

## CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA THÈSE

MODÉLISATION DE LA PROPAGATION D'ONDES ULTRASONORES POUR LES MATÉRIAUX POLYCRISTALLINS - JUMENTAU NUMÉRIQUE ET VALIDATIONS EXPÉRIMENTALES DANS UN CONTEXTE DE MISE EN FORME À CHAUD.

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 compétitivités des entreprises industrielles, avec un impact économique et sociétal direct sur tous les secteurs économiques majeurs (aéronautique, nucléaire, énergies renouvelables, défense, transport...).

L'observation des caractéristiques internes pour mesurer l'évolution de la microstructure des matériaux polycristallins lors des traitements thermomécaniques implique généralement des examens 2D ex-situ complexes et destructifs après essais thermiques interrompus. Par ailleurs l'étude de certains mécanismes, comme la recristallisation post-dynamique, reste inaccessible vu l'échelle de temps en jeu ou la précision des mesures nécessaires pour les quantifier.

Dans ce contexte, les techniques de contrôle ultrasonores laser à chaud constituent une piste privilégiée pour coupler jumeaux numériques de la modélisation des évolutions de microstructures et propagation d'ondes ultrasonores dans ces milieux polycristallins et cela pour une gamme de température compatible avec les procédés de mise en forme. En effet il est connu que la diffusion des ondes ultrasonores, leurs échos et leur atténuation dans les matériaux polycristallins, peuvent être corrélés aux hétérogénéités volumiques (de premier ordre) et surfaciques comme les joints de grains (de second ordre). La construction de jumeaux numériques très précis dans l'étude du bruit mesuré à froid et à chaud est une perspective novatrice pour la calibration de mesures non destructives et la compréhension de certains mécanismes métallurgiques transitoires intervenant en mise à forme.

Dans le cadre du consortium DIGIMU piloté par MINES Paris, de grands groupes industriels (tels qu'Aperam, ArcelorMittal, Aubert&Duval, Constellium, Framatome et Safran) et le CEA, cette thèse aura pour objectif de participer au développement d'un code dédié à la modélisation de la propagation d'ondes ultrasonores sur matériaux polycristallins [1] (statistiques et réels issus de données expérimentales 2D et 3D). Ces développements seront intégrés au formalisme numérique d'évolutions de microstructures ToRealMotion dans lequel un code DG en élastodynamique est en cours de développement [1,2] comme illustré par la figure.

MINES Paris

🏠 CEMEF rue Claude Daunesse CS 10207 06904  
Sophia Antipolis, France

✉ marc.bernacki@minesparis.psl.eu

☎ +33 (0)4 93 67 89 23

## PARTENAIRES



## MOTS CLÉS

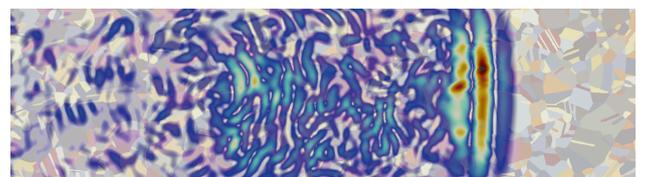
Jumeaux numériques - Métallurgie computationnelle - CND - Elastodynamique - Matériaux polycristallins - Mise en forme à chaud.

## PROFIL ET COMPÉTENCES

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

## DÉTAILS DU POSTE

La thèse en spécialité Mécanique Numérique et Matériaux, se déroulera au CEMEF, un laboratoire de renommée internationale de Mines Paris. Le/la doctorant(e) sera ainsi basé(e) à Sophia-Antipolis, sur la côte d'Azur. Il/elle rejoindra le groupe de recherche Métallurgie,  $\mu$ Structure et Rhéologie (MSR) sous la direction de Marc Bernacki. Le salaire brut annuel est de 29.7k€ avec avantages (mutuelle et tickets restaurants).



DGFE modeling of ultrasonic wave propagation in real polycrystal - PhD works of A. Talatizi [1].

- [1] A. Talatizi, M. Bernacki. *Simulation of ultrasonic wave propagation in polycrystalline materials*. In ICTP 2023 - 14th International Conference on the Technology of Plasticity, Mandelieu, France, September 24-29 2023.
- [2] S. Florez, K. Alvarado, D. Pino Muñoz and M. Bernacki. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 367:113107, 2020.