

INFLUENCE DE LA POSITION ET DE LA LONGUEUR DE LA RAINURE D'ALIMENTATION SUR LE COMPORTEMENT THERMOHYDRODYNAMIQUE D'UN PALIER LISSE

Lucrecio COSTA^{(*) (**)}, José CLARO^(*), António MIRANDA^(*), Michel FILLON^(#)

^{*}) Laboratoire de Tribologie de l'Université du Minho, 4810 GUMARÃES- PORTUGAL

^{**}) Boursier de la J.N.I.C.T., Assistant a l'Université Agostinho Neto-ANGOLA

[#]) Laboratoire de Mécanique des Solides, U.R.A. au C.N.R.S. (861) B.P. 179, 86960 FUTUROSCOPE CEDEX- FRANCE

I. INTRODUCTION

La théorie isotherme n'est plus suffisante pour prédire les performances des paliers hydrodynamiques lorsque les conditions de fonctionnement sont sévères. En effet, l'énergie dissipée par cisaillement dans le film lubrifiant contribue à l'échauffement du fluide. Il est alors nécessaire de calculer la viscosité du lubrifiant en tout point du film en fonction de la température locale afin de déterminer au mieux le comportement du palier. Si les études thermohydrodynamiques en lubrification hydrodynamique tendent à se généraliser, peu d'entre elles tiennent compte des conditions réelles d'alimentation, de rupture et de reformation du film lubrifiant.

Dans cette étude, une modélisation thermohydrodynamique des paliers lisses est présentée: elle assure la conservation de la masse dans tout le domaine fluide par l'application de l'algorithme d'ELROD [1]. L'influence de la position et de la longueur de la rainure sur les caractéristiques statiques d'un palier lisse est discutée.

II. THEORIE

L'analyse thermohydrodynamique est basée sur celle présentée par BONCOMPAIN, FILLON et FRÉNE [2]. L'étude thermique est cependant réalisée dans le plan médian du palier. Les transferts thermiques dans le coussinet sont calculés en imposant la continuité de la température et du flux thermique à l'interface film/coussinet. Une condition de type convection au rayon extérieur du coussinet est appliquée. La température de l'arbre est supposée constante (rotation rapide de l'arbre) : elle est obtenue en imposant un bilan global du flux thermique nul à l'interface film/arbre. La recirculation du fluide chaud et le mélange avec le fluide frais d'alimentation sont pris en compte. Dans la zone inactive du film, la connaissance de la proportion locale du lubrifiant permet de définir des caractéristiques équivalentes d'un fluide homogène composé du mélange de lubrifiant et d'air.

Généralement, les conditions aux limites dites de Reynolds sont appliquées et il est couramment admis qu'à l'entrée de la zone active du film, le film est complet. Cependant, ces conditions n'impliquent pas la conservation de la masse au niveau de la formation du film lubrifiant. Par ailleurs, il est souvent ignoré que la rainure d'alimentation est non débouchante. Pour ces raisons, l'algorithme d'Elrod a été introduit dans notre modélisation qui assure ainsi la conservation de la masse tant à la frontière de rupture qu'à la frontière de reformation du film.

L'algorithme d'Elrod initialement proposé pour un lubrifiant isovisqueux a été adapté à notre modélisation qui tient compte de la variation bidimensionnelle de la viscosité en fonction de la température. La procédure consiste en la détermination d'une variable rapportée à la pression par une méthode itérative. Dans la zone active du film, cette variable représente le rapport de la densité locale du lubrifiant à la densité de ce même fluide à la pression dans la zone inactive. Dans la zone de rupture du film, elle correspond à la proportion locale de fluide. Cette procédure permet de tenir compte de la recirculation et de l'écoulement inverse en amont ou en aval de la rainure. Dans le cas d'une hypothèse de régime isotherme, les procédures numériques sont détaillées dans les publications de MIRANDA [3] et de CLARO et MIRANDA [4].

Les caractéristiques de fonctionnement du palier sont obtenues par la résolution simultanée de l'équation de Reynolds généralisée, de l'équation de l'énergie dans le film et de l'équation de la chaleur dans le coussinet à l'aide de la méthode des différences finies. Le schéma général du programme de calcul thermohydrodynamique est similaire à celui utilisé par BONCOMPAIN, FILLON et FRÈNE [2]. En particulier, l'équation de l'énergie est résolue dans le sens de l'écoulement à l'aide d'une méthode implicite du calcul de la température dans le film.

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Afin de tester notre modélisation, nous avons étudié le cas du palier ($D = 100$ mm, $B = 80$ mm, huile ISO VG 32) de FERRON, FRÈNE et BONCOMPAIN [5]. La schématisation du palier est présentée sur la figure 1. Deux configurations sont étudiées: rainure localisée sur la direction de la charge «RDC» et rainure située perpendiculairement à cette direction «RPC».

Sur la figure 2, la température déterminée à l'interface film/coussinet est comparée aux données expérimentales relevées à 2000 et 4000 tr/min. Un bon accord général est observé bien que les valeurs prédites soient légèrement surestimées, car le flux thermique dans l'arbre n'est pas pris en compte. L'influence de la position et de la longueur de la rainure est montrée sur la figure 3. La pression de 140 kPa est suffisante pour former un film complet en amont de la rainure. La réduction de la longueur de la rainure engendre une augmentation de la température (3 à 4 K) dans les deux configurations «RDC» et «RPC». La configuration «RPC» a pour conséquence une augmentation générale de la température (3 à 5 K).

L'influence de ces quatre configurations sur les caractéristiques en fonction de l'excentricité relative est présentée sur les figures 4 à 7. Une petite rainure dans la

configuration «RPC» contribue à la sous-alimentation du contact et les performances sont alors réduites. Les températures sont de 8 à 12 K plus élevées que celles déterminées dans les autres configurations. De plus, la capacité de charge et la puissance dissipée sont faibles, car la viscosité du lubrifiant diminue dans cette configuration.

IV. CONCLUSION

Ce travail a permis de souligner la nécessité d'assurer la conservation de la masse dans toute l'étendue du palier pour le modèle thermohydrodynamique. Les résultats théoriques montrent l'importance de la position et de la longueur de la rainure sur le champ de température. L'influence d'autres paramètres tels que l'amplitude angulaire de la rainure, la pression et la température d'alimentation sur le comportement du palier est en cours de réalisation.

REFERENCES

1. ELROD H.G. ; "A cavitation algorithm", ASME Journal of Lubrication Technology, Vol. 103, n° 3, pp. 350-354, (1981).
2. BONCOMPAIN R., FILLON M. et FRÈNE J. ; "Analysis of thermal effects in hydrodynamic bearings", ASME Journal of Tribology, Vol. 108, n° 2, pp. 219-224, (1986).
3. MIRANDA A.A.S. ; "Oil flow, cavitation and reformation in journal bearings, including an interactive computer-aided design study", PhD Thesis, University of Leeds, (1983).
4. CLARO J.P. et MIRANDA A.A.S. ; "Analysis of hydrodynamic journal bearings considering lubricant supply conditions", Proc. Inst. Mech. Eng., 207, pp. 93-101, (1993).
5. FERRON J., FRÈNE J. et BONCOMPAIN R. ; " A study of the thermohydrodynamic performance of a plain journal bearing - Comparison between theory and experiments", ASME Journal of Lubrication Technology, Vol. 105, n° 3, pp. 422-428, (1983).

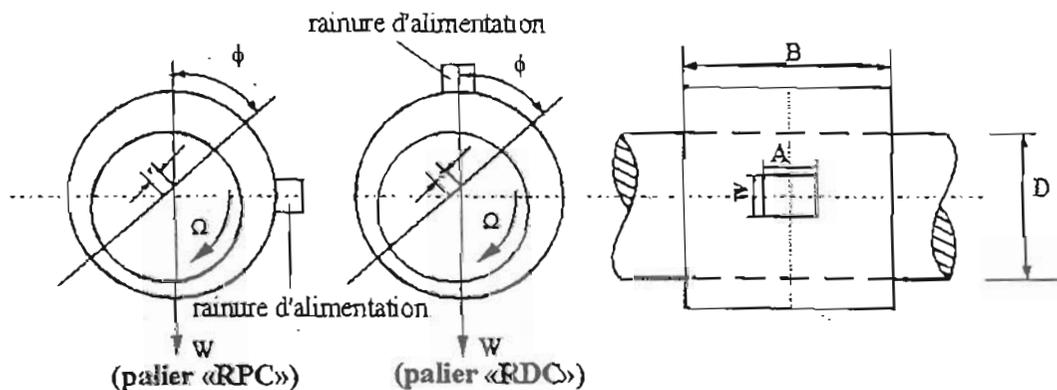


Figure 1 : Schématisation des paliers

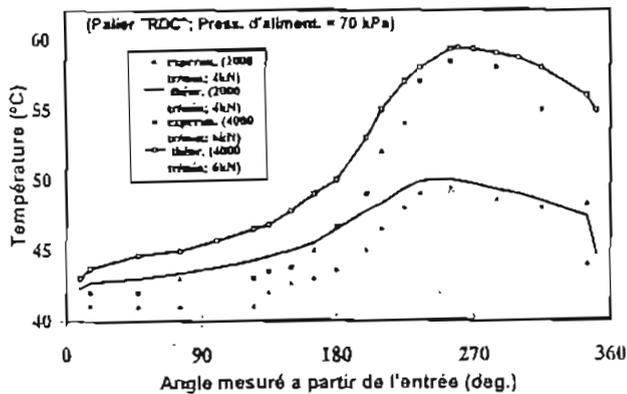


Figure 2 : Température de la face interne du coussinet (expérimentation de FERRON)

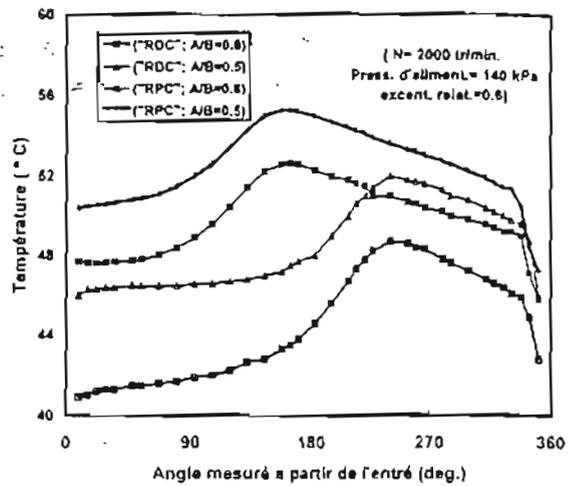


Figure 3: Température de la face interne du coussinet en fonction de A/B

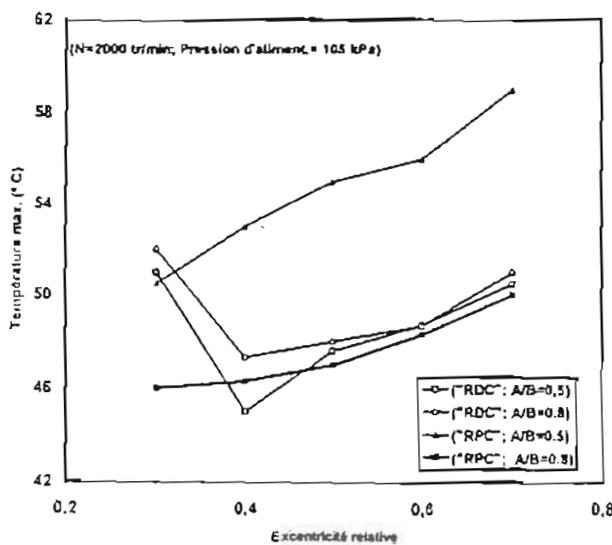


Figure 4 : Température maximale

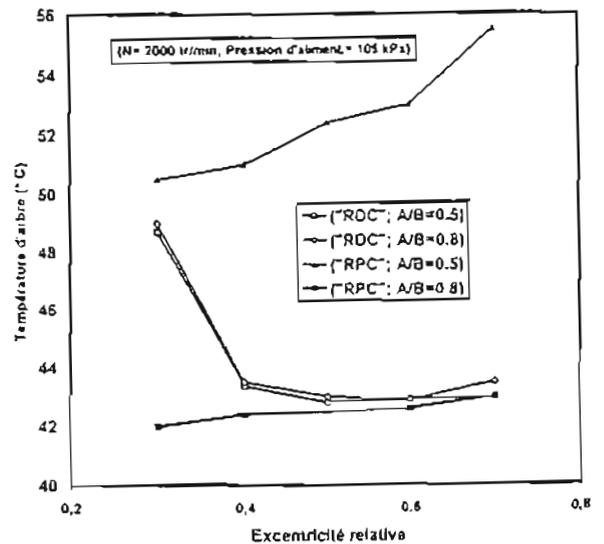


Figure 5 : Température de l'arbre

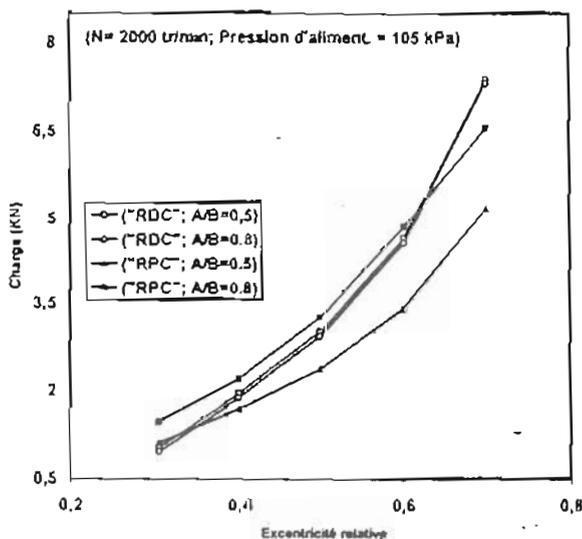


Figure 6 : Capacité de charge du palier

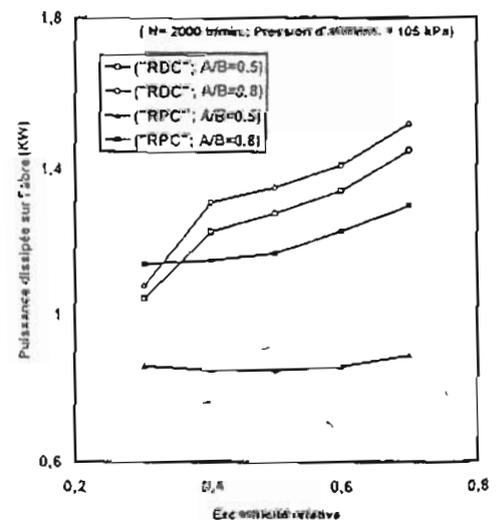


Figure 7 : Puissance dissipée sur l'arbre