

# Les lubrifiants



L'histoire de la lubrification remonte à l'Antiquité lorsqu'il s'agissait de mieux maîtriser les frottements, mais on pourrait dire que c'est lors de la révolution industrielle que son développement a été scellé. Toutefois, la science des frottements, ou tribologie, n'a acquis ses lettres de noblesse que récemment, au milieu des années 60.

Le lubrifiant est associé aux éléments en mouvement que l'on veut protéger des agressions telles que l'usure, le grippage, l'oxydation... ou pour lesquels il s'agit de rendre le fonctionnement ou la manipulation plus faciles, plus agréables et sûrs. Si l'on se recentre sur la problématique transport, le lubrifiant (tout comme le carburant) est un produit rendu excessivement banal alors qu'il doit répondre à des exigences très variées en fonction de la cible à laquelle il est destiné : très basse ou très haute température, pression extrême, propriétés maintenues sur de très longues périodes en conditions de fonctionnement très sévères... Le lubrifiant peut aussi prendre des états physiques différents : liquide (formulé à partir de bases d'origine végétale, minérale ou synthétique), semi-solide ou plastique tel que les graisses et les cires, ou solide ; il peut être à usage perdu (huile pour moteur deux temps, huile de tronçonneuse). Un lubrifiant se qualifie pour une application déterminée par les propriétés requises pour son emploi et dans ce registre, le moteur thermique qui équipe nos véhicules est vraisemblablement l'une des applications les plus complexes, en permanente évolution. C'est vers cette application que cette fiche va se focaliser. Le lubrifiant est donc confronté à des conditions tribologiques difficiles qui en font un produit de haute technologie.

## Cahier des charges d'utilisation et nouveaux challenges

D'une manière générale, les lubrifiants pour moteurs répondent à des classifications, des spécifications et des cahiers des charges provenant d'organismes nationaux ou internationaux de constructeurs d'automobiles et parfois de grands utilisateurs comme les armées. De tous les mécanismes, les moteurs thermiques sont certainement les plus difficiles à lubrifier. En effet, ils fonctionnent dans des conditions et des ambiances très variables (vitesse de rotation du moteur élevée, combustion incomplète du carburant, milieux poussiéreux donc abrasifs...), avec des exigences de performance très strictes et des contraintes de plus en plus sévères liées aux évolutions technologiques nécessaires pour répondre aux exigences des réglementations : températures de fonctionnement de plus en plus élevées, conditions de circulation de plus en plus sévères, réduction de la consommation de carburant en diminuant les pertes par frottement (huiles « économiseuses »), maintien de l'efficacité des systèmes de dépollution des véhicules (pour les moteurs à essence : catalyseur trois voies, pour les moteurs diesel : catalyseur d'oxydation, filtre à particules, catalyseur pour éliminer les oxydes d'azote...), accroissement des intervalles de vidanges, lubrifiant commun pour moteur essence et moteur diesel, agrément d'utilisation, évolution des carburants et des matériaux.

## Propriétés et caractéristiques

La description d'un lubrifiant est toujours difficile car elle inclut une énumération de propriétés et de caractéristiques

fastidieuse mais indispensable. Nous nous focaliserons ici sur quelques caractéristiques très importantes :

- *la viscosité* : c'est certainement la propriété la plus importante car elle détermine l'essentiel des pertes par frottement et l'épaisseur des films d'huile (notion clé en lubrification). De plus, la viscosité d'une huile décroît très rapidement avec la température et cette évolution est représentée par l'indice de viscosité (ou « viscosity index »). Par ailleurs, la classification SAE\* prend en compte différents critères de viscosité à froid et à chaud : il y a ainsi onze grades répartis entre six grades hiver (notés W pour « winter ») et cinq grades été.

Une huile ne répondant qu'à un grade de viscosité à chaud ou à froid est dite monograde (SAE 10W, SAE 30...); celle qui répond à la fois aux limites de viscosité d'un grade à froid et d'un grade à chaud est dite multigrade (0W-30, 5W-40...). La tendance actuelle est de s'orienter vers des lubrifiants de plus faible grade à froid afin de réduire les pertes par frottement lors des démarrages à froid et diminuer ainsi la consommation de carburant, paramètre directement lié aux rejets de CO<sub>2</sub> des véhicules.

- *les propriétés d'écoulement à basse température*, caractérisées notamment par le point d'écoulement et la température de pompabilité ;
- *la résistance à la corrosion et à l'oxydation* ;
- *les propriétés de frottement* ;
- *les propriétés anti-usure* ;
- *les propriétés liées à une action chimique* : neutralisation de l'acidité provenant des mécanismes d'oxydation, dispersion des éléments indésirables, résistance à l'hydrolyse.

## Formulation des lubrifiants

La particularité des lubrifiants repose sur un mode de formulation qui requiert une très large palette de constituants :

- les *huiles de base* qui représentent la plus grande quantité du produit fini ;
- des *additifs* qui sont très nombreux et variés et dont les quantités relatives vont être fonction des cibles d'utilisation et de performances. La quantité d'additifs dans un lubrifiant pour moteurs thermiques fini commercial est d'environ 25 % selon l'application et la sévérité du service.

### Les huiles de base

- La grande majorité des bases lubrifiantes sont les huiles minérales extraites des coupes pétrolières provenant de la distillation du pétrole. Ces bases subissent des opérations de raffinage dont la complexité dépend de l'origine du pétrole brut et de la qualité recherchée, et elles sont constituées d'un très grand nombre d'hydrocarbures dépendant de l'origine du brut et de petites quantités d'impuretés : composés azotés, soufrés, oxygénés. Notons que dans ce « pool », des huiles usagées récupérées et régénérées peuvent être introduites.

- Les huiles de synthèse ou bases synthétiques proviennent de synthèses chimiques de différentes natures : polymérisation, addition d'un produit sur un autre – alkylation, estérification... Il existe une très grande variété de bases synthétiques (comme les polyalphaoléfinés ou PAO). Leur contribution à la formulation des lubrifiants va en augmentant. Leur stabilité et leur comportement en température sont notamment avancés comme des



propriétés améliorées vis-à-vis des huiles minérales. On parle parfois de lubrifiant semi-synthétique : il s'agit dans ce cas d'une association des deux types de bases décrites ici.

• Les bases d'origine végétale suscitent toujours un certain intérêt dans le contexte de diversification des ressources, de recherche de substituts à faible empreinte environnementale et/ou biodégradables. Toutefois, en raison des propriétés intrinsèques des huiles végétales telles que l'huile de colza – faible stabilité à l'oxydation dans des conditions de température élevée –, leurs applications sont limitées à des lubrifiants en usage perdu et peu contraignant.

### Les additifs

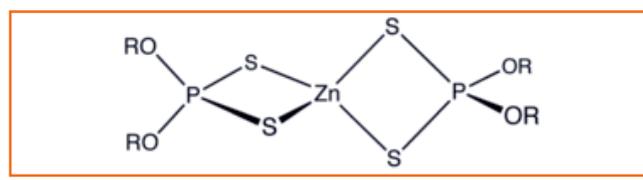
Comme cela a été évoqué précédemment, les additifs sont l'élément clé de la formulation des lubrifiants : ils permettent de renforcer et d'apporter les propriétés que les bases ne possèdent pas. Ce sont des produits chimiques synthétisés par des industriels spécialisés qui travaillent en étroite collaboration avec les raffineurs et les constructeurs d'automobiles, de poids lourds... Pour les applications moteur, les additifs ne sont jamais utilisés seuls : on introduit un ensemble d'additifs appelé paquet. La formulation finale peut comporter jusqu'à vingt additifs. Par ailleurs, certains additifs n'auront qu'une fonction alors que d'autres seront multifonctionnels. Bien entendu, dans ce second cas, la complexité des structures sera beaucoup plus importante. Les additifs sont donc développés pour améliorer des performances ou éliminer des problèmes rencontrés lors de l'utilisation du moteur thermique. Se livrer à un inventaire détaillé des différentes structures chimiques et fonctions des additifs est bien sûr possible, mais dépassera très rapidement le cadre de cette fiche. Je propose de cerner les additifs par fonction et mission. Ainsi, on séparera les additifs à action physique et physiologique des additifs à action chimique.

Les premiers sont des additifs qui :

- vont agir directement physiquement dans la masse du lubrifiant : les additifs épaississants, améliorant l'indice de viscosité ou le point d'écoulement, les colorants ;
- vont agir aux interfaces liquides-solides : les additifs détergents, dispersants, antirouille et anticorrosion, réducteur ou modificateur de frottement ;
- vont agir aux interfaces liquide-liquide ou liquide-gaz : les additifs désémulsifiants, dispersants ;
- vont avoir des actions physiologiques : ce sont principalement les additifs biocides mais ils ne concernent pas les lubrifiants automobiles.

Les seconds sont des additifs qui vont agir chimiquement soit dans la masse du lubrifiant : additifs antioxydants, antiacides pour neutraliser les composés acides se formant lors de l'utilisation du moteur, ou par action chimique au niveau des surfaces métalliques : inhibiteur de corrosion, anti-usure notamment.

Un large spectre de composés chimiques est ainsi utilisé avec notamment des composés organométalliques et des produits chimiques contenant des hétéroatomes. Parmi les plus connus et universellement utilisés, on citera les additifs anti-usure de type dialkyldithiophosphates de zinc (ZnDTP) qui contiennent du soufre, du phosphore et du zinc (R : alkyl) :



### L'évolution des lubrifiants

Les constructeurs d'automobiles de tourisme et utilitaires établissent des spécifications pour les huiles destinées au remplissage des carters moteurs. Certains constructeurs dressent un cahier des charges spécifique d'exigence de performance (caractérisé par un ensemble d'essais moteur, soit standardisé, soit maison) qui vient en plus des spécifications des organismes internationaux tels que l'Association des constructeurs européens d'automobiles (ACEA). Par ailleurs, les enjeux environnementaux et écologiques liés à l'amélioration de la qualité de l'air conduisent les constructeurs à mettre en œuvre des solutions technologiques telles que le recyclage des gaz d'échappement (EGR) pour réduire les oxydes d'azote, le traitement catalytique des gaz d'échappement, la filtration des particules et le piégeage des hydrocarbures imbrûlés et/ou des oxydes d'azote. Ces contraintes accroissent la sensibilité à l'encrassement (EGR) ou demandent des technologies sensibles aux impuretés des gaz d'échappement qui deviennent des poisons pour ces systèmes de dépollution. L'exemple du soufre est le plus largement cité : il provient soit du carburant (sa teneur est limitée depuis 2009 à 10 ppm dans les essences et les gazoles pour en réduire l'impact sur la dépollution), soit du lubrifiant. Il faut donc réduire tout empoisonnement des systèmes de dépollution par les rejets liés au lubrifiant. C'est ainsi que de nouvelles familles d'additifs sont développées : les additifs « low SAPS » (« signifiant low sulfated ashes, phosphorus and sulphur ») qui offrent des performances équivalentes mais en réduisant l'impact sur le vieillissement du système de dépollution. Enfin à l'inverse, la mise en œuvre des systèmes de dépollution peut impacter le vieillissement du lubrifiant avec pour conséquence une possible réduction des intervalles de vidange. De nouvelles familles de lubrifiants devront être étudiées pour maintenir les intervalles préconisés précédemment.

### Conclusion

Le lubrifiant est un élément clé du fonctionnement et de la longévité des moteurs. L'évolution des technologies actuellement en cours pour réduire la consommation de carburant et les émissions de polluants demande un travail de développement permanent pour obtenir des lubrifiants de haute technicité. Raffineurs, chimistes spécialistes des additifs et constructeurs poursuivent donc leurs efforts communs pour atteindre ces objectifs de performances de plus en plus contraignants mais incontournables.

\* Classification SAE : classification « en grades », d'après leur viscosité, des huiles pour moteurs, établie par la Society of Automotive Engineers.

**Pour aller plus loin**

- Ayel J., *Lubrifiants pour moteurs thermiques*, Techniques de l'Ingénieur, **2003**.
- Sillion B., Les lubrifiants pour automobiles : pour le bon fonctionnement et la longévité des moteurs, *L'Act. Chim.*, oct. **2003**, p. 3.
- Site Internet Castrol : [www.castrol.com/castrol/castrolhomepage.do?categoryId=3125](http://www.castrol.com/castrol/castrolhomepage.do?categoryId=3125)

Cette fiche a été préparée par **Xavier Montagne**, directeur adjoint de la direction scientifique d'IFP Energies nouvelles, 1 & 4 avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil-Malmaison Cedex. Courriel : [xavier.montagne@ifpen.fr](mailto:xavier.montagne@ifpen.fr)

Les fiches « Un point sur » sont coordonnées par un comité éditorial mené par Jean-Pierre Foulon, Véronique Nardello-Rataj et Michel Quarton. Cette nouvelle rubrique, lancée dans le cadre de l'Année internationale de la chimie, a pour but de mieux faire comprendre l'apport de la chimie dans notre vie quotidienne (hygiène, habitat, confort, santé...) grâce à des fiches courtes, utilisables notamment par les professeurs de l'enseignement secondaire. N'hésitez pas à proposer votre contribution (contact : [bleneau@lactualitechimique.org](mailto:bleneau@lactualitechimique.org)) !

