

Simulation numérique des phénomènes compétitifs usure fissuration d'un contact poinçon/plan Ti-6Al-4V soumis à des sollicitations de fretting

P. Arnaud¹ et S. Fouvry^{1*}

1. Ecole centrale de Lyon, Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, CNRS UMR5513

* auteur correspondant : siegfried.fouvry@ec-lyon.fr

MOTS CLES

Fretting, amorçage de fissure, usure, Ti-6Al-4V, FEM

INTRODUCTION

Le fretting est une sollicitation de contact caractérisée par des micro-déplacements alternés. Le fretting peut générer des endommagements comme l'usure et l'amorçage de fissures. L'apparition de ces phénomènes dépend des conditions de chargement : pression normale et d'amplitude de déplacement.

Il est admis que les glissements importants tendent à diminuer le risque d'amorçage par l'activation des phénomènes d'usure. Cet effet bénéfique peut s'expliquer par deux aspects :

- L'usure des surfaces engendre une augmentation de l'aire de contact et réduit les profils de pression et les contraintes générées dans le contact.
- L'usure tend à éliminer la couche superficielle où peuvent apparaître les fissures.

Cette tendance a été confirmée expérimentalement sur un contact cylindre/plan et simulée à l'aide d'un modèle numérique FEM, où l'usure est formalisée à partir d'une loi énergétique et l'amorçage des fissures appréhendé à l'aide d'une approche de cumul de dommage exprimée à partir du critère SWT [1].

Dans la continuité de ce travail, cette étude se concentre sur la configuration géométrique poinçon/plan pour le Ti-6Al-4V.

ETUDE DE LA COMPETITION USURE/FISSURE DU CONTACT PLAN/PLAN

Les simulations 2D en déformation plane ont été réalisées sur un plan de 7 mm avec des congés de rayon 1.4 mm. Pour cette étude une force normale de 300 à 800 N/mm et un débattement de 10 à 50 μm ont été appliqués au contact.

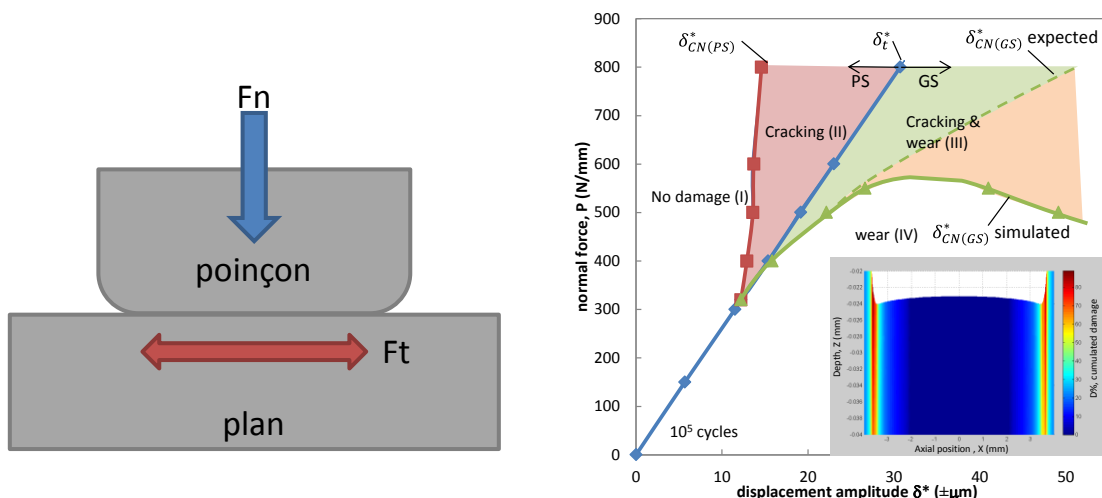


Figure 1 : FEM simulation de la carte de fretting à 100k cycles pour l'interface Ti-6Al-4V/ Ti-6Al-4V; RF/F configuration : $R=1.4 \text{ mm}$, $L=7 \text{ mm}$; $\mu=0.9$, $\alpha=1.44 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{J}$; loi d'amorçage : $m=1.14$ and $\Gamma_0=3.97 \times 10^5 \text{ MPa}$.

Les simulations ont permis de tracer une carte de fretting [2], pour un nombre de cycle égal à 10^5 , en fonction de la force normale et de l'amplitude de débattement (Figure 1). Étonnement, la courbe d'amorçages en grand glissement, $\delta_{CN(GS)}^*$, n'est pas monotone croissante mais décroît avec l'augmentation de l'amplitude de débattement. Ceci signifie qu'au-delà d'une force normale seuil (580 N/mm), l'amorçage de fissure apparaît quel que soit l'amplitude de débattement.

INFLUENCE DE LA ROTATION SUR LA COPETITION USURE/FISSURE

Pour expliquer l'évolution non monotone de la frontière de non fissuration en régime de glissement total, on fait l'hypothèse que les essais intègrent un phénomène de rotation des échantillons lié à la raideur finie des montages. Une méthode de corrélation d'image a été appliquée pour estimer cette rotation. L'intégration de ces résultats dans les simulations numériques modifie l'évolution du cumul de dommage, la Figure 2.

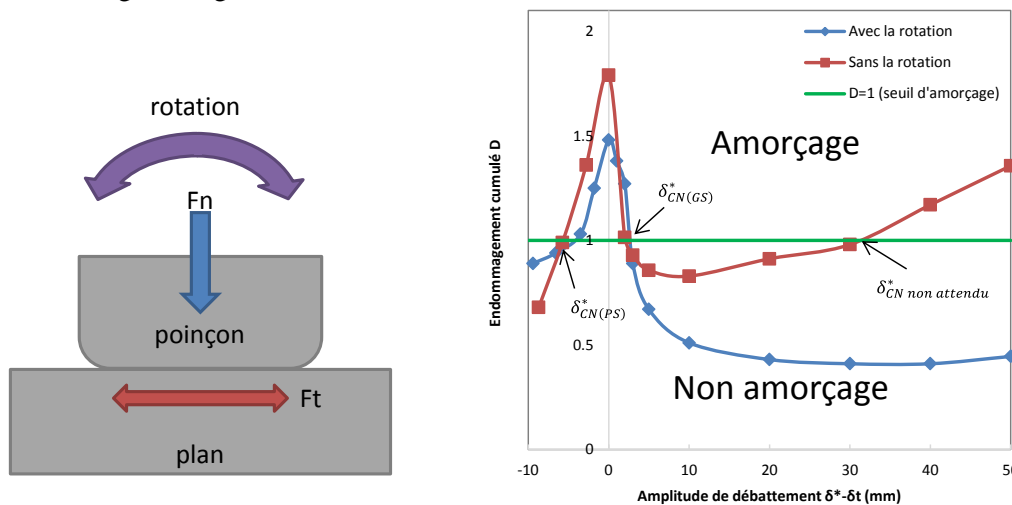


Figure 2 : FEM simulation du damage cumulé à 100k cycles pour l'interface Ti-6Al-4V/ Ti-6Al-4V ; RF/F configuration: $R=1.4$ mm, $L=7$ mm; $P=500$ N/mm ; $\mu=0.9$, $\alpha=1.44 \times 10^{-5}$ mm³/J; loi d'amorçage: $m=1.14$ and $\Gamma_0=3.97 \times 10^5$ MPa

En prenant en compte ce phénomène de rotation les simulations montrent une décroissance asymptotique du cumul de dommage cohérente avec les résultats expérimentaux obtenus.

CONCLUSION

Un modèle couplé usure-fissuration a été mis en œuvre pour simuler les phénomènes compétitifs entre l'amorçage des fissures et l'usure des surfaces d'un contact poinçon/plan soumis à une sollicitation de fretting. On montre qu'en prenant en compte les phénomènes de rotation inhérent à la raideur finie des montages expérimentaux, il est possible de modéliser de façon fiable les cartes de fretting et de formaliser les frontières d'amorçage des fissures dans les régimes de glissement partiel et glissement total.

Références

- [1] S. Garcin, S. Fouvry, S. Heredia, A FEM fretting map modeling: Effect of surface wear on crack nucleation, WEAR, 330-331 (2015), 145-159
- [2] L. Vincent, Y. Berthier, M. Godet, Testing methods in fretting fatigue: a critical appraisal, Standardization of fretting fatigue test methods and equipment, ASTM STP 1159, M. Helmi Attia, R.B. Watterhouse, Ed., American Society for Testing and Materials West Conshohocken, PA, (1992) 22-48