



Offre de stage de Master Recherche

Projet ANR SiBio “Sintering & Biodegradation of carbonated hydroxyapatite ceramics elaborated by additive manufacturing for the reconstruction of large bone defect”

Offre à pourvoir dès février 2022 pour une durée de 6 mois

Sujet du stage: “Etude de la stabilité thermique d’apatites carbonatées sous traitement thermique micro-ondes”

Mots clés: stabilité thermique, frittage micro-onde, phosphate de calcium, biocéramique

Contexte. Ce stage de Master Recherche s’inscrit dans le cadre du projet de recherche SiBio (2021-2025) financé par l’Agence Nationale de la Recherche (ANR), projet qui vise à développer des implants biodégradables pour la régénération osseuse. Les matériaux étudiés sont des céramiques en hydroxyapatite carbonatée (CHA) dont la biodégradation peut être modulée selon la quantité de carbonate substitué dans l’hydroxyapatite (HA, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$). La production de céramique en CHA requière une étape de frittage, *i.e.* un traitement thermique à haute température pour consolider la pièce. Ce frittage, classiquement réalisé dans un four résistif, se déroule sous atmosphère riche en CO_2 afin d’éviter toute décomposition chimique. L’utilisation d’une telle atmosphère occasionne en retour une substitution des sites hydroxydes de l’HA par des carbonates. Le frittage micro-ondes (MO) étant un procédé de chauffage volumétrique lié aux propriétés diélectriques du matériau chauffé, les temps de traitements thermique sont jusqu’à 10 fois plus rapides que pour un frittage résistif. Ainsi, de nouvelles compositions chimiques ainsi que des microstructures biologiquement plus réactives peuvent être envisagées grâce au frittage MO.

Le *Centre Ingénierie et Santé (CIS)* des Mines de Saint-Etienne (MSE) étudie depuis plusieurs années le frittage résistif de CHA [Thèse S. Guillou, MSE, 2020]. Le *Centre Science des Matériaux et des Structures (SMS)* de MSE est quant à lui reconnu pour ses travaux sur le frittage MO [Thèse D. Zymelka, MSE, 2013]. Des travaux préliminaires menés sur CHA sans contrôle de l’atmosphère de traitement thermique, confirment la faisabilité de réaliser le frittage de ces matériaux sous MO.

Objectif du stage. Il s’agit d’étudier la stabilité thermique de CHA contenant différents teneurs en carbonates au cours de traitements thermique MO réalisés sous CO_2 . Différents dispositifs de traitement thermique MO sont d’ores et déjà disponibles pour travailler sous atmosphère contrôlée. Après une revue de la littérature et en collaboration avec les tuteurs, le/la stagiaire proposera un plan de travail expérimental. Après mise au point des protocoles et réalisation des traitements thermiques, les moyens de caractérisation physico-chimique (DRX, FTIR, analyse carbone, BET, MEB) disponibles au sein de l’école seront employés pour analyser les évolutions physico-chimiques et morphologiques des produits préparés. Ce stage offre également la possibilité de participer à une action de médiation scientifique autour des biocéramiques dans le cadre du projet « Partage Ta recherche » d’élèves ingénieur des Mines, mené en collaboration avec [La Rotonde](#), Centre

de Culture Scientifique Technique et Industrielle de MSE. Ce stage débouchera sur une offre de thèse en octobre 2022.

Encadrement. Nathalie Douard, Maître de Conférences (CIS, MSE, Sainbiose) ; Clémence Petit, Maître de Conférence (SMS, MSE, LGF) ; Christophe Meunier, Ingénieur de Recherche (SMS, MSE, LGF)

Profil recherché. Etudiant en master recherche avec une formation dans le domaine des matériaux inorganiques, idéalement dans les céramiques. Stage expérimental qui demande rigueur et organisation. Une motivation pour le développement de nouveaux protocoles sera appréciée.

Comment candidater. CV, lettre de motivation et dernier bulletin de notes à envoyer par mail à Nathalie Douard : douard@emse.fr