

Offre de Doctorat/PhD (H/F)

Étude de la précipitation de la phase β -Ti₃Al dans le titane : compréhension, simulations et modélisation de l'énergie d'interface

Lieu : laboratoire CIRIMAT, Toulouse - France

Date de début souhaitée : 01/01/2027, pour une durée de 36 mois

Employeur : Toulouse-INP - Salaire A discuter

Contacts : Enrica Epifano, enrica.epifano@toulouse-inp.fr - Moukrane Dehmas, moukrane.dehmas@ensiacet.fr

Description du projet

La microstructure d'un alliage est le résultat d'une série de transformations de phases, dont la majorité se produisent à l'état solide. En dépit des progrès réalisés en matière de modélisation et de calcul ces dernières années, la prédiction de la nucléation, de la croissance et de la morphologie des phases précipitées demeure un verrou. Les limites des simulations ne sont pas uniquement dues aux hypothèses des méthodes utilisées, mais aussi au manque de précision des données d'entrée nécessaires. Parmi ces données, les énergies d'interface solide-solide sont celles qui présentent les incertitudes les plus élevées.

Le projet ANR « ALTISSIMO » vise à combler cette lacune en développant un modèle semi-empirique pour prédire les énergies d'interface solide/solide. Ce modèle sera appliqué à un cas concret dans le domaine des matériaux pour l'aéronautique : la précipitation de la phase β -Ti₃Al dans les alliages à base de Ti.

Le travail de thèse, au cœur du projet, repose sur une approche multi-échelle combinant expérimentation de pointe, caractérisation avancée et modélisation. Le/la doctorant(e) aura notamment l'opportunité de travailler sur des plateformes de caractérisation de pointe et d'accéder à des expériences sur lignes de lumière synchrotron.

Les travaux de thèse s'articuleront autour de plusieurs axes complémentaires : - Établir un état de l'art sur les mécanismes de précipitation dans les alliages étudiés ; - Déterminer et analyser les cinétiques de précipitation grâce à des mesures de résistivité électrique et de calorimétrie différentielle à balayage (DSC).

- Réaliser des traitements thermiques sur des alliages puis caractériser finement la fraction, la morphologie, la distribution spatiale et la composition chimique de la phase β -Ti₃Al. Cette analyse comportera l'utilisation de plusieurs techniques expérimentales : diffraction des rayons-X (DRX), microscopie électronique (MEB et MET) couplée à des analyses EDS, EBSD, microsonde de Castaing, sonde atomique tomographique, expérience de diffractions sur des lignes synchrotron.

- Simuler la nucléation et la croissance de la phase β -Ti₃Al à l'aide de modèles par classes.

- Développer un modèle pour estimer les énergies d'interface β /matrice.

Contexte du projet

Le CIRIMAT compte environ 240 personnes dont un peu plus de 100 permanents.

Il mène des recherches pluridisciplinaires sur les grandes familles de matériaux (métaux, alliages, céramiques, polymères, composites, multimatériaux) sous forme de poudres, films minces, revêtements, pièces massives, depuis leur conception jusqu'à leur comportement en service.

Ces recherches, fondamentales et appliquées, s'inscrivent dans le cadre de problématiques à fort impact industriel et sociétal (aéronautique, spatial, énergie, santé.).

Profil recherché

Formation en science des matériaux, physique ou chimie de la matière. Le projet étant résolument à l'interface entre expérimentation et modélisation, une appétence pour ces deux approches sera particulièrement appréciée. Français ou Anglais.

Modalités de candidature

Date limite pour postuler : 30/10/2026

Envoyer CV, relevé de notes et lettre de motivation à : enrica.epifano@toulouse-inp.fr et moukrane.dehmas@toulouse-inp.fr

Doctorat/PhD offer (M/F)

Study of γ_2 -Ti₃Al precipitation in titanium: understanding, simulations, and modeling of interfacial energy

Location : CIRIMAT laboratory , Toulouse - France

Starting date : 01/01/2027, Contract duration : 36 months

Employer : Toulouse-INP - Salary A discuter

Contacts : Contacts : Enrica Epifano, enrica.epifano@toulouse-inp.fr - Moukrane Dehmas, moukrane.dehmas@ensiacet.fr

Project description

The microstructure of an alloy results from a series of phase transformations, most of which occur in the solid state. Despite the progress made in modeling and computational methods in recent years, predicting the nucleation, growth, and morphology of precipitated phases remains a major challenge. The limitations of simulations are not only related to the assumptions underlying the methods used, but also to the lack of accuracy of the required input data. Among these data, solid–solid interfacial energies are those associated with the highest uncertainties.

The ANR project 'ALTISSIMO' aims to address this gap by developing a semi-empirical model to predict solid/solid interfacial energies. This model will be applied to a specific case in the field of aerospace materials: the precipitation of the γ_2 -Ti₃Al phase in Ti-based alloys.

The PhD research, at the heart of the project, will rely on a multiscale approach combining state-of-the-art experimentation, advanced characterization, and modeling. The PhD candidate will have the opportunity to work on cutting-edge characterization platforms and to conduct experiments at synchrotron beamlines.

The PhD research will be structured around several complementary work tasks: - Perform a state-of-the-art review of the precipitation mechanisms occurring in the alloys under investigation; - Determine and analyze precipitation kinetics using electrical resistivity measurements and differential scanning calorimetry (DSC); - Perform heat treatments on alloys and thoroughly characterize the volume fraction, morphology, spatial distribution, and chemical composition of the γ_2 -Ti₃Al phase. This analysis will involve several experimental techniques, including X-ray diffraction (XRD), scanning and transmission electron microscopy (SEM and TEM) coupled with EDS analyses, electron backscatter diffraction (EBSD), electron probe microanalysis (EPMA), atom probe tomography (APT), and diffraction experiments at synchrotron beamlines; - Simulate the nucleation and growth of the γ_2 -Ti₃Al phase; - Develop a model to estimate γ_2 /matrix interfacial energies.

Work context

CIRIMAT has about 240 researchers, including just over 100 permanent staff.

The laboratory conducts multidisciplinary research on major classes of materials (metals, alloys, ceramics, polymers, composites, multimaterials) in the form of powders, thin films, coatings, and bulk pieces, from their design to their in-service behavior.

Both fundamental and applied research are carried out within the laboratory, addressing issues with strong industrial and societal impact (aeronautics, space, energy, health, etc.).

Applicant's profile

A background in materials science, physics, or chemistry. As the project is specifically focused at the interface between experimental work and modeling, a strong interest in both approaches would be highly appreciated. French or English.

How to apply

CIRIMAT - cirimat.fr

Application deadline 30/10/2026

Please send your CV, academic transcript, and cover letter to: enrica.epifano@toulouse-inp.fr and moukrane.dehmas@toulouse-inp.fr