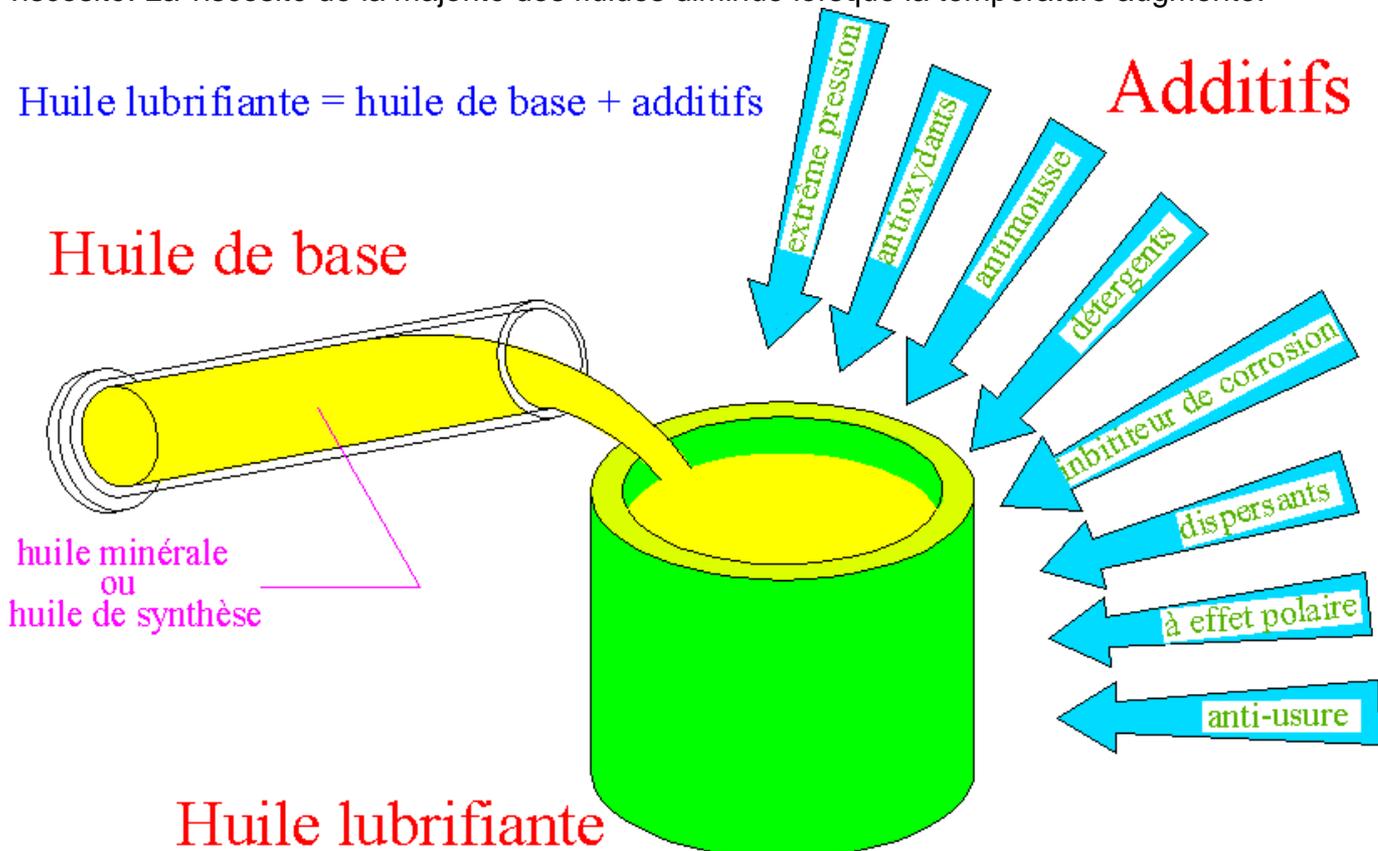


Nom	IV.PROPRIÉTÉS ET CARACTÉRISTIQUES DES HUILES	PJ
Nom	IV.PROPRIÉTÉS ET CARACTÉRISTIQUES DES HUILES	PJ

Les huiles se présentent sous la forme d'une base, "huile minérale ou huile de synthèse", avec des additifs (antiusure, extrême pression, anticorrosion...) utilisés pour améliorer les caractéristiques ou adapter l'huile à l'application choisie.

La viscosité et le point d'écoulement sont les propriétés principales.

Plus une huile est épaisse, plus sa viscosité est élevée. La fluidité est la propriété inverse de la viscosité. La viscosité de la majorité des fluides diminue lorsque la température augmente.



5

Figure

1. Propriétés principales

Influence de la température

Elle varie suivant le type de l'huile. Par exemple, les huiles minérales à base paraffinique ont des propriétés lubrifiantes moins bonnes que les autres huiles aux basses températures car les paraffines ("cires") qu'elles contiennent cristallisent et l'huile fige. Le déparaffinage est possible.

Pour des températures supérieures à 90°C, les huiles minérales s'oxydent rapidement. En pratique, la durée de service d'une huile minérale peut être fixée à 30 ans à 30°C, cette durée passe à 15 ans à 40°C. La durée est divisée par deux pour chaque augmentation de 10°C. À 100°C, elle est descendue à 3 mois. Au-dessus de 100°C, il est préférable d'utiliser les huiles synthétiques.

Température de service de l'huile	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C	>100°C
Durée de vie indicative de l'huile minérale	30 ans	15 ans	7 ans et 6 mois	3 ans et 9 mois	1 ans et 9 mois	12 mois	6 mois	3 mois	utiliser des huiles de synthèse

Nom	IV.PROPRIÉTÉS ET CARACTÉRISTIQUES DES HUILES	PJ
-----	---	----

Viscosité cinématique (ν)

La viscosité cinématique est déterminée en mesurant, à une température donnée, la durée de l'écoulement d'un volume connu de liquide à travers un appareil comportant un orifice (tube calibré ou tube capillaire) de dimensions normalisées.

Unités : m^2/s ; Stoke (St) ou centistoke (cSt)

$10000 \text{ St} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$; $1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$; $106 \text{ cSt} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

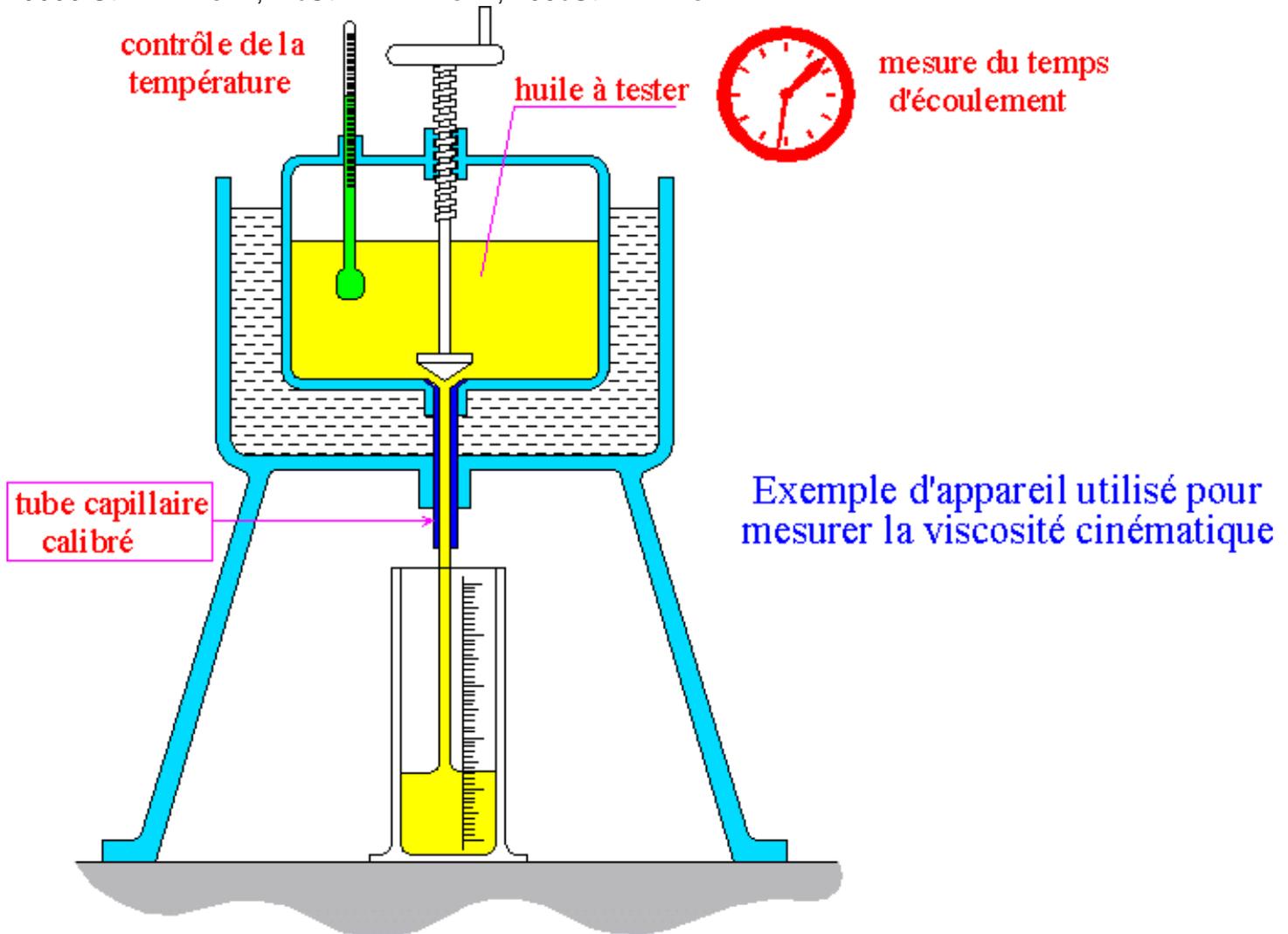


Figure 6

Relation viscosité-température

La viscosité ν varie en fonction de la température. La fonction est du type exponentiel et les relations sont de la forme (équation de Walther) :

$$\log \log (\nu + 0,6) = a - b \log T$$

a et b sont des constantes positives fonction de la nature de l'huile, T la température en kelvin et la viscosité ν en cSt. La représentation graphique est souvent réalisée en diagramme logarithmique ("papier log log") avec $\log \log(\nu+0,6)$ en ordonnée et $\log T$ en abscisse.

viscosités cinématiques
(en mm²/s) à 40°C

Viscosités d'huile minérales (IV 95) diverses

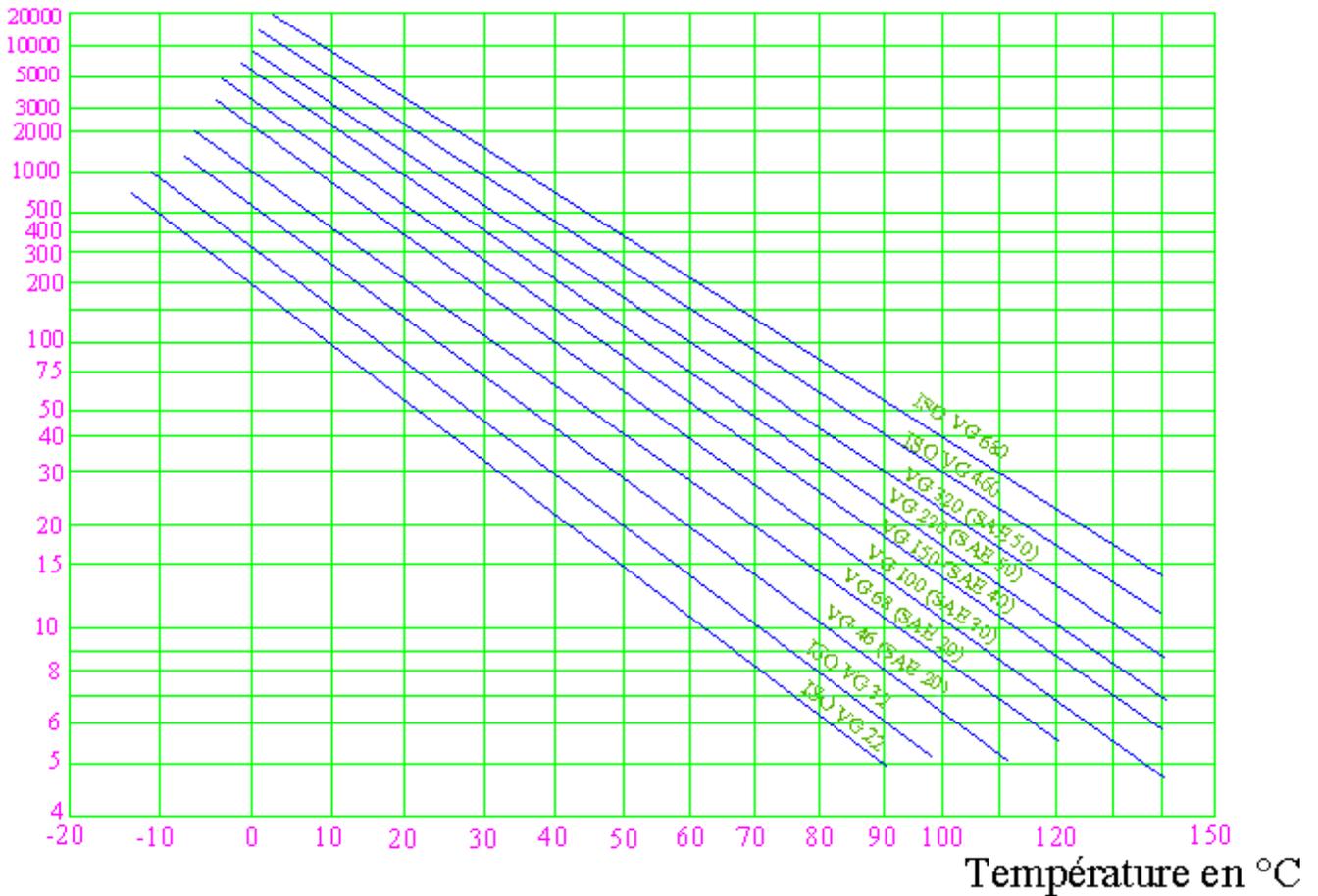


Figure 7

Viscosité dynamique (μ)

La viscosité dynamique caractérise les couches de lubrifiant à frotter ou à glisser les unes sur les autres, c'est aussi le produit de la viscosité cinématique ν par la masse volumique du fluide ρ :

$$\mu = \rho \cdot \nu$$

avec μ en Pa.s ; ν en m².s⁻¹ ; ρ en kg.m⁻³

Unités légales (μ) : Pa.s (pascal.seconde) ou N.s/m² ; poise (P) et centipoise (cP)

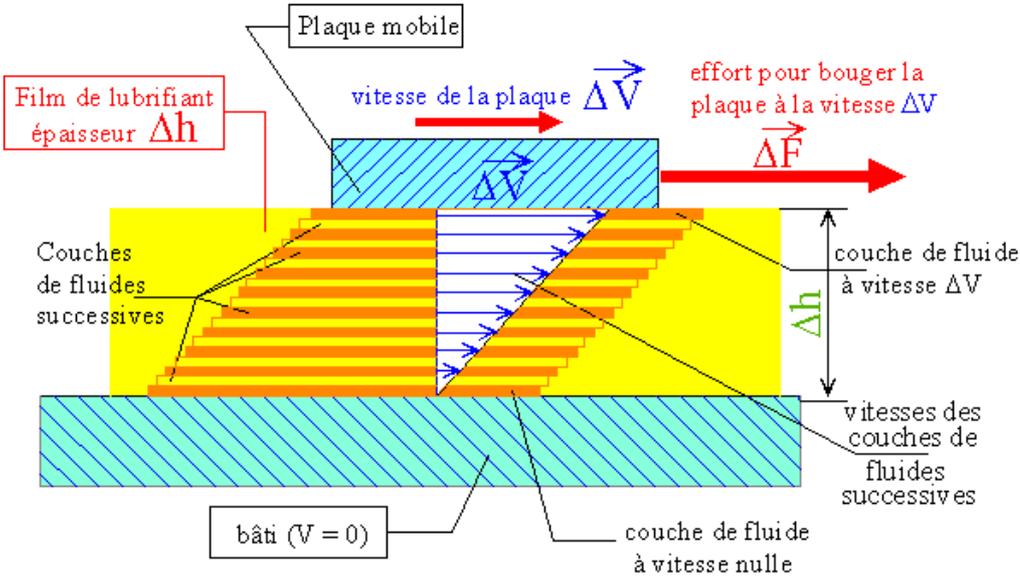
1 poise = 1 P = 0,1 Pa.s

1000 centipoises = 10³ cP = 1 Pa.s

Viscosité cinématique μ
 Viscosité dynamique ν

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

μ en pa.S ou N.s/m²
 ν en m²/s
 ρ en kg/m³



$$\tau = \mu \left(\frac{\Delta V}{\Delta h} \right)$$

$$\tau = \frac{\Delta F}{\Delta S} = \left[\begin{array}{l} \text{contrainte de} \\ \text{cisaillement} \\ \text{entre couches} \end{array} \right]$$

avec μ : viscosité dynamique

ΔS : aire de contact entre les couches

ΔV accroissement de la vitesse entre couches successives (ou gradient des vitesses)

Figure 8

Remarque : la viscosité μ varie en fonction de la pression p . Par exemple, pour une huile minérale classique, la viscosité à 350 bars est le double de celle à la pression atmosphérique (équivalent à une variation de température de 10 à 20°C). Les relations entre μ et p sont de la forme :

$$\mu_p = \mu_0 \times e^{kp}$$

e : base des logarithmes népériens

k : coefficient ($k = 0,002$ pour une huile ayant un IV = 95)

La théorie élasto-hydrodynamique de Grudin tient compte de ce phénomène et permet de déterminer l'épaisseur d'un film lubrifiant entre deux surfaces en mouvement relatif, sous très fortes charges (voir également paragraphe frottement hydrodynamique).

Index (ou indice) de viscosité (VI ou IV)

L'index ou indice de viscosité (IV ou VI) caractérise la variation de la viscosité en fonction de la température et permet de juger la tenue à chaud et à froid des huiles. Un IV de 100 indique une très faible variation de la viscosité, un IV de 0 une très grande variation ou une grande sensibilité à la température.

Remarques

Pour une huile moteur, un IV élevé est un bon indicateur pour des démarrages faciles et des mises en régime rapides aux basses températures.

Le IV est un coefficient obtenu en comparant la viscosité à 40°C de l'huile testée, en cSt, à celles de deux huiles de référence, l'une asphaltique et l'autre paraffinique, ayant toutes deux même viscosité à 100°C que l'huile testée.

$$IV = 100 \times \frac{\text{viscosité huile asphaltique de référence à } 40^\circ\text{C} - \text{viscosité huile testée à } 40^\circ\text{C}}{\text{viscosité huile asphaltique de référence à } 40^\circ\text{C} - \text{viscosité huile paraffinique de référence à } 40^\circ\text{C}}$$

Remarque : la norme NF T 60-136 définit deux types d'indice, une méthode pour les $0 < IV \leq 100$ et une pour les $IV > 100$.

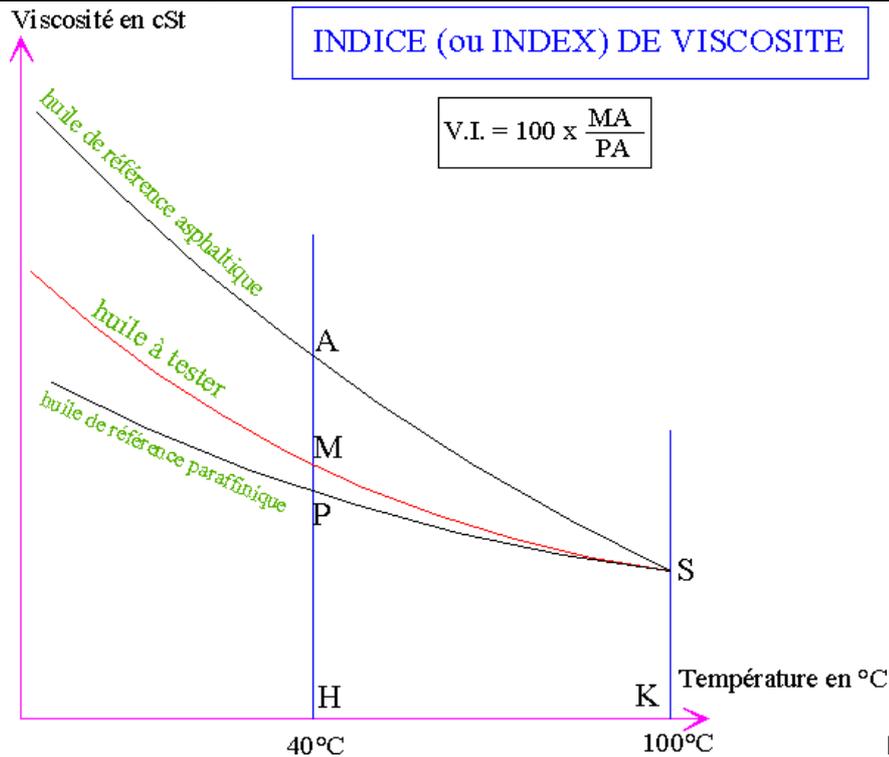


Figure 9

Point d'écoulement, point de trouble :

Le point de trouble est la température à laquelle apparaît un début de cristallisation se traduisant par une altération de la limpidité.

Le point d'écoulement définit la température à laquelle une huile, chauffée, puis refroidie dans des conditions bien précises et normalisées, cesse de couler (cristallise ou se solidifie).

Remarque : voir aussi la norme NF T 60-105 qui fixe le mode opératoire. Comme il est difficile d'avoir une grande précision, la norme spécifie que l'écart admissible en reproductibilité de l'essai peut atteindre 6°C.

2. Autres caractéristiques et propriétés des huiles

Couleur

Pour une huile neuve, la couleur est une caractéristique d'identification (NF T 60-104). Si l'huile est usagée ou polluée, elle a tendance à foncer. Un trouble plus ou moins laiteux indique une présence d'eau en suspension.

Chaleur massique, conductivité thermique

La chaleur massique augmente avec la température et est d'autant plus élevée que la densité de l'huile est faible. Par exemple, pour les huiles minérales, la chaleur massique se situe vers 2 kJ/kg.K jusqu'à 100°C et augmente de 20% si la température croît de 100°C.

La conductivité thermique moyenne est d'environ 0,14 W/m.K, elle chute de 7% entre 10 et 120°C et varie de façon inversement proportionnelle à la densité.

Variations de la chaleur massique et de la conductivité thermique en fonction de la température

Tableau 4

	0°C	40°C	90°C	120°C
Chaleur massique kJ/kg.K huile de densité 0,934	1,75	1,88	2,12	2,28
Chaleur massique kJ/kg.K huile de densité 0,825	1,85	1,99	2,21	2,35
Conductivité thermique W/m.K huile de densité 0,934	0,137	0,134	0,129	0,125

Détergence, dispersivité

Certaines huiles contiennent des additifs de détergence-dispersivité dont la fonction est de maintenir finement dispersées les particules charbonneuses dans l'huile, à la fois pour éviter les dépôts (par exemple les huiles pour moteur diesel...), et pour en faciliter l'évacuation lors des vidanges.

Désémulsibilité

La désémulsibilité est l'aptitude que possède une huile à se séparer de l'eau, les deux ayant été préalablement brassées dans des conditions bien précises afin de former une émulsion.

Remarque : la séparation des deux fluides se produit lentement par décantation naturelle du fait des différences de densité.

Indice d'acide

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes de potasse nécessaire pour neutraliser toute l'acidité d'un gramme d'huile.

Remarques : l'acidité d'une huile minérale pure est pratiquement nulle, il n'en est pas de même des huiles avec additifs. De la même manière on peut déterminer un indice d'alcalinité.

Indice de saponification

L'indice de saponification (norme NF T 60-110) est le nombre de milligrammes de potasse nécessaires pour saponifier un gramme d'huile.

L'indice comprend la consommation de potasse nécessaire à la neutralisation de l'acidité et la différence entre les deux valeurs représente un indice d'ester correspondant aux corps gras.

Cet indice permet notamment de mesurer la proportion d'huile d'origine animale ou végétale dans une huile testée dont on connaît la nature.

Masse volumique (densité)

Dans le cas des huiles, la masse volumique ou la densité sont surtout utiles comme moyen d'identification ou de contrôle. Ils n'ont aucune relation avec la viscosité.

Pour les huiles minérales, la densité est généralement indiquée à 15°C. Pour des températures (t) différentes, la densité d_t peut être obtenue à partir de la densité à 15°C (d_{15}) par la relation approchée :

$$d_t = d_{15} - 0,00062(t - 15)$$

La densité varie avec la pression et la température. Certains lubrifiants synthétiques, comme les polyglycols et les esters phosphoriques, ont une masse volumique supérieure à l'eau.

Variation de la densité d'une huile minérale avec la température et la pression Tableau 5

	à 0°C	à 60°C	à 120°C
Densité à la pression atmosphérique	0,88	0,85	0,82
Densité sous une pression de 1500 bars	0,94	0,92	0,90

Moussage

Une huile contenant de l'air entraîné est un mélange hétérogène dans lequel l'huile constitue une phase continue, l'ensemble se présente sous la forme de petites gouttes d'air entourées d'huile.

Dans une mousse au contraire, l'air est en phase continue et l'huile en phase discontinue, le tout se présente sous la forme de nombreuses bulles d'air entourées de fines couches d'huile.

L'air entraîné peut être produit par effet mécanique ou par dégagement d'air dissous (par exemple suite à une diminution de la pression) et peut engendrer des phénomènes indésirables : cavitation des pompes, altération des huiles, étincelles...

La tendance au moussage peut être évaluée par essai (NF T 60-129).

Exemples d'additif antimousse : adjonction de petites quantités de silicone fluide.

Onctuosité, tensions superficielles

L'onctuosité : elle caractérise l'aptitude d'une huile à adhérer aux surfaces sous la forme d'un épilamen (fine pellicule ou couche moléculaire). Cette propriété englobe tout un ensemble de phénomènes liés à la capillarité, la tension superficielle et à des propriétés de contact avec la matière à l'échelle des épilamens moléculaires.

Adsorption chimique : certaines substances (graisses animales et végétales, acides gras et esters) d'un lubrifiant échangent des électrons avec l'oxyde qui recouvre le métal (phénomène de polarité) provoquant une fixation chimique en surface. De plus, il se produit une orientation privilégiée des molécules d'huile qui se dressent comme les poils d'une brosse et empêchent le contact métal sur métal.

Tensions superficielles : elles agissent sur les surfaces de contact air-huile. Une faible tension superficielle favorise la dispersion d'une huile en fines gouttelettes.

Tensions interfaciales : elles agissent sur les surfaces de contact de contact huile-eau. Une forte tension interfaciale s'oppose à l'émulsion de l'huile dans l'eau.

Point d'éclair ou de feu

Le point d'éclair, c'est la température à laquelle les vapeurs émises par une huile, chauffée dans des conditions bien précises et normalisées, s'enflamment au contact d'une flamme et s'éteignent aussitôt. Les normes NF T 60-103 (vase clos) et NF T 60-118 (vase ouvert) précisent les modes opératoires. Une présence éventuelle d'eau dans l'huile aura une grande influence sur la valeur du point d'éclair.

Le point de feu, c'est la température à laquelle les vapeurs émises par une huile, chauffée dans des conditions bien précises et normalisées, s'enflamment au contact d'une flamme et continuent à brûler (pendant au moins 5 secondes).

Nom	IV.PROPRIÉTÉS ET CARACTÉRISTIQUES DES HUILES	PJ
-----	---	----

Remarques :

à noter que ces deux points varient avec la pression (environ 1°K/40 par millibar de variation).

Dans les deux cas, les valeurs obtenues expérimentalement dépendent des appareillages utilisés, exemples :

méthode en vase clos : Luchoire, Pensky-Martens...

méthode en vase ouvert : Cleveland, Marcusson...

Point d'aniline

Le point d'aniline est la température à laquelle une solution obtenue à chaud d'aniline (10 cm³) et d'huile (10 cm³) prend, lors du refroidissement, un aspect trouble par cristallisation de l'aniline.

Ce point permet de préjuger du comportement d'une huile avec certains élastomères. Une huile ayant un bas point d'aniline aura tendance à gonfler les joints, une huile avec un haut point d'aniline aura tendance à les durcir.

Rigidité électrique, résistivité

la rigidité électrique, ou diélectrique (ou tension disruptive), permet d'apprécier le pouvoir isolant d'une huile. Elle renseigne sur la résistance au "claquage" sous des tensions élevées.

Cette résistivité est mesurée dans des conditions bien précises et normalisées, Norme NF C 27-221.

Remarques :

La présence d'impuretés, eau notamment, a une grande influence sur la rigidité électrique.

Les huiles isolantes sont utilisées et recommandées dans le cas des interrupteurs et disjoncteurs à coupure dans l'huile, des condensateurs pour réseaux de distribution, des transformateurs de puissance, etc.

Température d'auto-inflammation

La température d'auto-inflammation des huiles est nettement supérieure à celle du point d'éclair (≈ 400°C). C'est la température à laquelle se produit une inflammation spontanée (ou oxydation) d'une l'huile dans l'air lorsqu'elle est chauffée dans des conditions bien précises et normalisées.

Température de floculation

La température de floculation est la température à partir de laquelle, sous l'effet d'un refroidissement, un mélange huile-fluide frigorigène (fréon...) se dissocie partiellement, donnant lieu à une précipitation.

Teneur en cendres, carbone résiduel

La teneur en cendres (NF T 60-111) : sa mesure permet de déceler la présence d'additifs à base de savons métalliques, d'impuretés éventuelles, etc.

Mode opératoire : après calcination des éléments organiques constituant le lubrifiant, on calcule le pourcentage en poids des résidus de brûlage par rapport à la quantité d'huile initiale.

Remarque : la teneur en cendres des huiles minérales pures varie de 0,001 à 0,05%.

Carbone résiduel : il peut être apprécié à partir du résidu Conradson exprimant le pourcentage en poids des dépôts de carbone formés dans des conditions très particulières (avec appareil de Conradson et mode opératoire spécifique...) après décomposition à haute température des huiles. Voir aussi norme NF T 60-116. Les additifs augmentent en général la valeur du résidu Conradson.

Remarque : il existe aussi un résidu Ransbottom exprimé en pourcentage du poids initial (N T 60-117).