

Modélisation multi-physique de la propagation d'une fissure courte dans un matériau ductile sollicité en fatigue

L. Eon^a, R. Gatti^a, B. Appolaire^b, B. Devincré^a

a. LEM UMR 104, ONERA-CNRS - luis.eon@onera.fr

b. Institut Jean Lamour, Université de Lorraine

MOTS CLES : fissure courte, fatigue, dynamique des dislocations, champ de phase

RESUME

La rupture par fatigue des matériaux cristallins ductiles comme les métaux CFC résulte de la propagation d'une fissure sous chargements cycliques. La modélisation de ce phénomène est importante pour prédire la durée de vie de nombreux matériaux de structure en condition de sollicitations réelles et ainsi éviter des événements catastrophiques.

Pour mieux comprendre ce phénomène, nous voulons étudier les premiers stades de propagation d'une fissure courte dans un matériau ductile en sollicitation cyclique. L'interaction entre fissure et zone plastique est un des principaux facteurs intervenant dans la propagation d'une fissure courte. L'intérêt se porte alors sur l'étude des propriétés dynamiques des dislocations en présence du champ élastique singulier induit par une pointe de fissure et plus particulièrement de leurs interactions avec les lèvres de la fissure, qui constituent des surfaces libres. Pour modéliser précisément ces phénomènes complexes, des simulations de dynamique des dislocations (DD) sont utilisées. Cependant, le problème de la fissure ne peut pas être étudié avec les méthodes de simulation conventionnelles de la DD puisque celles-ci reposent sur des formules analytiques de calcul de contraintes en milieu élastique isotrope infini. Pour tenir compte des conditions limites que la fissure fait intervenir, les équations d'équilibre mécanique doivent être calculées numériquement, à l'aide d'un solveur élastique. Le Modèle Discret-Continu (MDC) développé depuis plusieurs années au LEM [1] repose sur ce principe et établit un couplage entre la DD et un solveur Eléments Finis (EF). Dans le cadre d'une première étude réalisée par L. Korzeczek [2], le MDC a déjà été appliqué au cas d'une fissure courte statique sous traction monotone et a permis d'aboutir à une représentation 3D exacte de l'interaction entre dislocations et fissure. Ces travaux ont aussi montré que l'utilisation d'un solveur élastique EF est un facteur limitant pour aborder des phénomènes physiques faisant intervenir un très grand nombre de dislocations ou des déformations plastiques cumulées importantes.

L'objectif du présent sujet de thèse est de repartir des travaux de L. Korzeczek pour modéliser une fissure mobile en utilisant un solveur plus performant. Il s'agit donc dans un premier temps d'interfacer le MDC avec un solveur élastique FFT massivement parallèle puis d'établir un couplage fort entre le MDC et un modèle de champ de phase en charge de la propagation de la fissure. Ce couplage constituera une avancée majeure pour l'analyse des mécanismes élémentaires contrôlant les premiers stades de la rupture des matériaux ductiles.

REFERENCES

- [1] O. Jamond, R. Gatti, A. Roos, B. Devincré, « Consistent formulation for the Discrete-Continuous Model: Improving complex dislocation dynamics simulations », *International Journal of Plasticity*, 80:19– 37, 5, 2016
- [2] L. Korzeczek, « Modélisation mésoscopique en 3D par le Modèle Discret-Continu de la stabilité des fissures courtes dans les métaux CFC », Thèse, Université Paris-Saclay, 2017