

Performances tribologiques de matériaux pour le freinage à l'aide d'un changement d'échelle

J. Rapontchombo¹, Y. Desplanques^{1,2}, P. Dufrénoy¹, A. Mège-Revil^{1,2}, A-L Cristol^{1,2}

1. Univ. Lille, CNRS, FRE 3723 - LML - Laboratoire de Mécanique de Lille, F-59000 Lille, France

2. Centrale Lille, F-59000 Lille, France

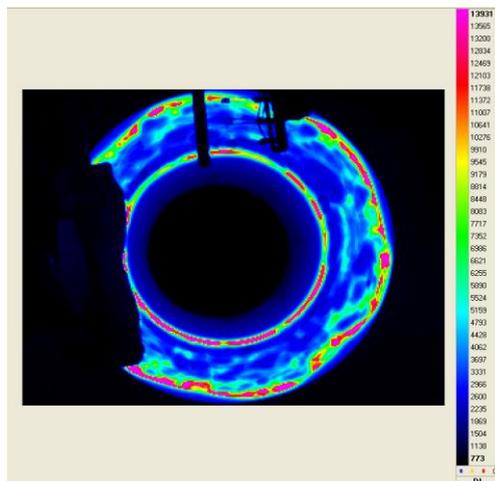
MOTS CLES

Freinage ferroviaire, essai à échelle réduite, partage de flux, troisième corps

INTRODUCTION

Lors du développement de nouveaux produits, qu'ils soient d'ordre structurel ou de formulation matériau, les équipementiers de freinage ferroviaire doivent suivre des protocoles de validation standards. Ainsi, tout nouveau prototype de garniture de frein ferroviaire fait l'objet d'un ensemble de tests durant lesquels il doit satisfaire certains critères. Il est attendu un frottement moyen élevé et stable sur le long d'un programme comprenant des situations très variables spécifiées. Le matériau de friction doit avoir une usure contenue. L'intégrité du disque doit être respectée. Il est également souhaité des émergences sonores faibles. Les développements des matériaux de friction sont menés à l'aide d'essais sur banc à l'échelle 1 (Figure 1a), longs et onéreux, ajoutant à la complexité du système de freinage industriel celle du matériau de friction dont la formulation peut contenir plusieurs dizaines de constituants. Des points de vue du coût et de la durée de développement autant que de la compréhension de la performance, il apparaît intéressant d'aborder la performance des matériaux de friction à une échelle réduite, sur un système simplifié.

Cette étude porte ainsi sur une garniture frittée métallique de formulation simplifiée, réduite à 9 constituants. Elle est étudiée en freinage à l'aide d'un programme d'essai déduit d'un programme de performance. À échelle réduite (Figure 1b), la taille relativement réduite des surfaces d'étude du patin et du disque rend accessible l'analyse tribologique du contact.



a)



b)

Figure 2 : Essai de freinage, a) à l'échelle 1 sur banc industriel, b) à échelle réduite sur tribomètre

DU PROGRAMME DE PERFORMANCE AU PROGRAMME RÉDUIT - TRIBO E1

Le programme d'essai réduit Tribo E1 est défini par une sélection du programme de performance de 4 séries de freinages à sec à énergie dissipée croissante. Chaque freinage est défini par 3 paramètres : la force appliquée à la garniture, la vitesse initiale de freinage et la masse à freiner. Chaque série comprend 5 freinages de vitesse initiale croissante, la force d'application et la masse à freiner étant fixées.

DE L'ÉCHELLE 1 A L'ÉCHELLE RÉDUITE- TRIBO ER

Le programme d'essai à l'échelle réduite Tribo ER repose sur une méthode de changement d'échelle basée sur le modèle de Newcomb d'estimation de la température de surface de contact au cours des freinages [1]. Par ailleurs, le respect des densités de flux par face frottée est un élément essentiel de la représentativité du passage d'une échelle à l'autre [2]. Le respect des densités de flux par face frottée conduit à des durées de freinage identiques, tandis que le respect des températures de surface est obtenu en adoptant le triplet ($\hat{p} = \sqrt{V}$; $\hat{v} = 1$; $\hat{t} = 1$) où \hat{p} , \hat{v} et \hat{t} désignent respectivement les rapports de pression apparente, de vitesse initiale de glissement et de durée de freinage entre les 2 échelles.

RÉSULTATS

Le changement d'échelle conduit à des résultats satisfaisants pour les freinages engageant de faibles densités de flux dissipés. Cependant, pour des freinages à fortes densités de flux dissipés, l'écart entre les températures atteintes dans le disque et dans la garniture à l'échelle 1 et à l'échelle réduite devient significatif.

Cet écart est discuté tout d'abord par des phénomènes de localisations thermiques différents, le modèle de Newcomb considérant une température de surface uniforme. Qualitativement on observe aux deux échelles des localisations thermiques de même type, indiquant un comportement thermomécanique similaire, mais les amplitudes peuvent être différentes.

Un autre aspect est l'hypothèse de « contact parfait » du modèle de Newcomb qui considère l'égalité des températures de surface des corps frottant. Or les échanges thermiques entre les corps peuvent être fortement influencés par la présence de troisième corps ou par la perturbation du contact induite par la présence de points chauds, d'autant plus que les freinages sont sévères.

Au-delà de ces explications, des propositions sont faites sur l'amélioration de la démarche de changement d'échelle.

REFERENCES

- [1] T.P. Newcomb, (1959), « *Transient temperatures attained in disk brakes* », British Journal Appl. Phys., 10, p. 339–340
- [2] O. Roussette, Y. Desplanques, G. Degallaix, (2003), « *Représentativité thermique d'essais tribologiques à échelle réduite* », Compte Rendu de Mécanique, 331 (5), p. 343–349.