

## PROPOSITION DE POST-DOCTORAT

**Intitulé : Simulation haute fidélité de l'évolution microstructurale à chaud des métaux par une approche couplée milieux généralisés et champ de phase**

Référence : **PDOC-MAS-2021-05**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début du contrat** : 01/01/2022

**Date limite de candidature** : 31/12/2022

**Durée** : 18 mois - **Salaire net** : environ 25 k€ annuel

**Mots clés** Milieux continus, grandes déformations, éléments finis, calculs intensifs

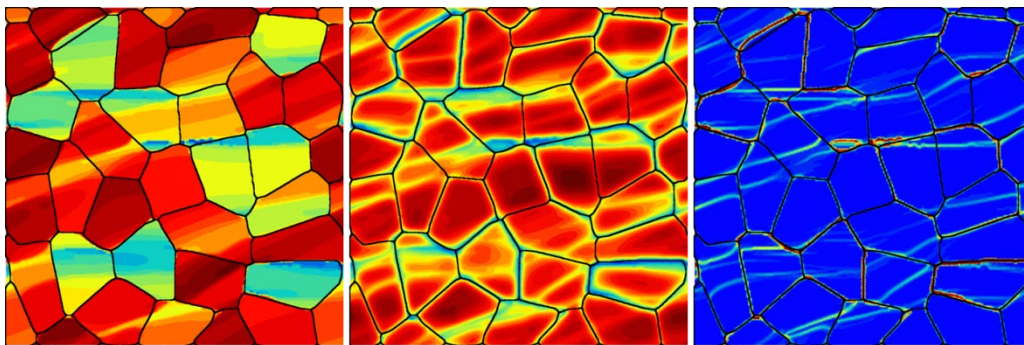
**Profil et compétences recherchées** Doctorat en mécanique des milieux continus ou mathématiques appliquées (ou éventuellement en informatique)

Bonne connaissance de la programmation (C++, Python, ...)

### Présentation du projet post-doctoral, contexte et objectif

Lors de chargements thermomécaniques, la microstructure des métaux peut subir des évolutions importantes via une combinaison de niveaux de déformations viscoplastiques élevés, de germination de nouveaux grains, d'apparition de sous-joints de grains ou de migration des joints de grains. Anticiper ces évolutions est essentiel pour maîtriser les propriétés mécaniques du matériau qui peuvent être modifiées de manière significative par le traitement. Proposer un modèle cohérent à l'échelle des grains (quelques microns), tenant compte de tous ces phénomènes est une tâche complexe et les simulations associées présentent un coût de calcul élevé.

Récemment, (A. Ask et al. 2018, 2019, 2020) a proposé un modèle qui peut prendre en compte l'évolution de la microstructure pendant par exemple le recuit d'une tôle laminée ou même pendant le formage à chaud en combinant la plasticité cristalline avec une méthode de champ de phase. La plasticité cristalline se fonde sur un continuum de Cosserat. La dynamique du champ de phase introduit des interfaces diffuses et mobiles pour prendre en compte la migration des joints de grains. Ce modèle prometteur est pour le moment limité aux cas 2D en petites perturbations (voici l'illustration ci-dessous). Le premier objectif du post-doctorant sera d'étendre ce modèle aux cas 3D en grandes déformations.



Microstructure qui a subi un chargement thermomécanique et où on peut observer l'apparition de sous-joints de grains, ainsi que des sites de germination. De gauche à droite : Orientation cristalline, paramètre champs-de-phase, courbure du réseau cristallin.

Une fois le modèle développé et validé, le post-doctorant réalisera des simulations haute fidélité de traitements thermomécaniques. Ces simulations auront un coût de calcul très élevé, à cause de la complexité du modèle et la finesse des maillages éléments finis nécessaires pour décrire précisément la microstructure et son évolution. Pour cela, le post-doctorant devra prendre en main les méthodes de calcul haute performances développées depuis plusieurs années à l'Onera dans le solveur éléments finis Z-set (<http://www.zset-software.com>). La performance de ces méthodes, et notamment celles du solveur AMPFETI (C. Bovet et al. 2017, 2021), ont été démontrées jusqu'à des simulations comportant 500 millions

d'inconnues et 10 000 cœurs en parallèle. Le second objectif du post-doctorant sera d'exploiter ces outils avancés pour simuler et comprendre les mécanismes pilotant l'évolution microstructurale à chaud des métaux.

Le projet s'inscrit dans l'ANR JCJC MOOMIN qui rassemble le département matériaux et structure de l'Onera, le Centre de matériaux de l'école des Mines de Paris, et le LSPM de l'université Paris 13. Le chercheur postdoctoral travaillera avec le logiciel d'éléments finis Z-set codéveloppé par l'ONERA et l'École des Mines de Paris.

#### **Collaborations extérieures**

[École des Mines de Paris](#)

#### **Laboratoire d'accueil à l'ONERA**

Département : MAS/DMAS/M3S et MAS/DMAS/MS2

Lieu (centre ONERA) : Châtillon

**Contact** : Anna Ask, Christophe Bovet

Tél. : 0146734680      Email : [anna.ask@onera.fr](mailto:anna.ask@onera.fr), [christophe.bovet@onera.fr](mailto:christophe.bovet@onera.fr)

|