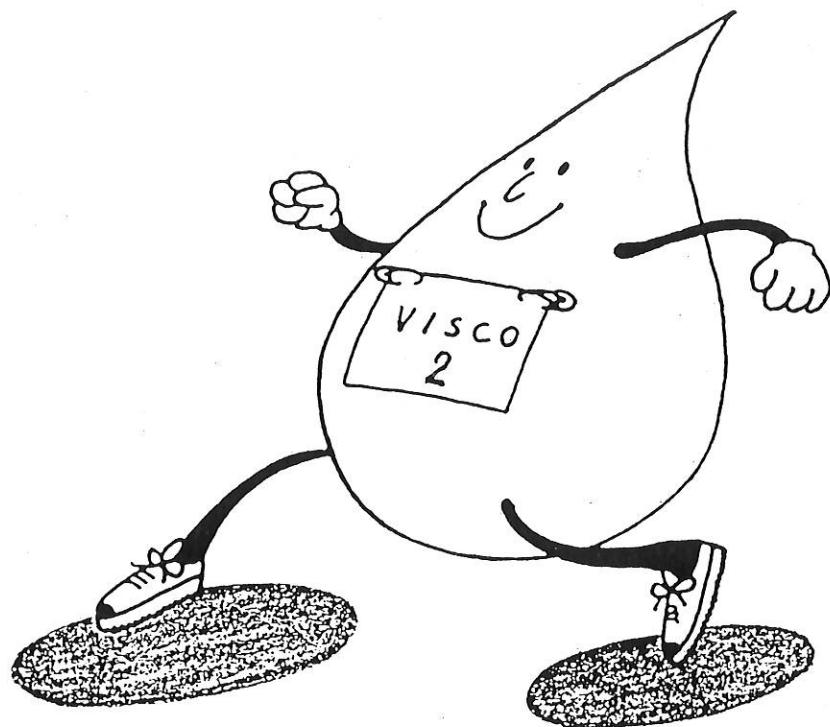


construction mécanique

## LA LUBRIFICATION



## Sommaire

|  |         |
|--|---------|
| 1. Généralités , types de lubrifiants                        | pages 1 |
| 2. Caractéristiques physiques d'un lubrifiant                | 2       |
| 3. Caractéristiques chimiques d'un lubrifiant                | 11      |
| 4. Additifs  | 12      |
| 5. Propriétés et caractéristiques des principaux lubrifiants | 13      |
| 6. Classification des lubrifiants                            | 16      |
| 7. Les régimes de lubrification                              | 21      |
| 8. Les procédés de graissage                                 | 22      |
| 9. La lubrification des engrenages                           | 27      |
| 10. La lubrification des roulements                          | 38      |
| 11. La lubrification des chaînes et de câbles                | 50      |
| 12. La lubrification de mécanismes                           |         |
| 12.1 . Compresseurs d'air                                    | 52      |
| 12.2. Compresseurs frigorifiques                             | 53      |
| 12.3 Outils et machines pneumatiques                         | 54      |
| 12.4 Palières lisses   | 55      |
| 13. Surveillance et maintenance d'un lubrifiant              | 59      |

## 1. Généralités

Graissage : ensemble des opérations destinées à fournir au mécanisme la qualité et la quantité de lubrifiant appropriées au moment opportun.

Lubrification : grainage plus connances des phénomènes physiques et chimiques qui se produisent ainsi que sur le conditionnement du lubrifiant (stockage, filtration, refroidissement, réchauffage...)

Tribologie : science qui englobe tous les problèmes soulevés par la lubrification, le frottement et l'usure des organes de machine.

### Les fonctions d'un lubrifiant

1. réduire les frottements ou résistances passives  $\Rightarrow$  augmentation du  $\gamma$
2. combattre l'usure et la corrosion des organes de machines  
 $\Rightarrow$  assurer le bon état et la longévité.  
On distingue l'usure adhésive par contact métal-métal, l'usure abrasive (rayage par aspérités ou particules), l'usure corrodante, l'usure par fatigue, la corrosion de contacts (anachements cristallins par vibrations), corrosion par cavitation et par étincelles.
- 3 - participer à l'équilibre thermique
- 4- contribuer à parfaire l'étanchéité aux gaz et aux liquides
- 5- évacuer par circulation les impuretés.

### Les lubrifiants naturels

- d'origine animale : saponification des graisses  $\rightarrow$  savon + glycérine huile de lard, suifs, lanoline, cire d'abeilles,...
- d'origine végétale : résines, huiles de ricin, maïs, colza, palme,...
- d'origine minérale : graphite, bisulfure de molybdène, acide sulfurique (pompes à chlore), eau, solutions aqueuses de soude caustique et surtout huile de pétrole de type paraffinique ou naphénique.

### Les lubrifiants artificiels

- huiles "compound" ou dopées (mélange d'huile(s) avec additifs)
- liquides spéciaux : suspensions colloïdales de graphite dans l'eau, liquides incroyables (fleuves)...
- produits de synthèse = produits chimiques faits sur mesure ex. : diester, esters phosphatés, polyglycol, diphenyl chloré,...
- Les graisses = gelifiant (savon constitué d'acide gras ou d'une base) + lubrifiant (huile de pétrole, ester, silicone) + additifs (stabilisants, antioxydants, antiorouille...)
- lubrifiants solides : graphite, MoSe<sub>2</sub>, matériaux plastiques, métaux mous, vernis de glissement

## 2. Caractéristiques physiques d'un lubrifiant

### 1. Masse volumique - densité

En France il est d'usage d'exprimer la masse volumique  $\rho = m/v$ , ou la densité, à 15°C. sachant que la variation de volume en fonction de la température est donnée par :  $\Delta V = v_0 \alpha \Delta T$ , la masse volumique à la température T sous Patm. est égale à :  $\rho_T = \rho_{15^\circ} / 1 + \alpha(T - 15)$

avec  $\alpha = 65 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  = coefficient de dilatation absolue des huiles courantes

$\rho \approx 800 \text{ à } 900 \text{ kg/m}^3$  pour huiles minérales

$\rho \approx 900 \text{ à } 2000 \text{ kg/m}^3$  pour fluides synthétiques

La densité est le rapport de la masse volumique de ce corps à la masse volumique d'un corps de référence (eau à 4°C pour solides et liquides, air pour gaz).

### 2. Chaleur massique - conductivité thermique

La chaleur massique est d'autant plus élevée que la masse volumique est faible. Par ailleurs elle augmente avec la température.

La chaleur massique des huiles minérales jusqu'à 100°C est  $\approx 2000 \text{ J/kg} \cdot \text{°C}$

La conductivité thermique moyenne des huiles de pétrole est de  $0,14 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$ . Elle diminue lorsque la température augmente et elle varie de façon inversement proportionnelle à la densité.

### 3. Viscosité

La viscosité est la propriété physique la plus importante d'un lubrifiant.

L'effort tangentiel nécessaire au frottement de deux nappes liquides de surface  $ds$  distantes de  $dv$  dont l'une se déplace à la vitesse  $v$  et l'autre à la vitesse  $v + dv$  s'exprime par la formule de Newton :

$$dF = \gamma \frac{dv}{dv} ds$$

$\gamma = 1,006 \text{ mPas}$  pour l'eau à 20°C

$\gamma = 10 \text{ à } 2 \cdot 10^4 \text{ mPas}$  pour les huiles

$dF/ds$  = contrainte de cisaillement

$dv/dv$  = gradient de vitesse ou vitesse de déformation

$\gamma$  (ou  $\mu$ ) = viscosité dynamique ou absolue en Pa.s ( $1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ Pl} = 10 \text{ Po}$  et  $1 \text{ mPas} = 1 \text{ cPo}$ )

La viscosité cinématique est définie par :  $\nu = \gamma/\rho$  en  $\text{m}^2/\text{s}$

$$(1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})$$

#### • Variation de la viscosité avec la température - V.I.

équation de Walther - Mac Coull :  $\log \log (\nu + C) = A - B \log T$

$C = 0,7$  pour produits pétroliers de  $\nu > 2 \text{ mm}^2/\text{s}$  à  $T$  en °K,  $A$  et  $B$  sont des constantes caractéristiques du fluide considéré → abaque ASTM et GROFF

\* Ce coefficient n'est pas indépendant de la nature des huiles, ce dont tient compte la formule suivante :  $a = 2,3/\rho_{15^\circ} - 0,0019$

## Viscosité relative ou empirique

TABLEAU ET COEFFICIENTS DE CORRESPONDANCE DES UNITÉS DE VISCOSITÉ

### Viscosité Engler (Europe)

C'est le rapport du temps d'écoulement de  $200 \text{ cm}^3$  du fluide à étudier à  $T^\circ\text{C}$  (en général  $50^\circ\text{C}$  pour les huiles) au temps d'écoulement de  $200 \text{ cm}^3$  d'eau à  $20^\circ\text{C}$ .  
Mesures dans une viscosimètre Engler.

### Viscosité Redwood (Angleterre)

C'est le rapport du temps d'écoulement de  $50 \text{ cm}^3$  du fluide à étudier à  $T^\circ\text{F}$  aux temps d'écoulement de  $50 \text{ cm}^3$  d'huile de colza à  $60^\circ\text{F}$ .

### Viscosité Saybolt (USA)

On mesure le temps d'écoulement de  $60 \text{ cm}^3$  du fluide à étudier à une température de référence ( $^{\circ}\text{F}$ ) dans une viscosimètre Saybolt Universal (SSU).

| $\nu$<br>( $\text{mm}^2/\text{s}$ ) | Engler<br>(°E) | Redwood<br>(sec.) | Saybolt<br>(sec.) | $\nu$<br>( $\text{mm}^2/\text{s}$ ) | Engler<br>(°E) | Redwood<br>(sec.) | Saybolt<br>(sec.) |
|-------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 1,0                                 | 1,00           | 28,5              | 32                | 200                                 | 2,9            | 86                | 97                |
| 1,5                                 | 1,06           | 30                | 33                | 20,5                                | 2,95           | 88                | 98                |
| 2,0                                 | 1,12           | 31                | 34                | 21,0                                | 3,0            | 90                | 101               |
| 2,5                                 | 1,17           | 32                | 35                | 21,5                                | 3,05           | 92                | 104               |
| 3,0                                 | 1,22           | 33                | 36,5              | 22,0                                | 3,1            | 93                | 106               |
| 3,5                                 | 1,26           | 34,5              | 38                | 22,5                                | 3,15           | 95                | 108               |
| 4,0                                 | 1,30           | 35,5              | 39,5              | 23,0                                | 3,2            | 97                | 110               |
| 4,5                                 | 1,35           | 37                | 41                | 23,5                                | 3,3            | 99                | 112               |
| 5,0                                 | 1,40           | 38                | 42,5              | 24,0                                | 3,35           | 101               | 114               |
| 5,5                                 | 1,44           | 39,5              | 44                | 24,5                                | 3,4            | 103               | 117               |
| 6,0                                 | 1,48           | 41                | 45,5              | 25                                  | 3,45           | 105               | 119               |
| 6,5                                 | 1,52           | 42                | 47                | 26                                  | 3,6            | 109               | 123               |
| 7,0                                 | 1,56           | 43,5              | 48,5              | 27                                  | 3,7            | 113               | 128               |
| 7,5                                 | 1,60           | 45                | 50,5              | 28                                  | 3,85           | 117               | 132               |
| 8,0                                 | 1,65           | 46                | 52                | 29                                  | 3,95           | 121               | 136               |
| 8,5                                 | 1,70           | 47,5              | 54                | 30                                  | 4,1            | 125               | 141               |
| 9,0                                 | 1,75           | 49                | 55,5              | 31                                  | 4,2            | 129               | 145               |
| 9,5                                 | 1,79           | 50,5              | 57                | 32                                  | 4,35           | 133               | 150               |
| 10,0                                | 1,83           | 52                | 59                | 33                                  | 4,45           | 136               | 154               |
| 10,2                                | 1,85           | 52,5              | 60                | 34                                  | 4,6            | 140               | 158               |
| 10,4                                | 1,87           | 53                | 60,5              | 35                                  | 4,7            | 144               | 163               |
| 10,6                                | 1,89           | 53,5              | 60,5              | 36                                  | 4,85           | 148               | 167               |
| 10,8                                | 1,91           | 54,5              | 62                | 37                                  | 4,95           | 152               | 172               |
| 11,0                                | 1,93           | 55                | 63                | 38                                  | 5,1            | 156               | 176               |
| 11,4                                | 1,97           | 56                | 64                | 39                                  | 5,2            | 160               | 181               |
| 11,8                                | 2,00           | 57,5              | 65                | 40                                  | 5,35           | 164               | 185               |
| 12,2                                | 2,04           | 59                | 67                | 41                                  | 5,45           | 168               | 190               |
| 12,6                                | 2,08           | 60                | 68                | 42                                  | 5,6            | 172               | 194               |
| 13,0                                | 2,12           | 61                | 70                | 43                                  | 5,75           | 177               | 199               |
| 13,5                                | 2,17           | 63                | 72                | 44                                  | 5,85           | 181               | 203               |
| 14,0                                | 2,22           | 64,5              | 74                | 45                                  | 6,0            | 185               | 207               |
| 14,5                                | 2,27           | 66                | 76                | 46                                  | 6,1            | 189               | 212               |
| 15,0                                | 2,32           | 68                | 77                | 47                                  | 6,25           | 193               | 216               |
| 15,5                                | 2,38           | 70                | 79                | 48                                  | 6,45           | 197               | 221               |
| 16,0                                | 2,43           | 71,5              | 81                | 49                                  | 6,5            | 201               | 225               |
| 16,5                                | 2,45           | 73                | 83                | 50                                  | 6,65           | 205               | 230               |
| 17,0                                | 2,55           | 75                | 85                | 52                                  | 6,9            | 213               | 239               |
| 17,5                                | 2,6            | 77                | 87                | 54                                  | 7,1            | 221               | 248               |
| 18,0                                | 2,65           | 78,5              | 89                | 56                                  | 7,4            | 229               | 257               |
| 18,5                                | 2,7            | 80                | 91                | 58                                  | 7,65           | 237               | 266               |
| 19,0                                | 2,75           | 82                | 93                | 60                                  | 7,9            | 245               | 275               |
| 19,5                                | 2,8            | 84                |                   |                                     |                |                   |                   |

Correspondances :  $\frac{\nu}{\nu} = \frac{5/9}{5/9} (\text{ }^{\circ}\text{F} - 32)$

Pour  $\nu < 60 \text{ mm}^2/\text{s}$  → tableau

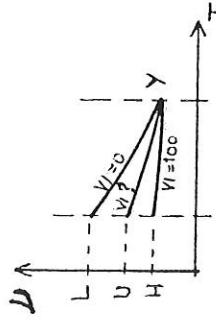
$\nu = 7,58 \text{ }^{\circ}\text{E}$

$\nu = 0,247 \text{ sec Redwood}$

$\nu = 0,216 \text{ sec Saybolt}$

## Indice de viscosité : V.I.

- $V.I. \leq 100$ 
  - indice basé sur la comparaison de l'huile incomme ( $U$ ) à deux huiles de référence :
    - une huile naphténique ( $L$ ) de V.I. = 0
    - une huile paraffinique ( $H$ ) de V.I. = 100
  - L'indice nécessaire est donné par la relation :



$$V.I. = 100 \frac{L-U}{L-H} = 100 \frac{L-U}{D}$$

$\nu_{40^\circ C}$  et  $\nu_{100^\circ C} > 70 \text{ mm}^2/\text{s}$  on L et H sont données par les tables.

N.B. - Pour les huiles de  $\nu_{100^\circ C} > 70 \text{ mm}^2/\text{s}$  on peut calculer L et D en utilisant les relations suivantes :

$$\begin{aligned} L &= 0,83553 \gamma^2 + 14,67 \gamma - 216 \\ D &= 0,6669 \gamma_2 + 2,82 \gamma - 119 \end{aligned}$$

-  $V.I. > 100$

Dans ce cas le calcul de l'indice est obtenu par la relation :  $V.I. = \frac{\log N - 1}{0,00715} + 100$

$$\text{avec } N = \frac{\log H - \log U}{\log \gamma} \text{ ou encore } \gamma^N = \frac{H}{U}$$

N.B. - Pour les huiles de  $\nu_{100^\circ C} > 70 \text{ mm}^2/\text{s}$  on calcule la valeur de H comme suit :

$$H = 0,1684 \gamma^2 + 11,85 \gamma - 97$$

- L'indice  $> 100$  peut aussi être trouvée à l'aide d'un abaque.

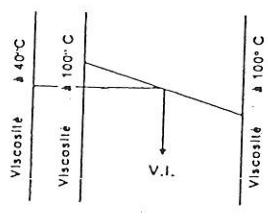
Table — Valeurs de  $L$ ,  $D$  et  $H$  en fonction de la viscosité cinétique

| Viscosité cinétique à $100^\circ C$ $\text{mm}^2/\text{s}$ | $L$   | $D = (L - H)$ | $H$   | Viscosité cinétique à $100^\circ C$ $\text{mm}^2/\text{s}$ | $L$    | $D = (L - H)$ | $H$   |
|--|-------|---------------|-------|--|--------|---------------|-------|
| 2.00   | 7.94  | 1.600         | 6.334 | 7.50   | 88.85  | 34.87         | 53.98 |
| 2.10   | 8.640 | 1.746         | 6.884 | 7.60   | 91.04  | 35.94         | 55.09 |
| 2.20   | 9.309 | 1.888         | 7.410 | 7.70   | 93.20  | 37.01         | 56.20 |
| 2.30   | 10.00 | 2.056         | 7.944 | 7.80   | 95.43  | 38.12         | 57.31 |
| 2.40   | 10.71 | 2.219         | 8.486 | 7.90   | 97.72  | 39.27         | 58.45 |
| 2.50   | 11.45 | 2.390         | 9.063 | 8.00   | 100.00 | 40.40         | 59.50 |
| 2.60   | 12.21 | 2.567         | 9.647 | 8.10   | 102.3  | 41.57         | 60.74 |
| 2.70   | 13.00 | 2.748         | 10.25 | 8.20   | 104.6  | 42.72         | 61.89 |
| 2.80   | 13.80 | 2.937         | 10.87 | 8.30   | 106.9  | 43.85         | 63.05 |
| 2.90   | 14.63 | 3.132         | 11.50 | 8.40   | 109.2  | 45.01         | 64.18 |
| 3.00   | 15.49 | 3.334         | 12.15 | 8.50   | 111.5  | 46.19         | 65.32 |
| 3.10   | 16.36 | 3.540         | 12.82 | 8.60   | 113.9  | 47.40         | 66.48 |
| 3.20   | 17.26 | 3.753         | 13.51 | 8.70   | 116.2  | 48.57         | 67.64 |
| 3.30   | 18.18 | 3.971         | 14.21 | 8.80   | 118.5  | 49.75         | 68.79 |
| 3.40   | 19.12 | 4.196         | 14.93 | 8.90   | 120.9  | 50.96         | 69.94 |
| 3.50   | 20.09 | 4.428         | 15.66 | 9.00   | 123.3  | 52.20         | 71.10 |
| 3.60   | 21.08 | 4.665         | 16.42 | 9.10   | 125.7  | 53.40         | 72.27 |
| 3.70   | 22.08 | 4.909         | 17.19 | 9.20   | 128.0  | 54.61         | 73.42 |
| 3.80   | 23.13 | 5.157         | 17.97 | 9.30   | 130.4  | 55.84         | 74.57 |
| 3.90   | 24.19 | 5.415         | 18.77 | 9.40   | 132.8  | 57.10         | 75.73 |
| 4.00   | 25.32 | 5.756         | 19.56 | 9.50   | 135.3  | 58.36         | 76.91 |
| 4.10   | 26.50 | 6.129         | 20.37 | 9.60   | 137.7  | 59.60         | 78.08 |
| 4.20   | 27.75 | 6.546         | 21.21 | 9.70   | 140.1  | 60.87         | 79.27 |
| 4.30   | 29.07 | 7.017         | 22.05 | 9.80   | 142.7  | 62.22         | 80.46 |
| 4.40   | 30.48 | 7.560         | 22.92 | 9.90   | 145.2  | 63.54         | 81.67 |
| 4.50   | 31.96 | 8.156         | 23.81 | 10.0   | 147.7  | 64.86         | 82.87 |
| 4.60   | 33.52 | 8.806         | 24.71 | 10.1   | 150.3  | 66.22         | 84.08 |
| 4.70   | 35.13 | 9.499         | 25.63 | 10.2   | 152.9  | 67.56         | 85.30 |
| 4.80   | 36.79 | 10.22         | 26.57 | 10.3   | 155.4  | 68.90         | 86.51 |
| 4.90   | 38.50 | 10.97         | 27.53 | 10.4   | 158.0  | 70.25         | 87.72 |
| 5.00   | 40.23 | 11.74         | 28.49 | 10.5   | 160.6  | 71.63         | 88.95 |
| 5.10   | 41.99 | 12.53         | 29.46 | 10.6   | 163.2  | 73.00         | 90.19 |
| 5.20   | 43.76 | 13.32         | 30.43 | 10.7   | 165.8  | 74.42         | 91.40 |
| 5.30   | 45.53 | 14.13         | 31.40 | 10.8   | 168.5  | 75.86         | 92.65 |
| 5.40   | 47.31 | 14.94         | 32.37 | 10.9   | 171.2  | 77.33         | 93.92 |
| 5.50   | 49.09 | 15.75         | 33.34 | 11.0   | 173.9  | 78.75         | 95.19 |
| 5.60   | 50.87 | 16.55         | 34.32 | 11.1   | 176.6  | 80.20         | 96.45 |
| 5.70   | 52.64 | 17.36         | 35.29 | 11.2   | 179.4  | 81.65         | 97.71 |
| 5.80   | 54.42 | 18.16         | 36.26 | 11.3   | 182.1  | 83.13         | 98.97 |
| 5.90   | 56.20 | 18.97         | 37.23 | 11.4   | 184.9  | 84.63         | 100.2 |
| 6.00   | 57.97 | 19.78         | 38.19 | 11.5   | 187.6  | 86.10         | 101.5 |
| 6.10   | 59.74 | 20.57         | 39.17 | 11.6   | 190.4  | 87.61         | 102.8 |
| 6.20   | 61.52 | 21.38         | 40.15 | 11.7   | 193.3  | 89.18         | 104.1 |
| 6.30   | 63.32 | 22.19         | 41.13 | 11.8   | 196.2  | 90.75         | 105.4 |
| 6.40   | 65.18 | 23.03         | 42.14 | 11.9   | 199.0  | 92.30         | 106.7 |
| 6.50   | 67.12 | 23.94         | 43.18 | 12.0   | 201.9  | 93.87         | 108.0 |
| 6.60   | 69.16 | 24.92         | 44.24 | 12.1   | 204.8  | 95.47         | 109.4 |
| 6.70   | 71.29 | 25.96         | 45.33 | 12.2   | 207.8  | 97.07         | 110.7 |
| 6.80   | 73.48 | 27.04         | 46.44 | 12.3   | 210.7  | 98.66         | 112.0 |
| 6.90   | 75.72 | 28.21         | 47.51 | 12.4   | 213.6  | 100.3         | 113.3 |
| 7.00   | 78.00 | 29.43         | 48.57 | 12.5   | 216.6  | 101.9         | 114.7 |
| 7.10   | 80.25 | 30.63         | 49.61 | 12.6   | 219.6  | 103.6         | 116.0 |
| 7.20   | 82.39 | 31.70         | 50.69 | 12.7   | 222.6  | 105.3         | 117.4 |
| 7.30   | 84.53 | 32.74         | 51.78 | 12.8   | 225.7  | 107.0         | 118.7 |
| 7.40   | 86.66 | 33.79         | 52.88 | 12.9   | 228.8  | 108.7         | 120.1 |

Table – Valeurs de  $L$ ,  $D$  et  $H$  en fonction de la viscosité cinématique (suite)Table – Valeurs de  $L$ ,  $D$  et  $H$  en fonction de la viscosité cinématique (fin)

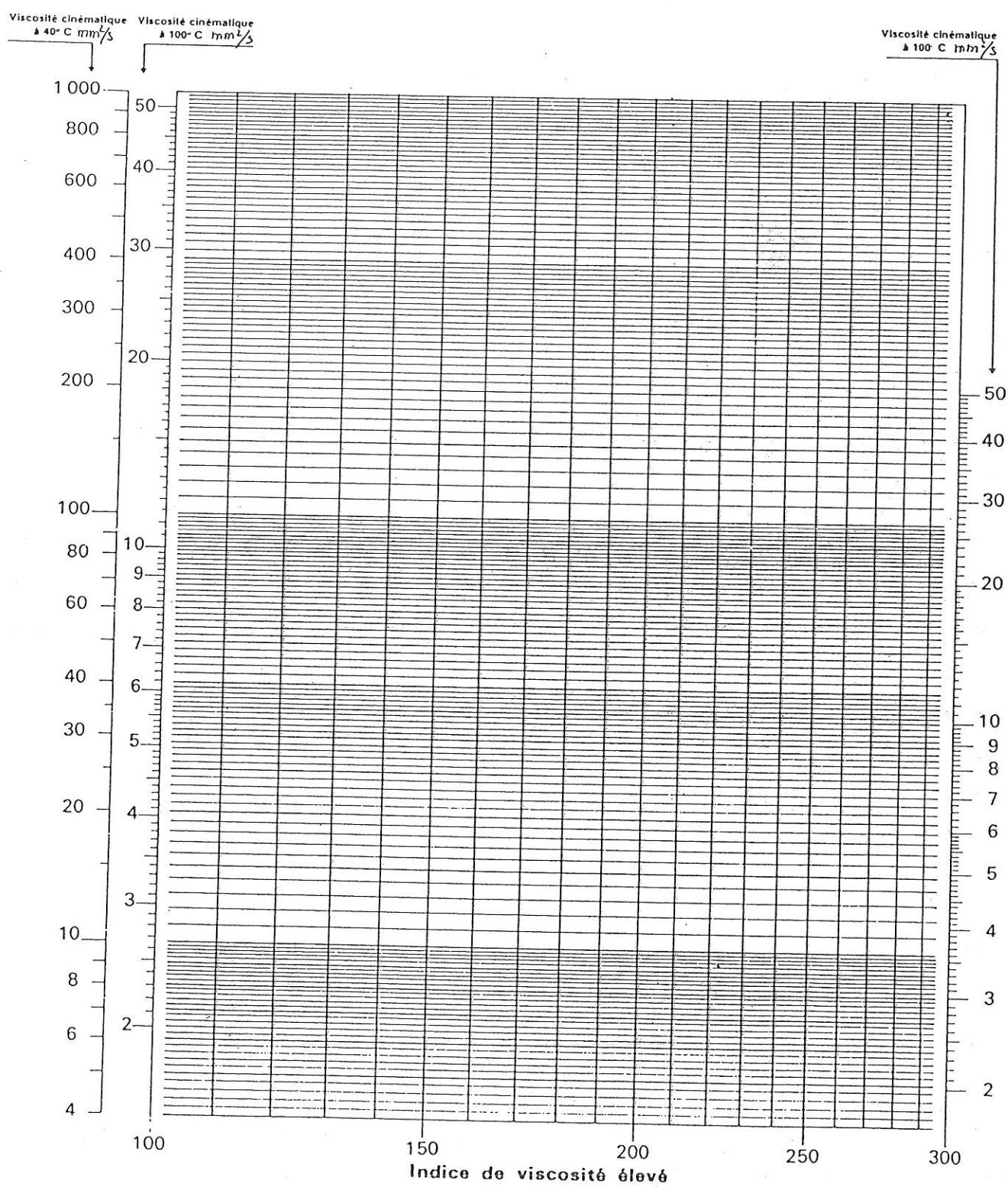
| Viscosité cinématique à 100 °C mm²/s | $I$   | $D = (L - H)$ | $II$  | $L$   | $D = (L - H)$ | $H$   | Viscosité cinématique à 100 °C mm²/s |       |               | $L$   | $D = (L - H)$ | $H$   |
|--------------------------------------|-------|---------------|-------|-------|---------------|-------|--------------------------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|                                      |       |               |       |       |               |       | Viscosité cinématique à 100 °C mm²/s | $L$   | $D = (L - H)$ |       |               |       |
| 13,0                                 | 231,9 | 110,4         | 121,5 | 429,0 | 224,7         | 204,3 | 28,0                                 | 904,1 | 523,5         | 380,6 | 1 530         | 849,2 |
| 13,1                                 | 235,0 | 112,1         | 122,9 | 433,2 | 227,2         | 205,9 | 18,6                                 | 915,8 | 531,2         | 384,6 | 1 563         | 863,0 |
| 13,2                                 | 238,1 | 113,8         | 124,2 | 437,3 | 229,7         | 207,6 | 18,7                                 | 927,6 | 538,8         | 388,8 | 1 596         | 876,9 |
| 13,3                                 | 241,2 | 115,6         | 125,6 | 441,5 | 232,3         | 209,3 | 18,8                                 | 938,6 | 545,7         | 393,0 | 1 630         | 890,9 |
| 13,4                                 | 244,3 | 117,3         | 127,0 | 445,7 | 234,7         | 211,0 | 18,9                                 | 951,2 | 554,5         | 396,6 | 1 665         | 905,3 |
| 13,5                                 | 247,4 | 119,0         | 128,4 | 449,9 | 237,8         | 212,7 | 19,0                                 | 963,4 | 562,3         | 401,1 | 1 700         | 922,1 |
| 13,6                                 | 250,6 | 120,8         | 129,8 | 454,2 | 239,8         | 214,4 | 19,1                                 | 975,4 | 570,1         | 405,3 | 1 733         | 933,6 |
| 13,7                                 | 253,8 | 122,6         | 131,2 | 458,4 | 242,3         | 216,1 | 19,2                                 | 987,1 | 577,6         | 409,5 | 1 769         | 948,2 |
| 13,8                                 | 257,0 | 124,4         | 132,6 | 462,7 | 245,0         | 217,7 | 19,3                                 | 998,9 | 585,3         | 413,5 | 1 804         | 962,9 |
| 13,9                                 | 260,1 | 126,2         | 134,0 | 467,0 | 247,6         | 219,4 | 19,4                                 | 1 011 | 593,4         | 417,6 | 1 839         | 977,5 |
| 14,0                                 | 263,3 | 128,0         | 135,4 | 471,3 | 250,2         | 221,1 | 19,5                                 | 1 023 | 601,6         | 421,7 | 1 875         | 992,1 |
| 14,1                                 | 266,6 | 129,8         | 136,8 | 475,7 | 252,9         | 222,8 | 19,6                                 | 1 055 | 622,3         | 432,4 | 1 907         | 1 007 |
| 14,2                                 | 269,8 | 131,6         | 138,2 | 479,7 | 255,2         | 224,5 | 19,7                                 | 1 086 | 643,2         | 443,2 | 1 947         | 1 021 |
| 14,3                                 | 273,0 | 133,5         | 139,6 | 483,9 | 257,8         | 226,2 | 19,8                                 | 1 119 | 664,5         | 454,0 | 1 984         | 1 036 |
| 14,4                                 | 276,3 | 135,3         | 141,0 | 488,6 | 260,9         | 227,7 | 19,9                                 | 1 151 | 686,0         | 464,9 | 2 022         | 1 051 |
| 14,5                                 | 279,6 | 137,2         | 142,4 | 493,2 | 263,7         | 229,5 | 20,0                                 | 1 184 | 708,0         | 475,9 | 2 056         | 1 066 |
| 14,6                                 | 283,0 | 139,1         | 143,9 | 497,5 | 268,5         | 233,0 | 20,2                                 | 1 217 | 730,2         | 487,0 | 2 088         | 1 082 |
| 14,7                                 | 286,4 | 141,1         | 145,3 | 501,5 | 272,4         | 236,4 | 20,4                                 | 1 251 | 752,8         | 498,1 | 2 136         | 1 097 |
| 14,8                                 | 289,7 | 142,9         | 146,8 | 510,8 | 274,4         | 240,1 | 20,6                                 | 1 286 | 776,8         | 509,6 | 2 174         | 1 112 |
| 14,9                                 | 293,0 | 144,8         | 148,2 | 528,8 | 285,3         | 243,5 | 20,8                                 | 1 321 | 79,9          | 521,1 | 2 213         | 1 127 |
| 15,0                                 | 296,5 | 146,8         | 149,7 | 538,4 | 291,3         | 247,1 | 21,0                                 | 1 350 | 823,4         | 532,5 | 2 253         | 1 143 |
| 15,1                                 | 300,0 | 148,8         | 151,2 | 547,5 | 296,8         | 250,7 | 21,2                                 | 1 391 | 847,2         | 544,0 | 2 293         | 1 159 |
| 15,2                                 | 303,4 | 150,8         | 152,6 | 556,7 | 302,6         | 254,2 | 21,4                                 | 1 427 | 871,2         | 555,6 | 2 332         | 1 175 |
| 15,3                                 | 306,9 | 152,8         | 154,1 | 566,4 | 308,6         | 257,8 | 21,6                                 | 1 464 | 896,5         | 567,1 | 2 372         | 1 190 |
| 15,4                                 | 310,3 | 154,8         | 155,6 | 575,6 | 314,1         | 261,5 | 21,8                                 | 1 501 | 921,8         | 579,3 | 2 413         | 1 206 |
| 15,5                                 | 313,9 | 156,9         | 157,0 | 585,2 | 320,2         | 264,9 | 22,0                                 | 1 538 | 946,8         | 591,3 | 2 454         | 1 222 |
| 15,6                                 | 317,5 | 158,9         | 158,6 | 595,0 | 326,4         | 268,6 | 22,2                                 | 1 575 | 972,3         | 603,1 | 2 496         | 1 238 |
| 15,7                                 | 321,1 | 161,0         | 160,1 | 604,3 | 332,0         | 272,3 | 22,4                                 | 1 613 | 998,3         | 615,0 | 2 538         | 1 254 |
| 15,8                                 | 324,6 | 163,0         | 161,6 | 614,2 | 338,4         | 275,8 | 22,6                                 | 1 651 | 1 024         | 627,1 | 2 579         | 1 270 |
| 15,9                                 | 328,3 | 165,2         | 163,1 | 624,1 | 344,5         | 279,6 | 22,8                                 | 1 691 | 1 052         | 639,2 | 2 621         | 1 286 |
| 16,0                                 | 331,9 | 167,3         | 164,6 | 633,6 | 350,3         | 283,3 | 23,0                                 | 1 730 | 1 079         | 651,8 | 2 664         | 1 303 |
| 16,1                                 | 335,5 | 169,3         | 166,1 | 643,4 | 356,6         | 286,8 | 23,2                                 | 1 770 | 1 106         | 664,2 | 2 707         | 1 319 |
| 16,2                                 | 339,2 | 171,5         | 167,7 | 653,8 | 363,3         | 290,5 | 23,4                                 | 1 810 | 1 133         | 676,6 | 2 751         | 1 336 |
| 16,3                                 | 342,9 | 173,7         | 169,2 | 663,3 | 369,0         | 294,4 | 23,6                                 | 1 851 | 1 162         | 689,1 | 4 147         | 1 436 |
| 16,4                                 | 346,6 | 175,8         | 170,7 | 670,6 | 375,7         | 297,9 | 23,8                                 | 1 882 | 1 191         | 701,9 | 2 332         | 1 454 |
| 16,5                                 | 350,3 | 178,1         | 172,3 | 683,9 | 380,8         | 301,8 | 24,0                                 | 1 935 | 1 220         | 714,9 | 2 458         | 1 471 |
| 16,6                                 | 354,1 | 180,3         | 173,8 | 694,2 | 386,5         | 305,6 | 24,2                                 | 1 978 | 1 250         | 728,2 | 2 484         | 1 488 |
| 16,7                                 | 358,0 | 182,5         | 175,4 | 704,5 | 394,8         | 309,4 | 24,4                                 | 2 021 | 1 280         | 741,3 | 2 506         | 1 506 |
| 16,8                                 | 361,7 | 184,7         | 177,0 | 714,9 | 401,9         | 313,0 | 24,6                                 | 2 064 | 1 310         | 754,4 | 2 528         | 1 523 |
| 16,9                                 | 365,6 | 187,0         | 178,6 | 725,7 | 408,8         | 317,0 | 24,8                                 | 2 108 | 1 340         | 767,6 | 2 568         | 1 541 |
| 17,0                                 | 369,4 | 189,2         | 180,2 | 736,5 | 415,6         | 320,9 | 25,0                                 | 2 152 | 1 371         | 780,9 | 2 605         | 1 558 |
| 17,1                                 | 373,3 | 191,5         | 181,7 | 747,2 | 422,4         | 324,9 | 25,2                                 | 2 197 | 1 403         | 794,5 | 2 645         | 1 624 |
| 17,2                                 | 377,1 | 193,8         | 183,3 | 758,2 | 429,5         | 328,8 | 25,4                                 | 2 243 | 1 434         | 808,2 | 2 676         | 1 656 |
| 17,3                                 | 381,0 | 196,1         | 184,9 | 769,3 | 436,6         | 332,7 | 25,6                                 | 2 288 | 1 466         | 821,9 | 2 709         | 1 688 |
| 17,4                                 | 384,9 | 198,4         | 186,5 | 779,7 | 443,0         | 336,7 | 25,8                                 | 2 333 | 1 498         | 835,5 | 2 744         | 1 724 |
| 17,5                                 | 388,9 | 200,8         | 188,1 | 790,4 | 449,8         | 340,5 | 26,0                                 | 2 380 | 1 526         | 850,5 | 2 788         | 1 764 |
| 17,6                                 | 392,7 | 203,0         | 189,7 | 801,6 | 457,2         | 344,4 | 26,2                                 | 2 426 | 1 563         | 864,6 | 2 829         | 1 804 |
| 17,7                                 | 396,7 | 205,3         | 191,3 | 812,8 | 464,4         | 348,4 | 26,4                                 | 2 470 | 1 605         | 880,3 | 2 874         | 1 844 |
| 17,8                                 | 400,7 | 207,7         | 192,9 | 824,1 | 471,8         | 352,3 | 26,6                                 | 2 514 | 1 641         | 896,0 | 2 919         | 1 884 |
| 17,9                                 | 404,6 | 210,0         | 194,6 | 835,5 | 479,1         | 356,4 | 26,8                                 | 2 558 | 1 677         | 911,7 | 2 964         | 1 924 |
| 18,0                                 | 408,6 | 212,4         | 196,2 | 847,0 | 486,6         | 360,5 | 27,0                                 | 2 602 | 1 714         | 927,4 | 3 008         | 1 964 |
| 18,1                                 | 412,6 | 214,8         | 197,8 | 862,7 | 492,9         | 364,6 | 27,2                                 | 2 648 | 1 751         | 943,2 | 3 054         | 2 004 |
| 18,2                                 | 416,7 | 217,3         | 199,4 | 874,0 | 499,0         | 368,3 | 27,4                                 | 2 694 | 1 788         | 959,0 | 3 100         | 2 044 |
| 18,3                                 | 420,7 | 219,7         | 201,0 | 886,6 | 505,3         | 372,3 | 27,6                                 | 2 738 | 1 825         | 974,7 | 3 146         | 2 084 |
| 18,4                                 | 424,9 | 220,2         | 202,6 | 899,4 | 511,9         | 376,4 | 27,8                                 | 2 782 | 1 862         | 989,4 | 3 191         | 2 124 |

Table – Valeurs de  $L$ ,  $D$  et  $H$  en fonction de la viscosité cinématique (suite)

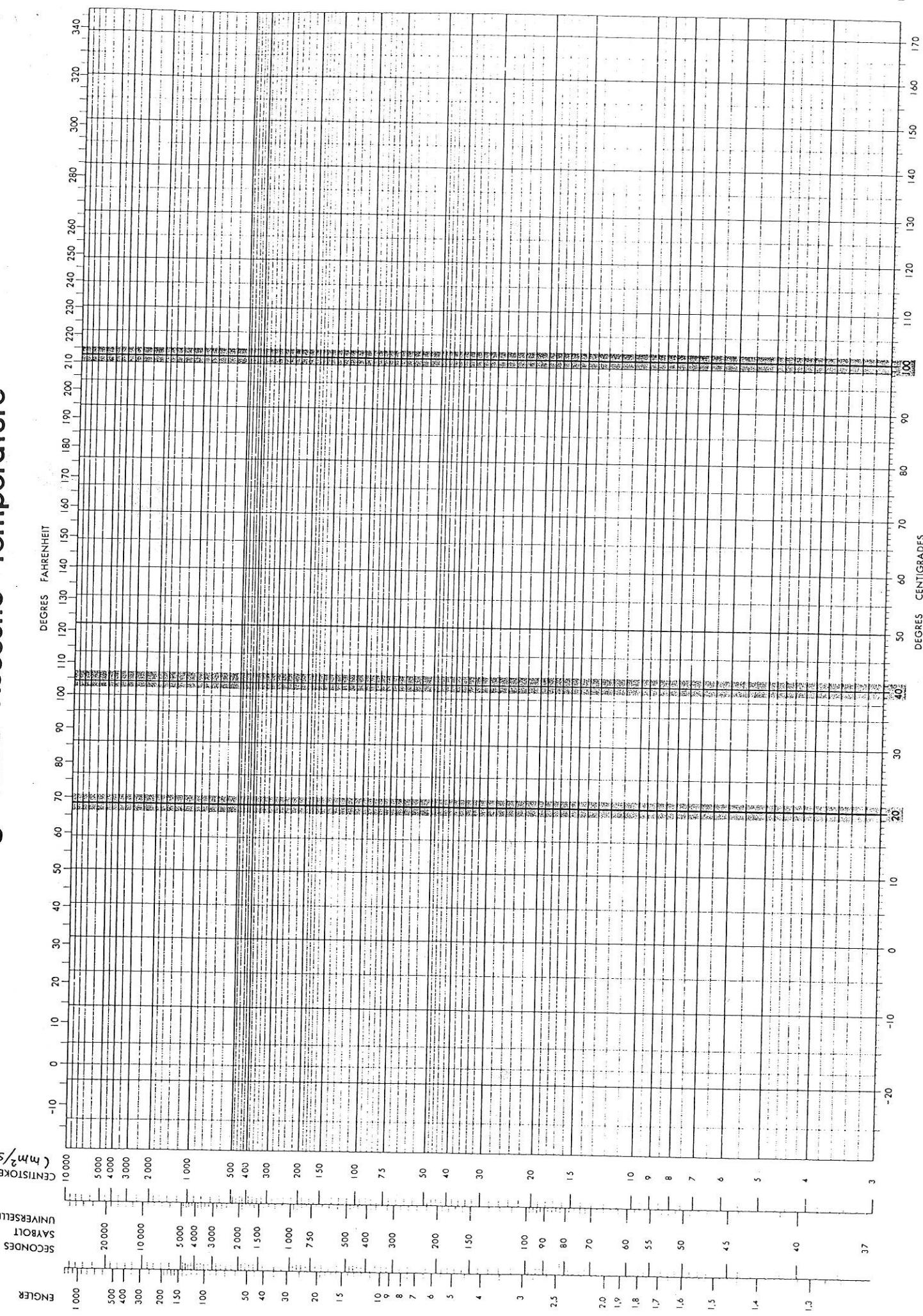


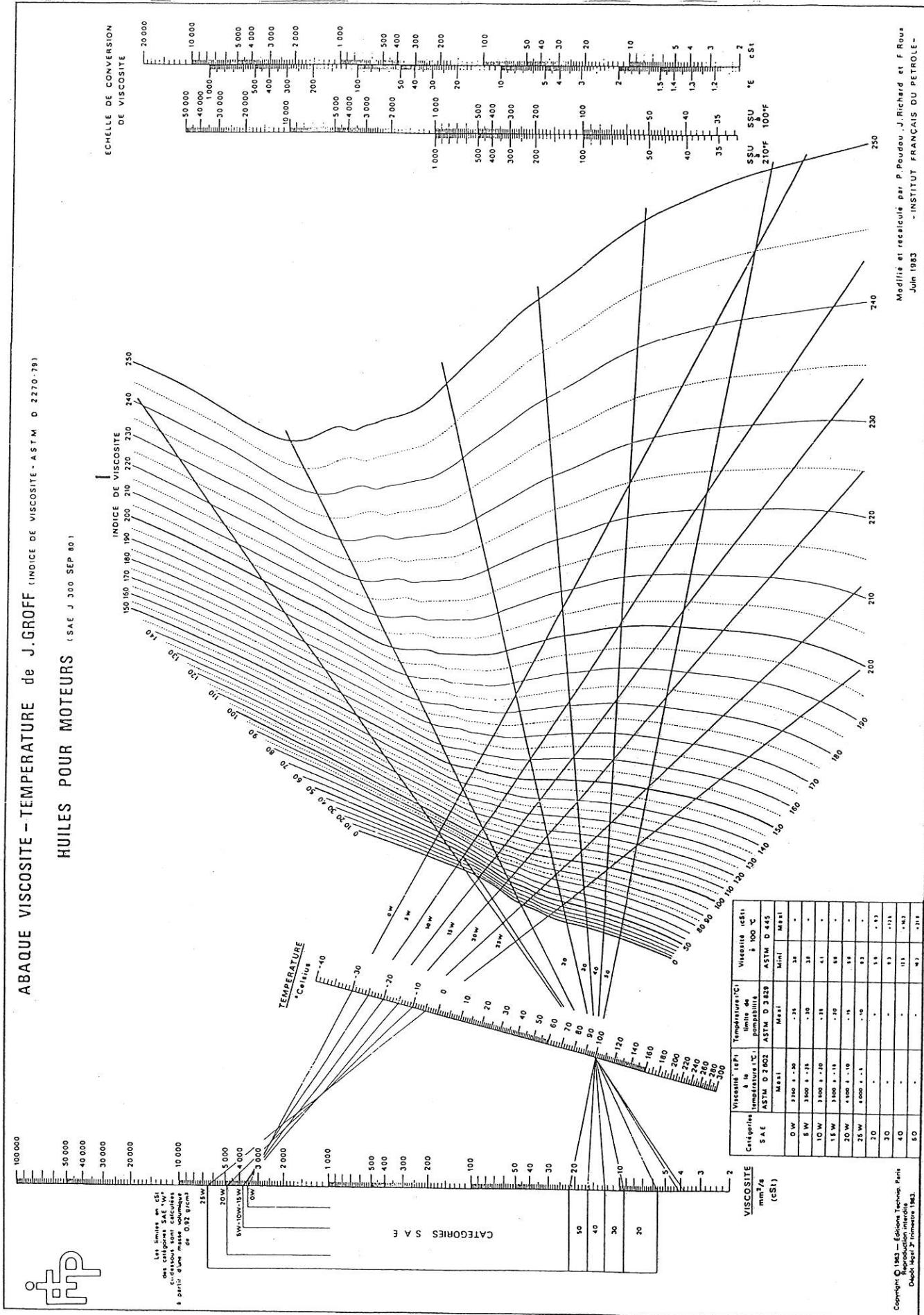
ABAQUE POUR DETERMINATION RAPIDE DE L'INDICE DE VISCOSITE SUPERIEUR A 100  
CONNAISSANT LES VISCOSITES CINEMATIQUES A 100° C ET 40° C

EXEMPLE



# Diagramme Viscosité - Température





## Variation de la viscosité avec la pression

Loi de Barus et Kuss :  $\gamma_p = \gamma_0 e^{\alpha p}$

$\gamma_p, \gamma_0$  = respectivement viscosités absolues à la pression  $p$  et à l'atmosphérique  
 $\alpha$  = coefficient de viscosité-pression en  $\text{bar}^{-1}$  si  $p$  en bar,  
 dépend de la nature du fluide et de son V.I.

ex. huile de pétrole paraffinique, VI ~ 100

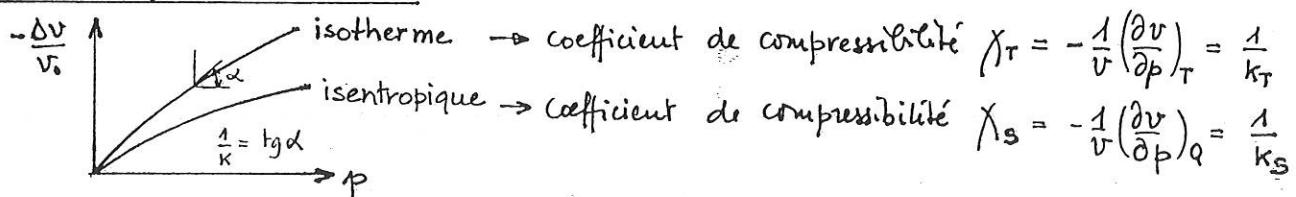
$$\text{à } 40^\circ\text{C} \rightarrow \alpha \sim 2 \text{ à } 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ bar}^{-1}$$

$$\text{à } 100^\circ\text{C} \rightarrow \alpha \sim 1,3 \text{ à } 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ bar}^{-1}$$

Relation approchée de Worster :  $\alpha = (0,6 + 0,965 \log \gamma_0) 10^{-3}$   
 avec  $\gamma_0$  en mPas, valable pour huiles de pétrole de 20 à 70°C

$p < 50$  bar, l'influence de la pression sur la viscosité reste pratiquement négligeable.

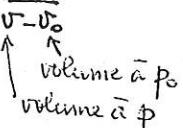
## 4. Compressibilité



module de compressibilité moyen ou sécant :

$$B = -V_0 \frac{\Delta p}{\Delta V} = -V_0 \frac{P - P_0}{V - V_0}$$

pour les huiles de pétrole (lubrification)  $B \sim 16000$  à  $24000$  bar



Équations permettant d'estimer le module de compressibilité moyen des huiles dont la viscosité varie entre 30 et 1500 mm²/s à 20°C pour une plage de 0 à 800 bar et de 5 à 100°C.

$$B_S = (1,57 + 0,15 \log \nu) (10^{0,0024(20-T)}) 10^4 + 5,6 p$$

$$B_T = (1,3 + 0,15 \log \nu) (10^{0,0023(20-T)}) 10^4 + 5,6 p$$

avec  $p$  en bar,  $T$  en °C et  $\nu$  en  $\text{mm}^2/\text{s}$  à 20°C

Les huiles de graissage sont peu compressibles. Leur volume diminue environ de  $5 \cdot 10^{-5}$  par bar de surpression.

Influence de la compressibilité sur la masse volumique.

Variation de volume d'une huile mise sous pression à  $T = \text{cte}$

$$\rightarrow \Delta V = -V_0 \chi \Delta p = -V_0 \Delta p / B$$

Variation de la masse volumique  $\rightarrow \rho_p = \rho_{150} / 1 - \frac{\Delta p}{B}$  ( $\bar{a} T = \text{cte}$ )

N.B.  $k_T$  et  $k_S$  sont les modules de compressibilité tangents.

$k_T > B_T$  sauf à la pression atmosphérique où  $k_T^\circ = B_T^\circ$

## 2.5 - Point d'éclair - Point de feu

Le point d'éclair est la température minimale à laquelle il faut chauffer le fluide pour que les vapeurs formées s'enflamment au contact d'une flamme et s'éteignent aussitôt. (160 à 300 °C)

Le point de feu est la température à laquelle il faut chauffer le fluide pour que les vapeurs formées s'enflamment au contact d'une flamme et demeurent allumées au moins 5 s.

Point d'éclair et Point de feu varient avec la pression, une variation linéaire peut être admise en 1<sup>re</sup> approximation  
→ correction  $1/40^{\circ}\text{K}$  par mbar de variation / à la pression normale

Lorsqu'une huile est portée à son point d'éclair, sa tension de vapeur est d'environ  $p_v = 13 \text{ mbar}$ .

## 2.6 - Point d'écoulement

C'est la température la plus basse à laquelle le fluide coule encore sous la pression atmosphérique.

- 20 °C à -40 °C pour les huiles naphthéniques
- 9 °C à -15 °C pour les huiles paraffiniques

## 2.7 - Tension superficielle - mouillabilité - onctuosité

La tension superficielle est due aux forces d'attraction intermoléculaire. Dans le cas de contact avec une paroi, on dira que le liquide ne mouille pas si l'attraction des molécules liquides prédomine. Au contraire, si la paroi attire les éléments contigus pour former un ménisque, on dit alors que le liquide mouille la paroi.

Tension superficielle des huiles minérales :  $30 \text{ à } 35 \cdot 10^{-5} \text{ N/cm}$  à 20 °C  
 " " de l'eau :  $70 \cdot 10^{-5} \text{ N/cm}$  à 20 °C

L'onctuosité est l'ensemble des phénomènes de capillarité, de tension superficielle, d'adsorption, de polarisation moléculaire, c'est-à-dire, les propriétés de contact et d'adhérence avec la matière à l'échelle d'un épilamellage moléculaire.

Une onctuosité marquée se traduit par une fine pellicule graisseuse permanente entre les surfaces en mouvement.

## 2.8 - Désémulsibilité

L'eau dans l'huile peut être préjudiciable pour le lubrifiant et le mécanisme. Aussi l'aptitude que possède une huile à se séparer de l'eau peut correspondre à des avantages techniques.

On peut dire que la résorption d'une émulsion (mélange d'eau et d'huile agité) est d'autant plus rapide que l'huile est fluide.

## 2.9 - Désaération

Une huile contenant de l'air entraîné et un mélange hétérogène. L'air entraîné peut être produit soit par effet mécanique (brassage important du lubrifiant, mauvaise étanchéité...) soit par le dégagement d'air dissous lors de diminution de pression. L'air entraîné produit des effets secondaires indésirables tels que : cavitation, fonctionnement imprécis (compressibilité), altération plus rapide de l'huile (oxydation), formation de mousse recouvrant le bain d'huile (s'oppose au refroidissement naturel). La désaération est d'autant plus lente que  $\Delta T$  ou que la tension superficielle diminue (bulles plus petites).

## 2.10 - Point d'aniline

C'est la température à laquelle une solution obtenue à chaud de 10 cm<sup>3</sup> d'aniline et 10 cm<sup>3</sup> d'huile à essayer, prend, lors du refroidissement, un aspect trouble par cristallisation de l'aniline. Il permet de préjuger le comportement de l'huile à l'égard des élastomères avec lesquels elle pourra se trouver en contact.

Une huile à bas point d'aniline aura tendance à gonfler les joints. Une huile à haut point d'aniline aura tendance à contracter et à durer les joints.

Point d'aniline des huiles de pétrole : 60°C à 115°C

## 3. Caractéristiques chimiques d'un lubrifiant.

### 3.1 - Indice d'acide

C'est le nombre de mg de potasse nécessaire pour neutraliser 1 g d'huile.

L'acidité d'une huile minérale pure, bien raffinée, est pratiquement nulle. Les huiles comportant des additifs ont à l'état neuf un indice d'acidité sensible.

L'oxydation d'une huile conduit à la formation d'acides organiques, l'indice d'acide augmente donc avec l'usage.

### 3.2 - Teneur en cendres

Cette caractéristique se détermine par calcination des éléments organiques qui constituent le lubrifiant. La teneur en cendres des huiles minérales puras de bonne qualité est comprise entre 0,001 et 0,05%. La teneur en cendres d'huiles additivées ou d'huiles polluées peut être relativement élevée.

### 3.3 - Teneur en soufre

Dans le cas où l'huile se décompose, la dissociation des composés soufrés donne de l'hydrogène sulfure ou de l'anhydride sulfoxyde suivant la nature du milieu (risque de formation de composés sulfureux empoisonnant).

Le "soufre actif" est, dans certains cas, utilisé comme additif pour améliorer les propriétés anti-soudure ou anti-grippage.

## 4. Les additifs

les additifs ont pour but de conférer à un lubrifiant un ensemble de propriétés acceptables suivant le type d'utilisation.

les additifs sont mélangés à l'huile à chaud ( $70 \text{ à } 80^\circ\text{C}$ ). La proportion d'additif va de quelques p.p.m. à plus de 10%.

les additifs sont principalement utilisés pour modifier les propriétés suivantes :

- indice de viscosité → addition de polymères de butène, de styrène ou des méthacrylates pour augmenter le VI. Ce sont des additifs épaisseurs à haute température et peu épaisseurs à basse température.
- extrême - pression (E.P.) → pour un fonctionnement en régime limite il convient d'améliorer le pouvoir lubrifiant en ajoutant des composés chimiques actifs à base de chlore ou de soufre qui réagissent avec le fer pour former du chlorure ou du sulfure de fer qui adhère aux surfaces et remplace le lubrifiant.
- usure → additifs à base de phosphore qui recouvrent les métals d'une pellicule adhérente (ex. dithiophosphate de zinc) pour éviter que le contact des surfaces n'engendre des particules d'usure.
- oxydation → additifs inhibiteurs d'oxydation (action de l'oxygène sur les molécules organiques) tels que phénols, composés soufrés ou phosphorés. Ces additifs réduisent la vitesse de vieillissement du fluide.
- corrosion → additifs neutralisant l'action corrosive de l'eau ou des composés aqueux sur les métaux. Ces additifs ont aussi une action anti-rouille.
- onctuosité → addition de savons, d'huiles végétales ou animales pour augmenter l'onctuosité. Ces additifs présentent l'inconvénient d'être facilement oxydables.
- mouillage → pour limiter le mouillage on utilise des fluides de silicone à l'état de trace (5 ppm).
- point d'écoulement → peut être abaissé, en particulier pour les huiles paraffiniques, par addition de polymères. Ce type d'additif améliore aussi le VI.
- détergence - dispersivité → additif de type composés de sulfonates, phénols ou autres organo-sels. La plupart des huiles de graissage des moteurs à combustion interne comportent ces additifs. Leur rôle est de maintenir finement dispersées les particules charbonneuses (résidus insolubles de la combustion) dans l'huile, d'une part, pour éviter leur déposition dans le moteur sous forme de vernis et laques (isolant) et, d'autre part, pour faciliter leur évacuation avec l'huile lors de la vidange.
- adhérence → on renforce l'adhérence d'une huile par des corps gras ou des additifs spéciaux de la famille des hauts polymères.

## 5. Propriétés et caractéristiques des principaux lubrifiants

### ORIGINES ET CARACTÉRISTIQUES MOYENNES DES LUBRIIFIANTS CLASSIQUES

| Types                                | Origine + Raffinage | Additifs                   | Utilisation-Principales  |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------------|--|
| Huiles mouvements banals             | LVI<br>MVIP } A     | M.P. (Comp.)               | Burettes - graisseurs mécaniques   |
| Huiles mouvements supérieures        | HVI S               | M.P.                       | Engrenages - paliers lisses<br>Graissage bain ou bague (jusque SOC)          |
| Commandes hydrauliques               | HVI S               | P.E/A.O/A.C/A.M/A.U/(V.I.) | Commandes Hydrauliques<br>Roulements<br>Broches<br>Graissage par circulation |
| Turbines                             | (B) HVI S Tsp.      | A.O/A.C/ (E.P)             | Turbines   |
| Glissières                           | HVI S               | A.O/A.C/A.U/E.P/Onctuosité | Glissières Machines Outils<br>Textile  |
| Engrenages chargés                   | HVI S               | Savon de Pb                |  |
| Engrenages cylindriques très chargés | HVI S               | A.O/A.U                    | Réducteurs Industriels   |
| Engrenages hypoïdes                  | HVI S               | A.O/A.M/E.P                |  |
| Transformateurs                      | MVIN S - dessicat   | (A.O.)                     | B.V. et Ponts<br>Transformateurs et disjoncteurs                             |
| Machines à vapeur                    | (B) HVI Vapeur      | M.P. (Comp.)               | Très haute temp. jusqu'à 300 °C  |
| . haute surchauffe                   | HVI S               | M.P. (Comp.)               | Graissage bain haute température   |
| . vapeur surchauffée                 | LVI Neutral.        | M.P. (Comp.)               | Graissage perdue haute température   |
| . vapeur saturée                     | HVI } S             | M.P. (A.O/A.C)             | Compresseurs d'air   |
| Compresseur d'air                    | MVIN S              | M.P.                       | Graissage à basse température  |
| Compresseur frigo                    | MVIN S + O          | M.P.                       | Compresseurs frigorigèques   |
| Blanche technique                    | MVIN S + O          | M.P.                       | Textile/cosmétiques  |
| Codex                                | (B) HVI S + O       | M.P.                       | Industrie Alimentaire  |

(B) Brut spécial

A : Acide

S : Solvant

Tsp : Traitement spécial à la terre

O : Oléum

Vap : Traitement à la vapeur

LVI : Naphténiques à bas indice de viscosité

MVIN : Naphténiques à moyen indice de viscosité

MVIP : Paraffiniques à moyen indice de viscosité

HVI : Paraffiniques à haut indice de viscosité

V.I : Amélioration d'indice de viscosité

(-) : éventuellement

M.P : Minérale Pure (Neutral)

Comp. : Compoundée

P.E. : Abaissement de Pt Ecoulement

A.O. : Anti-oxydant

A.C. : Anti-Corrosion

A.M. : Anti-Mousse

A.U. : Anti-Usure

| Propriétés                         | — Propriétés des films minces de lubrifiants solides. |             |           |           |                                       |            |                             |                     |
|------------------------------------|---|-------------|-----------|-----------|---------------------------------------|------------|-----------------------------|---------------------|
|                                    | Fixation par résines thermodurcissables               |             |           |           | Fixation par résines thermoplastiques |            | Fixation par agents vitreux | Fixation par un sel |
|                                    | Alkydes (*)   | Phénoliques | Epoxydes  | Silicones | Cellulosiques                         | Acryliques |                             |                     |
| Adhérence superficielle .....      | Bonne   | Bonne       | Excellent | Moyenne   | Bonne                                 | Bonne      | Bonne                       | Moyenne             |
| Dureté .....                       | Moyenne   | Excellent   | 200       | 320       | Excellent                             | 70         | Excellent                   | Excellent           |
| Température maximale d'emploi (°C) | 100   |             |           | 540       |                                       | 70         | 820                         | 540                 |
| Résistance :                       |   |             |           |           |                                       |            |                             |                     |
| — aux solvants .....               | Moyenne   | Bonne       | Excellent | Bonne     | Moyenne                               | Moyenne    | Bonne                       | Excellent           |
| — aux produits chimiques .....     | Moyenne   | Bonne       | Excellent | Bonne     | Excellent                             | Excellent  | Bonne                       | Moyenne             |
| — à la corrosion .....             | Bonne   | Bonne       | Excellent | Bonne     | Bonne                                 | Bonne      | Bonne                       | Bonne               |
| — à l'abrasion .....               | Moyenne   | Excellent   | Bonne     | Moyenne   | Bonne                                 | Bonne      | Excellent                   | Excellent           |

(\*) glycérophthaliques.

| — Propriétés et applications des matériaux autolubrifiants composites.                           |   |  |
|--|---|--|
| Composition  | Propriétés  | Applications   |
| PTFE + MoS <sub>2</sub> + fibre de verre   | Faible frottement aux basses températures ou dans vide poussé   | Lubrification des roulements dans vide élevé (satellite Ranger I)      |
| Graphite, MoS <sub>2</sub> ou PTFE dans matière métallique frittée (exemple : graphite + bronze) | Bonne conductivité thermique  | Paliers, bagues, joints  |
| Polyimide aromatique + graphite  | Dureté et rigidité maintenues à des températures plus élevées que la plupart des autres matières plastiques | Cages pour roulements autolubrifiés                                    |
| PTFE + fibres métalliques orientées  | Résistance à l'usure dans l'air et sous pression  | Joints de pistons autolubrifiés pour compresseurs à air haute pression |
| Cermets  | Résistance aux hautes températures et aux radiations  | Réacteurs nucléaires   |
| MoS <sub>2</sub> + alliage de gallium ou WSe <sub>2</sub> + alliage d'indium                     | Résistant, en température, jusqu'à 800 °C avec un coefficient de frottement de l'ordre de 0,20              | Paliers à hautes températures en milieu oxydant ou sous vide           |
| Alliage nickel-chrome + fluorures de baryum et de calcium  | Résistance mécanique excellente aux hautes températures   | Véhicules spatiaux   |

Tableau — Propriétés caractéristiques de quelques lubrifiants solides.

| Propriétés  | Coefficient de frottement |                  | Résistance <sup>(1)</sup><br>aux rapides<br>écrans | Température<br>d'auto-<br>combustion<br>à 5%<br>en oxygène<br>°C | Durée<br>de décom-<br>position<br>à 25 °C<br>en oxygène<br>minérale | Produits<br>de décom-<br>position | Résistance<br>électrique<br>échelle<br>Mohs <sup>(2)</sup> | Conduc-<br>torité<br>électrique<br>$\mu$ /cm                      | Masse<br>moléculaire<br>viscosité<br>dyn/cm <sup>2</sup> |
|---|---------------------------|------------------|--|--|---|-----------------------------------|--|---|--|
|   | dans<br>l'air             | sous<br>vide     |  |  |   |                                   |  |   |  |
| <b>SOLIDES NON LAMELLAIRES</b>                    |                           |                  |  |  |   |                                   |  |   |  |
| Lubrifiants                                       |                           |                  |  |  |   |                                   |  |   |  |
| Graphite  | 0,1<br>à<br>0,2           | élevé            | 0,8  | 0<br>à<br>540  | E   | M                                 | 1 à 2  | CO <sub>2</sub>   | 50 × 10 <sup>-4</sup>                                    |
| MoS <sub>2</sub>                                  | 0,1<br>à<br>0,2           | 0,07<br>à<br>1,5 | 0,68   | - 18<br>à<br>400   | B   | M                                 | 1 à 2  | MoO <sub>3</sub><br>SO <sub>2</sub>                               | 1,4<br>à<br>1,73   |
| WS <sub>2</sub>                                   | 0,1<br>à<br>0,2           | 0,07<br>à<br>1,5 | élevé  | - 18<br>à<br>450   | B   | M                                 | 5  | WO <sub>3</sub><br>SO <sub>2</sub>                                | gris<br>noir   |
| MoSe <sub>2</sub>                                 | 0,2<br>à<br>0,3           | 0,09             | élevé  | 400  | M   | M                                 | 1 à 2  | MoO <sub>3</sub>  | non stable   |
| WSe <sub>2</sub>                                  | 0,1<br>à<br>0,2           | 0,09             | élevé  | 450  | M   | M                                 | 1 à 2  | WO <sub>3</sub>   | non stable   |
| Mica  | 0,2<br>à<br>0,4           | élevé            | élevé  | 820  | E   | M                                 | 2,5 à 3  | oxydes  | 10 <sup>5</sup> à 10 <sup>17</sup>                       |
| PTFE  | 0,004<br>à<br>0,2         | 0,04             | 0,04   | - 200<br>à<br>260  | E   | M                                 | 1 à 2  | —   | blanc<br>ou va-<br>riable                                |
| FEP   | 0,1<br>à<br>0,25          | faible           | 0,1  | - 200<br>à<br>260  | E   | M                                 | 1 à 2  | —   | 10 <sup>8</sup>  |
| Téliomères<br>du PTFE                             | 0,04<br>à<br>0,2          | faible           | 0,04   | - 200<br>à<br>320  | B   | F                                 | M  | 1 à 2   | blanc  |
| Chlorées  | 0,14<br>à<br>0,3          | faible           | 0,14   | - 200<br>à<br>200  | B   | M                                 | 2 à 3  | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub><br>C <sub>2</sub> F <sub>5</sub> Cl | 2 × 10 <sup>8</sup>                                      |
| Plomb   | 1,5                       | élevé            | élevé  | 320  | M   | M                                 | 1,5  | oxyde   | 22 × 10 <sup>-6</sup>                                    |
| Argent  | 1,4                       | élevé            | 0,8  | 930  | E   | E                                 | 3  | aucun   | 1,6 × 10 <sup>-6</sup>                                   |
| Or  | 0,7                       | 4,5              | élevé  | 1040   | E   | E                                 | 2,5  | aucun   | 2,4 × 10 <sup>-6</sup>                                   |
| <b>SOLIDES LAMELLAIRES</b>                        |                           |                  |  |  |   |                                   |  |   |  |
| Métaux mous                                       |                           |                  |  |  |   |                                   |  |   |  |
| Oligomères<br>n-oléfines<br>à longues<br>chaînes  |                           |                  |  |  |   |                                   |  |   |  |
| Polyalkyl-<br>benzènes                            |                           |                  |  |  |   |                                   |  |   |  |
| Huiles mini-<br>rales raffinées<br>(pour mémoire) |                           |                  |  |  |   |                                   |  |   |  |
| Esters de polyols                                 |                           |                  |  |  |   |                                   |  |   |  |

Tableau — Propriétés générales de quelques classes de lubrifiants de synthèse.

| Lubrifiants  | Viscosité<br>par rapport<br>aux huiles<br>minérales | Indice de<br>viscosité | Résistance<br>à l'hydrolyse | Pouvoir<br>lubrifiant | Resistance<br>au feu | Solubilité<br>avec les<br>autres<br>huiles | Effet des<br>additifs<br>en général | Exemples<br>d'applications  |
|--|---|------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|--|-------------------------------------|---|
| Esters<br>de diacides                                    | inférieure  | B à E                  | (445)                       | P à B                 | P à B                | B à E                                      | B                                   | Turboréacteur, instru-<br>ments de mesure,<br>bases pour graisses à<br>faible volatilité  |
| Esters<br>phosphoriques                                  | inférieure  | P à B                  | (0/136)                     | B à E                 | F à B                | B à E                                      | B                                   | Fluides hydrauliques<br>inflammables, bases<br>pour graisses à huile<br>pour lubrifiant, lub-<br>rifiants spéciaux pour<br>basse température                                |
| Silicones  | très<br>inférieure                                  | E                      | (175)                       |                       |                      |  |                                     | Pompe à eau de con-<br>densation, bases pour<br>graisses à faible volati-<br>lité pour paliers peu<br>chargés, fluides pour<br>amortisseurs, paliers à<br>haute température |
| Esters siliciques  | inférieure  | E                      |                             | F à P                 | E                    | F à B                                      | F                                   | Fluides caloporteurs,<br>fluides hydrauliques<br>à haute viscosité,<br>bases à faible viscosité<br>et faible volatilité pour<br>graisse.                                    |
| 'Composés<br>polivinylène<br>glyco., éthers<br>et esters | égale ou<br>un peu<br>inférieure                    | (160)                  |                             | B à E                 | B                    | P à B                                      | B                                   | Fluides spéciaux, étriage et<br>formage, pompes à<br>vide, bases pour graiss-<br>es à basse tempéra-<br>ture, enroulage   |
| Dérivés<br>fluorés ou<br>chlorofluorés                   | ou<br>supérieure<br>selon les cas                   | (-20)                  |                             | F à E                 | E                    | P à B                                      | B                                   | Fluides lubrifiants ininflam-<br>mables, lubrifiants pour<br>mechanismes avec ma-<br>tériaux réactifs   |
| Polyisobu-<br>tanes                                      | égale   | P à B                  |                             | P à B                 | B                    | F  | B                                   | Motor à 2 Temps,<br>huiles isolantes élec-<br>triques   |
| Oligomères<br>n-oléfines<br>à longues<br>chaînes         | inférieure  | B à E                  |                             | P                     | B                    | P à B                                      | F                                   | Huiles pour moteurs,<br>fluides hydrauliques,<br>compresseurs frigori-<br>fiq   |
| Polyalkyl-<br>benzènes                                   | intérieure  | B                      |                             | E                     | E                    | F  | B                                   | Transmissions hydrau-<br>liques, compresseurs<br>frigorifiques, bases<br>pour graisse   |
| Huiles mini-<br>rales raffinées<br>(pour mémoire)        | référence   | B                      | (100)                       |                       |                      |  |                                     | Moteurs therm., en-<br>grenages, turbines,<br>transfom., travail<br>des métaux, graisses.   |
| Esters de polyols  | inférieure  | B                      |                             | F à P                 | E                    | B à E                                      | B                                   | Turboréacteurs pour<br>avions supersoniques<br>thiules type II;<br>Mil-L-7808J/23699C1  |

F : filtre ou matrice P : passable B : bon E : excellent

(1) E : excellente B : bonne M : moyenne F : faible ou mauvaise.

(2) L'échelle de Mohs est définie dans l'article Abassifs du présent traité.

*Tableau ... Stabilité thermique et résistance à l'oxydation de certaines classes de lubrifiants de synthèse.*

| Produit                          | Stabilité thermique | Limité appréciable<br>de stabilité thermique<br>°C | Stabilité<br>à l'oxydation |
|----------------------------------|---------------------|--|----------------------------|
| Chlore phosphonitrile            | 500 à 525           | Bonne  |                            |
| Polyphénol éthers                | 420 à 480           | Bonne  |                            |
| Polyaromatiques                  | 425 à 465           | Bonne  |                            |
| Chloro ou fluorosilicones        | 330 à 360           | Passable   |                            |
| Silicones                        | 330 à 360           | Mauvaise   |                            |
| Esters fluorés                   | 330 à 360           | Bonne jusqu'à 320 °C                               |                            |
| Hydrocarbures chlorés            | 330 à 360           | Bonne  |                            |
| Esters de polyols néopentyliques | 300 à 350           | Passable   |                            |
| Polymères chlorofluorocarbonylés | 290 à 320           | Bonne jusqu'à 300 °C                               |                            |
| Esters de diacides               | 200 à 250           | Mauvaise   |                            |
| Silicates organiques, silioxanes | 200 à 250           | Mauvaise   |                            |
| Polyglycols                      | 150 à 400           | Bonne  |                            |
| Esters phosphoriques             | 150 à 300           | Passable   |                            |
| Polyisobutyrynes                 |                     |  |                            |
| Huiles minérales                 |                     |  |                            |

*Tableau ... Caractéristiques principales des graisses conventionnelles à base de savons métalliques.*

| Type  | Caractéristiques  | Consommation en %                   | Exemples d'applications  |
|---|---|-------------------------------------|--|
| Graisses à savon de lithium (stearates ou hydroxystearates) | Point de goutte compris entre 180 et 200 °C. Bonne tenue à chaux (absence de pépinsants volatils tels que l'eau). Bonne résistance à l'eau. Bonne stabilité mécanique (fibres allongées et fines donnant des produits peu thixotropes).   | 50 (en augmentation)                | Multi-usages (multipurpose). Tous organes travaillant jusqu'à 140 °C et soumis à de forts cisailllements mécaniques. Roulements, certains pâliers chauds, aviation, automobile.  |
| Graisses à savon de calcium                                 | a) Calcium hydratés (1 % d'eau environ) point de goutte de 90 à 110 °C. L'éaporation de l'eau détruit la texture de la graisse d'où température d'utilisation maximale de l'ordre de 50 à 60 °C. Stabilité mécanique médiocre. Résistance à l'eau élevée.<br>b) Calcium anhydres (hydroxystéarate de calcium). Point de goutte 145 °C. Bonne stabilité mécanique. | 20 (en diminution)                  | Organes travaillant jusqu'à 60 °C, même en atmosphère humide, à mouvements lents. Roulements à faible vitesse car adhérence faible aux surfaces et tendance à l'injection par force centrifuge.<br>Mêmes utilisations mais à températures et vitesses un peu plus élevées. |
| Graisses à savon de sodium                                  | Point de goutte compris entre 150 et 200 °C. Très bonne adhérence aux surfaces métalliques. Bonne résistance à l'eau. Durcissent à certaines températures et s'émulsionnent en présence de beaucoup d'eau.  | 15                                  | Pâliers lissés jusqu'à 120 °C en atmosphère normale - roulements - articulations - organes soumis à une force centrifuge élevée. (jusqu'à 250 °C.)   |
| Graisses à savon d'aluminium                                | Excellent pouvoir gélifiant du stéarate d'aluminium. Très bonne adhérence aux surfaces métalliques. Bonne résistance à l'eau. Au-dessus de 65 °C deviennent gélatineuses. Mauvaise stabilité mécanique.   | quelques % (en diminution relative) | Articulations, châssis, joints de cardan, glissières, engrenages nus à température modérée.<br>Toute application à température ambiante où l'on recherche l'adhérence et la résistance à la force centrifuge.  |
| Graisses mixtes   | Types lithium/calcium et calcium/sodium. Propriétés intermédiaires.   | quelques %                          | Graisses à roulement.  |

*Tableau ... Caractéristiques principales des différentes graisses complexes.*

| Caractéristiques                       |      | Ca complexe                                     | Be complexe  | Au complexe   |
|--|------|---|--|---|
| Point de goutte .....                  | (°C) | 250 environ                                     | 250 environ  | 250 environ   |
| Stabilité mécanique .....              |      | Moyenne   | Moyenne  | Bonne   |
| Stabilité thermique .....              |      | Durcit  | Bonne  | Bonne   |
| Résistance à l'eau .....               |      | Bonne   | Bonne  | Excellent   |
| Pompabilité .....                      |      | Mauvaise  | Moyenne  | Faible  |
| Tendance à la séparation d'huile ..... |      | Moyenne   | Moyenne  | Bonne   |
| Stabilité au désamiantement .....      |      | Mauvaise  | 30 à 45  | 3 à 8   |
| Teneur en savon .....                  | (%)  | 15 à 25   |  |   |
| Exemples d'applications                |      | Multi-usages, roulements de fusée d'automobile. | Multi-usages, très peu utilisées à cause de leur prix élevé. | Multi-usages, mêmes utilisations que le Ca complexe, en progrès grâce à leur meilleure stabilité thermique. |

*Tableau ... Caractéristiques principales des graisses sans savon / les plus courantes.*

| Type   | Caractéristiques | Caractéristiques   | Exemples d'applications   |
|--|------------------|--|---|
| Graisses au graphite (ou carbon black)                         |                  | Propriétés anti-usure naturelles. Bonne tenue à chaud > 200 °C.  | Chaines de convoyage de fours. Graisses Belleville.   |
| Graisses à la silice   |                  | Caractère thiokroptre accusé et donc mauvaise stabilité au travail mécanique. Hyproskopiques sauf addition de composés polaires hydrophobes. Infusibles et bonne tenue à haute température.    | Appareillages électriques. Mécanismes sous radiations.  |
| Graisses à la bentonite (graisses à base de silico-aluminates) |                  | Infusibles, très résistantes à l'oxydation si huile lubrifiante stable. Bonne résistance mécanique. Bonne résistance à l'eau.  | Large plage de températures d'emploi. Champ industriel d'utilisation en augmentation.                                       |
| Graisses aux polyurées   |                  | Point de goutte compris entre 250 et 300 °C. Bonnes stabilités thermique et mécanique. Supérieures aux graisses aux lithium ou au sodium pour les roulements fonctionnant à haute température. | Large plage de températures d'emploi. Moteurs électriques, alternateurs, pompes à eau et ventilateurs. Roulements aviation. |

## 6. Classification des lubrifiants

Deux types de classification → classification par viscosité  
 → classification par symboles et applications

### 6.1 - Classification par viscosité

- Le système ISO (International Organisation for Standardisation)

→ 18 grades de viscosité compris entre 2 et 1500 mm²/s à 40°C (depuis mai 1973)

| Grade de viscosité ISO | Point moyen de viscosité (mm²/s à 40,0°C) | Limites de viscosité cinématique (mm²/s à 40,0°C) |         |
|------------------------|---|---|---------|
|                        |   | Minimum   | Maximum |
| ISO VG 2               | 2,2                                       | 1,98  | 2,42    |
| ISO VG 3               | 3,2                                       | 2,88  | 3,52    |
| ISO VG 5               | 4,6                                       | 4,14  | 5,06    |
| ISO VG 7               | 6,8                                       | 6,12  | 7,48    |
| ISO VG 10              | 10  | 9,00  | 11,0    |
| ISO VG 15              | 15  | 13,5  | 16,5    |
| ISO VG 22              | 22  | 19,8  | 24,2    |
| ISO VG 32              | 32  | 28,8  | 35,2    |
| ISO VG 46              | 46  | 41,4  | 50,6    |
| ISO VG 68              | 68  | 61,2  | 74,8    |
| ISO VG 100             | 100                                       | 90,0  | 110     |
| ISO VG 150             | 150                                       | 135   | 165     |
| ISO VG 220             | 220                                       | 198   | 242     |
| ISO VG 320             | 320                                       | 288   | 352     |
| ISO VG 460             | 460                                       | 414   | 506     |
| ISO VG 680             | 680                                       | 612   | 748     |
| ISO VG 1000            | 1000                                      | 900   | 1100    |
| ISO VG 1500            | 1500                                      | 1350  | 1650    |

N.B. Un grade particulier de viscosité devrait être désigné :

Grade de viscosité ISO...

ou en abrégé

ISO VG ...

- Le système SAE (Society of Automotive Engineers)

→ 11 grades pour les huiles moteurs (depuis 1987)

6 grades pour les huiles de transmissions (depuis 1981)

- La viscosité est spécifiée à froid et à chaud pour les huiles monograde W (hiver) et à chaud pour les autres huiles monogrades

- Pour les huiles multigrades (20W 40 par ex.) la viscosité à froid et à chaud est spécifiée.

| Grades de viscosité SAE | Viscosité maxi à t fixée. (mPa.s) | Température de pompage (°C) | Viscosité mini et maxi à 100°C (mm²/s) |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|
| 0W                      | 3250 à -30°C                      | -35                         | 3,8                                    |
| 5W                      | 3500 à -25°C                      | -30                         | 3,8                                    |
| 10W                     | 3500 à -20°C                      | -25                         | 4,1                                    |
| 15W                     | 3500 à -15°C                      | -20                         | 5,6                                    |
| 20W                     | 4500 à -10°C                      | -15                         | 5,6                                    |
| 25W                     | 6000 à -5°C                       | -10                         | 9,3                                    |
| 20                      |                                   |                             | 5,6 à 9,3                              |
| 30                      |                                   |                             | 9,3 à 12,5                             |
| 40                      |                                   |                             | 12,5 à 16,3                            |
| 50                      |                                   |                             | 16,3 à 21,9                            |
| 60                      |                                   |                             | 21,9 à 26,9                            |

| Nombre de viscosité SAE | Température maxi pour une viscosité de 150 000 mPa.s (°C) | Viscosité à 100°C mini mm²/s | maxi mm²/s |
|-------------------------|---|------------------------------|------------|
| 75W                     | -40   | 4,1                          |            |
| 80W                     | -26   | 7,0                          |            |
| 85W                     | -12   | 11,0                         |            |
| 90                      |   | 13,5                         |            |
| 140                     |   | 24,0                         | < 24,0     |
| 250                     |   | 41,0                         | < 41,0     |

N.B. Le système ISO n'est pas obligatoire pour les lubrifiants des véhicules.

- le système NLGI (National Lubricating Grease Institut)
- classification des graisses par consistance (10 grades)

| N° NLGI | Consistance relative | Pénétration ASTM à 25°C en 1/10 de mm |
|---------|----------------------|---------------------------------------|
| 000     | Très fluide          | 445 - 475                             |
| 00      | Fluide               | 400 - 430                             |
| 0       | Semi-fluide          | 355 - 385                             |
| 1       | Très molle           | 310 - 340                             |
| 2       | Molle                | 265 - 295                             |
| 3       | Semi-ferrue          | 220 - 250                             |
| 4       | Ferrue               | 175 - 205                             |
| 5       | Très ferrue          | 130 - 160                             |
| 6       | dure                 | 85 - 115                              |
| 7       | tres dure            | 40 - 70                               |

## 6.2 - Classification par symboles et applications

- ISO → Subdivision en familles selon l'application (ISO 6743/0)

| LETTRE SYMBOLE | APPLICATION   |
|----------------|---|
| A              | Graissage perdu   |
| B              | Démoulage   |
| C              | Engrangements   |
| D              | Compresseurs (y compris réfrigération et pompes à vide) |
| E              | Moteurs à combustion interne                            |
| F              | Paliers de broche, paliers et embrayages associés       |
| G              | Glissières  |
| H              | Systèmes hydrauliques                                   |
| M              | Travail des métaux                                      |
| N              | Isolation électrique                                    |
| P              | Outils pneumatiques                                     |
| Q              | Transfert de chaleur                                    |
| R              | Protection temporaire contre la corrosion               |
| T              | Turbines  |
| U              | Traitement thermique                                    |
| X              | Application nécessitant l'emploi de graisse             |
| Y              | Autres applications                                     |
| Z              | Cylindres pour machines à vapeur                        |

Classification des lubrifiants, huiles industrielles et produits connexes (classe L) — Famille A (Graissage perdu)

| Lettre symbole | Application générale | Application particulière | Application plus spécifique | Composition et propriétés particulières   | Symbol ISO-L | Applications typiques   | Remarques |
|----------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|---|--------------|---|-----------|
| A              | Graissage perdu      |                          |                             | Huiles minérales raffinées possédant des propriétés améliorées, par exemple, adhésivité, extrême pression, anti-corrosion, qui peuvent être obtenues à l'aide de lubrifiants et/ou d'additifs | AB           | Engrangements nus, cordages en fil métallique                         |           |
|                |                      |                          |                             | Huiles minérales raffinées  | AN           | Organes légèrement chargés  |           |
|                |                      |                          |                             | Huiles minérales non raffinées  | AY           | Applications sans exigences particulières, essieux, aiguillages, etc. |           |

Dans le présent système un produit particulier peut être désigné comme suit : ISO - L - AN 32  
 ↓ classe de viscosité

**Classification des lubrifiants, huiles industrielles et produits connexes (classe L) –  
Famille F (Paliers de broche, paliers et embrayages associés)**

| Lettre symbole | Application générale                              | Application particulière | Application plus spécifique                       | Composition et propriétés particulières   | Symbol ISO-L | Applications typiques   | Remarques   |
|----------------|---|--------------------------|---|---|--------------|---|---|
| F              | Paliers de broche, paliers et embrayages associés |                          | Paliers de broche, paliers et embrayages associés | Huiles minérales raffinées possédant des propriétés améliorées telles que anti-corrosion et anti-oxydation, qui peuvent être obtenues à l'aide d'additifs           | FC           | Graissage par circulation, à bain d'huile et par brouillard, de paliers lisses ou roulements et embrayages associés | Dans le cas d'embrayages, éviter les produits contenant des additifs anti-usure ou EP, à cause des risques de corrosion |
|                |   |                          | Paliers de broche et paliers                      | Huiles minérales raffinées possédant des propriétés améliorées telles que anti-corrosion, anti-oxydation, anti-usure, qui peuvent être obtenues à l'aide d'additifs | FD           | Graissage par circulation, à bain d'huile et par brouillard, de paliers lisses ou roulements                        |   |

**Classification des lubrifiants, huiles industrielles et produits connexes (classe L)  
Partie 4 : Famille H (Systèmes hydrauliques)**

| Lettre code | Applications générales | Applications particulières          | Applications plus spécifiques | Composition et propriétés spéciales   | Symbol ISO-L | Applications typiques   | Remarques  |
|-------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---|--------------|---|--|
| H           | Systèmes hydrauliques  | Hydrostatique                       |                               | Huiles minérales raffinées, non inhibées  | HH           |   |  |
|             |                        |                                     |                               | Huiles minérales raffinées possédant des propriétés anti-rouille et anti-oxydation améliorées | HL           |   |  |
|             |                        |                                     |                               | Huiles du type HL possédant des propriétés anti-usure améliorées                              | HM           | Systèmes hydrauliques généraux, y compris les composants très chargés   |  |
|             |                        |                                     |                               | Huiles du type HL possédant des propriétés visco-sité/température améliorées                  | HR           |   |  |
|             |                        |                                     |                               | Huiles du type HM possédant des propriétés visco-sité/température améliorées                  | HV           | Équipement pour la construction et la marine  |  |
|             |                        |                                     |                               | Fluides de synthèse ne possédant aucune propriété particulière de résistance au feu           | HS           |   | Propriétés spéciales   |
|             |                        | Systèmes hydrauliques et glissières |                               | Huiles du type HM possédant des propriétés anti-«stick-slip»                                  | HG           | Commandes équipées d'un circuit unique : commandes hydrauliques et glissières à frottement de glissement, machines dans lesquelles il faut prévenir, aux basses vitesses de translation, l'apparition de vibrations ou mouvements saccadés dans les organes mobiles |  |
|             |                        |                                     |                               | Emulsions d'huiles dans l'eau   | HFAE         |   | Typiquement plus de 80 % d'eau   |
|             |                        |                                     |                               | Solutions chimiques aqueuses  | HFAS         |   | Typiquement plus de 80 % d'eau   |
|             |                        |                                     |                               | Emulsions d'eau dans l'huile  | HFB          |   |  |
|             |                        |                                     |                               | Solutions aqueuses de polymères   | HFC          |   | Typiquement moins de 80 % d'eau  |
|             |                        |                                     |                               | Fluides de synthèse sans eau, constitués d'esters phosphoriques                               | HFDR         |   | Les fluides de ces catégories doivent être choisis avec soin, compte tenu des risques possibles pour l'environnement et la santé |
|             |                        |                                     |                               | Fluides de synthèse sans eau constitués d'hydrocarbures chlorés                               | HFDS         |   |  |
|             |                        |                                     |                               | Fluides de synthèse sans eau constitués de mélanges de fluides HFDR et HFDS                   | HFDT         |   |  |
|             |                        |                                     |                               | Fluides de synthèse sans eau constitués d'autres compositions                                 | HFDU         |   |  |
|             |                        | Hydrocinétique                      | Transmissions automatiques    |   | HA           |   | La classification pour ces applications, n'a pas été examinée en détail et pourra être complétée                                 |
|             |                        |                                     | Coupleurs et convertisseurs   |   | HN           |   |  |

# Classification ISO des lubrifiants pour machines-outils (première édition)

| Pré-mière lettre | Subdivision en familles selon les domaines d'emploi du code | Subdivision en catégories selon les domaines d'emploi particuliers | Subdivision plus spécifique              | Subdivision en catégories selon des propriétés particulières  | Symbole et classe de viscosité ISO-L                                       | Description des applications  | Observations   |
|------------------|---|--|--|---|--|---|--|
| A                | Graisseurs perdus   |  | Huile minérale raffinée                  | AN 68   | Graissage général à huile perdue des organes tournis à des charges légères |   |  |
| C                | Engrenages  | Engrenages sous carter   | Engrenages mouvement chargés             | Huiles minérales raffinées possédant des propriétés antioxydation élevées (pures ou dopées)   | CB 32<br>CB 68<br>CB 150   | Graissage par circulation, à bain d'huile et par brouillard, d'engrenages sous carter, paliers divers, boîtes de vitesses, boîtes d'avance de chariots tournis à des efforts moyens   | Les huiles CB 32 et CB 68 peuvent être utilisées également pour le graissage des embrayages à bain d'huile avec commande mécanique<br>L'huile CB 68 peut remplacer l'huile AN 68   |
| F                | Broches, paliers et embrayages associés                     |  | Engrenages très chargés                  | Huiles minérales possédant de bonnes propriétés anti oxydation (minérales, pures ou dopées) et des propriétés élevées de résistance aux très fortes charges | CC 150<br>CC 320<br>CC 450   | Graissage par circulation et à bain d'huile, de tous types d'engrenages sous carter (à l'exception des engrenages hypoides) et des paliers tournis à des charges élevées (température jusqu'à 70 °C)  | Ces huiles peuvent être utilisées également dans les cas qui nécessitent l'emploi d'huiles de viscosité particulièrement faible, c'est-à-dire pour des mécanismes de précision, des mécanismes hydrauliques et hydrostatiques, des embrayages électromagnétiques, des dispositifs de graissage par brouillard d'huile, des coussinets avec lubrification hydrostatique.  |
| G                | Grisseries  |  | Broches, paliers et embrayages associés  | Huiles minérales raffinées possédant des propriétés anticorrosion, antioxydation et anti-usure très élevées   | FC 2<br>FC 10<br>FC 22   | Graissage par circulation, à bain d'huile et par brouillard, de coussinets ou roulements et embrayages associés   | Ces huiles sont destinées à la lubrification des organes comportant des embrayages, qui impliquent l'utilisation d'huiles ne contenant pas d'additifs anti-usure.  |
| H                | Transmissions hydrauliques                                  |  | Transmissions hydrauliques et grisseries | Huiles minérales raffinées, d'ondustosité élevée et de forte adhéritivité évitant le stick-slip   | GD 32<br>GD 68<br>G 150<br>G 220   | Graissage des grisseries à frottement de glissement des machines-outils; ces huiles trouvent une application particulière aux basses vitesses de translation des organes mobiles, pour prévenir l'apparition de vibrations causées par une discontinuité dans le mouvement (stick-slip)   | Ces huiles peuvent être utilisées pour le graissage des paliers lisses et à roulement et de toutes types d'engrenages (à l'exception des engrenages hypoides et à vis sans fin) dans les cas, les mécanismes à grilles et les réducteurs à vis sans fin et roue tangente qui transmettent une puissance limitée de manière intermittente.<br><br>Les huiles HM 32 et HL 32, HM 68 et HL 68 peuvent remplacer respectivement les huiles CB 32 et CB 68. |
| X                | Applications nécessitant l'emploi de graisses               | Transmissions hydrauliques et grisseries                           |  | Huiles minérales raffinées possédant des propriétés anticorrosion, antioxydation et anti-usure très élevées   | HL 15<br>HL 32<br>HL 46<br>HL 68   | Tous systèmes hydrauliques, lubrification des paliers lisses ou des roulements et des engrenages (à l'exception des engrenages hypoides)  | Ces huiles peuvent être utilisées également pour le graissage des paliers lisses et à roulement et de toutes types d'engrenages (à l'exception des engrenages hypoides et à vis sans fin) dans les conditions normatives de charge.  |
|                  |   |  |  | Huiles minérales raffinées possédant des propriétés anticorrosion, antioxydation et anti-usure très élevées   | HM 15<br>HM 32<br>HM 46<br>HM 68   | Tous systèmes hydrauliques, y compris dans le cas d'organes fortement chargés   | Ces huiles peuvent être utilisées également pour le graissage des seules grisseries, si une huile de faible viscosité est demandée.  |
|                  |   |  |  | Huiles minérales raffinées possédant des propriétés visco-température élevées   | HV 32<br>HV 46   | Application dans les machines à commandes numériques  | Les huiles HG 32 et HG 68 peuvent remplacer respectivement les huiles G 32 et G 68.  |
|                  |   |  |  | Huiles minérales raffinées de type HM, possédant des propriétés anti-stickslip  | HG 32<br>HG 68   | Application dans les commandes hydrauliques équipées d'un circuit unique - commande hydraulique et grisseries à frottement de glissement; dans ces machines, il faut prévoir aux basses vitesses de translation, l'apparition de vibrations, dans les organes mobiles, causées par une discontinuité dans leur mouvement (stick-slip) | La graisse XM 1 est utilisée dans les systèmes centralisés, tandis que les graisses XM 2 et XM 3 sont utilisées de préférence avec des graisseurs à main. Le constructeur de l'outil devrait identifier la graisse qui a été utilisée à l'origine pour graisser les différents organes, afin de garantir que la graisse introduite par la suite est compatible avec la graisse initiale.   |
|                  |   |  |  | Graisses possédant des propriétés anticorrosion et antioxydation très élevées   | XM 1<br>XM 2<br>XM 3   | Roulements, paliers lisses, engrenages nus et tous organes lubrifiés à la graisse   |  |
|                  |   |  |  | Graisses multifonctions   |  |   |  |

Correspondance : XM 1 → NL GL 1  
 XM 2 → NL GI 2  
 XM 3 → NL GL 3

## -Classification API (American Petroleum Institut)

actuellement développée conjointement par les 3 organismes API, SAE et ASTM (American Society for Testing Materials)

Classification à 2 lettres :

1<sup>ère</sup> lettre : S comme Service pour les huiles de moteur à essence  
C comme Commercial pour les huiles de moteur Diesel

2<sup>ème</sup> lettre : A, B, C... précise l'utilisation et le niveau de performance en fonction de l'évolution des moteurs, des services et des carburants.

### Classification en vigueur depuis 1989

Classification de service API-ASTM-SAE (SAE J 183 MAR 88) Catégorie « S » (huiles pour moteurs à essence)  
API-ASTM-SAE service classification (SAE J 183 MAR 88) Category S (gasoline engine oils)

| Désignation | Statut des essais  | Service  | Type d'huile   |
|-------------|--------------------|--|--|
| SA          | Pas d'essai exigé  | Moteurs essence et Diesel anciens, sans exigences particulières                        | Sans additif sauf antimousse et abaisseur de point de congélation  |
| SB          | Essais obsolètes   | Moteurs essence anciens de sévérité minimale   | Avec additifs antioxydants anticorrosifs et antiusure  |
| SC          |                    | Garantie des moteurs à essence US, modèles 1964-1967                                   | Avec additifs détergents, dispersants, antiusure, antirouille et anticorrosion                                       |
| SD          |                    | Garantie-entretien des moteurs à essence US, modèles 1968-1971                         | <i>Idem</i> SC mais additivation renforcée   |
| SE          |                    | Garantie entretien des moteurs à essence US, modèles 1972-1979                         | Propriétés antioxydante, détergente à chaud, antirouille et anticorrosion renforcées                                 |
| SF          |                    | Garantie entretien des moteurs à essence US, modèles 1980 à 1988                       | Stabilité à l'oxydation et pouvoir antiusure améliorés par rapport à SE  |
| SG          | Essais en activité | Service des moteurs à essence US, modèles 1989 à ... Inclut les performances de API CC | Stabilité à l'oxydation, pouvoir antiusure et dispersivité améliorés par rapport à SF, passe l'essai Diesel Cat. 1H2 |

Classification de service API-ASTM-SAE (SAE J 183 MAR 88) Catégorie « C » (huiles pour moteurs Diesel)  
API-ASTM-SAE service classification (SAE J 183 MAR 88) Category C (diesel engine oils)

| Désignation | Statut des essais  | Service  | Type d'huile  |
|-------------|--------------------|--|---|
| CA          | Essais obsolètes   | Service peu sévère de moteurs Diesel à aspiration naturelle fonctionnant avec combustibles de bonne qualité  | Huiles 1940-1950 de niveau Army 2-104A avec additifs anticorrosifs-antioxydants et détergents   |
| CB          |                    | Service modérément sévère de moteurs Diesel à aspiration naturelle avec combustibles à plus haute teneur en soufre + occasionnellement moteurs à essence en service modéré           | Huiles 1949-1960 de niveau <i>supplement 1</i> avec additifs anticorrosifs-antioxydants et détergents à haute température   |
| CC          |                    | Service modérément sévère de moteurs Diesel à aspiration naturelle et suralimentés et de certains moteurs à essence en service sévère  | Huiles introduites en 1961, de niveau MIL-L-2104B avec additifs anticorrosifs-antioxydants, antirouille, détergents et dispersants  |
| CD          | Essais en activité | Service sévère de moteurs Diesel à aspiration naturelle et suralimentés fonctionnant avec combustibles de qualité variée (y compris à haute teneur en soufre)                        | Huiles introduites en 1955, de niveau <i>series 3</i> de Caterpillar ou MIL-L-45199 (ORD) avec additifs anticorrosifs-antioxydants et détergents à haute température                    |
| CDII        |                    | Service sévère de moteurs Diesel 2 temps exigeants du point de vue usure et dépôts   | Huiles API CD satisfaisant, en plus, l'essai Detroit Diesel 6V-53T, avec additifs anticorrosifs-antioxydants et détergents à haute température  |
| CE          |                    | Service sévère de moteurs Diesel suralimentés construits après 1983 et opérant à la fois sous faible vitesse-forte charge et vitesse élevée-chARGE élevée. Doivent être API CC et CD | Huiles de niveau CD + exigences Mack EOK/2 (essais T6 et T7) + essais Cummins NTC400. Avec additifs anticorrosifs-antioxydants détergents à haute température, dispersants et antiusure |