

MASTER DE CHIMIE DE SORBONNE UNIVERSITE**Proposition de stage 2025-26****Internship Proposal 2025-26****Parcours type(s) / Specialty(ies) :**

x Chimie Analytique, Théorique, Spectroscopies et Electrochimie/ *Analytical, Theoretical Chemistry, Spectroscopies, Electrochemistry*

☐ Chimie Moléculaire / *Molecular Chemistry*

x Chimie des Matériaux / *Materials Chemistry*

☐ Ingénierie Chimique / *Chemical Engineering*

Laboratoire d'accueil / Host Institution

Intitulés / *Name* : Laboratoire de Réactivité de Surface

Adresse / *Address* : Campus Pierre & Marie Curie

Directeur / *Director (legal representative)* : Vincent Vivier

Tél / *Tel* : +33 (0)1 4427 2577

E-mail : vincent.vivier@sorbonne-universite.fr

Equipe d'accueil / Hosting Team : Equipe LRS - Axe Biointerfaces

Adresse / *Address* : Campus Pierre & Marie Curie

Responsable équipe / *Team leader* : Vincent Vivier

Site Web / *Web site* : <https://lrs.sorbonne-universite.fr/>

Responsable du stage (encadrant) / *Direct Supervisor* : Jessem Landoulsi

Fonction / *Position* : Maître de Conférences

Tél / *Tel* : +33 (0)1 4427 5254

E-mail : jessem.landoulsi@sorbonne-universite.fr

Période de stage / *Internship period* : début Février 2026 – Fin Juin 2026

Titre / Title

Zinc Biodégradable Micro/Nano-structuré pour la Régénération Osseuse : Orientation Cellulaire et Prévention de la Colonisation Bactérienne

Projet scientifique du stage (1 à 2 pages) / Internship scientific Project (1 to 2 pages):

Mots-clés : biomatériaux biodégradables, texturation laser, cellules osseuses, colonisation bactérienne, biofilm

Contexte

Les métaux biodégradables représentent une nouvelle génération de biomatériaux destinés à la réparation osseuse. Parmi eux, le zinc se distingue par sa dégradation contrôlée et son rôle biologique essentiel dans l'ostéogenèse, l'angiogenèse et la régulation immunitaire [1]. Toutefois, pour que cet implant atteigne son plein potentiel clinique, il est indispensable de mieux comprendre et contrôler (i) la réactivité chimique du zinc dans un environnement biologique complexe, et (ii) ses interactions avec les protéines et les différentes populations cellulaires impliquées lors de l'implantation dans un tissu osseux. Par ailleurs, un défi majeur réside dans la colonisation bactérienne et la formation de biofilms, phénomènes récurrents après implantation qui compromettent significativement le processus de régénération osseuse.

La modification de surface par texturation laser [3] offre une stratégie prometteuse pour orienter ces interactions en créant des micro- et nano-architectures capables de favoriser l'adhérence et la différenciation cellulaire, tout en limitant l'adhérence bactérienne.

Objectifs

Ce stage s'inscrit dans un projet visant à optimiser les propriétés biologiques du zinc biodégradable par ingénierie de surface. L'objectif est d'évaluer, sur du zinc pur, l'effet de la texturation laser sur :

- La réactivité chimique du zinc en milieu physiologique
- Les propriétés physicochimique (charge, hydrophobicité) à l'échelle nanométrique
- La viabilité et la différenciation des cellules mésenchymateuses
- La colonisation bactérienne et la formation de biofilms

Les résultats constitueront une base scientifique pour une future thèse portant sur des alliages à base de zinc, mieux adaptés pour la régénération osseuse en termes de propriétés mécaniques [2].

Approche expérimentale et déroulement du stage

Les échantillons de zinc pur seront préparés et texturés par laser au laboratoire Roberval (UTC), puis transmis pour étude. Le stage se déroulera conjointement entre le LRS (Sorbonne Université), spécialisé en physico-chimie des surfaces et en microbiologie, et le CRSA (Sorbonne Université), dédié aux tests biologiques sur cellules et tissus osseux. Le/la stagiaire participera à l'étude des propriétés physiques et chimiques des surfaces, ainsi qu'à l'évaluation de leur réactivité (LRS). Pour ce faire, il/elle bénéficiera d'un large panel de techniques de caractérisation des surfaces, notamment la spectroscopie de photoélectrons à rayons X (XPS), les spectroscopies infrarouge et Raman, ainsi que la microscopie à force atomique (AFM). Cette dernière sera utilisée en phase liquide, en mode spectroscopie de force, à l'aide de sondes fonctionnalisées permettant d'évaluer la charge de surface et l'hydrophobicité locales à l'échelle nanométrique. Cette approche, centrée sur la science des surfaces, visera à mieux appréhender la complexité des « interfaces réelles » dans le contexte des biomatériaux métalliques [4]. La seconde partie du stage portera sur l'évaluation biologique des surfaces (CRSA et LRS) : cultures cellulaires, analyses de viabilité, de prolifération et de différenciation, ainsi que tests de colonisation bactérienne et de formation de biofilms.

Ce travail permettra de mettre en relation les propriétés de surface induites par la texturation laser et les réponses biologiques associées.

Dimension interdisciplinaire

Ce projet se situe à l'interface de la science des matériaux, de la physico-chimie des surfaces et de la biologie. Il mobilise des approches complémentaires : l'ingénierie des surfaces métalliques par traitement laser, la caractérisation physique et chimique des surfaces, ainsi que l'évaluation cellulaire. Cette interdisciplinarité est essentielle pour comprendre les relations structure-propriétés-fonction d'un biomatériau complexe, tel que le zinc biodégradable. Elle permet également de répondre à une problématique biomédicale qui requiert à la fois une maîtrise technologique des matériaux et une compréhension fine des facteurs biologiques influençant leur fonction et leur durabilité.

Références

- [1] Li et al. Mater Today Bio 25 (2024) 100932.
- [2] Yang et al. Nat Comm 11 (2020) 401.
- [3] Ince & Özel, Surf Coat Tech 498 (2025) 131818.
- [4] Landoulsi, J. Adv Colloid & Interface Sci 325 (2024) 103054.