

Proposition de sujet de stage de fin d'études ingénieur / M2 (6 mois)

Accélération des prédictions pour les calculs en champs complet en plasticité cristalline

Contact : sebastien.meunier@edf.fr et maxime.mollens@edf.fr

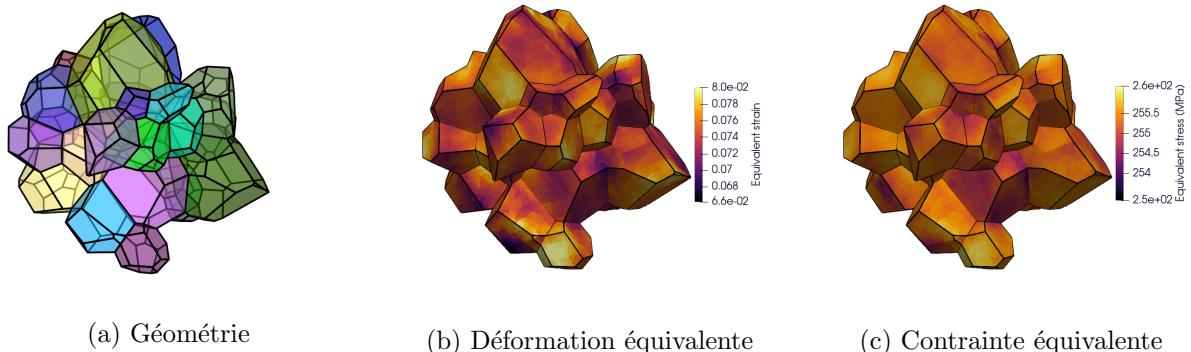


FIGURE 1 – Exemple de calcul d'agrégat en plasticité cristalline soumis à une déformation macroscopique imposée.

Pour la fabrication des Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) du parc français et les programmes nucléaires futurs, EDF emploie de multiples alliages métalliques adaptés à un environnement et des contraintes strictes. Ils varient dans leur composition chimique mais aussi dans leur procédé de fabrication. Il en résulte des microstructures diverses et un large spectre de propriétés mécaniques même au sein d'un unique composant. La simulation numérique offre un moyen puissant de maîtriser cette diversité en faisant le lien entre la composition chimique, la fabrication et les propriétés mécaniques.

Une partie de cette simulation consiste à calculer explicitement la réponse mécanique d'un volume de microstructure à une échelle mésoscopique (voir Figure 1) où la description des caractéristiques métallurgiques pertinentes est implémentée : une description géométrique de la microstructure (1) et le comportement mécanique d'un monocristal dans un formalisme adapté (2). Ces calculs constituent une des étapes les moins performantes et difficiles à mettre en œuvre d'une étude. En effet, ils sont coûteux en ressources numériques et présentent des difficultés intrinsèques. Afin de pouvoir généraliser l'utilisation de ces calculs, des travaux au sein de l'équipe mécanique de la R&D d'EDF ont été engagés. Ils visent notamment à proposer des méthodes de réduction de modèle afin de faciliter les transitions d'échelles avec les calculs de structure (3).

Objectifs

- Contribuer à l'amélioration de la performance des calculs éléments finis de volumes élémentaires en plasticité cristalline (amélioration du solveur de la loi de comportement, optimisation du maillage, paramétrisation du solveur éléments finis).
- Mettre en place une approche de réduction de modèle sur un cas simple pour de futurs développements qui utiliseront les méthodes basées sur les réseaux de neurones.

Démarche

- Prendre en main l'approche de simulation d'un volume élémentaire en plasticité cristalline.
- Étudier l'impact des choix de modélisation sur les grandeurs d'intérêt.
- Mettre en place la réduction de modèle avec les outils existants.
- Proposer des pistes d'améliorations sur la base des résultats obtenus.

En fonction de l'avancée, il est aussi envisagé de comparer les éléments finis aux solveurs “FFT” (4) et de quantifier les erreurs de modèle en comparant les champs calculés à des mesures expérimentales.

Profil recherché

En dernière année d'école d'ingénieur ou équivalent M2, le ou la candidate possédera de solides connaissances en méthodes mathématiques et numériques pour la mécanique. Une aisance rédactionnelle ainsi qu'une capacité d'initiative sont indispensables. Une suite en thèse (au CERMICS, laboratoire de l'ENPC) sur ce sujet de recherche étant envisagée, un intérêt pour la recherche industrielle est également souhaité.

Durée du stage : 6 mois (début février / mars 2026).

Rémunération : environ 1400 € bruts + aide au logement possible.

Tuteurs académiques : Virginie Ehrlacher (virginie.ehrlacher@enpc.fr), Alexandre Ern (alexandre.ern@enpc.fr).

Références

1. R. QUEY, P. DAWSON, F. BARBE, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* **200**, 1729-1745, ISSN : 0045-7825, (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004578251100003X>) (2011).
2. R. J. ASARO, *Journal of Applied Mechanics* **50**, 921-934, ISSN : 0021-8936, eprint : https://asmedigitalcollection.asme.org/appliedmechanics/article-pdf/50/4b/921/6362915/921_1.pdf, (<https://doi.org/10.1115/1.3167205>) (déc. 1983).
3. J. LABAT, R. LARGENTON, J.-C. MICHEL, *Journal of Nuclear Materials* **582**, 154471 (2023).
4. S. EL SHAWISH, P.-G. VINCENT, H. MOULINEC, L. CIZELJ, L. GÉLÉBART, *Journal of Nuclear Materials* **529**, 151927, ISSN : 0022-3115, (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022311519309845>) (2020).