

# **Influence d'un gradient de microstructure sur la propagation de fissure dans les essieux ferroviaires**

Mohamed amine FAHAM<sup>1,a</sup>, Jean-François WITZ<sup>1</sup>, Amina TANDJAOUI<sup>1</sup>, Jérôme HOSDEZ<sup>1</sup> et Nathalie LIMODIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univ. Lille, CNRS, Centrale Lille, UMR 9013 – LaMcube – Laboratoire de Mécanique, Multiphysique, Multiéchelle, F-59000 Lille, France

## **Points d'intérêt.**

- Réalisation d'essais à amplitude de facteur d'intensité de contrainte constante.
- Ralentissement local de la fissure lié aux bifurcations et multibranchements de la fissure.
- La taille des constituants microstructuraux affecte la vitesse de propagation de la fissure.

## **1 Résumé étendu**

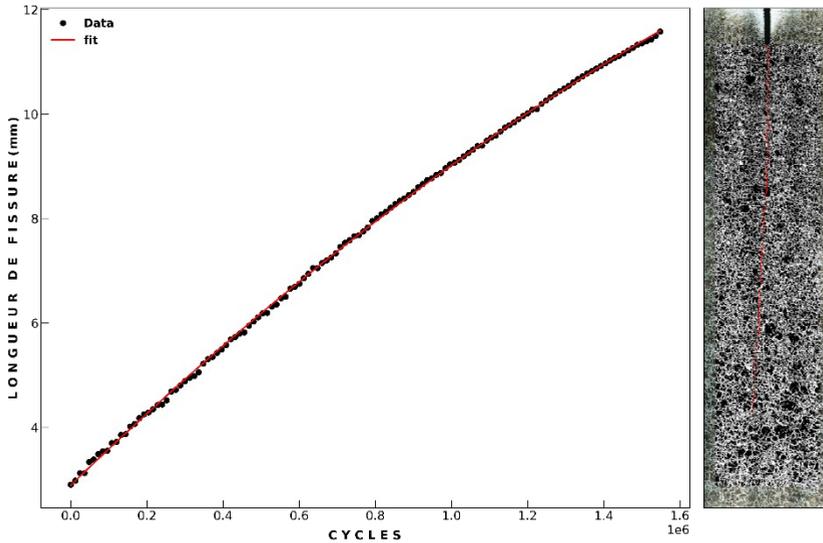
L'étude de la propagation de fissure dans les composants ferroviaires, notamment les essieux, revêt une grande importance. Les aciers ferrito-perlitiques utilisés pour la fabrication de ces composants ferroviaires peuvent avoir une microstructure différente de la surface du composant au cœur, ce qui nous amène à étudier l'influence d'un gradient de microstructure sur la propagation des fissures. Une méthode d'essai à amplitude de facteur d'intensité de contrainte  $\Delta K$  constante est utilisée afin de maintenir les conditions expérimentales aussi constantes que possible dans le but d'étudier l'effet d'une seule variable, la microstructure, sur la propagation d'une fissure en fatigue[1].

L'éprouvette utilisée est de type SENT à entaille latérale et présente un gradient de taille de microstructure sur toute sa largeur. Cette étude se base sur les principes de la mécanique de la rupture, la corrélation d'images numériques (CIN) et la méthode des éléments finis (MEF) pour évaluer la longueur de fissure, le facteur d'intensité de contrainte (FIC) et la zone plastique en pointe de fissure.

Les moyens expérimentaux présents au laboratoire nous permettent de réaliser des essais à  $\Delta K$  constant grâce à la technique du "Load shedding"[2] où le chargement est adapté en fonction de la longueur de fissure afin de maintenir  $\Delta K$  aussi constant que possible, des formules analytiques existent et permettent de relier la longueur de fissure au FIC[3]. L'utilisation de cette technique nécessite de mettre en place une chaîne d'asservissement de la machine d'essai contrôlée par un moyen de mesure en temps réel de la longueur de fissure, en l'occurrence la technique de suivi électrique de la longueur de fissure "DCPD" [4, 5].

Un essai à  $\Delta K$  constant doit conduire à l'obtention d'une courbe de longueur de fissure en fonction du nombre de cycles qui, théoriquement, doit être linéaire en présence de microstructure homogène, ce qui n'est pas le cas pour l'essai réalisé sur éprouvette prélevée en surface de l'essieu présentant un gradient de microstructure (Figure 1). La variation de la vitesse de propagation de fissure a été étudiée en fonction des pourcentages de ferrite et de perlite, de la taille des nodules de perlite et des grains de ferrite proeutectoïde, des branchements et bifurcations de la fissure sur plusieurs zones tout au long du chemin de propagation.

Les bifurcations et multibranchements de la fissure mènent à une baisse de la vitesse de propagation localement. La variation des pourcentages de ferrite et de perlite et de leurs tailles respectives affecte aussi cette vitesse de propagation. En effet, l'interface ferrite-perlite joue le rôle de barrière vis-à-vis de la propagation de la fissure, et plusieurs bifurcations ont lieu dans les nodules de perlites, ce qui explique le freinage de la fissure localement dans ces régions. De plus, il s'est avéré que la trajectoire de la fissure influe aussi sur la vitesse de propagation.



**Figure 1.** Longueur de fissure en fonction du nombre de cycles pour un essai à amplitude de FIC constante (gauche) et microstructure étudiée (droite)

## Références

1. Zheng, Z., Powell, B.E., Byrne, J. and Hussey, I.W. (1999), The characterization of fatigue crack growth behaviour by constant  $\Delta K$  control testing. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 22: 383-392.
2. Xu, T. and Bea, R. (1997) "Load shedding of fatigue fracture in ship structures," *Marine Structures*, 10(1), pp. 49–80.
3. Tada, H., Paris, P.C. and Irwin, G.R. (2000) "The stress analysis of Cracks Handbook, third edition."
4. Doremus, L. et al. (2015) "Calibration of the potential drop method for monitoring small crack growth from surface anomalies – crack front marking technique and finite element simulations," *International Journal of Fatigue*, 70, pp. 178–185.
5. Hartman, G.A. and Johnson, D.A. (1987) "D-C electric-potential method applied to thermal/mechanical fatigue crack growth," *Experimental Mechanics*, 27(1), pp. 106–112.