différentes macro/microstructures obtenues (influence topographie, morphologie des grains et anisotropie cristalline).

**Profil recherché :** Master recherche et / ou école ingénieur avec un stage significatif orienté recherche

- Disciplines clefs : Procédés, Matériaux métalliques, Microstructures, Analyses métallurgiques, Tribologie.
- Savoir être : Travail en équipe dans un contexte multidisciplinaire, Précision et rigueur, Autonomie et initiative, Goût pour les travaux expérimentaux, Motivation et enthousiasme
- Bon niveau d'Anglais
- Lettres de recommandation souhaitées

**Ce projet sera réalisé sur deux sites :**

- Institut Clément Ader – site d'Albi (IMT Mines Albi) pour la fabrication additive des pièces et essais tribologiques
- Laboratoire Génie de Production de l'ÉNIT de Tarbes pour essais tribologiques et études microstructurales

**Modalités de candidature :**

Déposer votre candidature sur <https://www.adum.fr> (consulter le menu « Procédure/Candidature »)

**Date limite de candidature: lundi 14 juin 2021**



## Thesis proposal for a Doctoral position 2021–2024

<b>Title</b>	<b>TRIBOLOGY OF METALLIC ALLOYS FOR AERONAUTICS OBTAINED BY SLM ADDITIVE MANUFACTURING: PROCESS – MACRO/MICROSTRUCTURE – DURABILITY RELATIONSHIPS</b>
<b>Supervisor</b>	Christine BOHER – Maître-Assistant, HDR IMT Mines Albi/Institut Clément ADER (ICA)/Groupe Surface Usinage Matériaux et Outillages E-mail : christine.boher@mines-albi.fr Tél. : 05 63 49 31 69
<b>Second Supervisor</b>	Joel ALEXIS – Professeur des Universités École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes/Interfaces et Matériaux Fonctionnels (IMF) E-mail : joel.alexis@enit.fr
<b>Laboratory</b>	ICA UMR CNRS 5312 – LGP ENIT Tarbes: PhD specialty: Mechanical engineering, mechanics of materials

### Context:

The parts obtained by metallic Additive Manufacturing in the aeronautical sector imply very strong restrictive normative constraints. Thus, it is necessary to determine the properties of these new structures by addressing properties related to the integrity of surfaces before using.

The purpose of this work is to understand the relationship process/microstructure/properties, through the Selective Laser Melting (SLM) additive manufacturing process, by studying the relationships between the microstructures obtained with a nickel-based superalloy, as a function of the SLM process parameters, and the tribological properties of the parts from ambient to high temperatures.

### Issue

This work will assess the influence of non-equilibrium microstructures with morphological and crystalline anisotropy on the tribological behavior of surfaces. The metallurgical grade chosen for this study is a nickel based superalloys because FA – for this superalloy – has great advantages in aerospace, both in terms of material savings compared to machining and also in terms of potential improvement in service properties. The high temperature ranges for this superalloy will be between 400 and 600°C. The main steps of this work will be

- to understand the influence of the laser parameters on the macrostructures (grain orientations), the microstructures (nature and texturing of the crystallographic structures of the grains) and on the topography of the parts,
- to establish the static macro and micro structural properties of these microstructures,
- to propose a wear model allowing the laws governing the material flow within the contact according to the different macro/microstructures obtained (influence of topography, grain morphology and crystalline anisotropy).

**Required profile:** Master's degree in research and/or engineering school with a significant research-oriented internship

Letters of recommendation desired

Key disciplines: Processes, Metallic materials, Microstructures, Metallurgical analysis, Tribology.

Skills: Teamwork in a multidisciplinary context, Precision and rigor, Autonomy and initiative, Taste for experimental work, Motivation and enthusiasm

Good level of English

### **This project will be carried out on two places:**

—Institut Clément Ader – Albi site (IMT Mines Albi) for the additive manufacturing of parts and tribological tests

—Production Engineering Laboratory of the ENIT of Tarbes for tribological tests and microstructural studies

### **How to candidates:**

Submit your application on <https://www.adum.fr> (see the menu 'Procedure/Application')

**Application deadline: Monday, June 14, 2021**