

Offre de thèse

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA THÈSE

MODÉLISATION EN CHAMP COMPLET DES COUPLAGES
ENTRE TRANSFORMATIONS DE PHASE SOLIDE-SOLIDE,
RECRISTALLISATION ET CROISSANCE DE GRAIN -
APPLICATION À DIFFÉRENTS ALLIAGES

L'un des objectifs de l'Union européenne en matière de changement climatique consiste à atteindre des émissions nulles de gaz à effet de serre d'ici 2050. Cette perspective soumet l'industrie des matériaux métalliques, qui contribue grandement aux émissions de carbone, à une pression considérable de réduction des émissions de gaz à effet de serre, nécessitant la mise en place de stratégies numériques robustes et avec un haut degré de confiance, pour le développement et la conception de nouveaux matériaux à impact environnemental réduit. D'un point de vue plus général, les propriétés d'usage et la durabilité des matériaux métalliques sont fortement liées à leur microstructure, elle-même issue des traitements thermo-mécaniques effectués au cours de leur mise en forme.

Ainsi, la compréhension et la prédiction des évolutions microstructurales sont aujourd'hui des points clés de la compétitivité des entreprises industrielles, avec un impact économique et sociétal direct sur tous les secteurs économiques majeurs (aérospatial, nucléaire, énergies renouvelables, défense, transport).

La modélisation multi-échelle des matériaux, et plus précisément au niveau mésoscopique, constitue le cadre le plus prometteur des simulations à caractère industriel des prochaines décennies, permettant un compromis entre versatilité et robustesse des modèles à base physique, du temps de calcul et de la précision. Le consortium DIGIMU, la chaire ANR industrielle RealIMotion et le logiciel DIGIMU développé par TRANSVALOR S.A. sont dédiés à cette thématique au service d'entreprises industrielles majeures telles qu'Aperam, ArcelorMittal, Aubert&Duval, Constellium, Framatome et Safran.

Dans ce contexte, la modélisation robuste et efficace de l'évolution d'interfaces comme les réseaux de joints de grain est un sujet de recherche dynamique, ayant produit de nombreux modèles jusqu'à maintenant. Dans le contexte de la mise en forme à chaud, et lorsque le matériau subit de grandes déformations, un modèle prometteur de suivi de front 2D appelé ToRealMotion [1] a été récemment développé.

Cette thèse a pour premier objectif d'étendre un modèle de capture de front [2,3,4] avec applications sur alliages de titane. Ce modèle est dédié à la modélisation des transformations de phases à l'état solide où les joints de grains, et la pression motrice résultante sont pris en compte. Le mûrissement d'Ostwald, la pression motrice conduisant à des formes complexes de phases secondaires, les mécanismes d'interaction entre les évolutions de particules de phases secondaires, ainsi que les interfaces de grains seront également analysés. Un second objectif consistera également à intégrer les développements réalisés aux algorithmes de suivi de front de ToRealMotion [1].

Les développements seront intégrés au logiciel DIGIMU®.

MINES Paris
🏠 CEMEF rue Claude Daunesse CS 10207 06904
Sophia Antipolis, France
marc.bernacki@minesparis.psl.eu
✉ madeleine.bignon@minesparis.psl.eu
oriane.senninger@minesparis.psl.eu

MOTS CLÉS

Jumeaux numériques - HPC - Métallurgie computationnelle - Réseaux d'interfaces - Approches de suivi de front et de capture de front - Transformations à l'état solide.

PROFIL ET COMPÉTENCES

ATTENDUES

Niveau d'étude: master 2 ou diplôme d'ingénieur en Métallurgie ou Mathématiques Appliquées, avec un très bon dossier. Compétences: Modélisation Numérique, Métallurgie, compétences en anglais, capacités à travailler dans une équipe inter-disciplinaire.

DÉTAILS DU POSTE

La thèse Cifre, d'une durée de 3 ans, se déroulera au CEMEF, un laboratoire de renommée internationale de Mines Paris, en collaboration avec Dr. P. De Micheli de la société TRANSVALOR. Le/la doctorant(e) sera ainsi basé(e) à Sophia-Antipolis, sur la côte d'Azur. Il/elle rejoindra le groupe de recherche Métallurgie, μ Structure et Rhéologie (MSR) sous la supervision de Prof. M. Bernacki, Dr. M. Bignon et Dr. O. Senninger. Le salaire brut annuel est d'environ 29.4k€, auquel s'ajoute des primes par la société TRANSVALOR S.A.

[1] S. Florez, K. Alvarado, D. Pino Muñoz and M. Bernacki. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 367:113107, 2020.

[2] N. Chandrappa, M. Bernacki, *CSMA 2022*, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03717571>

[3] N. Chandrappa, M. Bernacki, *A level-set formulation to simulate diffusive solid/solid phase transformation in polycrystalline metallic materials - Application to austenite decomposition in steels*, *Computational Materials Science*, 216, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2022.111840>.

[4] M. Bernacki, *Kinetic equations and level-set approach for simulating solid-state microstructure evolutions at the mesoscopic scale: State of the art, limitations, and prospects*, *Progress in Materials Science*, 142:101224, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2023.101224>.