

## **Non Newtonian effects on the dynamic behaviour of connecting-rod bearings in both gasoline and Diesel engines**

### **Effets non newtoniens sur le comportement dynamique des paliers de bielle de moteurs essence et diesel**

Lahmar M<sup>a</sup> and Bou-Saïd B<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Mechanical Engineering Department .Faculty of Science and Engineering, Guelma University, BP 401, Guelma (24000), Algeria.*

<sup>b</sup> *Laboratoire de Mécanique des Contacts & des Structures (LaMCoS), INSA de Lyon, Bât. Jean d'Alembert, 18-20 rue des Sciences 69621 Villeurbanne Cedex (F), France.*

**Keywords:** Couple-stress fluid, connecting rod bearing, dynamic behavior.

**Mots-clés :** Fluide à couple de contrainte, palier de bielle, dynamique.

In recent years there appears to have been a growing interest in the study of the importance of non-Newtonian effects in lubrication problems. The problem of viscoelastic lubrication theory mainly reduces to the determination of a realistic equation of state constitutive equation connecting stress and rate of deformation. It is also essential that the equation chosen shall be simple and mathematically permissible in the sense of invariance. Most investigations to date, while using mathematically simple models have used either physically unrealistic or mathematically inadmissible equations of state and it appears that a re-appraisal is necessary. Again most previous investigations have concentrated on steady-flow problems; in such situations the flow of viscoelastic liquids is indistinguishable from the flow of fluids showing non-Newtonian viscosity characteristics. The presence of nonlinearities during the simple shear flow of such lubricant is considered to increase the load carrying capacity of the lubricant film whereas the reduction in the viscosity of the lubricant with shear rate contributes to the reduction in friction. The formulation of a single generalized constitutive equation for the investigation of different types of flow situations is almost impossible. An adequate form of the constitutive equation which could satisfactorily predict the interested aspect of the flow situation to the required accuracy is the actual requirement for investigation. One of the most popular approaches used to characterize these fluids consists in considering these lubricants as polar fluids. Physically, the polar fluids consist of rigid, randomly oriented particles suspended in a viscous medium. Mineral oils containing small amount of additives such as viscosity index (VI) improver polymers are the examples of couple-stress fluids. In order to better describe the flow behaviour of this kind of non-Newtonian fluids also called couple-stress fluids, different micro-continuum theories were therefore. Among these theories, the couple-stress fluid model proposed firstly by V. K. Stokes is the simplest and has been widely used. In the literature, very few studies have been devoted to internal combustion engine connecting-rod bearings studies lubricated with couple-stresses fluids. We present in this paper a complete theoretical study of big end connecting-rod bearings dynamic behaviour for both Diesel and petrol engines using mineral oils blended with VI improver as lubricant. The mobility method has been adopted to the numerical treatment of nonlinear motion equations of the rigid crankpin. The effects of different values of couple-stress parameter on the minimum film thickness, peak pressure, flow rate, power loss as well as crankpin trajectories are investigated.

Depuis quelques années, les effets non newtoniens dans les problèmes de lubrification sont de plus en plus étudiés. Le problème de la théorie de la lubrification visco-élastique se réduit principalement à la détermination d'une équation d'état réaliste reliant les contraintes au taux de déformation. Il est également essentiel que l'équation choisie soit simple et mathématiquement permissive en terme d'invariance. La plupart des études réalisées jusqu'ici, bien qu'employant des modèles mathématiques simples, sont basées sur des équations d'état inadmissibles mathématiquement ou physiquement peu réalistes ; et il s'avère qu'une ré estimation est nécessaire. De plus, la plupart des études précédentes se sont concentrées sur des problèmes à écoulement établi; dans de telles situations, l'écoulement des liquides visco-élastiques ne peut pas être dissocié de l'écoulement des fluides non newtoniens. La présence des non-linéarités pendant l'écoulement de cisaillement simple d'un tel lubrifiant permet d'augmenter la portance du film de lubrifiant tandis que la réduction de la viscosité du lubrifiant avec le

taux de cisaillement contribue à la réduction du frottement. La formulation d'une équation constitutive généralisée simple pour la recherche sur différents types de situations d'écoulement est presque impossible. Une forme adaptée de l'équation constitutive, qui pourrait permettre de prévoir la situation d'écoulement avec l'exactitude exigée, est le but de la recherche actuelle. L'une des approches les plus utilisées employée pour caractériser ces fluides est de les considérer comme des fluides polaires. Physiquement, les fluides polaires se composent de particules rigides et aléatoirement orientées suspendues dans un milieu visqueux. Les huiles minérales contenant peu d'additifs tels que des polymères d'amélioration d'indice de viscosité (VI) sont les exemples de fluides à couple de contrainte.

Afin de mieux décrire le comportement de ce genre de fluides non newtoniens également appelés fluides à couple de contrainte, différentes théories de micro-continuum ont été proposées. Parmi ces théories, le modèle de fluide à couple de contraintes proposé premièrement par V.K. Stokes est le plus simple et a été employé couramment. Dans la littérature, très peu d'études ont été consacrées aux paliers de bielle de moteur à combustion interne lubrifiés avec ce type de fluide. Nous présentons dans ce document une étude théorique complète du comportement dynamique de paliers de tête de bielle pour des moteurs de diesel et essence utilisant des huiles minérales additivées avec des polymères d'amélioration d'indice de viscosité (VI) comme lubrifiant. La méthode de mobilité a été adoptée au traitement numérique des équations non linéaires de mouvement du maneton rigide. Les effets de différentes valeurs du paramètre de couple de contrainte sur l'épaisseur minimale du film, la pression maximale, le débit, la puissance dissipée ou encore les trajectoires du maneton sont étudiés.