

## Modélisation de la durée de vie en fretting fatigue, du glissement partiel au glissement total : effet du lit de débris.

P. Arnaud<sup>1</sup>, S. Fouvry<sup>1</sup>, S. Garcin<sup>1</sup>

1. LTDS, Ecole Centrale de Lyon, Ecully, France

### MOTS CLES

fretting fatigue ; usure ; lit de débris ; fissuration ; simulation éléments finis.

### INTRODUCTION

Les assemblages, soumis à des vibrations, font apparaître des sollicitations de type fretting et fretting fatigue. Dans certaines applications, comme les contacts aube/disque, la sécurité et la fiabilité constituent un enjeu de première importance. C'est pourquoi la compréhension des mécanismes complexes, qui entrent en jeu dans les processus de dégradations, est indispensable pour mieux concevoir les systèmes. Le fretting est une sollicitation de frottement caractérisée par de micro-mouvements alternatifs. Cette sollicitation tribologique peut se trouver dans un état de glissement partiel, le contact possède à la fois des zones glissantes et collées et génère principalement de l'amorçage. Un état de glissement total est décrit par un contact totalement glissant. Ainsi, une grande quantité d'énergie est dissipée à l'interface, l'usure devient l'endommagement principal. La fatigue propage les fissures amorcées par le fretting. Ainsi, la sollicitation couplée de fretting fatigue peut considérablement réduire la durée de vie des systèmes mécaniques [1]. En glissement partiel, la force tangentielle augmente avec l'amplitude de débattement ce qui augmente le risque d'amorçage et réduit la durée de vie. Une fois en glissement total, l'usure apparaît et entre en compétition avec la fissuration. En effet, l'usure diminue le risque d'amorçage et également de propagation en fretting fatigue. Ceci est dû à la diminution des contraintes par l'élargissement du contact et à l'enlèvement de la matière sollicitée qui serait prête à amorcer. En outre, l'usure étant dépendante du glissement, plus l'amplitude de glissement est importante, plus l'usure l'est également et donc le risque d'amorçage est moins présent.

### Durée de vie en fretting fatigue

Dans un premier temps, ces travaux se concentrent sur une étude expérimentale du fretting fatigue et son nombre de cycle à rupture en fonction de l'amplitude de débattement. Des éprouvettes en 35NCD16 sont sollicitées en fatigue tandis qu'un cylindre en 100C6 est mis en contact au centre de l'éprouvette (fig. 1 A) pour réaliser le fretting. Une grande quantité de débris a été observée.

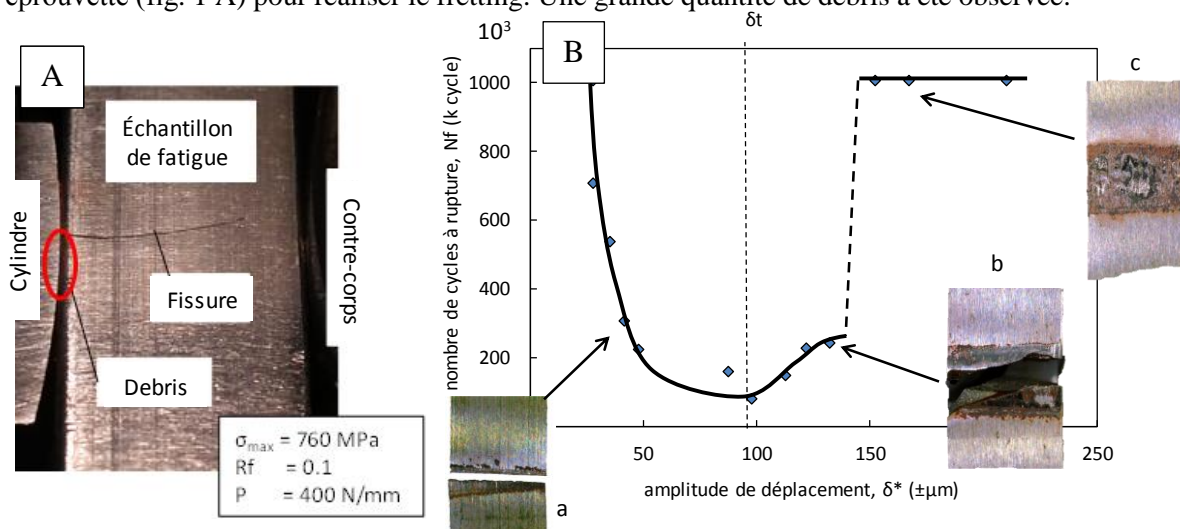


Figure 1 : A) contact en fretting fatigue en grand glissement, présence de fissuration et d'usure avec 3<sup>ème</sup> corps, B) courbe d'endurance des essais de fretting fatigue.

Ainsi, une courbe d'endurance est réalisée, et présente 3 domaines (fig. 1 B). Le premier en glissement partiel présente des traces de contact fines avec une rupture net (a). Le second, pour des amplitudes de glissement faible, présente des traces d'usure et une rupture chaotique (b). Enfin le dernier ne présente pas de rupture pour  $10^6$  cycles mais une trace d'usure très importante est observée (c).

### Simulation de la compétition entre fissuration et usure, prévision de la durée de vie

A la suite d'essais complémentaires pour caractériser les lois d'usure et les lois d'amorçage, une modélisation complète des endommagements de fretting fatigue est proposée. Une attention particulière a été faite sur la présence de 3<sup>ème</sup> corps observé [2]. Ainsi, l'usure avec les débris, l'amorçage et la propagation de fissure sont simulés de même que leur compétition.

Une très bonne prévision de la courbe d'endurance en fretting fatigue est réalisée et les trois domaines d'endommagements sont retrouvés. L'analyse des phénomènes compétitifs usure/fissuration a souligné la nécessité de simuler la présence des débris, pour prévoir la cinétique des mécanismes de fissuration en glissement total. L'usure tend à réduire la vitesse d'amorçage et propagation. En répartissant les contraintes en surface, l'usure réduit les facteurs d'intensité de contrainte et donc la vitesse de propagation des fissures. Cependant, la présence du 3<sup>e</sup> corps ralentit cette tendance par un effet de concentration de contrainte au centre du contact.

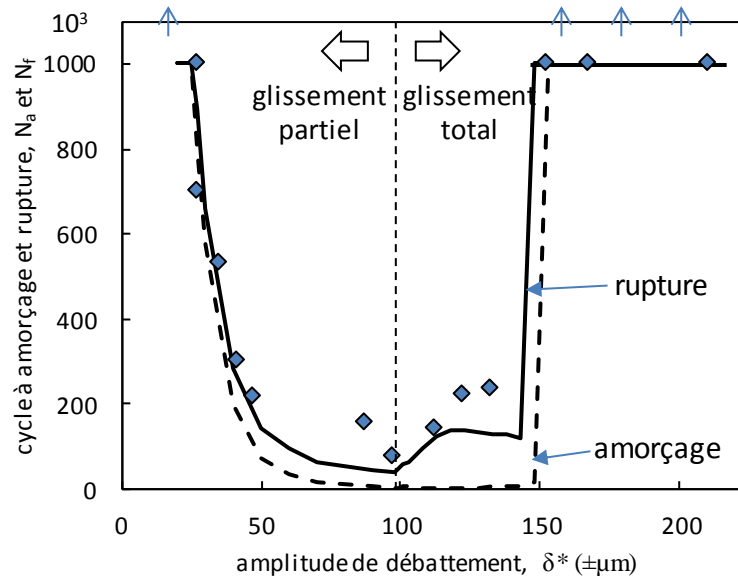


Figure 2 : Courbe d'endurance simulée de fretting fatigue avec usure et 3<sup>ème</sup> corps.

### CONCLUSION

Ainsi, ces travaux présentent les effets compétitifs entre l'usure et les mécanismes de fissuration pour des chargements de fretting fatigue. Pour cela, une analyse qui combine des travaux expérimentaux et numériques a été réalisée. Différentes campagnes d'essais ont été menées pour déterminer les lois d'usure, d'apparition de débris, et d'amorçage. À la suite de cela, des simulations combinant tous ces aspects ont été réalisées. Une bonne corrélation de la durée de vie entre les essais de fretting fatigue et de leur simulation a pu être réalisée. L'analyse des résultats a montré l'importance des débris sur les contraintes de l'interface et donc sur les phénomènes de fissuration.

### Références

- [1] O. Jin, S. Mall, "Effects of slip on fretting behaviour: experiments and analyses", *Wear* 256, 2004, p. 671–684.
- [2] P. Arnaud, S. Fouvry, "A dynamical FEA fretting wear modeling taking into account the evolution of debris layer", *Wear* 412-413, 2018, p. 92-108.