

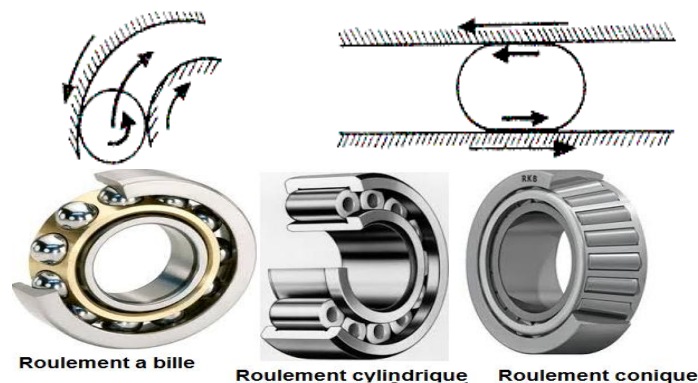
## 1. Introduction

Sans lubrification, deux pièces qui frottent l'une contre l'autre s'échauffent. La température atteinte peut devenir si importante qu'elle risque d'entraîner rapidement un grippage de surface de contact et la destruction des deux pièces. Pour éviter ce phénomène il faut intercaler entre les deux corps une mince couche d'huile.

En automobile, il existe une multitude de pièces qui frottent les unes contre les autres. C'est pourquoi, la lubrification est fondamentale et réclame une attention toute particulière

## 2.Principe de lubrification

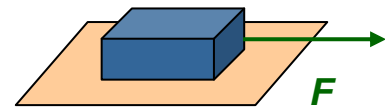
Le principe consiste à interposer entre deux pièces en contact un corps qui pourra transformer un glissement (frottement) en roulement. Le lubrifiant est la base du roulement



Démonstration avec deux pièces métalliques.

### 2.1) Théorie de la lubrification

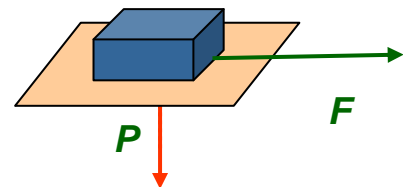
Pour faire glisser une pièce en appui sur un support, il est nécessaire d'exercer une force «F» parallèle au plan de contact.



Elle est destinée à vaincre la résistance au glissement appelé « frottement »

Il dépend du coefficient de frottement «  $\mu$  » qui est le rapport entre la force nécessaire au mouvement «F » et le poids de la pièce à déplacer « P » :

$$\mu = \frac{F}{P}$$



## 2.2) Conséquence d'un frottement

- Perte d'énergie
- Echauffement (risque de grippage)
- Usure

## 2.3) Diminution du coefficient de frottement

-Choix des matériaux (métaux antifriction)

-Amélioration des états de surfaces (rectification, polissage)-

-Graissage : interposition d'un corps gras qui sépare les pièces-

## 3. But de la lubrification

- ✓ Réduire le frottement
- ✓ Réduire l'usure des pièces
- ✓ Atténuer les chocs
- ✓ Réduire la température
- ✓ Protéger de la corrosion

## 4. Modes de lubrification

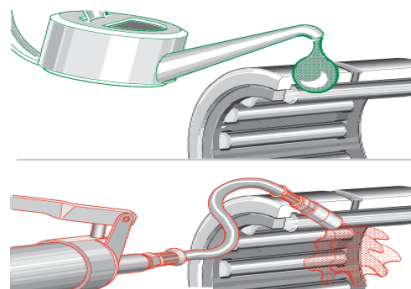
### 4.1. Lubrification ponctuelle

Lubrifiant mis avant ou pendant le mouvement de manière manuelle ou par projection à l'aide d'un aérosol

### 4.2. Lubrification continue

Les principaux modes de lubrification sont :

- La lubrification à l'huile par goutte à goutte
- La lubrification huile-air (peut remplacer la lubrification par brouillard d'huile pour préserver l'environnement)
- La lubrification par bain d'huile (par barbotage)
- La lubrification par circulation d'huile



## 5. la lubrifiant

### 5.1. Définition

Les lubrifiants sont des matières fluides ou solides qui interposées entre deux pièces ont pour rôles de :

- ✓ Réduire la friction entre les pièces en mouvement (donc l'usure).
- ✓ Absorber et évacuer la chaleur
- ✓ Nettoyer, évacuer et filtrer les particules étrangères sur les pièces en mouvement
- ✓ Protéger contre la corrosion
- ✓ Assurer l'étanchéité entre les segments des pistons et les parois des cylindres



### 5.2. Caractéristiques des lubrifiants

- Viscosité (dynamique et cinématique): résistance à l'écoulement.
- Onctuosité : aptitude à adhérer aux surfaces métalliques
- Stabilité chimique: résistance à la décomposition
- Point d'éclair : température à laquelle l'huile émet des vapeurs pouvant brûler au contact d'une flamme.
- Point de congélation : température de solidification.
- Détergence : permet de conserver les impuretés en suspension jusqu'à ce qu'elles soient retenues dans le filtre à huile.

### 5.3. Choix des lubrifiants

- ✓ Conditions fonctionnelles du mécanisme
- ✓ Température de fonctionnement
- ✓ Efforts de pression
- ✓ Vitesses relatives de déplacement
- ✓ Conditions d'environnement
- ✓ S'adresser aux fabricants pour le choix

## 6. Les différents types de lubrifiants.

En général, on classe les lubrifiants aux deux types principaux :

- Les huiles (Huiles minérales à base de pétrole, Huiles semi-synthétiques, Huiles synthétiques)
- Les graisses

### 6.1. Les huiles

#### 6.1.1. Définitions

Les huiles sont produits chimiques complexes travaillant dans des conditions excessivement variées. Les huiles sont des liquides gras, visqueux, d'origine animale, végétale, minérale ou synthétique.

#### 6.1.2. Classification des huiles

Il existe principalement deux types de classification pour les huiles, qui sont différents mais également complémentaires.

- Classification selon la viscosité (fluidité).
- Classification selon le service (niveau de performance)

#### 6.1.3. Les rôles des huiles industrielles

- La lubrification et réduction du frottement
- Le refroidissement : L'huile est supposée agir comme agent de refroidissement dans les machines à lubrifier, complémentaires aux autres systèmes de refroidissement (eau, radiateur, pompe à eau et circuit de refroidissement, sans oublier le refroidissement assuré par le flot continu d'air qui lèche les parois du moteur et du carter d'huile)
- Nettoyage et Protection : L'huile doit nettoyer le moteur et entraîner les impuretés vers le filtre où elles seront arrêtées. En outre, les additifs anti-rouille et anticorrosion de l'huile doivent protéger les surfaces métalliques contre l'action d'acides formés à la suite du processus de combustion
- Étanchéité : Ceci est important puisque l'huile assure une fonction d'étanchéité. Son rôle est de clore certaines parties de la machine à lubrifier. Par exemple pour les moteurs, il est spécialement important que le piston et la chemise du cylindre soient au mieux rendus étanches. Quoique les segments de piston soient ici les principaux agents de l'étanchéité, celle-ci serait insuffisante si les pistons et les segments n'étaient pas lubrifiés convenablement.
- Protection contre l'oxydation : L'huile permet de protéger toutes les pièces lubrifiées. Sa tâche est d'éviter que ces pièces ne soient corrodées et envahies par les impuretés, etc.

### 6.1.4. Les différents types des huiles

#### A. Les huiles minérales

Les huiles minérales proviennent de la distillation du pétrole brut (raffinage).

D'un prix peu élevé, elles présentent des performances "moyennes". Les huiles minérales sont les plus utilisées aussi bien dans les applications automobiles qu'industrielles.

#### B. Les huiles de synthèse

Les huiles de synthèse sont des produits obtenus par réaction chimique de plusieurs composants.

Elles ne sont utilisées que pour des applications spéciales à des températures de fonctionnement supérieures à 90 °C, ou à des très basses températures.

Ces huiles, obtenues par des procédés chimiques complexes sont plus chères mais elles offrent des performances supérieures

#### C. Les huiles de semi synthèse

Les huiles de semi synthèse s'obtiennent à partir d'un mélange d'huiles minérales et d'huiles de synthèse (généralement 70 à 80% d'huile minérale et 20 à 30% d'huile de synthèse).

### 6.1.4. Les caractéristiques des huiles industrielles

#### ❖ L'inflammabilité

Les hydrocarbures chauffés émettent des vapeurs qui, mélangées à l'air, donnent un mélange explosif. **Remarque :** Définitions d'hydrocarbure : Composé comportant uniquement du carbone et de l'hydrogène. EXP : L'essence est un hydrocarbure

On effectue trois mesures d'inflammabilité:

- Le point éclair est la température à laquelle dans un essai standard une huile émet suffisamment de vapeur pour qu'en présence d'une flamme se produise une explosion

- Le point de combustion est la température à laquelle dans les mêmes conditions la combustion dure au minimum 5 secondes.

- Le point d'auto-inflammation est la température à laquelle un hydrocarbure chauffé s'en flammes spontanément.

#### ❖ L'indice d'acide:

L'indice d'acide, qui se mesure en milligrammes de potasse, permet de déterminer:

-Si une huile mal raffinée conserve des traces d'acide minéral.

-Si dans une huile usée l'oxydation a formé des acides organiques.

Il convient de noter cependant que certains additifs peuvent donner à l'huile un indice d'acide apparent, c'est alors seulement l'évolution de cette caractéristique qu'il est intéressant de suivre. Il reste à noter qu'une huile est dite stable si son indice d'acide est égal à 0

#### ❖ Contaminants dans l'huile

- Suies, résines
- Métaux lourds
- Composés chimiques divers

#### ➔ DANGER POUR LA SANTE PUBLIQUE

- ➔ 1 litre d'huile couvre 1000m<sup>2</sup> d'eau
- ➔ Désoxygénation de la faune et de la flore
- ➔ Mauvaise combustion
- ➔ Composés cancérigènes
- ➔ Présences de dioxines dues au chlore

#### *Traitement des huiles usagées*

- Etape 1 : ramassage de l'huile par des ramasseurs agréés
- Etape 2 : élimination des huiles
- Etapes régies par des textes réglementaires issus de directives européennes datant de 1979

#### **Lecture d'un bidon d'huile**

Les caractéristiques des huiles sont données par deux informations qui sont en générales mentionnées sur le bidon :

- ✓ l'indice de viscosité
- ✓ l'indice de performance

#### **A. L'indice de viscosité**



(Rappel : viscosité: aptitude de l'huile à s'écouler)

Les huiles ne se comportent pas de la même façon suivant leur température de fonctionnement.

Elles ont tendances à être plus visqueuses à froid qu'à chaud..

## Classification en fonction de leur viscosité

### a) Les huiles mono grades:

Ce sont des huiles dont l'indice de viscosité n'est pas aussi performant à chaud qu'à froid .

Elles s'identifient par les inscriptions:

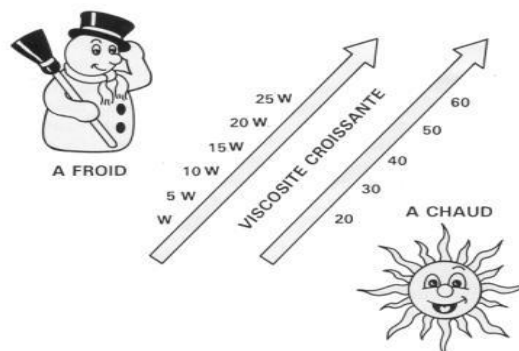
S.A.E.: Society of Automotive Engineerings puis un chiffre ex : 5W.

Ceci signifie que sa viscosité sera meilleure à froid qu'à chaud (la lettre W signifie Winter : hiver)

Ou uniquement 50:

Qui inversement signifiera que sa viscosité sera meilleure à chaud qu'à froid.

Cependant la recherche a permis de mettre au point des huiles qui conservent leur viscosité malgré l'élévation de la température:



## B. L'indice de performance :

Les indices de performance des huiles sont donnés par trois organismes principaux:

- La classification API (American Petroleum Institutes)
- La classification MIL (Militari Institutes Lubrifiant)
- La classification ACEA (Association des Constructeurs Européens Automobiles) qui a remplacé la classification CCMC (Comité des Constructeurs du Marché Commun)

Les classifications les plus employées sont :

- La norme API
- La norme ACEA

**(1) La norme API****(a) Les huiles pour moteur essence :**

Lorsque l'huile est destinée pour les motrices essences la lettre S est utilisée (sparkplug ignition = moteur à allumage commandé).

Les classements **SA**, **SB**, **SC** et **SD** bien qu'ayant existés ne sont plus sur le marché.

- **SE** : huile destinée aux moteurs essences non turbocompressés, avec des qualités non oxydantes à hautes températures, anti-rouille et dispersante à basse température.
- **SF** : plus stable à l'oxydation que la SE, possédant des performances anti-usure améliorées par rapport à la norme SE protection accrue contre les dépôts, la rouille et la corrosion. Huile de qualité supérieure à toutes les huiles précédentes.
- **SH** : qualité maximale atteinte actuellement et vendue sur le marché.

**(b) Les huiles pour moteur diesel :**

Lorsque l'huile est destinée au un moteur diesel la lettre C est utilisé (compression ignition = allumage par compression)

Les classements **CA** et **CB** ne sont plus utilisées, seules sont conservées :

- **CC** : pour moteur diesel légèrement suralimenté et utilisé dans des conditions modérées.
- **CD** : pour moteur diesel suralimenté ou non, travaillant dans des conditions extrêmes de vitesse et de charge et nécessitant une protection accrue contre l'usure et les dépôts.
- **CD II** : huile spécifique pour moteur diesel répondant aux exigences les plus sévères. Cette huile permet un espacement des vidanges avec un maximum de sécurité.
- **CF** : pour moteurs diesels suralimentés en service très sévère. Qualité maximale atteinte actuellement et vendue sur le marché.

Moteur essence	Moteur diesel
SA	CA
SB	CB
SC	CC
SD	CD
SE	CD II
SH	CF



NB: En résumé, plus la deuxième lettre est avancée dans l'alphabet, plus l'huile est performante.

La plupart des huiles disponibles sur le marché conviennent pour les essences et diesel on lit alors sur le bidon: API SH/CF.

## (2) La norme ACEA :

### (a) Moteur essence:

La lettre A indiquée que l'huile est destinée à un moteur essence.

Plus le chiffre est grand plus l'huile est de qualité.

### (b) Moteur diesel :

La lettre B indique que l'huile est destinée à un moteur diesel véhicule léger.

La lettre E indique que l'huile est destinée à un moteur diesel poids-lourd.

Plus le chiffre est grand plus l'huile est de qualité.

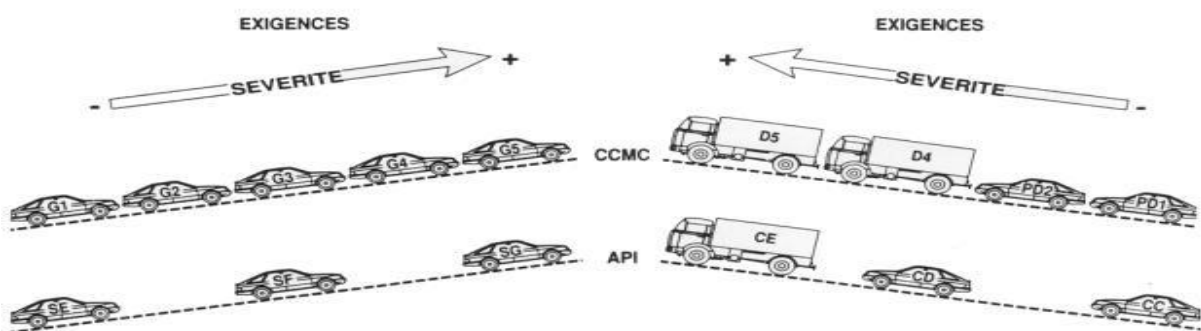
### (c) Moteur catalysé :

La lettre C indique que l'huile est destinée à des moteurs essences et diesel de hautes performances équipés de pots catalyseurs ou de filtres à particules.

Plus le chiffre est grand plus l'huile est de qualité.

Pour aller plus loin voyez [le site de l'ACEA](#) ou visualiser [la documentation officielle](#) en PDF

Le schéma ci-dessous décrit les classifications API et CCMC



### C. Décodage d'une étiquette :



### D. Maintenance :

Attention les huiles ne sont pas toutes miscibles, vérifier sur le bidon avant de faire un complément.

Les huiles diesel conviennent aussi au moteur essence, mais attention l'inverse n'est pas vrai

### 6.2. Les graisses

Les graisses représentent environ 3% de la consommation totale des lubrifiants et sont largement utilisées par toutes les industries pour lubrifier les paliers, les roulements, les engrenages, etc.

#### 6.2.1. Définition

En mécanique, une graisse est un produit pâteux plus ou moins consistant utilisé comme lubrifiant. Les graisses forment une pellicule qui diminue le frottement et favorise le glissement.



Dans ce contexte aussi une graisse est une substance dont la densité varie de semi-solide à solide.

L'ingrédient de base d'une graisse industrielle (figure suivante) est : de l'huile minérale ou de l'huile synthétique (environ 70 à 95 %) à laquelle on ajoute :

- Un épaississant (environ 3 à 20 %) ;
- Des additifs (environ 0 à 10 %) pour satisfaire une lubrification optimale.

Composition d'une graisse industrielle



### 6.2.2 Les épaississants

L'épaississant est constitué d'une pelote de fibres de savon dont les espaces sont remplis d'huile comme les pores d'une éponge pleine d'eau (gonfle dans l'huile).

Il constitue la phase solide et dispersée de la graisse et lui donne sa consistance.

Plus la concentration en épaississant est élevée, plus le réseau est dense et plus la graisse est dure. Il existe deux familles principales d'épaississants :

#### ❖ Les épaississants à base savons métalliques

Les plus utilisés sont dans l'ordre, les savons de lithium (Li). (70% des utilisations), les savons de calcium (Ca), les savons de sodium (Na), et les savons d'aluminium (Al).

Les savons métalliques sont obtenus par neutralisation d'un acide gras ou par saponification d'un corps gras par une base (Acide gras + base → savon + eau).

**Ces savons donnent à la graisse une consistance semi-solide.** Ces graisses avec savon se divisent en trois catégories : *simple, mixte et complexe*.

#### ❖ Les épaississants à base savons métalliques simple

Sont composées **d'un acide gras** (substance paraffinée et tirée de graisses animales ou d'huiles végétales) et **d'une base** (hydroxyde de métal).

Les plus utilisés sont dans l'ordre, les savons de lithium (Li). (70% des utilisations), les savons de calcium(Ca), les savons de sodium (Na), et les savons d'aluminium(Ala).

❖ **Les épaississants à de base savons métalliques mixte**

Ont fabriquées à partir **d'un acide gras** et de **deux bases** (par exemple : le lithium et le calcium).

Autrement dit, elles ont les meilleures propriétés de deux graisses à savon simple et constituent **le meilleur compromis entre la qualité et le prix.**

❖ **Les épaississants à de bases ont métalliques complexes**

Un savon complexe est un savon formé à partir de deux ou plusieurs acides **avec une base.** Leur structure est très dense et très stable.

Cette catégorie offre généralement de très bonnes performances à haute température (points de fusion très élevés (environ 150°C avec une base minérale et 200°C avec une base de synthèse) et contre l'oxydation. Les types communs sont les complexes d'aluminium, de calcium et de lithium.

Les types de savons métalliques les plus employés en industrie sont le savon de calcium, le savon de sodium, le savon d'aluminium, le savon de lithium, le savon de baryum et les savons complexes.

❖ **Le savon de calcium** est d'usage général et offre une bonne résistance à l'eau.

Il a une faible efficacité aux températures élevées (< 60°C) et a besoin d'une certaine quantité d'eau pour rester stable.

❖ **Le savon de sodium** offre une faible résistance à l'eau et est soluble dans l'eau chaude .

Sa température de fonctionnement est supérieure à 70°C.

❖ **Le savon d'aluminium** est très collant et est conçu pour des applications spéciales.

Il offre une bonne protection antirouille. Sa résistance à l'eau est faible.

❖ **Le savon de lithium** convient à des usages multiples. Sa résistance à l'eau est moyenne .

Par contre, il offre une bonne résistance à l'humidité et résiste jusqu'à une température de 150°C. Ce savon est très utilisé en Amérique du Nord.

❖ **Les savons complexes** ont un point de goutte élevé et une bonne efficacité à haute température.

### ❖ Les épaississants sans savon

ce sont des composés organiques (urées aromatiques, téréphtalates...) ou inorganiques (argiles, gel de silice, bentonite...) généralement utilisés pour fabriquer des graisses hautes températures (celles à l'argile n'ont pas de point de goutte et ont une consistance qui ne change pas). Inconvénients : prix élevé, toxicité des urées, à température normale, leur pouvoir lubrifiant est moins bon que les autres graisses, etc.

### ❖ Les additifs

En général, l'ajout d'additifs dans les lubrifiants industriels, excepté dans le cas de produits spéciaux, n'est pas très élevé, mais le choix de la proportion d'additif est fondamental pour la réalisation de certaines performances particulières.

Les additifs sont des substances ajoutées à la formule d'un lubrifiant pour améliorer certaines caractéristiques lors de son utilisation. Rôles des additifs :

- Amélioration viscosité
- Anti usure
- Anti oxydants
- Détergents
- Dispersants
- Anti corrosion

Les additifs présents dans une graisse sont

- anti corrosion : pour protéger le métal contre l'eau, les surfaces ou les éléments corrosifs.
- anti oxydation : pour prolonger la durée de service d'une graisse.
- anti-usure : pour empêcher l'abrasion et le contact métal contre métal
- les additifs d'adhérence;
- les agents "extrême pression" et hydrofuges : pour protéger contre le rayage et l'éraillure.
- les désactivateurs de métaux.

On distingue :

- Les graisses silicones

La graisse de silicone est couramment utilisée dans la lubrification et la préservation des pièces en caoutchouc. Cela fonctionne comme inhibiteur de corrosion et lubrifiant dans les applications nécessitant un lubrifiant épais.

### Remarque

- La graisse de silicone est une graisse hydrophobe préparée en combinant une huile de silicone avec un épaississant.
- L'hydrophobie (hydro = eau et phóbos = peur) caractérise les surfaces qui repoussent l'eau



- Les graisses alimentaires

La graisse alimentaire est un macronutriment énergétique constitué de matière grasse d'origine animale ou végétale et utilisée comme aliment.

Notez que les graisses fabriquées à partir de l'huile synthétique (graisses synthétiques) :

- ✓ S'oxydent moins que les graisses minérales ;
- ✓ Résistent mieux à des températures plus élevées

L'addition d'un épaississant à chacune des graisses est l'élément qui les différencie.

Alors, Le principal facteur, qui se produit la différence entre les graisses c'est l'agent d'épaississant

Il existe deux types de graisses :

- ✓ Les graisses sans savon ;
- ✓ Les graisses avec savon.

### Remarques

1) L'industrie utilise très peu **les graisses sans savon** qui sont à base d'argile. **Ces graisses argileuses** sont conçues pour les applications à haute température.

2) Les graisses au lithium sont particulièrement adaptées à la lubrification des roulements, Les graisses avec savon, sont le produit d'huiles épaissies au savon métallique.

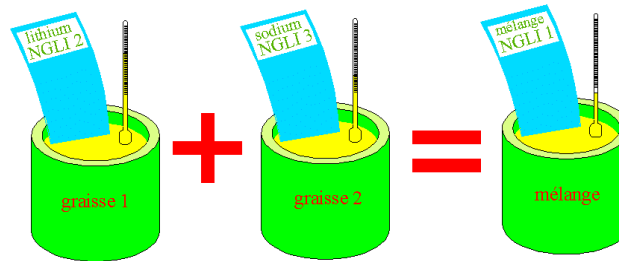
## 5.4) Propriétés et classification de la graisse

### 5.4.1) Propriétés de la graisse

- Consistance** :(Mollesse ou dureté de la graisse) c'est l'une des propriétés principales, elle exprime la résistance à la déformation de la graisse et elle est étroitement liée à l'adhérence et à l'onctuosité. Elle diminue lorsque la température augmente. la consistance diminue lorsque la température augmente
- Point de goutte** : c'est la température à laquelle la graisse devient liquide (liquéfaction)

- c) **Point de solidification** : le point de solidification indique la température de début de solidification de la graisse.
- d) **Miscibilité** : Il ne faut jamais mélanger des graisses ayant des épaississants différents (ou incompatibles). Par exemple une graisse au lithium de grade NGLI 2, mélangée avec une graisse au sodium de grade NGLI 3, donne une graisse plus molle de grade NGLI 1. De plus la température maximale d'utilisation et la capacité de charge sont réduites.

Ne pas mélanger des graisses ayant des épaississants différents  
(donne une graisse plus molle...)



Remarque: des graisses de même épaississant ayant une huile de base similaire peuvent être mélangées.

- e) **Pouvoir anti-rouille**: c'est une propriété intéressante pour les roulements qui, comme ceux des boîtes d'essieux, peuvent être soumis à des entrées d'eau
- f) **Résistance à l'oxydation** : Capacité d'une graisse à résister aux réactions chimiques avec l'oxygène. Les huiles oxydées contiennent des matières résineuses insolubles qui donnent à la graisse une teinte foncée et qui peuvent corroder certains métaux.

**Résistance à l'eau** : L'eau peut avoir un effet néfaste sur la structure d'une graisse. Dans des conditions homogénéisâtes, l'eau aura pour effet de diluer la graisse et de lui donner une consistance liquide. Les graisses varient entre elles sur le plan de leur résistance à l'eau pulvérisée. Les graisses à base de savons d'aluminium ou de lithium résistent bien, d'où leur

application pour les articulations de matériels de chantiers ou autres

- g) **Résistance à la corrosion** : Capacité d'une graisse à protéger les surfaces lubrifiées contre l'attaque chimique de l'eau ou d'autres contaminants.
- h) **Propriétés anti-usure** : Capacité d'une graisse à protéger contre l'abrasion causée par les contacts métal contre métal dans des conditions de charge anormales.



### 5.4.2) Classification de la graisse

La dureté (**consistance**) permet de classer les graisses.

C'est le grade NLGI du National Lubricating Grease Institute institut national lubrification graisse Qui détermine le degré de fermeté d'une graisse.

On la mesure à l'aide d'un "**pénétromètre**" qui à montre dans la figure suivante :

Cet appareil est gradué selon une échelle qui exprime la profondeur de pénétration dans une graisse en dixièmes de millimètre, lue après cinq

secondes à une température de 25°C (plus le nombre NLGI est élevé, plus la pénétration est faible, c'est-à-dire que la graisse est plus dure et qu'elle a donc moins tendance à s'écouler et à se dispenser

Durée de conservation Les graisses utilisées ont, en général, une durée de conservation de 3 ans.

## 6) Comparaison des graisses et des huiles lubrifiantes

### 6.1) Avantages des graisses sur les huiles

- ✓ Faible consommation de lubrifiant
- ✓ Grandes espacements entre "vidanges"

Permettent le graissage à vie

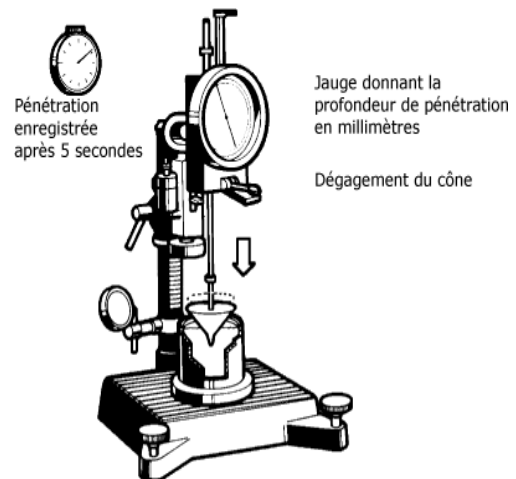
Étanchéité simplifiée; peuvent participer l'étanchéité...

Application aisée du lubrifiant (mêmes aux endroits difficiles d'accès)

Supportent mieux les chocs et vibrations

Tiennent mieux aux vitesses lentes...

Simplicité de conception et de mise en œuvre





## Inconvénients des graisses

Prix de revient modique

Ne conviennent pas aux vitesses élevées avec charges élevées et pour les cas où il y a des échauffements, des températures élevées et des calories à évacuer.

Tendance au vieillissement (durcissent ou ramollissent selon les cas)

## Inconvénients du graissage

- Remontée d'huile
- Émulsion de l'huile présence d'eau
- Dilution de l'huile essence
- Les fuites
- Le colmatage
- Rupture d'entraînement
- Rupture ressort de clapet de décharge
- Rupture du film d'huile

## Stockage des lubrifiants

- Premières sources d'information :
  - Etiquetage
  - Fiche de données de sécurité
- Conditions de stockage
  - Stockage en réservoirs fixes enterrés ou aériens
  - Stockage en conteneurs mobiles
  - Aires de chargement / déchargement
  - Se référer aux textes réglementaires en vigueur



**Organisation du graissage**

- Matériel à maintenir (photos)
- Type d'opérations de lubrification
- Quantité de lubrifiant
- Nature et caractéristiques du lubrifiant
- Fréquence des opérations
- Points de graissage / remplissage
- Organes à lubrifier
- Matériel à utiliser
- → doit être inscrit sur une fiche de graissage