Méthodes de propagation de fissures : approches numériques, applications

F. Feyel, ONERA

V. Chiaruttini, ONERA

La prédiction de la tenue des pièces sollicitées en fatigue repose sur le développement d'approches fiables pour la simulation des phénomènes de propagation de fissure. En général, les modèles de propagation utilisent des lois de type Paris [1] et l'avancée du front est obtenue après une intégration menée à l'aide de schémas explicites (en utilisant les facteurs d'intensité de contraintes calculés au niveau du front de fissure).
L'objet de ce travail est de développer une méthode numérique implicite de propagation de fissure pour les structures sollicitées en fatigue. Cette approche, basée sur le modèle développé à l'Onera pour la simulation du délaminage en chargements monotones quasi-statiques [2], a été adaptée au suivi de l'avancée d'un front de fissure obéissant à la loi de Paris.
La méthode repose sur une nouvelle écriture de l'énergie de rupture de telle sorte que la solution d'un problème de propagation quasi-statique (assurant l'énergie mécanique minimale) conduise à la vérification de la loi de Paris. En pratique, cela revient à retourner la loi pour obtenir une expression du taux de restitution d'énergie critique comparable à un critère de Griffith. L'algorithme utilise la méthode énergétique G-q [3] : une transformation virtuelle de la structure dans la zone fissurée est introduite pour écrire des dérivations par rapport à la transformation. En effectuant le calcul des deux premières dérivées des énergies potentielle et de rupture, il est possible de résoudre le problème de propagation quasi-statique à l'aide d'une méthode de Newton avec une intégration implicite de la loi de Paris.
La méthode a été mise en oeuvre au sein du code de calcul éléments finis codéveloppé par l'Onera (ZeBuLoN) et validée sur un problème de propagation au sein d'une éprouvette DCB. La comparaison avec la solution analytique et les méthodes de propagation explicites usuelles est présentée ainsi que des résultats obtenus sur des simulations numériques plus complexes.

Références

[1] P. Paris, F. Erdogan, *A critical analysis of crack propagation laws.* Journal of Basic Engineering 85 (1963), 528-534.

[2] Y. Ousset, *Numerical simulation of delamination growth in layered composite plates.* Eur. J. Mech. A/Solids 18 (1999) 291-312.

[3] Ph. Destuynder, M. Djaoua, S. Lescure, *Quelques remarques sur la mécanique de la rupture élastique,* Journal de Mécanique Théorique et Appliquée, 2 (1983) 113-135.

F. Feyel, 29, Avenue de la Division Leclerc F-92322 Châtillon
feyel@onera.fr
V. Chiaruttini, 29, Avenue de la Division Leclerc F-92322 Châtillon
vincent.chiaruttini@onera.fr