

Offre de Postdoc 2025- CEMEF

Apprentissage profond pour la modélisation des couplages thermodynamiques en fabrication additive

Date de démarrage : Janvier 2025

Gildas Guillemot, David Ryckelynck, Charles-André Gandin

La prise en compte des couplages thermodynamiques est essentielle dans la modélisation des transformations de la matière intervenant dans les procédés de fabrication. Ils sont cependant parfois lourds à mettre en œuvre à l'échelle des modèles éléments finis des procédés, justifiant le développement de techniques de substitution.

Les modules de métallurgie physique développés dans PhysalurgY (PY <https://physalurgy.cemef.mines-paristech.fr/>) sont couplés avec la méthode CALPHAD (CALculation of PHase Diagram) accessible via des bases de données de thermodynamiques. A ce titre, ils offrent une description multicomposée des phases trouvées dans les alliages industriels. Les cinétiques de transformation de la matière sont calculées et doivent servir d'entrée aux simulations de mise en forme des procédés par la méthode des éléments finis.

Jusqu'ici, l'optimisation des appels à la méthode CALPHAD était traitée par construction de tabulations multichamps issues de PhysalurgY, atteignant une bonne précision moyennant un pas de tabulation suffisamment réduit. Cependant, la lourdeur des tabulations, notamment due au nombre de champs pris en entrée et déduits en sortie, ainsi que les interpolations multidimensionnelles, limitent l'exercice.

Nous proposons de développer un module de réseau de neurones pour la librairie PhysalurgY (PY\ANNE) qui exploite les avancées récentes en apprentissage profond [1, 2]. Il devra être assez versatile pour désigner des champs d'entrée et de sortie fonctions du module de métallurgie physique. La première application visée sera la précipitation à l'état solide (module PY\PREC) [3]. La thèse de Ducottet vise à simuler la précipitation pour un chemin thermique caractéristique de la fabrication additive par fusion laser sur lit de poudre [4]. L'évolution métallurgique doit prendre en entrée une histoire thermique issue d'un calcul du logiciel éléments finis FusalurgY (FY) dénommé MACRO-PBF [5]. L'utilisation du réseau de neurone PY\ANNE permettra une intégration directe de PY\PREC dans FY\MACRO-PBF. La combinaison des modules PY\PREC et PY\ANNE pourrait être utile pour les couplages avec d'autres logiciels de modélisation des procédés tels que FORGE ou THERCAST.

Compétences attendues : programmation python, notions d'apprentissage supervisé et de métallurgie

Lieu : Mines PARIS PSL, CEMEF, Sophia Antipolis

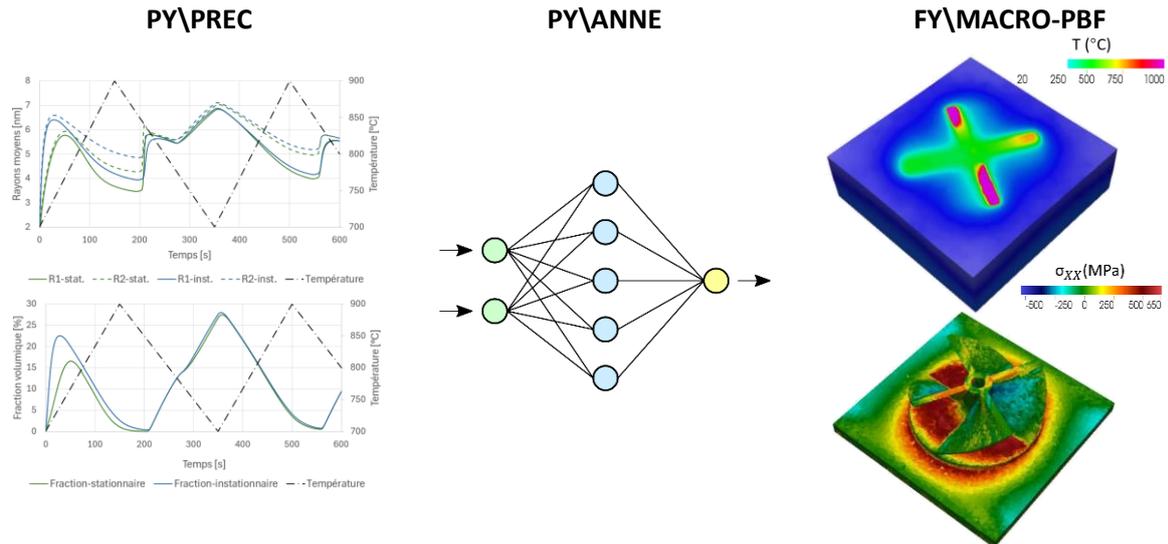
Salaire : 2950 euros brut

Encadrants :

Charles-André GANDIN (charles-andre.gandin@minesparis.psl.eu)

Gildas GUILLEMOT (gildas.guillemot@minesparis.psl.eu)

David RYCKELYNCK (david.ryckelynck@minesparis.psl.eu)



- [1] D. Marchand, A. Jain, A. Glensk, and W. A. Curtin, *Machine learning for metallurgy I. A neural-network potential for Al-Cu*, Physical Review Materials 4 (2020) 103601.
- [2] C. Capdevila, F.G. Caballero, C. García De Andrés, *Determination of Ms temperature in steels: A Bayesian neural network model*, 42 (2002) 894.
- [3] G. Guillemot, Ch.-A. Gandin, *An analytical model with interaction between species for growth and dissolution of precipitates*, Acta Materialia 134 (2017) 375.
- [4] S. Ducottet, *Modélisation numérique du traitement thermique et de la précipitation à l'état solide en fabrication additive dans les superalliages base nickel*, PhD project, 1st year report (2024).
- [5] Y. Zhang, Ch.-A. Gandin, M. Bellet, *Finite Element Modeling of Powder Bed Fusion at Part Scale by a Super-Layer Deposition Method Based on Level Set and Mesh Adaptation*, 144 (2022) 051001-1.

Pour postuler : Le dépôt de votre candidature se fait en ligne uniquement en remplissant le formulaire CEMEF en ligne sur : <https://applyfor.cemef.mines-paristech.fr/postdoctoral/>