



**HAL**  
open science

# Stabilité de la méthode de la distance critique pour prédire l'amorçage de fissure en fretting : influence de la microstructure et de la taille d'amorçage

Hugo Lannay, Siegfried Fouvry, Bruno Berthel, Camille Gandiolle, Jan Neggers

## ► To cite this version:

Hugo Lannay, Siegfried Fouvry, Bruno Berthel, Camille Gandiolle, Jan Neggers. Stabilité de la méthode de la distance critique pour prédire l'amorçage de fissure en fretting : influence de la microstructure et de la taille d'amorçage. 39èmes Journées de Printemps 2023 de la Société Française de Métallurgie et de Matériaux (SF2M), SF2M, May 2023, Paris, France. hal-04238947

**HAL Id: hal-04238947**

**<https://hal.science/hal-04238947>**

Submitted on 12 Oct 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Stabilité de la méthode de la distance critique pour prédire l'amorçage de fissure en fretting : influence de la microstructure et de la taille d'amorçage

Hugo Lannay<sup>1,a</sup>, Siegfried Fouvry<sup>1</sup>, Bruno Berthel<sup>1</sup>, Camille Gandiolle<sup>2</sup> et Jan Neggers<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Tribology et Dynamique des Systèmes, Ecole Centrale de Lyon, 36 avenue Guy de Collongue, 69134 Ecully, France

<sup>2</sup> Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, ENS Paris-Saclay, CNRS, LMPS – Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay, 91190 Gif-sur-Yvette, France

### Points d'intérêt.

- Influence de la taille de grain sur les propriétés de fatigue et de fretting
- Obtention des propriétés d'arrêt de fissuration par simulation éléments finis
- Dépendance de la distance critique à la longueur d'amorçage

## Résumé étendu

Les phénomènes de fretting et de fatigue sont des problématiques qui peuvent être observées dans diverses applications industrielles et qui sont à l'origine de dommages importants au sein de pièces métalliques allant de la fissuration à la rupture complète du matériau. D'une part, le fretting induit une concentration de contraintes importante sous le contact ce qui mène à l'amorçage de fissures. D'autre part, le chargement de fatigue ouvre la fissure ce qui peut entraîner la rupture du matériau. Ces deux phénomènes – et surtout la combinaison des deux (fretting-fatigue) – sont donc primordiaux à prendre en compte dans la conception de pièces métalliques.

En ce sens, il existe des critères de fatigue multiaxiale permettant la prédiction du risque d'amorçage de fissures. Néanmoins, la forte concentration de contraintes sous le contact induite par le fretting entraîne une surestimation de ce risque. Pour pallier cette erreur, il existe plusieurs approches, notamment la méthode non-locale de la distance critique telle que proposée par Taylor [1].

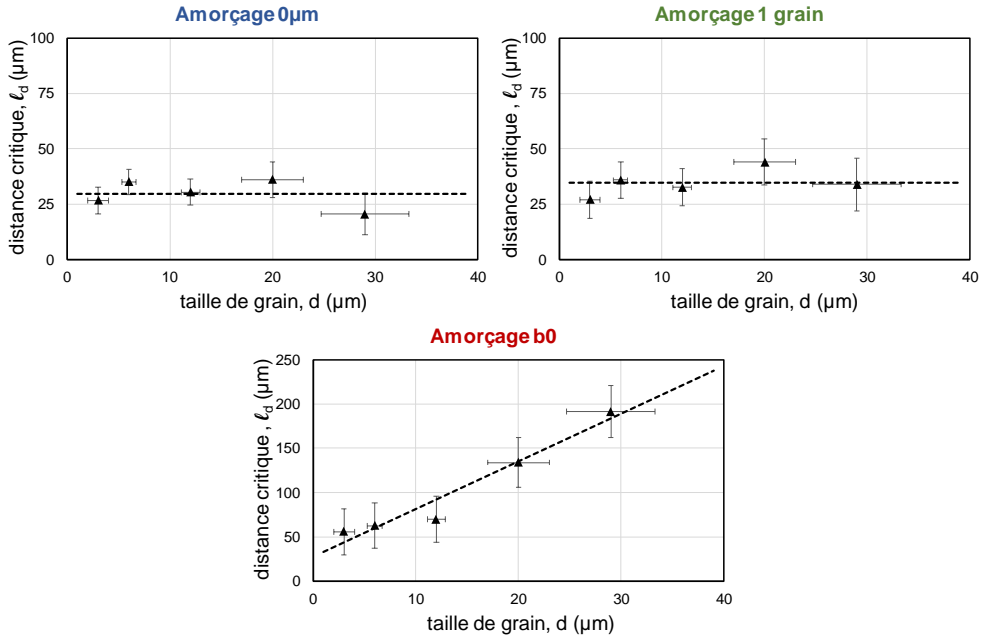
De plus, afin d'obtenir des prédictions plus fiables de durée de vie sous chargement de fretting-fatigue, il est important de comprendre le processus de fissuration et notamment de s'interroger sur la longueur critique d'amorçage qui doit être prise en compte. Cependant, il n'y a aucun consensus dans la littérature sur cette question de la taille d'amorçage à considérer (premier défaut, taille de grain, paramètre d'El Haddad [2], ...).

L'objectif de cette étude est donc de comprendre le lien entre l'amorçage en fretting simple et la microstructure afin de résoudre cette problématique. Dans ce but, des essais de fretting simple cylindre/plan ont été réalisés pour tracer l'évolution de la longueur projetée de fissures en fonction de l'amplitude de la force tangentielle imposée pour différentes tailles de grain d'un même acier C35. Grâce à ces données, il est possible d'estimer une longueur d'amorçage  $b_{CN}$  pour différentes tailles de grain et pour différentes hypothèses d'amorçage ( $0\mu\text{m}$ , taille de grain  $d$ , transition fissures courtes/longues  $b_0$ )

---

<sup>a</sup> Auteur assurant la présentation : hugo.lannay@ec-lyon.fr

En utilisant ces valeurs d'amorçage et les caractéristiques mécaniques des différents matériaux (module d'Young, limite élastique, limite de fatigue, ...) dans une simulation FEM, on peut déterminer la distance critique  $\ell_d$ . Ces valeurs sont calculées par méthode inverse pour le critère de fatigue multiaxiale SWT [3]. On peut ainsi observer l'évolution de la distance critique en fonction de la taille de grain pour trois hypothèses de longueur d'amorçage (Figure 1).



**Figure 1.** Distance critique en fonction de la taille de grain pour différentes longueurs d'amorçage (acier C35)

Deux tendances peuvent être observées pour l'évolution de la distance critique en fonction de la taille de grain :

- Une première dans le cas d'une longueur d'amorçage faible ( $b_{CN}=0\mu\text{m}$  et  $b_{CN}=d$ ) où la distance critique est stable peu importe la microstructure. Cette tendance va dans le sens de plusieurs études qui considèrent une distance critique unique [4,5] ;
- Une seconde pour une longueur d'amorçage plus grande ( $b_{CN}=b_0$ ) pour laquelle la distance critique augmente de façon linéaire avec la taille de grain, ce qui tend à corroborer l'approximation de Taylor qui affirme que  $\ell_d=0.5b_0$  [6].

## Références

1. Taylor, D. The theory of critical distances. Eng. Fract. Mech. 75, 1696–1705 (2008)
2. El Haddad, M. H., Topper, T. H. & Smith, K. N. Prediction of non propagating cracks. Eng. Fract. Mech. 11, 573–584 (1979)
3. Smith, K.N., Topper, T.H., Watson, P. A stress-strain function for the fatigue of metals (stress-strain function for metal fatigue including mean stress effect). J Mater. 5, 767–778 (1970)
4. Amargier, R., Fouvry, S., Chambon, L., Schwob, C. & Poupon, C. Stress gradient effect on crack initiation in fretting using a multiaxial fatigue framework. Int. J. Fatigue 32, 1904–1912 (2010)
5. McCarthy, O. J., McGarry, J. P. & Leen, S. B. A finite element study of microstructure-sensitive plasticity and crack nucleation in fretting. Comput. Mater. Sci. 50, 2439–2458 (2011)
6. Taylor, D. Geometrical effects in fatigue: a unifying theoretical model. Int. J. Fatigue 21, 413–420 (1999)