

DEVELOPPEMENT D'UNE APPROCHE ENERGETIQUE POUR PREDIRE LA DUREE DE VIE D'UN CONTACT ELECTRIQUE SOU MIS A DES SOLLICITATIONS ALTERNES DE FRETTEING ET DE RECIPROCATING

J. Laporte^{1*}, S. Fouvry^{1*},

1. Ecole Centrale de Lyon, LTDS, UMR 5513, 36 Avenue Guy de Collongue, 69134 Ecully Cedex

*. Corresponding authors: julie.laporte@ec-lyon.fr, siegfried.Fouvry@ec-lyon.fr

MOTS CLES

Densité d'énergie, contact électrique, fretting, reciprocating, argent

INTRODUCTION

La croissance rapide des nouvelles technologies entraîne une forte croissance dans l'utilisation des connecteurs électriques pour gérer l'ensemble des dispositifs électroniques dans les véhicules automobiles ou encore aéronautiques. Au cours de leur fonctionnement, ces connecteurs doivent maintenir une résistance électrique de contact faible et stable. Cependant, ils sont soumis à de nombreuses sollicitations pouvant endommager le contact. Les vibrations générant des phénomènes de fretting dans le contact font partie des contraintes les plus critiques. Une des solutions pour limiter les endommagements par fretting est l'utilisation de revêtements nobles tels que l'or ou l'argent sur les connecteurs [1].

Néanmoins, en plus des phases de fonctionnement, les connecteurs sont aussi soumis à des phases de maintenance caractérisées par une ou plusieurs opérations de clipsage/déclipsage. Au cours de ces opérations, les contacts électriques ne sont plus soumis à des micro-déplacements mais à du glissement alterné appelé « reciprocating » pouvant également endommager l'interface. Des études couplant fretting ($\delta_g^* = \pm 9 \mu\text{m}$) et glissement alterné ($D = \pm 1000 \mu\text{m}$) ont déjà été menées sur des contacts homogènes en argent [2]. Les résultats ont permis de mettre en évidence des phénomènes de transfert depuis la zone de grand glissement vers la zone de fretting ayant pour conséquence d'accroître l'endurance du contact. L'objectif de ces travaux est donc de déterminer une équation globale tenant compte des paramètres impactant la cinétique de transfert de l'argent et donc permettant de prédire la durée de vie en fonction des paramètres de chargement.

RESULTATS

Dans cette étude, des essais complémentaires ont été réalisés afin d'introduire une approche énergétique permettant de prédire l'endurance du contact. Pour cela, les essais ont consisté à appliquer un grand cycle d'amplitude $D_{\text{ref}} = \pm 1000 \mu\text{m}$ et de vitesse $V_{\text{GC,ref}} = 8,3 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ tous les N_{BF} cycles de fretting ($f = 30 \text{Hz}$, $\text{HR} = 10\%$, $T = 25^\circ\text{C}$ and $\delta_g^* = \pm 9 \mu\text{m}$) à une charge $P = 1,5 \text{N}$, N_{BF} variant entre 5 000 et 60 000 cycles comme illustré sur la *Figure 1*. En couplant les durées de vie obtenues et la densité d'énergie du contact, une première loi puissance a pu être déterminée. Néanmoins, bien que pertinente, cette équation ne prend pas en compte les paramètres de chargement du système.

Afin de compléter la précédente équation, une étude a été réalisée sur deux paramètres pouvant modifier la cinétique de transfert de l'argent vers la zone de fretting : la vitesse de glissement (V_{GC}) et l'amplitude des grands cycles (D). Les résultats obtenus montrent l'existence d'un lien entre l'amplitude des grands cycles et l'endurance du contact. L'application de grands cycles avec des amplitudes de plus en plus élevées entraîne une augmentation linéaire de la quantité d'argent transférée entraînant une progression linéaire de la durée de vie du contact. Au contraire, l'augmentation de la

vitesse de glissement des grands cycles entraine un transfert d'argent plus rapide ce qui tend à diminuer la durée de vie du contact.

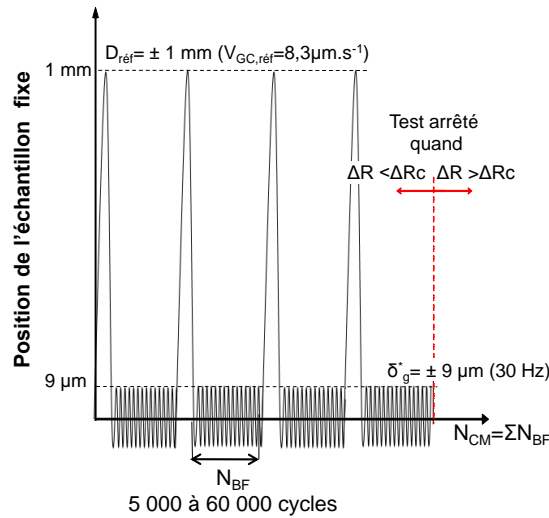
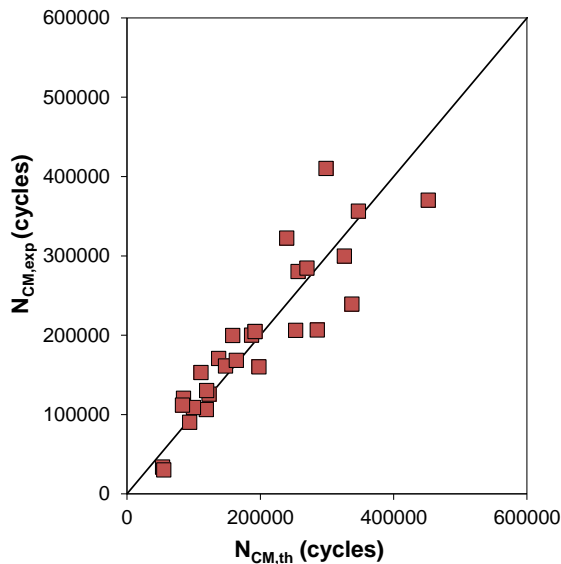


Figure 1: Protocole de test utilisé pour étudier l'influence des sollicitations alternées fretting/grands cycles sur l'endurance du contact.

CONCLUSION

En couplant les différentes lois obtenues au cours de cette étude, une équation globale tenant compte de l'amplitude (D), de la vitesse de glissement (V_{GC}) et de la fréquence d'application (N_{BF}) des grands cycles a pu être établie afin de prédire l'endurance d'un contact argent soumis à des sollicitations alternées de fretting et de grands cycles. En comparant les données expérimentales et théoriques (Figure 2), il est possible de conclure que le modèle établi présente une bonne corrélation.



$$N_{CM,th} = N_{C1} \cdot \left(\frac{E_d}{A_1 \cdot N_{BF}^\alpha} \right)^\beta \cdot \left(\frac{D}{D_{réf}} \right) \cdot \left(\frac{V_{GC}}{V_{GC,réf}} \right)^\gamma$$

Avec E_d l'énergie dissipée par cycle (J/cycle), N_{C1}, β, A₁, α et γ des caractéristiques matériaux, D_{réf} = ± 1000 μm et V_{GC,réf} = 8,3 μm.s⁻¹.

Figure 2: Comparaison entre les durées de vie expérimentales et théoriques d'un contact soumis à des sollicitations alternées de fretting et de grands glissements.

Références

- [1] S. Fouvry et al. (2011), « Introduction of an exponential formulation to quantify the electrical endurance of micro-contacts enduring fretting wear: Application to Sn, Ag and Au coatings », Wear 271 (9–10), pp. 1524–1534.
- [2] J. Laporte et al. (2013), « Influence of large periodic sliding sequences on the electrical endurance of contacts subjected to fretting wear », Proc. of the 59th IEEE Holm, pp. 40–48.