

## PROPOSITION DE SUJET DE THÈSE

### **Titre de la thèse :**

**Grenaillage et oxydation haute température du titane**

### **Département / Équipe :**

ICB / PMDM / M4OXE

### **Direction et co-direction éventuelle de la thèse :**

Dr. Virgil Optasanu, HDR

Dr. Iryna Tomashchuk, HDR

E-mail: [Virgil.Optasanu@ube.fr](mailto:Virgil.Optasanu@ube.fr) ; [Iryna.Tomashchuk@u-bourgogne.fr](mailto:Iryna.Tomashchuk@u-bourgogne.fr)

### **Contexte scientifique**

Les traitements mécaniques de surface tels que le grenaillage (shot-peening, SP) induisent une déformation plastique sévère dans la zone proche de la surface des métaux, conduisant à la formation de structures nanocristallines, à de fortes densités de défauts cristallographiques et à l'introduction de contraintes résiduelles. Au cours des quinze dernières années, notre équipe a montré que le grenaillage et le choc laser améliorent significativement la résistance à l'oxydation à haute température du titane, du zirconium et de leurs alliages (environ dix articles publiés dans des revues scientifiques).

Ces améliorations sont généralement attribuées à la modification des chemins de diffusion associés aux joints de grains et aux défauts cristallographiques. Des résultats récents mettent toutefois en évidence le rôle critique, encore insuffisamment compris, de l'azote : le titane grenaillé présente une incorporation accrue d'azote lors d'expositions de courte durée à haute température, et l'enrichissement en azote sous la couche d'oxyde est fortement corrélé à une diminution de la cinétique d'oxydation dans les alliages de titane quasi- $\alpha$ . Ceci suggère l'existence d'une compétition entre l'incorporation de l'oxygène et celle de l'azote, contrôlée par la microstructure sous-jacente induite par le grenaillage.

Cependant, la stabilité thermique de ces nanostructures, l'évolution de la densité de défauts à haute température, ainsi que leur comportement en conditions d'oxydation et de nitruration restent largement inexplorés.

### **Objectifs**

L'objectif de cette thèse est d'établir une compréhension mécanistique de l'influence du grenaillage sur la réactivité à haute température du titane, à travers les effets couplés de la microstructure, des défauts cristallographiques et de la diffusion des éléments légers. L'étude portera sur le titane pur et sur deux alliages quasi- $\alpha$ , Ti-6242S et Ti-XT.

Le projet vise à :

- Caractériser l'évolution thermique des nanostructures induites par le grenaillage lors d'expositions de courte durée entre 650 et 700 °C, sous atmosphères contrôlées (Ar, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, air).

- Quantifier les relations entre les paramètres de grenaillage, la densité de défauts, les contraintes résiduelles, l'affinement de la taille de grain et les propriétés mécaniques de surface.
- Évaluer des prétraitements réactifs combinant grenaillage et expositions courtes en atmosphère nitrurante afin de contrôler volontairement l'enrichissement en azote et de limiter la pénétration de l'oxygène dans le métal.
- Évaluer l'amélioration de la résistance à l'oxydation des alliages aéronautiques et identifier les caractéristiques microstructurales clés responsables de ce comportement.
- Distinguer et quantifier les contributions respectives de l'oxygène et de l'azote au gain de masse à l'aide de techniques élémentaires spécifiques.

### **Méthodologie**

Des échantillons grenaillés et non-traités seront soumis à des essais d'oxydation et de nitruration contrôlés à l'aide de fours et d'analyses thermogravimétriques. L'évolution microstructurale sera caractérisée par diffraction des rayons X (contraintes résiduelles, microdéformations), microscopie électronique à balayage couplée à l'EBS (structure granulaire), nanoindentation (propriétés mécaniques), ainsi que par microscopie électronique en transmission et tomographie par sonde atomique pour les analyses à l'échelle nanométrique et atomique. Les profils d'oxygène et d'azote seront quantifiés par analyses par faisceau d'ions et corrélés aux mesures de gain de masse.

### **Résultats attendus**

Le projet permettra d'établir un cadre quantitatif reliant les paramètres de grenaillage, la stabilité microstructurale et le comportement en oxydation à haute température. Il devrait conduire à l'identification de stratégies optimisées de traitement de surface pour les alliages de titane quasi- $\alpha$  et à la démonstration de traitements hybrides mécano-réactifs innovants présentant un fort potentiel technologique pour les applications aéronautiques.

**Mots-clés :** titane, grenaillage, microstructure, oxydation et nitruration à haute température.

### **Profil recherché :**

Le/la candidat(e) devra être titulaire d'un Master (ou diplôme équivalent) en science des matériaux, génie mécanique ou dans un domaine connexe, et manifester un fort intérêt pour les matériaux métalliques et la recherche expérimentale. Des connaissances en microstructure, diffusion, oxydation/corrosion et/ou traitements de surface seront appréciées. Une expérience en caractérisation des matériaux (DRX, MEB/EBS, MET, ATG) constituera un atout. Le/la candidat(e) devra faire preuve de rigueur scientifique, d'autonomie, d'aptitude au travail en équipe, ainsi que d'une bonne maîtrise de l'anglais scientifique.

Unité Mixte de Recherche N°6303

