

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

**Intitulé : Techniques avancées de microscopie électronique pour la métallurgie combinatoire**

Référence **MAS-DMAS-2025-28**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début de la thèse :** Octobre 2025

**Date limite de candidature :** Avril 2025

**Mots clés :** métallurgie combinatoire, microanalyse, matériaux à gradient, indentation, microstructure, diffusion, micromécanique

**Profil et compétences recherchées :** Etudiant en sciences des matériaux, métallurgie, physique, thermodynamique

### Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Dans un contexte d'accélération du développement de nouveaux matériaux, il est nécessaire de pouvoir produire des données expérimentales en grand nombre efficacement. Cela permet à la fois d'augmenter rapidement les connaissances, mais aussi d'alimenter des bases de données de propriétés matériaux qui pourront servir à des procédures d'apprentissage automatique (ou machine learning) et ainsi permettre de concevoir ces nouveaux matériaux à grande vitesse.

L'ONERA s'est engagé depuis de nombreuses années dans l'élaboration et la caractérisation de matériaux à gradient de composition chimique. Cette méthode s'est largement popularisée récemment, mais demande l'utilisation de techniques de caractérisation locales particulièrement pointues, pour lesquelles la microscopie électronique à balayage est un outil précieux. Il est donc nécessaire de se doter des meilleures méthodes expérimentales de mesures, que ce soit en imagerie, microanalyse, ou micromécanique.

De nouvelles possibilités sont offertes par un modèle ONERA original permettant de remonter à la composition chimique de phases submicroniques, en-deçà de la limite habituellement annoncée pour la microanalyse de Castaing. Ainsi, il sera possible d'obtenir des renseignements extrêmement précieux pour les diagrammes de phase des familles d'alliages métalliques d'intérêt aéronautique (superalliages base nickel, alliages de titane, alliages à haute entropie, intermétalliques TiAl), qu'il est aujourd'hui impossible d'avoir sur un matériau à gradient, un microscope électronique à transmission ou une sonde atomique tomographique étant nécessaire à la mesure. La thèse se concentrera sur l'exemple des superalliages base nickel, mais pourra éventuellement démontrer des capacités de généralisation aux autres familles d'alliages.

L'utilisation d'essais micromécaniques in situ MEB pourra également caractériser le comportement mécanique local du matériau grâce à des techniques avancées de corrélation d'images et de comparaison avec des modélisations.

La prise en main des différentes techniques et leurs modélisations associées, la synthèse des résultats expérimentaux, l'étude de la pertinence de ces nouvelles données vis-à-vis de la littérature existante, forment une partie importante du travail scientifique.

### Collaborations envisagées

#### Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Matériaux et Structures

Lieu (centre ONERA) : Châtillon

**Contact :** Quentin BARRES

Tél. : Email : [quentin.barres@onera.fr](mailto:quentin.barres@onera.fr)

#### Directeur de thèse

Nom : PERRUT Mikael

Laboratoire : DMAS, ONERA

Tél. : 0146734057

Email : [mikael.perrut@onera.fr](mailto:mikael.perrut@onera.fr)

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