

ANALYSE PARAMÉTRIQUE DES GARNITURES MÉCANIQUES RAINURÉES LUBRIFIÉES PAR UN LIQUIDE

N. Brunetière¹, M. Rouillon¹

1. Institut Pprime - Dépt. GMSC - CNRS - Université de Poitiers – ENSMA
SP2MI - Téléport 2 – 11, Bd Marie et Pierre Curie
86360 CHASSENEUIL – France

MOTS CLES

Garniture mécanique, régimes de lubrification, texturation

INTRODUCTION

En 1998, Leefe [1], a présenté les principaux enjeux dans le développement des étanchéités de moteurs spatiaux notamment en raison de l'objectif de réutilisation des moteurs. Les étanchéités doivent fonctionner avec un jeu mais résister au contact direct pendant les phases d'arrêt démarrage, plus nombreuses. Les garnitures mécaniques dont les faces sont rainurées apparaissent comme de bons candidats pour répondre à ces enjeux [2]. Bien que ces systèmes soient performants avec des gaz [3], il faut vérifier leur comportement avec des liquides dans les différents régimes de lubrification (mixte, hydrodynamique, laminaire, turbulent, diphasique) qui peuvent apparaître dans les applications spatiales.

Un banc d'essais dédié a été utilisé pour étudier le comportement de garnitures mécaniques à rainures spirales lubrifiées avec de l'eau. Les conditions de fonctionnement ont permis d'explorer les différents régimes de lubrification [4, 5]. Le débit de fuite, le couple de frottement et l'accroissement de température dans le stator ont été mesurés pour différentes conditions de fonctionnement et plusieurs profondeurs de rainures. L'interprétation des résultats nécessite l'utilisation de paramètres sans-dimension adaptés à chacun des régimes étudiés. C'est ce que nous proposons de faire dans cette étude.

ETUDE EXPERIMENTALE

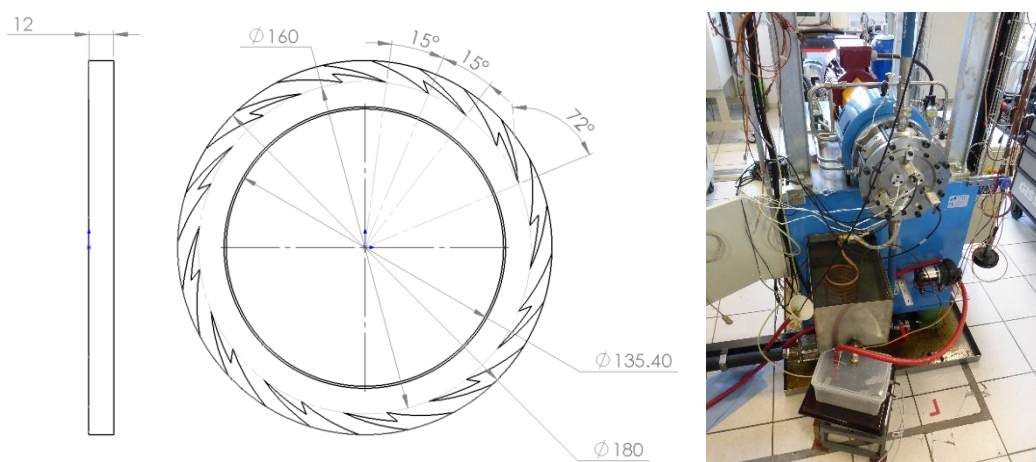


Figure 1: Garniture à rainure spirale (gauche) et banc d'essais (droite).

Le figure 1 présente un schéma du rotor de la garniture mécanique étudiée et du banc d'essais utilisés. Des thermocouples sont implantés dans le stator de la garniture et mesurent l'accroissement de température. La fuite est collectée et dirigée vers une balance où elle est pesée en continue. Enfin,

le stator du boîtier d'essais est monté sur un palier hydrostatique ce qui autorise la mesure du couple de frottement en fonctionnement.

Les tests ont été réalisés pour des vitesses de rotation ω de 1000 à 6000 tr/min, avec de l'eau sous des pressions de 1 à 5 MPa et des températures de 40 à 95°C. Trois garnitures mécaniques avec des profondeurs de rainure de 5, 10 et 20 microns ont été testées.

ANALYSE PARAMETRIQUE

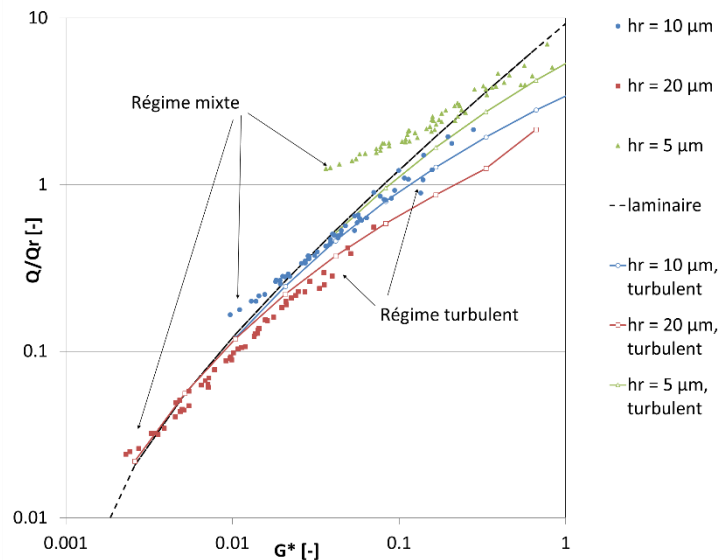


Figure 1: Débit adimensionné en fonction du paramètre de service.

Dans une garniture mécanique, l'épaisseur du film est contrôlée par le paramètre de service G . Nous proposons une nouvelle définition qui tient compte de la hauteur h_r des rainures :

$$G^* = \frac{\mu\omega(R_o^2 - R_i^2)}{F} \times \left(\frac{h_r}{R_o - R_i}\right)^2$$

où μ est la viscosité du fluide, R_o et R_i les rayons et F la force appliquée à la garniture. Lorsque le débit normalisé par un débit de référence obtenu entre 2 disques distants de h_r est présenté en fonction de G^* , on obtient un alignement d'une partie des résultats expérimentaux avec la courbe théorique laminaire quelle que soit la pression, la température, la vitesse ou la profondeur des rainures (figure 2). Certains points s'éloignent de la courbe théorique lorsque le régime de vient turbulent ou au contraire lorsque le film devient trop mince pour empêcher le contact des aspérités.

CONCLUSION

La présentation des résultats expérimentaux sous forme adimensionnés permet d'identifier les régimes de lubrification des garnitures mécaniques rainurés.

Références

- [1] S. Leefe (1998) « *Seals Research to Boost Rocket Engines into the 21st Century* », Sealing Technology **53**, pp. 7-9.
- [2] Z. Lui, Y. Zhou (2004) « *Research on high reliability face seals used in the upper stage rocket engine Lh2 and LOX turbopumps* » 55th International Astronautical Congress, 11, pp. 6999-7002
- [3] J. Sedy (1978) « *Improved performance of film-riding gas seals trough enhancement of hydrodynamic effects* », ASLE Transactions, **23**, pp. 35-44
- [4] M. Rouillon, N. Brunetière (2018) « *Spiral Groove Face Seal Behavior and Performance in Liquid Lubricated Applications* » Tribology Transactions, **61**, pp. 1048-1056

[5] M. Rouillon (2017) « Modélisation et caractérisation expérimentale des étanchéités faciales hydrodynamiques » Thèse de l'Université de Poitiers.