

Modélisation de la propagation d'une fissure courte en matériau ductile par couplage entre champ de phase et dynamique des dislocations

Soutenance de thèse – Luis EON

14 juin 2022 – 10h00

Salle Pierre Contensou - ONERA Châtillon

Lien visio-conférence : demande du lien d'accès auprès de luis.eon@onera.fr

Devant le jury composé de :

Stéphane BERBENNI, Directeur de Recherche, CNRS, LEM3, Metz	Rapporteur
Samuel FOREST, Directeur de Recherche, CNRS, CdM, Evry	Rapporteur
Rénauld BRENNER, Directeur de Recherche, CNRS, D'Alembert, Paris	Examinateur
Véronique DOQUET, Directrice de Recherche, CNRS, LMS, Palaiseau	Examinatrice
Lionel GELEBART, Ingénieur-Chercheur (HDR), CEA/DEN, Gif-sur-Yvette	Examinateur
Yoann GUILHEM, Maître de Conférences, LMPS, Gif-sur-Yvette	Examinateur
Riccardo GATTI, Chargé de Recherche, CNRS, LEM, Châtillon	Encadrant
Benoît APPOLAIRE, Professeur des Universités, IJL, Nancy	Directeur de thèse

Résumé

La propagation des fissures courtes dans les métaux CFC est fortement influencée par la microstructure environnante, en particulier celle engendrée par les défauts linéaires intrinsèquement présents dans le matériau, les dislocations.

Dans ce travail, nous proposons un nouveau couplage entre deux méthodes à l'échelle mésoscopique permettant d'étudier l'interaction d'une fissure mobile avec une microstructure de dislocations en trois dimensions. En premier lieu, la propagation d'une fissure est modélisée par un modèle de champ de phase. Dans cette approche, la fissure est décrite par un champ d'endommagement continu dont la propagation est pilotée par la minimisation de l'énergie libre du système, intégrant l'énergie élastique stockée dans le matériau et l'énergie de surface associée aux lèvres de la fissure. En second lieu, la microstructure de dislocations est décrite par un modèle de Dynamique des Dislocations (DD). Ce type de modèle permet en effet de simuler la déformation plastique par le mouvement des dislocations sous chargement externe.

Pour réaliser le couplage, nous avons utilisé l'approche dite MDC (Modèle Discret-Continu) où les dislocations sont représentées par des champs (*eigenstrain* ou tenseur de Nye) dans un solveur élastique. Pour des raisons d'efficacité, nous avons utilisé des solveurs à base de transformées de Fourier rapides (FFT). L'utilisation de schémas de discrétisation particuliers nous ont permis de minimiser l'étalement des cœurs de dislocation, adopté généralement dans les approches MDC. Nous avons étudié les différents schémas en identifiant leurs performances en terme de qualité des champs prédits. Par ailleurs, nous avons porté une attention particulière à l'optimisation de l'implémentation en recourant à la parallélisation de nos algorithmes.

Grâce à ce nouveau couplage, nous avons pu étudier l'écrantage élastique sur la propagation de fissure suivant la nature des systèmes de glissement et la densité de dislocations présentes, mais également des phénomènes et d'ingrédients rarement pris en compte comme le glissement dévié des dislocations proches du front de fissure ou encore le nombre de sources environnantes.

Cette méthode mésoscopique constitue une avancée pour l'analyse fine des mécanismes physiques contrôlant les premiers stades de la rupture des matériaux métalliques.

Mots clés : Fissure, Plasticité, Modélisation multi-physique, Dynamique des Dislocations, Champ de phase