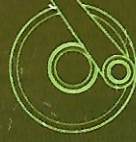
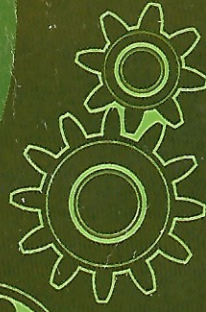
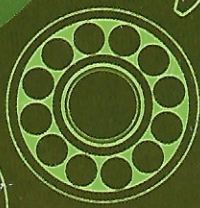


MOBIL OIL FRANÇAISE



# LA LUBRIFICATION

théorie application

doin



# LA LUBRIFICATION

Théorie - Application

par un groupe d'ingénieurs  
du Service Technique Application  
de  
MOBIL OIL FRANÇAISE

— 1978 —

**doin** éditeurs

8, place de l'Odéon  
75006 PARIS

# Introduction

*La physique est une science expérimentale. Les bases des formules sont les phénomènes réels, du moins ce que l'on peut en connaître, et la puissance de la logique mathématique s'arrête devant l'expérience non réalisable physiquement.*

*Il n'en reste pas moins que le calcul peut guider l'étudiant, le technicien ou l'ingénieur, à étudier par exemple un organe mécanique à lubrifier en lui évitant les tâtonnements ou l'empirisme.*

*Newton, Sommerfeld, Reynolds n'ont pas conçu des formules pour les mettre au réfrigérateur ou au musée. Dix ingénieurs qui préparaient un cycle de conférences se sont donnés pour objectif de les utiliser pour calculer des applications pratiques et confronter les résultats avec l'expérience. Ils ne furent pas déçus. On aimerait à penser que le lecteur ne le sera pas davantage.*

*Ils retrouvèrent, après avoir empli et effacé bien des tableaux noirs ou blancs, qu'il était possible de déterminer pour un palier défini mécaniquement et une huile donnée le coefficient de frottement fluide, et d'en déduire la puissance absorbée à vide et, par conséquent, la quantité de chaleur à évacuer par unité de temps. Inversement, on pouvait, avec une approximation suffisante, recoupée par l'expérience, définir la valeur minimale de la viscosité de l'huile acceptable pour obtenir à la fois la portance et le meilleur rendement. Ce n'était qu'un des exemples entre beaucoup d'autres, car on pouvait aussi évaluer un débit de graisse dans un capillaire ou connaître la nécessité d'une huile extrême-pressure dans un engrenage.*

*Deux questions se posaient : dans quel ordre exposer les méthodes de calcul appliquées aux différents organes de machines et de véhicules ; avec quel système d'unités cohérentes ?*

*Pour donner un aspect logique au monde de la mécanique, on décida de considérer qu'il fallait guider les mouvements, à l'aide de paliers, glissières et butées, lisses ou à roulements, transmettre les mouvements par transmissions*

---

© 1978, DOIN Éditeurs, Paris.

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage est interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteurs.

Imprimé en France (*Printed in France*)  
I.S.B.N. 2-7040-0110-3



*mécaniques ou oléodynamiques, comprimer ou détendre l'air et les gaz, déformer la matière et lui faire subir des échanges thermiques. Mais tout ceci supposait des machines transformatrices d'énergie : les moteurs thermiques, qui auraient dû être cités en tête parce qu'à l'origine des mouvements, se retrouvaient en fin d'exposé à cause de leur complexité. Ne mettaient-ils pas en jeu la plupart des éléments déjà cités ?*

*Le système d'unités S.I. ou système international s'imposait puisqu'il est légal et obligatoire en France pour les transactions commerciales et industrielles par application du décret n° 61-501 du 3 mai 1961, modifié par le décret n° 75-1200 du 4 décembre 1975. Quel ne fut pas l'étonnement des auteurs de retrouver, ce qu'ils avaient oublié, que la viscosité dynamique en système international a pour unité le poiseuille, qui vaut dix poises. Mais ceci n'interdit pas d'exprimer les résultats, une fois les calculs terminés avec les unités S.I., en centimètres, en centistokes ou en bars. Car si la puissance d'une automobile en watts commence à devenir familière, on reste encore perplexe devant une cylindrée en mètres cubes ou une vitesse de moteur en radians par seconde...*

*La diffusion par l'International Standard Organization de la classification dite ISO-VG exprimée à 40 °C en mètres carrés par seconde, ou plus souvent en centistokes, ayant pour but de découper en tranches discontinues de viscosité l'échelle existante, ne change rien aux résultats des calculs, qui traduisent des phénomènes physiques continus.*

*Le groupe d'étude n'a rien inventé et il a, au contraire, beaucoup emprunté aux auteurs d'ouvrages techniques. Il a aussi beaucoup calculé, en conservant un œil sur l'expérience pratique. Il est conscient que le calcul ne peut pas tout, mais il serait satisfait si sa contribution permettait d'aider les étudiants, les techniciens et les ingénieurs dans leur combat de tous les jours avec la mécanique appliquée.*

MOBIL OIL FRANÇAISE.

---



# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION . . . . .	4
<b>CHAPITRE I - LA VISCOSITÉ CONDITIONNE LA LUBRIFICATION</b>	
<b>A - Viscosité des fluides</b> . . . . .	12
A-1 - Définition de la viscosité des fluides. Comportement newtonien . . . . .	12
A-2 - Détermination de la viscosité. Loi de Poiseuille . . . . .	14
A-3 - Viscosité apparente en écoulement non laminaire. Rhéogrammes. . . . .	16
A-4 - Mesures de viscosité . . . . .	20
A-5 - Variation de la viscosité avec la température. Indice de viscosité . . . . .	22
A-6 - Variation de la viscosité avec la pression. Visco-élasticité . . . . .	25
<b>B - Lubrification entre surfaces planes</b> . . . . .	29
B-1 - Surfaces planes parallèles . . . . .	29
B-2 - Surfaces planes non parallèles . . . . .	31
<b>C - Lubrification entre surfaces cylindriques concentriques. Paramètre de Sommerfeld</b> . . . . .	34
C-1 - Surfaces cylindriques concentriques . . . . .	34
C-2 - Répartition des pressions dans un film visqueux . . . . .	36
C-3 - Études des paliers lisses en régime laminaire. Calcul du paramètre de Sommerfeld . . . . .	41
<b>CHAPITRE II - PALIERS LISSES ET GLISSIÈRES</b>	
<b>A - Paliers lisses</b> . . . . .	46
A- 1 - Jeu des paliers. . . . .	46
A- 2 - État de surface . . . . .	47
A- 3 - Métaux et alliages pour coussinets. . . . .	50
A- 4 - Géométrie et portance . . . . .	51
A- 5 - Charge sur les paliers . . . . .	53
A- 6 - Vitesses circonférentielles et angulaires . . . . .	55
A- 7 - Température de service . . . . .	57
A- 8 - Cannelures de répartition . . . . .	57
A- 9 - Mode d'application du lubrifiant . . . . .	60
A-10 - Débit d'huile. Pollution . . . . .	62

A-11 - Application pratique des formules . . . . .	63
A-12 - Débit d'huile dans un palier lisse. Échauffement en régime hydrodynamique . . . . .	65
A-13 - Paliers et butées en régime hydrostatique. Butées à segments . . . . .	67
<b>B - Glissières</b> . . . . .	72
B-1 - Généralités . . . . .	72
B-2 - Technologie des glissières de machines-outils . . . . .	73
B-3 - Lubrification des glissières . . . . .	76
 <b>CHAPITRE III - ROULEMENTS</b>	
<b>A - Les roulements</b> . . . . .	86
A-1 - Généralités . . . . .	86
A-2 - Technologie des roulements . . . . .	87
A-3 - Charge et durée de vie . . . . .	94
<b>B - Lubrification des roulements</b> . . . . .	100
B-1 - Résistance au roulement . . . . .	100
B-2 - Lubrification et entretien . . . . .	102
<b>C - Contacts élastiques statiques. Aire de contact.</b> . . . . .	111
 <b>CHAPITRE IV - TRANSMISSIONS MÉCANIQUES</b>	
<b>A - Engrenages en carters étanches.</b> . . . . .	116
A-1 - Critères de construction ou de service . . . . .	116
A-2 - Préconisations pour engrenages cylindriques ou coniques à denture droite ou hélicoïdale . . . . .	125
A-3 - Préconisations pour engrenages à roue et vis . . . . .	131
<b>B - Théorie élasto-hydrodynamique</b> . . . . .	136
B-1 - Théorie élasto-hydrodynamique approchée. Contacts linéaires chargés. . . . .	136
B-2 - Théorie élasto-hydrodynamique exacte. Vérification expérimentale . . . . .	138
B-3 - Théorie élasto-hydrodynamique appliquée aux engrenages cylindriques . . . . .	141
 <b>CHAPITRE V - TRANSMISSIONS OLÉODYNAMIQUES</b>	
<b>A - Généralités</b> . . . . .	146
<b>B - Transmissions hydrostatiques</b> . . . . .	148
B-1 - Caractéristiques des systèmes hydrostatiques . . . . .	148



B-2 - Influence des caractéristiques des systèmes hydrostatiques sur la détermination du fluide hydraulique . . . . .	152
B-3 - Préconisations. Tableau général . . . . .	155
B-4 - Influence des conditions de service sur la détermination du fluide hydraulique . . . . .	155
B-5 - Choix des élastomères en contact avec les fluides. Point d'aniline . . . . .	156
B-6 - Compressibilité des huiles . . . . .	157
B-7 - Limite de l'écoulement laminaire. Calcul de l'échauffement . . . . .	157
<b>C - Transmissions hydrocinétiques . . . . .</b>	<b>160</b>
C-1 - Le coupleur. Caractéristiques . . . . .	160
C-2 - Influence des caractéristiques du coupleur sur la détermination du fluide hydraulique . . . . .	163
C-3 - Le convertisseur. Caractéristiques . . . . .	164
C-4 - Influence des caractéristiques du convertisseur sur la détermination du fluide hydraulique. . . . .	168
<b>D - Transmissions complexes . . . . .</b>	<b>170</b>
D-1 - Transmissions de tracteurs . . . . .	170
D-2 - Détermination du fluide hydraulique . . . . .	171

## CHAPITRE VI - COMPRESSEURS ET MATÉRIEL PNEUMATIQUE

<b>A - Compresseurs et pompes à vide . . . . .</b>	<b>174</b>
A-1 - Technologie des compresseurs et pompes à vide . . . . .	174
A-2 - Lubrification . . . . .	176
A-3 - Comportement du gaz vis-à-vis du lubrifiant . . . . .	177
A-4 - Taux de graissage . . . . .	180
<b>B - Compresseurs frigorifiques . . . . .</b>	<b>188</b>
B-1 - Installations frigorifiques . . . . .	188
B-2 - Fluides frigorifiques . . . . .	190
B-3 - Choix du lubrifiant . . . . .	192
<b>C - Outils et machines pneumatiques . . . . .</b>	<b>194</b>
C-1 - Généralités . . . . .	194
C-2 - Technologie . . . . .	194
C-3 - Incidents possibles de fonctionnement . . . . .	197
C-4 - Lubrification . . . . .	198



## CHAPITRE VII - TRAVAIL DES MÉTAUX - TRANSFERT DE CHALEUR

<b>A - Usinage des métaux par enlèvement de copeaux</b> . . . . .	202
A-1 - La nécessité d'un fluide de coupe . . . . .	202
A-2 - Le rôle du fluide de coupe . . . . .	203
A-3 - Action postérieure . . . . .	207
A-4 - Cas particulier : l'usinage par abrasifs . . . . .	208
<b>B - Usinage des métaux par déformation</b> . . . . .	211
B-1 - Théorie . . . . .	211
B-2 - Généralités . . . . .	212
B-3 - Le laminage . . . . .	212
B-4 - L'emboutissage . . . . .	215
B-5 - Étirage et tréfilage . . . . .	217
B-6 - Le filage ou extrusion . . . . .	217
<b>C - Usinage par procédés spéciaux</b> . . . . .	219
C-1 - L'électroérosion . . . . .	219
C-2 - Autres techniques . . . . .	220
<b>D - Fluides de transfert de chaleur</b> . . . . .	223
D-1 - Types de fluides . . . . .	223
D-2 - La réalisation des circuits de chauffe . . . . .	224
D-3 - Calcul d'un coefficient d'échange thermique . . . . .	229

## CHAPITRE VIII - MOTEURS THERMIQUES

<b>A - Puissance d'un moteur</b> . . . . .	234
<b>B - Lubrification des moteurs</b> . . . . .	237
B-1 - Circuit de graissage d'un moteur . . . . .	237
B-2 - Le rôle de l'huile dans un moteur . . . . .	241
B-3 - Lubrification des moteurs à essence . . . . .	243
B-4 - Lubrification des moteurs Diesel . . . . .	246
B-5 - Lubrification des moteurs à gaz . . . . .	254
<b>C - Application</b> . . . . .	255
<b>D - Puissance administrative</b> . . . . .	260

Achévé d'imprimer sur les presses de  
l'imprimerie SILIC - Lille-Paris  
Cde 1639 - D.L. 3497 A  
Imprimé en France