

Progrès et perspectives sur la simulation multi-échelles reposant sur des calculs de plasticité cristalline avec Code_Aster

F. Latourte¹, A. Guery^{1,3}, Q. Shi¹, G. Cailletaud², F. Hild³, S. Roux³

1: EDF R&D, Dept. MMC, groupe T24 Mécanique des Matériaux et des Structures

2 : Centre des Matériaux, Ecole des Mines de Paris

3 : LMT Cachan

Cet exposé traite de la simulation multi-échelles de la plasticité et la rupture des matériaux utilisés pour les cuves et les internes de cuve des réacteurs à eau pressurisée. Ces approches, principalement supportées par les projets PERFECT (2004-2008), PERFORM (2008-2013) puis PERFORM2 (2013-2017), visent à établir des calculs prédictifs du comportement des matériaux irradiés. Les approches à transition d'échelles proposées visent tout d'abord à prédire par la simulation numérique les microstructures de matériaux irradiés en utilisant la dynamique moléculaire et des méthodes de Monte-Carlo. Dans un deuxième temps, d'autres approches sont proposées pour prendre en compte le couplage entre le comportement et la microstructure, en utilisant des calculs de dynamique des dislocations discrètes, des calculs par éléments finis sur des agrégats polycristallins, ou des calculs d'éprouvettes utilisées pour la mécanique de la rupture. Différentes validations de modèles et identifications de paramètres doivent alors être mises en place à chaque échelle pour garantir le succès de ce type d'approche. Les validations que nous aborderons concernent le **comportement mécanique du monocristal et du polycristal ainsi que les problématiques de transition entre ces deux échelles**. Dans ce cadre, des travaux récents ont permis d'exploiter des essais de traction dits *in-situ* réalisés dans un microscope électronique à balayage, permettant de calculer les déformations en surface de microstructure à partir des images.

Ensuite, une approche micromécanique du comportement en rupture de l'acier de cuve sera présentée. Ce type de modélisation permet de s'intéresser à l'effet de prélèvement via l'introduction d'une modélisation à deux phases de l'acier de cuve et la prise en compte d'autres hétérogénéités. D'autres perspectives sont envisagées, comme l'anisotropie du comportement en rupture, et nous donnerons quelques pistes sur les liens potentiels de ces approches micromécaniques de la rupture avec les dossiers de justification.

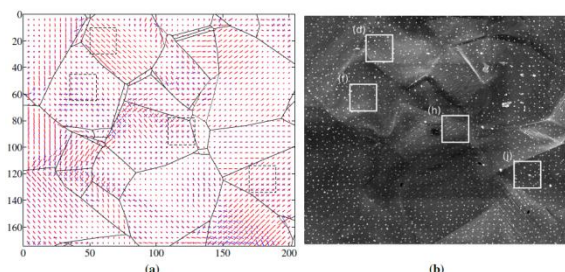


Fig. 1 : comparaison de l'activation de systèmes de glissement prédite par le calcul (à gauche) et observé expérimentalement (à droite)

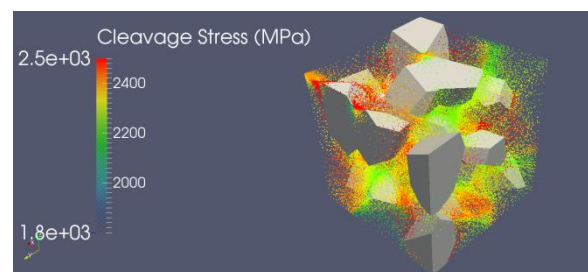


Fig. 2 : champ de contrainte dans la phase bainitique d'un agrégat contenant 25% de grains de ferrite (en gris) utilisé pour l'approche locale de la rupture