

EFFETS COMBINES DE LA RUGOSITE DE SURFACE ET DE LA REHOLOGIE DES LUBRIANTS SUR LES PERFORMANCES D'UN CONTACT: APPROCHE PAR HOMOGENEISATION

B. Bou-Saïd¹, A. Mouassa², M. Lahmar²

1. Université de Lyon, CNRS INSA-Lyon, LaMCoS, UMR5259, F-69621, France

2. Laboratoire de Mécanique et Structures (LMS), Université de Guelma, Algérie

MOTS CLES

Rugosité de surface, fluide polaire, méthode d'homogénéisation, hydrodynamique

INTRODUCTION

Dans ce travail, les effets combinés de la rugosité de surface et de la rhéologie du lubrifiant sur les performances hydrodynamiques d'un patin incliné sont étudiés au moyen de la méthode d'homogénéisation. Le modèle de fluide à couple de contrainte de V. K. Stokes est adopté pour décrire le comportement rhéologique du lubrifiant. Les simulations numériques sont effectuées en considérant quatre formes de rugosités (transversales, longitudinales, isotropes et anisotropes) et différentes valeurs du paramètre de couple de contrainte. Les résultats de l'étude paramétrique effectuée montrent que les rugosités de surface et les couples de contraintes dus à la présence des additifs polymériques dans le lubrifiant ont des effets non négligeables sur les performances hydrodynamiques du contact.

INTRODUCTION

Les pièces mécaniques manufacturées sont limitées par des surfaces qui ne sont jamais conformes à celles géométriquement idéales représentées sur les dessins de définition et de fabrication. Le profil d'une surface mesuré à l'aide d'un profilographe est le résultat de la superposition des défauts de forme, d'ondulation et de rugosité. Les amplitudes de rugosités peuvent varier de 0,01 microns ou moins pour les surfaces polies à 25 microns pour les surfaces usinées par des procédés conventionnels. Dans les systèmes mécaniques lubrifiés, l'épaisseur du film lubrifiant h est censée d'une part être plus grande que la hauteur des aspérités et d'autre part elle doit être très faible devant la longueur d'onde de la rugosité. Plusieurs théories ont été proposées dans la littérature pour l'étude des effets des rugosités de surface sur les performances des contacts hydrodynamiques, à savoir les méthodes stochastiques et les méthodes déterministes. La méthode d'homogénéisation est une théorie mathématique qui inclut l'étude des équations aux dérivées partielles à coefficients à oscillation rapide. Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'application du concept d'homogénéisation dans les études de simulation des problèmes de lubrification par fluides compressibles [1] et incompressibles dont le comportement peut être newtonien ou non newtonien [2]. Nous appliquons ici la méthode d'homogénéisation pour l'analyse théorique des effets combinés des différentes formes de rugosités de surface (longitudinales, transversales et anisotropes) ainsi que la rhéologie du lubrifiant sur les performances hydrodynamiques d'un contact rugueux, à savoir : la capacité de charge, le nombre de frottement, la puissance dissipée et le débit de fuite. La surface du patin contiguë au film est supposée fixe et rugueuse tandis que la surface inférieure mobile est parfaitement lisse (Figure 1). Le patin est lubrifié à l'aide d'une huile minérale additivée dont le comportement rhéologique est non newtonien décrit par le modèle de V. K. Stokes [3].

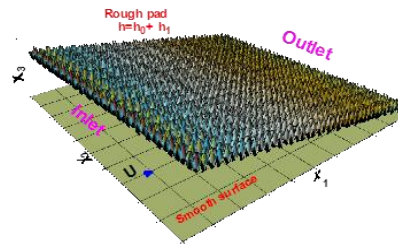


Figure 1: Schématisation du contact.

RÉSULTATS NUMÉRIQUES ET DISCUSSION

Les résultats obtenus issus de simulations numériques montrent:

- un accroissement de la portance hydrodynamique avec le paramètre du couple de contrainte qui est plus significatif dans le cas des rugosités transversales et anisotropes (Figure 2);
- une augmentation de la puissance dissipée avec le paramètre du couple de contrainte ; cette augmentation est plus importante dans le cas des rugosités transversales;

Ces résultats indiquent aussi que les couples de contrainte dus à la présence des additifs dans le lubrifiant n'ont pas d'effets appréciables sur le débit de fuite.

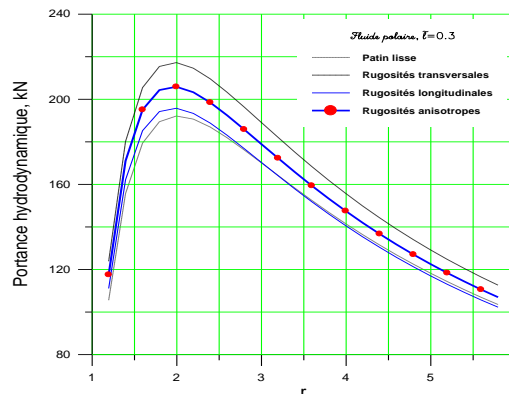


Figure 2 : Variation de la portance pour $l = \sqrt{\frac{\eta}{\mu}} = 0,3$ en fonction de $r = \frac{h_{\max}}{h_{\min}}$

CONCLUSION

La comparaison des solutions obtenues par les méthodes déterministe et d'homogénéisation a permis de conclure que la méthode d'homogénéisation est efficace quel que soit la forme de rugosité contrairement à d'autres approches. Pour des amplitudes relativement faibles et un nombre important de rugosités, la solution déterministe obtenue par la résolution directe de l'équation de Reynolds newtonienne ou non newtonienne tend vers la solution homogénéisée pour les rugosités orthotropes.

Références

- [1] M. Jaï, B. Bou-Saïd (2002) « A comparison of homogenization and averaging techniques for the treatment of roughness in Boltzmann flow modified Reynolds equation » Journal of Tribology, Vol. 124 p 327-335
- [2] M. Kane, B. Bou-Saïd (2005) « A study of roughness and non-newtonian effects in lubricated contacts » ASME Journal of Tribology, 127, 575–581.
- [5] Stokes V. K. (1966) « Couple stresses in fluids », Physics of fluids, Vol. 9, 9, 1709-1715