

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DMAS-2027-25**

(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Châtillon

Département/Dir./Serv. : DMAS/LEM

Tél. : 01 46 73 45 94

Email : Mathieu.Fevre@onera.fr

Responsable(s) du stage : Mathieu Fèvre, Yann

Yann.Lebouar@onera.fr

Le Bouar, Alphonse Finel

Alphonse.Finel@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Physique des matériaux métalliques : microstructure, plasticité, thermodynamique

Type de stage : ☒ Fin d'études bac+5 ☒ Master 2 ☐ Bac+2 à bac+4 ☐ Autres

Intitulé : Développement d'une approche spectrale sur grille non régulière pour le calcul de la réponse mécanique de matériaux hétérogènes

Sujet : Les matériaux sont toujours le siège de champs de contraintes hétérogènes générés par les contrastes élastiques de leurs constituants (inclusions, porosités, dislocations, fissures). Le calcul de la réponse mécanique globale de ces matériaux nécessite donc l'emploi de techniques d'homogénéisation. Parmi les différentes techniques numériques disponibles, les méthodes basées sur des transformées de Fourier (méthodes spectrales) initiées à la fin des années 90 ont, au cours des deux dernières décennies, gagné une popularité croissante en raison de leur simplicité d'emploi et de leur efficacité numérique liée à l'utilisation de transformées de Fourier rapides.

La plupart des solveurs FFT (Fast Fourier Transform) aujourd'hui proposés souffrent cependant de certaines difficultés mathématiques, en particulier quand les contrastes élastiques entre les constituants du matériau sont importants (oscillations spatiales parasites, convergence très lente des algorithmes de résolution). Récemment, nous avons développé une nouvelle méthode spectrale simple, rapide et robuste qui, par construction, est automatiquement exempt de tout phénomène non physique et converge rapidement, même en présence de contrastes élastiques infinis [1]. La méthode s'applique à la micromécanique mais elle peut être également transposée de façon simple à d'autres champs d'application comme l'électrocinétique ou le multiferroïsme.

Cependant, comme tous les solveurs spectraux, notre solveur reste formulé sur une grille régulière, ce qui génère des effets de voxelisation quand les interfaces ne sont pas conformes à la grille. L'objectif de ce projet de recherche est de palier à ce dernier inconvénient en intégrant au formalisme la possibilité d'utiliser une grille déformée localement par une métrique inhomogène judicieusement choisie. Cette amélioration devra permettre de traiter avec précision des interfaces internes mais aussi des surfaces externes de géométrie quelconque.

Durant le stage, le candidat devra adapter à l'utilisation d'une grille non régulière la méthode de résolution de l'équilibre mécanique actuellement implémentée dans notre solveur FFT. La démarche comportera 4 étapes :

1. Comprendre les différentes stratégies discutées dans la littérature ;
2. Proposer une méthodologie simple et générale pour définir une grille inhomogène qui s'adapte le plus fidèlement possible à des interfaces internes et des surfaces externes de formes quelconques ;
3. Adapter notre code de calcul à une résolution de l'équilibre mécanique sur grille non régulière ;
4. Tester les performances de la nouvelle méthode sur des cas tests et des cas d'applications (matériaux contenant différentes phases, des pores ou des fissures...).

Références : [1] A. Finel, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 436 (2025) 117703.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non	
Méthodes à mettre en oeuvre :	
☒ Recherche théorique	☐ Travail de synthèse
☒ Recherche appliquée	☒ Travail de documentation
☐ Recherche expérimentale	☐ Participation à une réalisation
Possibilité de prolongation en thèse : Oui	
Durée du stage : Minimum : 4 mois Maximum : 6 mois Période souhaitée : à partir de février 2027	
PROFIL DU STAGIAIRE	
Connaissances et niveau requis : Physique du solide, science des matériaux. Méthodes numériques	Ecoles ou établissements souhaités : Ecoles d'ingénieur, Master Science des matériaux, Mathématiques appliqués, Méthodes numériques