

## ANNEXE 3. – Caractéristiques des lubrifiants automobiles

Un lubrifiant se qualifie pour une application déterminée par les propriétés requises pour cet emploi. Ces propriétés sont consignées dans un cahier des charges, une norme ou une spécification. Certaines sont reprises, sous forme résumée, dans les fiches techniques destinées aux utilisateurs. Celles-ci ne donnent jamais la composition des produits. Dans certains cas, il est signalé la présence dans la formule de constituants valorisants ou originaux (bases de synthèse, bases hydrotraitées à très haut VI, nouveaux additifs, etc.) permettant de mieux promouvoir le produit, mais l'indication reste toujours assez vague quant à la nature exacte de ses composants et en aucun cas ne renseigne sur leurs concentrations.

Les caractéristiques se classent en deux groupes :

- caractéristiques physico-chimiques, évaluées par des essais simples de laboratoire ;
- caractéristiques de performances, évaluées par des essais effectués en laboratoire, sur bancs d'essai et en service réel.

Certaines de ces caractéristiques sont véritablement des propriétés fonctionnelles (caractéristiques d'utilisation), c'est le cas par exemple de la compressibilité et de la viscosité dynamique.

### 1. Masse volumique

La masse volumique d'un lubrifiant à une température donnée est la masse de l'unité de volume. Elle était autrefois désignée « masse spécifique ».

Les masses volumiques des lubrifiants automobiles, mesurées à 15 °C, se situent vers 0,9 kg/dm<sup>3</sup>, entre 0,85 et 0,92 kg/dm<sup>3</sup> pour les huiles à base minérale, semi-synthétique et synthétique classiques, alors qu'elles sont de l'ordre de 1 kg/dm<sup>3</sup> pour les huiles de synthèse de type polyglycol. La masse volumique diminue assez sensiblement lorsque la température s'élève.

### 2. Couleur

C'est par transparence que l'on évalue la couleur d'une huile en la comparant à celles de verres étalons. Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de cette caractéristique.

La couleur d'une huile de base est d'autant plus claire qu'elle est mieux raffinée mais les additifs assombrissent pratiquement toujours les huiles de base. Certains même les noircissent complètement (graphite, bisulfure de molybdène, etc.).

La couleur de l'huile évolue en cours d'utilisation. Cela est évident pour les huiles moteurs qui deviennent rapidement noires en se chargeant en suies de combustion, mais cela est aussi vrai pour les huiles claires (fluides hydrauliques) qui se colorent par oxydation ou pollution.

Pour certaines applications, afin d'éviter les erreurs de mélange lors des remplissages ou des appoints, les lubrifiants sont colorés différemment. C'est ainsi par exemple que les fluides de transmissions automatiques (ATF) sont colorés en rouge, et que le liquide hydraulique minéral (LHM) de Citroën est vert.

### 3. Caractéristiques rhéologiques

#### 3.1. Viscosité

De toutes les propriétés des huiles, la viscosité est certainement la plus importante. Elle détermine en effet l'essentiel des pertes par frottement et l'épaisseur des films d'huile. Elle varie avec la température, la pression et, dans certains cas, avec le cisaillement du liquide.

La viscosité caractérise la résistance d'un fluide à l'écoulement. Celle donnée dans les fiches techniques des fournisseurs est la viscosité cinématique, plus facile à mesurer que la viscosité dynamique.

### 3.1.1. Viscosité dynamique

La viscosité dynamique ou absolue est la « vraie viscosité ». Elle est utilisée notamment dans les calculs d'épaisseur de film d'huile.

Elle est déduite de la loi de Newton régissant l'écoulement laminaire d'un fluide visqueux entre une surface S mobile animée d'une vitesse U et une surface fixe distante de la surface mobile d'une distance h égale à l'épaisseur du film d'huile. Le déplacement relatif des deux surfaces nécessite un effort F destiné à vaincre la résistance tangentielle au frottement visqueux du fluide.

pour la majorité des liquides visqueux, comme les huiles de base minérales et la plupart des huiles de synthèse, le rapport F/S est proportionnel au rapport U/h (liquides « newtoniens »). Le facteur de proportionnalité h est le coefficient de viscosité dynamique ou simplement la « viscosité dynamique ».

$$\frac{F}{S} = \eta \frac{U}{h}$$

Les liquides pour lesquels la viscosité dynamique  $\eta$  n'est pas constante, mais varie avec le rapport U/h, sont dits « non newtoniens », c'est le cas notamment des huiles à indice de viscosité amélioré, formulées avec une base minérale ou synthétique additionnée de polymères (additifs améliorant l'indice de viscosité). La plupart des huiles multigrades pour moteurs, certaines huiles multigrades pour transmissions, les fluides ATF et les fluides hydrauliques de type HV sont des liquides non newtoniens.

L'unité de viscosité dynamique, dans le système SI, est le pascal-seconde (Pa.s). Dans l'ancien système CGS, l'unité était le poise (P) mais l'unité pratique utilisée était le centipoise (cP), la viscosité dynamique de l'eau à 20 °C étant égale à 1 cP.

Les relations entre les unités SI et CGS sont :

$$1 \text{ Pa.s} = 10 \text{ P} \text{ ou } 1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa.s}$$

$$1 \text{ mPa.s} = 1 \text{ cP}$$

Par souci de continuité, actuellement, la viscosité dynamique des lubrifiants est exprimée en millipascal.seconde (mPa.s).

La viscosité dynamique est mesurée sur l'appareil à cylindres coaxiaux : Brookfield, *Cold Cranking Simulator* (CCS), *Mini Rotary Viscometer* (MRV), Ravenfield, etc.

### 3.1.2. Viscosité cinématique

La viscosité donnée dans les fiches techniques des lubrifiants est la viscosité cinématique, elle est déduite de la mesure du temps d'écoulement d'un certain volume d'huile dans un tube capillaire.

Il existe une relation entre les deux viscosités cinématique et dynamique :

$$v = \frac{\eta}{\rho}$$

$\rho$  étant la masse volumique de l'huile.

L'unité de viscosité cinématique, dans le système SI, est le mètre carré par seconde (m<sup>2</sup>/s) mais, dans la pratique, c'est le sous-multiple, le millimètre carré par seconde (mm<sup>2</sup>/s) qui est utilisé. Dans le système CGS, l'unité était le cm<sup>2</sup>/s, désigné « stokes » (St) mais, pour des raisons de commodité, c'était le sous-multiple, le centistokes (cSt) qui était employé pour les huiles. A noter que la viscosité cinématique de l'eau à 20 °C est de 1 mm<sup>2</sup>/s (1 cSt).

Les relations entre les unités SI et CGS sont :

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St (ou } 1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ cm}^2/\text{s)}$$

$$1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt}$$

La mesure de la viscosité cinématique des lubrifiants est faite en utilisant un viscosimètre à capillaire, elle est généralement effectuée aux températures de 40 et de 100 °C.

### 3.1.3. Viscosités empiriques

Les unités empiriques de viscosité : degré Engler (°E), degré Redwood (°R) et « Second Saybolt Universal » (SSU) ne doivent plus être utilisées.

### 3.1.4. Classification de viscosité

Les classifications de viscosité SAE J 300 des huiles moteurs et SAE J 306 des huiles de transmissions d'automobiles sont traitées dans l'annexe 4 (classifications et spécifications des lubrifiants automobiles).

### 3.1.5. Relation viscosité/température et indice de viscosité

La viscosité des huiles décroît, plus ou moins fortement selon leur nature chimique, lorsque la température s'élève. Ainsi celle d'une huile minérale paraffinique est divisée par sept lorsque la température passe de 60 à 120 °C.

L'indice de viscosité (Viscosity Index ou V.I) est un nombre conventionnel qui traduit l'importance de la variation de la viscosité avec la température (figure 1).

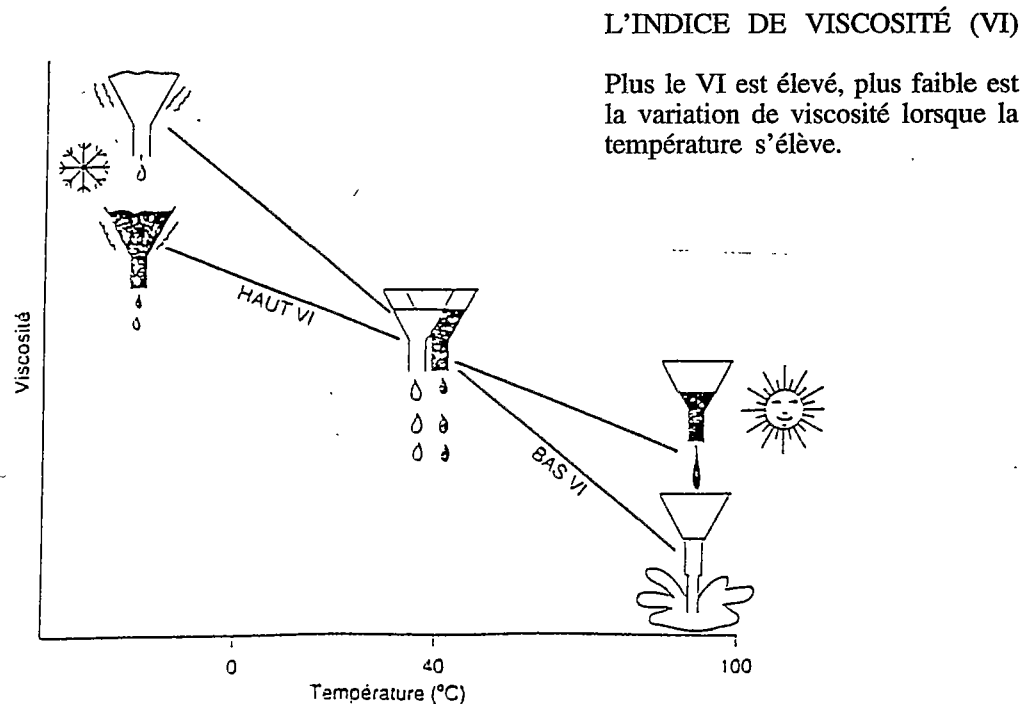


Figure 1 : Relation viscosité-température et indice de viscosité

De manière pratique, on détermine le V.I à partir des mesures de viscosités cinématiques effectuées respectivement à 40 et à 100 °C, soit en utilisant des tables ASTM, soit en utilisant un programme de calcul spécifique sur calculette ou sur micro-ordinateur.

### 3.1.6. Chute de viscosité par cisaillement

Les huiles « newtoniennes », c'est-à-dire les huiles minérales et synthétiques ne comportant pas d'additif améliorant l'indice de viscosité sont dites « **incisailables** », ce qui signifie que leur viscosité ne varie pas lorsqu'elles sont soumises à un cisaillement dans les organes mécaniques rapides à faibles jeux de fonctionnement tels que paliers, engrenages, segmentations, pompes hydrauliques, injecteurs, etc.

En revanche, les huiles non newtoniennes à haut VI (huiles moteurs multigrades, fluides ATF, fluides hydrauliques HV...), formulées avec des polymères améliorant le VI, sont sensibles au cisaillement mécanique et voient leur viscosité chuter de façon réversible lorsque la vitesse de déformation  $U/h$  est élevée (figure 2), et de façon permanente après un certain temps de fonctionnement sous haute vitesse de déformation.

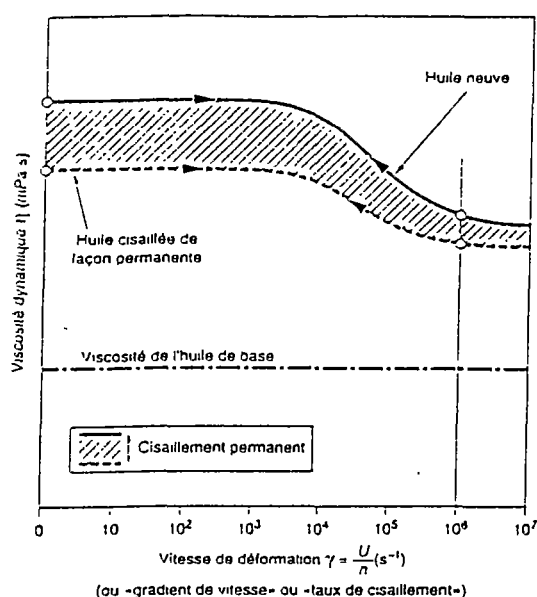


Figure 2. – Variation viscosité/vitesse de déformation d'un fluide non newtonien

## 3.2. Propriétés d'écoulement à basse température

### 3.2.1. Point d'écoulement (« pour point »)

C'est la plus basse température à laquelle l'huile coule encore lorsqu'elle est refroidie, sans agitation, dans des conditions normalisées. Le point d'écoulement est exprimé en degrés Celsius ; pour l'utilisation d'huiles moteurs et transmissions, cette caractéristique ne constitue pas un critère de sélection déterminant, en revanche, pour le formulateur, elle est primordiale pour le choix des huiles de base.

### 3.2.2. Viscosité dynamique mesurée au CCS

La viscosité à basse température des huiles moteurs est mesurée sur le viscosimètre dynamique rotatif CCS (« Cold Cranking Simulator » ou « simulateur de démarrage à froid ») pour simuler le cisaillement de l'huile dans les paliers lors de la phase d'entraînement du moteur par le démarreur.

### 3.2.3. *Température limite de pompabilité*

Elle est mesurée sur un « mini » viscosimètre rotatif, en anglais *Mini Rotary Viscometer* (MRV) pour évaluer la température à partir de laquelle l'huile peut s'écouler à travers la crépine, la pompe à huile et les canalisations de graissage du moteur après refroidissement.

## 4. **Caractéristiques superficielles**

### 4.1. *Comportement de l'huile en présence d'air*

#### 4.1.1. *Désaération*

La présence d'air dans un circuit de graissage entraîne toujours de graves perturbations : mauvais fonctionnement des pistons hydrauliques, échauffement et oxydation de l'huile, diminution du pouvoir lubrifiant, érosion par cavitation, etc.

On lutte contre l'aération des huiles par la conception des circuits de graissage et par un choix approprié des huiles de base.

#### 4.1.2. *Moussage*

Le moussage est la conséquence d'une désaération trop rapide, avec accumulation et empilement de bulles d'air de grandes dimensions à la surface de l'huile ; ce phénomène peut être limité par une conception appropriée du circuit, mais il est surtout combattu par l'incorporation d'additifs antimousse.

### 4.2. *Comportement de l'huile en présence d'eau*

Les risques de pollution de l'huile par l'eau sont fréquents (fuite à un échangeur, condensation d'humidité atmosphérique). Cette pollution est toujours néfaste et peut provoquer la rouille des métaux ferreux, l'aggravation de l'usure par fatigue, la formation d'émulsions épaisses et la destruction de certains additifs.

La lutte contre l'eau consiste à la maintenir très finement dispersée au sein de l'huile au moyen d'additifs tensioactifs de type détergents et dispersants.

### 4.3. *Propriétés détergentes et dispersives*

Au cours de son utilisation, l'huile moteur se charge d'impuretés ayant différentes origines :

- la combustion jamais complète du carburant qui se traduit par la formation de produits oxygénés et de suies, dont une faible partie passe dans l'huile avec les gaz de « blow-by » (1) ;
- la dégradation de l'huile au contact de l'acide sulfurique formé par l'oxydation du soufre contenu dans le carburant Diesel ;
- l'oxydation de l'huile elle-même, particulièrement au contact des parties les plus chaudes du piston.

L'emploi des additifs détergents et dispersants permet de maintenir l'ensemble du moteur aussi propre que possible, et d'assurer le bon fonctionnement des organes mécaniques.

---

(1) « Blow-by » : passage de gaz de combustion dans le carter inférieur au travers de la segmentation jamais parfaitement étanche.

Il est en outre demandé aux additifs détergents de combattre l'acidité des huiles polluées, c'est pourquoi la plupart des additifs détergents actuels procurent aux huiles une réserve alcaline qui est mesurée par le BN (Base Number) (cf 10.1 ci-après).

## **5. Caractéristiques solvantes**

### **5.1. Miscibilité et compatibilité entre lubrifiants**

Deux huiles sont miscibles, au sens physique du terme, lorsque leur mélange reste limpide et ne s'accompagne pas de séparation de phases, quelles que soient leurs proportions relatives ; elles sont dites compatibles lorsque leur mélange ne conduit pas à une dégradation de leur aptitude à la lubrification. Les fournisseurs d'huiles sont très attentifs à la miscibilité et à la compatibilité de leurs produits avec ceux de la concurrence.

### **5.2. Compatibilité avec les matériaux synthétiques**

L'action des lubrifiants sur les matériaux synthétiques (joints en élastomère, matières plastiques, peintures et vernis de protection, etc.) peut se traduire par une altération de ces derniers (gonflement, rétreint, ramollissement, durcissement, fissuration par craquelures). Ces risques sont pris en compte dans la mise au point des lubrifiants.

## **6. Caractéristiques thermiques et d'inflammabilité**

### **6.1. Volatilité**

La consommation d'huile est, en partie, due à son évaporation à haute température ; on l'évalue au moyen de l'essai Noack (NF T 60.161/CEC L-40-T-87) consistant à chauffer 65 grammes d'huile à 250° C pendant une heure sous dépression d'air. Dans la spécification européenne CCMC/ACEA, le taux d'évaporation en masse maximum permis pour les huiles automobiles est inférieur ou égal à 13 ou à 15 % selon le type d'huile.

### **6.2. Résistance à l'inflammation**

Pour des raisons de sécurité, cette caractéristique est toujours prise en compte dans les spécifications des lubrifiants ; pour les lubrifiants automobiles, elle est évaluée par la mesure des points d'éclair et de feu en vase ouvert (VO) selon NF EN 22592 (indice de classement T-60-118), ou par la mesure du point d'éclair en vase clos (VC) selon NF EN 22719 (indice de classement M 07-019).

## **7. Résistance à l'oxydation**

Sous l'action conjuguée de l'oxygène de l'air et de la température, les molécules d'hydrocarbures s'oxydent, en se transformant en une série de produits oxygénés plus ou moins polymérisés et à fonction acide.

L'oxydation a des conséquences très néfastes sur le lubrifiant lui-même et sur le circuit de graissage : augmentation de la viscosité, noircissement de l'huile (odeur âcre), augmentation de l'acidité pouvant entraîner des corrosions de métaux réactifs (métaux cuivreux, alliages antifricion, alliages de zinc, etc.), formation de dépôts et de boues (« sludges »).

En ce qui concerne le choix des lubrifiants, le degré de raffinage des huiles de base améliore leur réceptivité aux additifs antioxydants ; la formulation de ceux-ci joue un rôle considérable dans la tenue à l'oxydation des huiles finies.

La résistance à l'oxydation des huiles est évaluée par de très nombreux essais pratiqués en laboratoire et/ou sur moteurs au banc.

## 8. Propriétés anticorrosives

Dans le domaine de la lubrification, on a coutume de distinguer la corrosion des métaux ferreux par l'humidité (formation de rouille) de la corrosion des métaux non ferreux par attaque acide, en particulier des métaux cuivreux.

### 8.1. Métaux ferreux

De bonnes propriétés anti-rouille sont recherchées pour la plupart des applications, elles sont évaluées soit au moyen d'essais de laboratoire, soit au moyen d'essais pratiqués sur mécanismes : essai séquence IID sur moteur V 6 Oldsmobile 5,71 (ASTM STP 315 H part I) pour les huiles moteurs, essai de corrosion humide CRC L-33 sur pont hypoïde (ASTM STP 512 A) pour les huiles de transmission.

### 8.2. Métaux non ferreux

#### Métaux cuivreux

L'essai le plus largement utilisé est l'essai de corrosion dit « à la lame de cuivre » où une plaquette de cuivre est immergée, à une température et pendant une durée déterminées, dans l'huile à tester (NF EN ISO 2160, M 07-015 - ASTM D 130).

#### Autres métaux

Pour certaines applications spécifiques des huiles lubrifiantes, certains constructeurs exigent des tests particuliers mettant en œuvre d'autres métaux (molybdène, argent, etc.) ; c'est le cas, par exemple, du test de corrosion de cônes synchroniseurs revêtus de molybdène selon la méthode PSA-Renault D 53 5255.

## 9. Propriétés mécaniques

Ce domaine de performances des lubrifiants, que l'on désigne aussi « pouvoir lubrifiant » couvre un ensemble de propriétés telles que les propriétés de frottement (cf. annexe 1), les propriétés anti-usure et extrême-pression ou la résistance au cisaillement mécanique.

### 9.1. Propriétés anti-usure

Le terme anti-usure ne se rapporte qu'à l'usure adhésive des surfaces métalliques à l'exclusion des autres formes d'usure telles que l'abrasion, la fatigue, l'usure corrosive, l'érosion par cavitation ou la corrosion de contact.

Ces propriétés sont apportées par les caractéristiques rhéologiques de l'huile à haute température (épaisseur du film d'huile) par la nature chimique de l'huile de base et surtout par l'adjonction d'additifs dont les plus utilisés actuellement sont les dithiophosphates de zinc dans les huiles moteurs et les fluides hydrauliques.

### 9.2. Propriétés extrême-pression

Encore appelées « capacité de charge » du lubrifiant, elles sont liées à l'aptitude des huiles à protéger les surfaces contre l'usure adhésive prononcée (grippage) dans des conditions de fonctionnement très sévères du point de vue tribologique : très fortes températures de contact engendrées par des charges élevées associées à de grandes vitesses de glissement et/ou à des chocs de charge.