

Proposition de sujet de thèse – 2025/2028

Développement de composites métalliques nano-structurés à base de céramiques dérivées de polymères pour des applications durables en recyclage et santé

Introduction

Les enjeux environnementaux et sanitaires du XXI^e siècle appellent à repenser les procédés de mise en forme des matériaux métalliques, en intégrant à la fois sobriété énergétique et compatibilité avec le recyclage. Les métaux légers comme l'aluminium et le magnésium sont stratégiques en raison de leur légèreté, mais leur extraction reste énergivore. D'où l'importance de technologies innovantes pour produire, recycler et valoriser ces métaux à faible empreinte carbone.

Contexte scientifique

Les très grandes déformations plastiques ou hyperdéformations (SPD) sont des techniques performantes pour produire des matériaux aux structures nano-cristallines. Le procédé FALEP (Friction-Assisted Lateral Extrusion Process), développé au LEM3, permet de transformer de la poudre métallique en tôle en une seule étape, avec une consommation énergétique réduite. Par ailleurs, l'intégration de céramiques dérivées de polymères (PDC) comme renfort dans les matrices métalliques a démontré des gains considérables au niveau des propriétés mécaniques, de la stabilité thermique mais également des propriétés antibactériennes. Toutefois, la mise en œuvre à grande échelle de ces procédés et la maîtrise fine des propriétés restent des défis.

Problématique et objectifs

La thèse s'inscrit dans la problématique suivante : peut-on développer un matériau composite recyclable, à base de métaux peu alliés et de céramiques dérivées de polymères, aux propriétés mécaniques optimisées, en utilisant des procédés d'hyperdéformations économes en énergie ?

Les objectifs de ce travail seront donc :

- Élaborer des composites métalliques nano-structurés Al/Mg-PDC par hyperdéformations à partir de poudres ;
- Contrôler leurs propriétés via l'ajustement de la microstructure et des cycles de traitement ;
- Évaluer leur performance en termes de recyclabilité, stabilité thermique, et applications biomédicales.

Méthodologie

La démarche repose sur l'utilisation du procédé FALEP et de sa version cyclique (cyclic FALEP) pour consolider des poudres métalliques pré-mélangées avec des polymères précurseurs de céramiques. Des caractérisations mécaniques (traction, dureté), microstructurales (EBSD, TEM), et fonctionnelles (tests de stabilité thermique, propriétés antibactériennes) seront menées. Une attention particulière sera portée à l'effet de la déformation et au rôle des particules céramiques dans la maîtrise de la ductilité et de la recyclabilité.



Retombées attendues et perspectives

Le projet vise à proposer une nouvelle génération de matériaux métalliques, combinant performance mécanique, simplicité de composition (favorisant le recyclage) et fonctionnalités avancées (biocompatibilité, antibactérien). Il pourrait contribuer à la réduction de l'empreinte carbone de la métallurgie, à l'allongement du cycle de vie des matériaux et à des avancées notables en médecine régénérative. À terme, une possibilité d'industrialisation des procédés FALEP est envisagée, notamment pour les secteurs de la santé et de l'automobile.

Contexte international

Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'un International Research Project intitulé « Bottom-up Nanotechnology of Metals », structurée officiellement depuis début 2025 entre l'Université de Lorraine (LEM3) et l'Indian Institute of Science (IISc) de Bangalore, reconnue comme la meilleure université indienne en sciences de l'ingénieur. Elle sera réalisée en collaboration internationale, avec des temps de recherche entre la France et l'Inde. Le Professeur Satyam Suwas, directeur du département de science des matériaux à l'IISc, assurera le co-encadrement de thèse côté indien. Cet échange international favorisera un encadrement scientifique de haut niveau, l'accès à des plateformes expérimentales complémentaires, ainsi qu'une immersion culturelle et académique unique pour le doctorant.

Laboratoire d'accueil en France

Le Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3) de l'Université de Lorraine, associé au CNRS et aux Arts et Métiers, est un centre de recherche de renommée internationale. Avec plus de 250 membres, dont environ 70 doctorants, il offre un environnement scientifique dynamique et pluridisciplinaire. Structuré en trois départements et doté de plateformes technologiques de pointe (MécaRhéo, MicroMat, Procédés), le LEM3 permet de mener des recherches à la fois fondamentales et appliquées. Chaque année, il produit près de 150 publications et fait soutenir une vingtaine de thèses. Faire un doctorat au LEM3, c'est intégrer un laboratoire d'excellence, bénéficier d'un encadrement de qualité et contribuer à des projets innovants, à fort impact scientifique et industriel et répondant aux grands défis sociétaux actuels. <https://lem3.univ-lorraine.fr/>

Vous aurez, plus particulièrement, accès au plateau technique d'hyperdéformations appartenant à la plateforme Procédés labellisée INFRA+ et LUE (ce sont deux labels de qualité de l'Université de Lorraine qui atteste de l'expertise et de la maîtrise de différents outils expérimentaux et technologiques). <https://lem3.univ-lorraine.fr/plateforme-procedes/>

Equipe d'accueil

Vous ferez partie de l'axe « développement et optimisation de procédés en lien avec les microstructures » du département 2 (IMPACT).

Direction de la thèse en France : Pr. Roxane Massion.

Co-encadrement scientifique en France : Pr. Laszlo Toth (professeur émérite)

Co-encadrement scientifique en Inde : Pr. Satyam SUWAS



Ecole doctorale

En tant que doctorant, en France, vous serez inscrit à l'Université de Lorraine et ferez partie de l'école doctorale C2MP (Chimie, Mécanique, Matériaux, Physique : Chimie, Mécanique, Matériaux, Physique). Vous aurez l'opportunité de bénéficier d'un large éventail de formations au cours de votre doctorat.

Contrat doctoral

La présente thèse fera l'objet d'un financement dans le cadre d'un contrat Lorraine Université d'Excellence (LUE), accordé pour une durée de trois ans. Ce contrat, établi conformément à la réglementation du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, assure au doctorant un statut de personnel contractuel de droit public et une rémunération mensuelle lui permettant de se consacrer à temps plein à ses travaux de recherche.

Candidature

Les postulants devront être titulaires d'un M2 Recherche ou d'un diplôme d'ingénieur équivalent avec comme spécialité la mécanique ou la science des matériaux. Une expérience dans le domaine expérimental est vivement souhaitable. Une bonne expression orale et écrite en langue anglaise est indispensable.

CV détaillé, lettre de motivation et relevés de notes de master sont à envoyer **avant le 30 juin 2025** à roxane.massion@univ-lorraine.fr. Des lettres de recommandation ne sont pas nécessaires, mais veuillez inclure les coordonnées de vos références.

