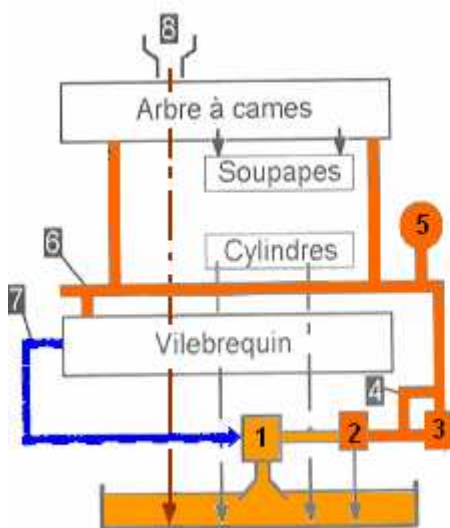
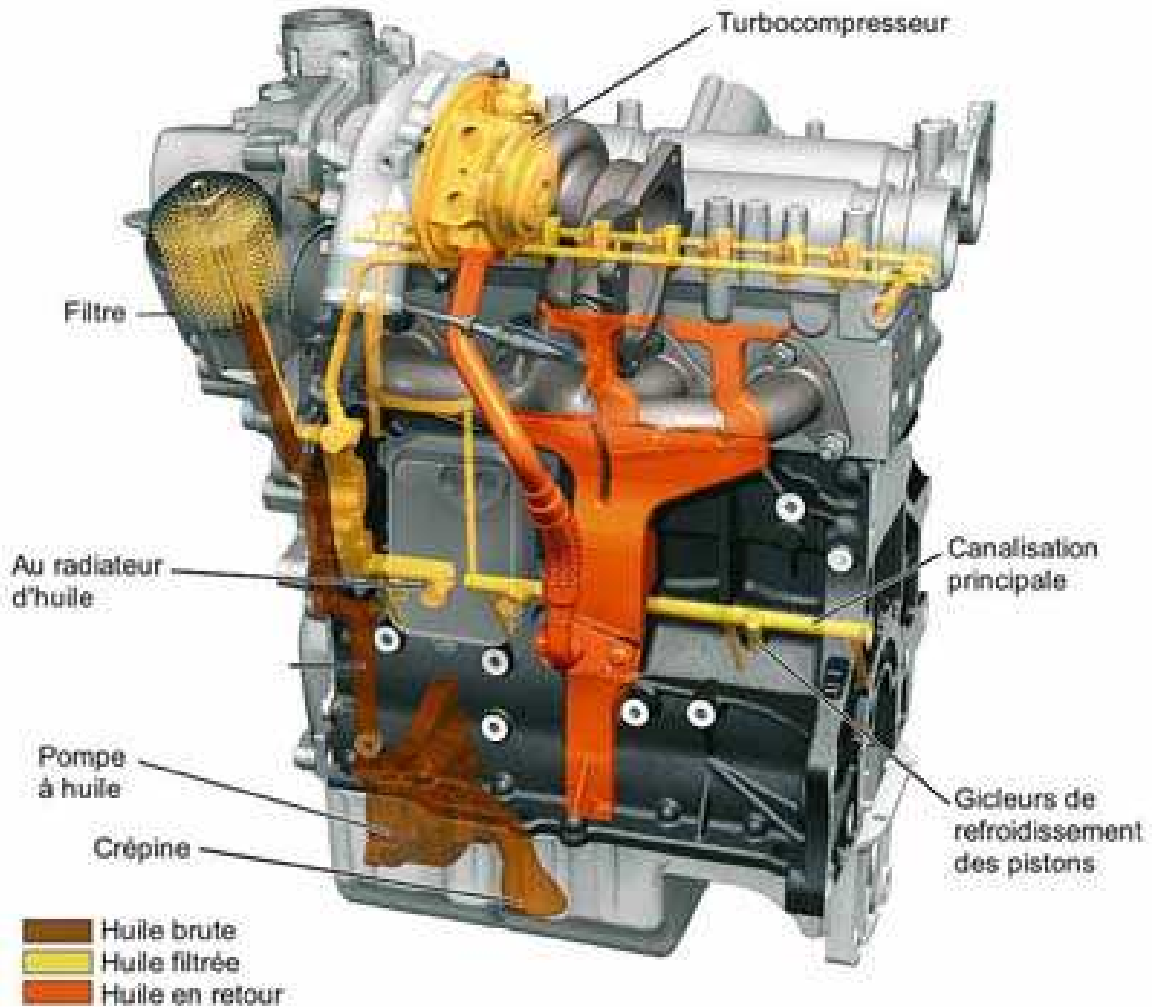


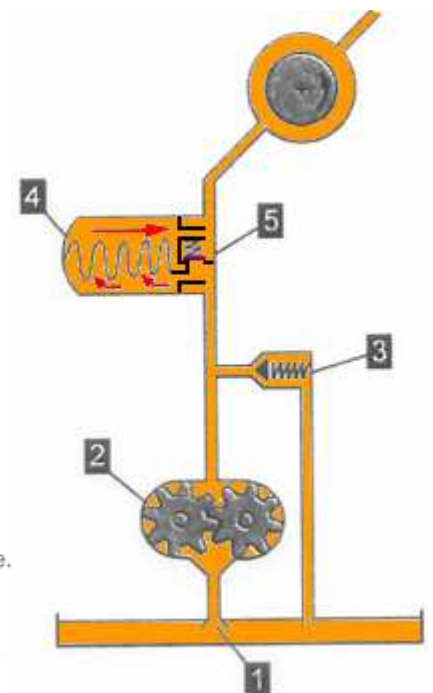
## I PROBLEME POSE

- Comment réalise-t-on la lubrification des systèmes mécaniques ?

## II FRONTIERE D'UN SYSTEME DE LUBRIFICATION MOTEUR

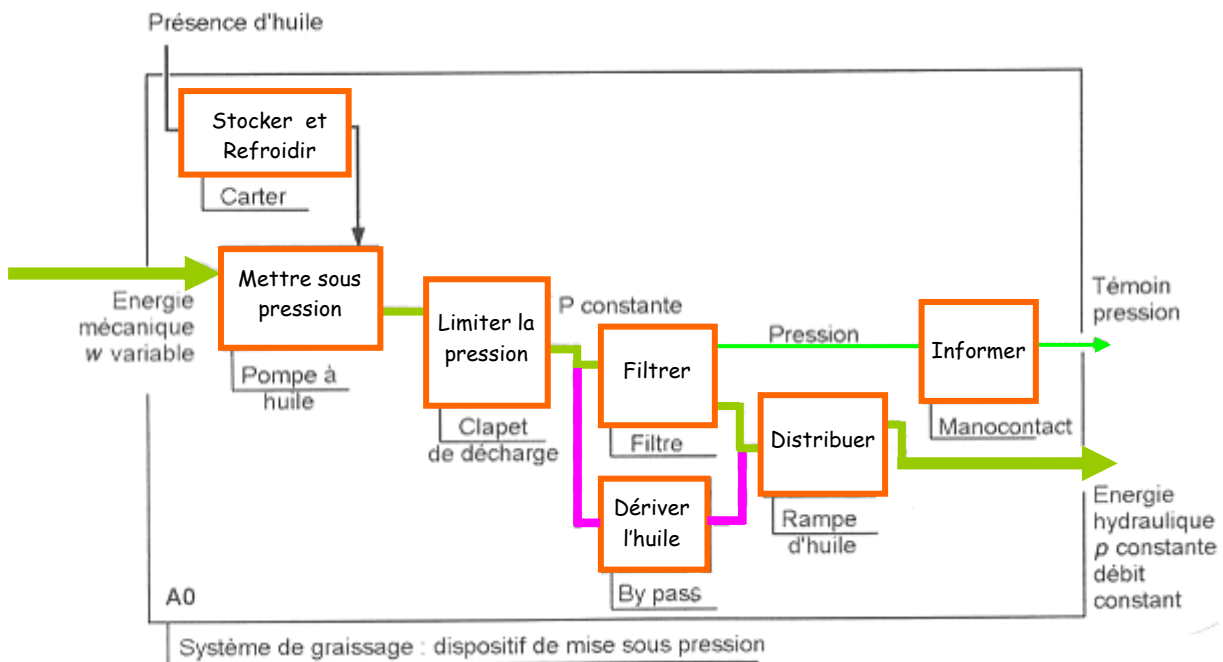


1. Pompe à huile.
  2. Clapet de décharge.
  3. Filtre à huile.
  4. By pass (incorporé au filtre à huile).
  5. Manomètre de pression.
  6. Rampe d'huile.
  7. Entraînement mécanique de la pompe à huile.
  8. Orifice de remplissage.
- projections et retours au carter.



1. Crépine.
2. Pompe à huile à engrenage.
3. Clapet de décharge.
4. Filtre à huile.
5. By pass.

### III FONCTIONS



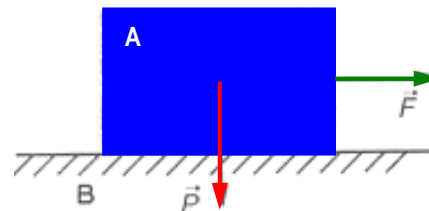
### IV LE FROTTEMENT

#### 4.1 Le coefficient de frottement

- Pour faire glisser une pièce (A) en appui sur un support (B), il est nécessaire d'exercer une force (F). Elle est destinée à vaincre la résistance au glissement appelée frottement. Le frottement dépend du coefficient de frottement (f).

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

(P) étant le poids de la pièce (A)



#### 4.2 Le frottement à sec

- Le coefficient de frottement est fonction des matériaux utilisés.

- Exemples de coefficients de frottement :

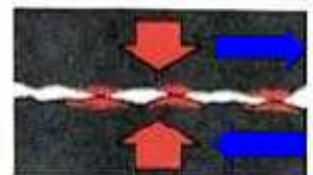
- . pneu sur route
- . fonte sur fonte
- . acier sur bronze
- . acier sur coussinets antifriccion

$$f = 0,8$$

$$f = 0,26$$

$$f = 0,11$$

$$f = 0,05$$

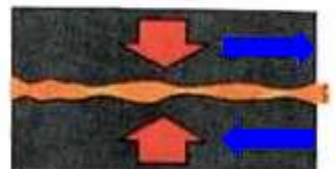


- Inconvénients du frottement

- . une perte d'énergie ( travail résistant )
- . un dégagement de chaleur ( dilatation et grippage )
- . une usure des surfaces

#### 4.3 Le frottement onctueux

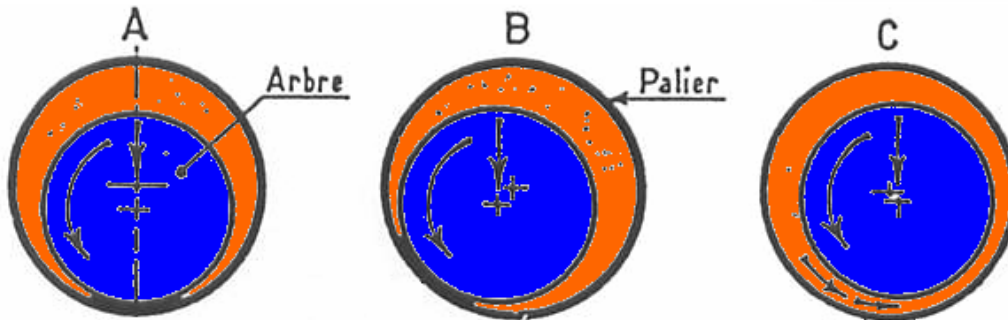
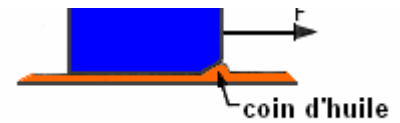
- Par graissage, en interposant un corps gras qui compense les aspérités microscopiques et sépare les deux pièces.



## 4.4 Le frottement hydrodynamique

- Si la pression des pièces en contact est élevée et que la vitesse relative des surfaces est importante ( $v > 5 \text{ m/s}$ ), les deux surfaces se séparent par une montée en pression de l'huile interposée.
- Ce phénomène est favorisé par la formation d'un coin d'huile.
- Le coefficient de frottement peut passer de 0,05 à 0,005.

### Phénomène du coin d'huile



## V CARACTERISTIQUES DES LUBRIFIANTS

### 5.1 La viscosité

- Elle caractérise les forces de frottement qui interviennent entre les molécules de l'huile.
- Elle varie avec la température (diminue avec l'augmentation de la  $t^\circ$ ).
- Elle est donnée pour une température de  $37,8^\circ\text{C}$  ( $100^\circ\text{F}$ ).
- Loi de Newton :

$$F = \mu \cdot \frac{S \cdot v}{e}$$

$F \rightarrow$  force nécessaire au mouvement

$\mu \rightarrow$  coefficient de viscosité dynamique

( en poiseilles ou en degrés Engler )

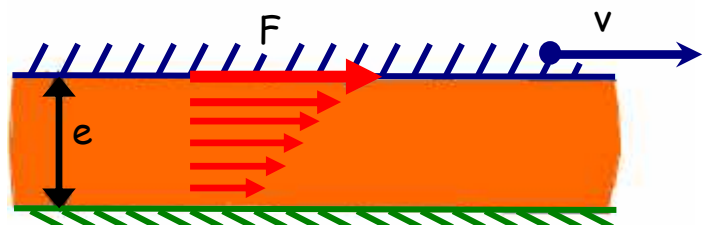
$S \rightarrow$  surface d'appui

$v \rightarrow$  vitesse du mouvement

$e \rightarrow$  épaisseur de la couche d'huile ( 8 à 30 microns )

#### A) La Viscosité dynamique ( $\mu$ )

$$\mu = \frac{e \cdot F}{S \cdot v}$$



#### B) La Viscosité cinématique ( $\nu$ )

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

$\nu \rightarrow$  viscosité cinématique en centistoke (cSt)

$\rho \rightarrow$  masse volumique de l'huile en  $\text{kg/m}^3$

### C) L'index de Viscosité

- On souhaite :
  - . une viscosité plutôt ↘ à froid (moins de force à déployer)
  - . une viscosité plutôt ↗ à chaud (épaisseur mini du film d'huile)
- On a convenu d'un index de viscosité « V.I. » ou « V.I.E. » (E pour étendu) :
  - . se rapprochant de 0 lorsque la viscosité varie beaucoup avec la t°
  - . se rapprochant de 200 et plus lorsque la viscosité varie peu avec la t°
- Nota :
  - . viscosité ↗ ⇒ meilleur étanchéité mais ↗ des efforts résistants
  - . fluidité ↗ ⇒  $\eta$  moteur ↗ et combustion complète de l'huile

### 5.2 Fluidité

- C'est l'inverse de la viscosité, elle se mesure en degrés Barbey.

### 5.3 Stabilité

- L'huile doit résister à la décomposition et à l'altération.

### 5.4 Onctuosité

- C'est la qualité d'adhérence de l'huile aux surfaces à lubrifier.

### 5.5 Exemple d'une huile SAE 15 w 40

CARACTÉRISTIQUES	MOBIL 1 FORMULE RALLYE
Grade SAE	5 W 50
Densité à 15°C	0,864
Point d'écoulement °C	-54
Point d'éclair °C	224
Viscosité CST à 40 °C	107
Viscosité CST à 100 °C	18,1
après cisaillement (DIN 51382)	17,2
Index de viscosité	188
Teneur en cendres sulfatées %	1,05
TBN (ASTM D-2896)	7,1

Désignation SAE	Index de viscosité minimum calculé
5 W - 20	146
5 W - 30	205
10 W - 30	145
10 W - 40	169
10 W - 50	190
20 W - 40	113

Unités de viscosité	Viscosité dynamique $\mu$	Viscosité cinématique $\nu$
Systèmes d'unités		
Système international (S.I.)	1 poiseuille = 1 kg m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> (= 1 décapoise)	1 myriastoke = 1 m <sup>2</sup> /s
C.G.S.	1 poise = 1 g.cm <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup>	1 stoke = 1 cm <sup>2</sup> /s

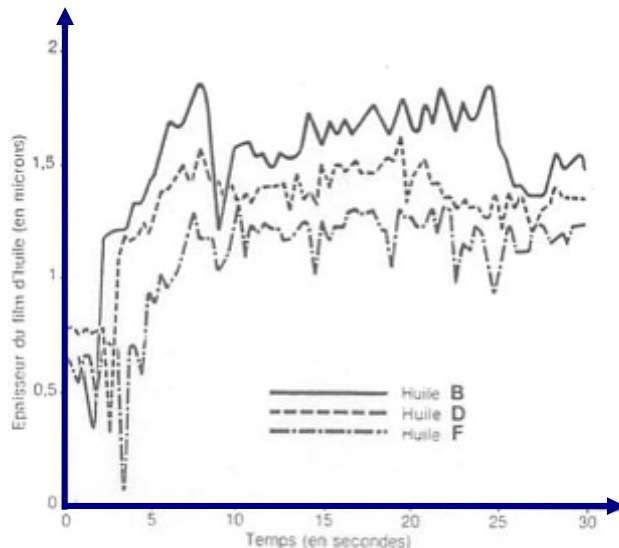


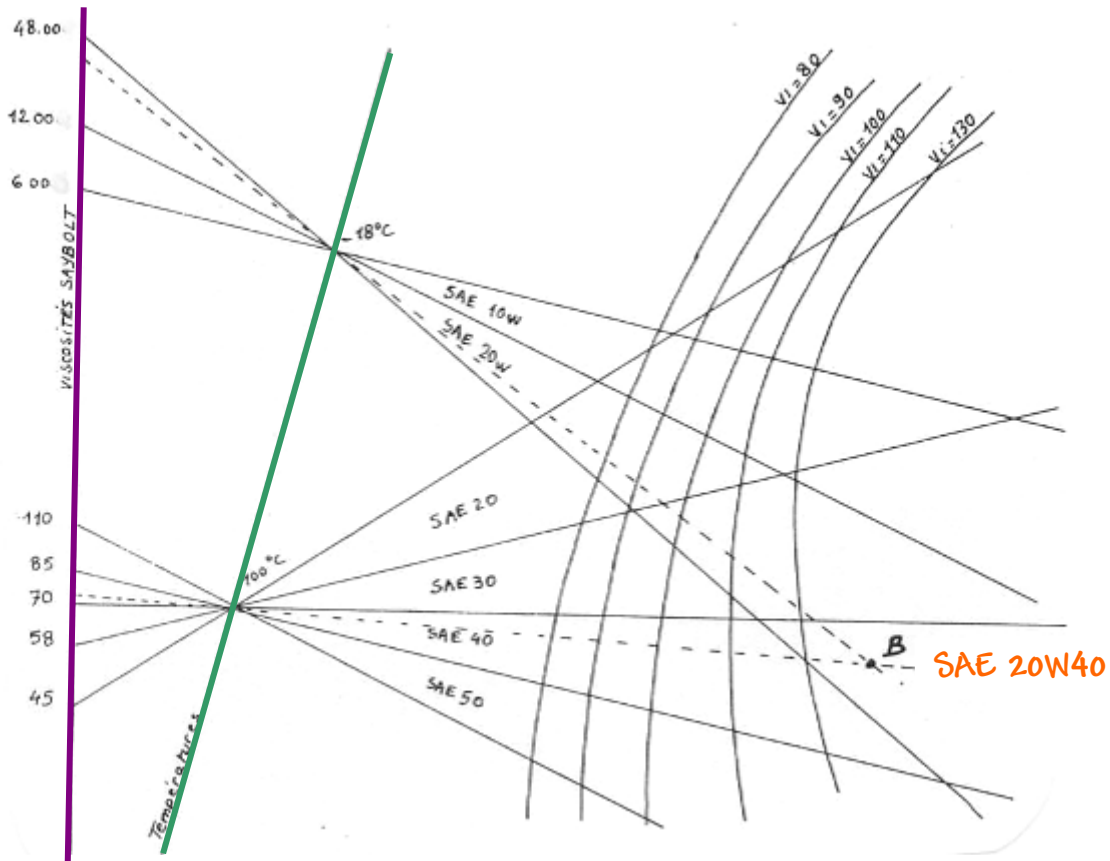
Fig. 355 - Influence de la viscosité sur l'évolution de l'épaisseur du film d'huile dans un palier de vilebrequin (d'après S.A.E. 861561)

## VI LES HUILES MULTIGRADES

- Le coefficient de viscosité selon la norme SAE se traduit en indice de viscosité.

ex. : 10 W 50 → 10 W à froid ( $0^{\circ}\text{F} = -18^{\circ}\text{C}$ )  
 → 50 à chaud ( $210^{\circ}\text{F} = 100^{\circ}\text{C}$ )

Nota : une huile SAE 50 est plus visqueuse qu'une huile SAE 40 .



- Plus l'écart entre les deux indices est important plus le V.I. est élevé.

- Ex : . viscosité à  $-18^{\circ}\text{C} = 38000$  centipoises

. viscosité à  $100^{\circ}\text{C} = 73$  centipoises

. le point B, se trouvant dans la zone SAE 20 W et dans la zone SAE 40, détermine une huile multigrade.

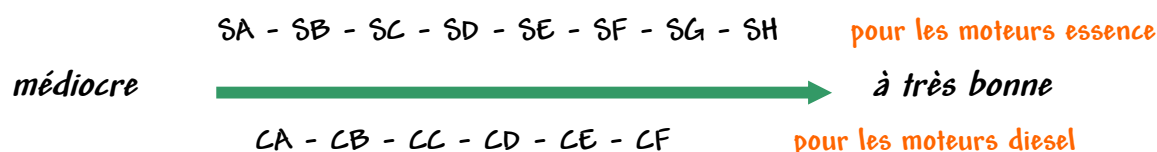
## VII LES ADDITIFS ⇒ 25% du produit fini correspondant à 60% du coût

- Additif d'index de viscosité : 10 à 15% du produit fini .
- Additif de congélation : il diminue la formation de cristaux et abaisse le point d'écoulement .
- Additif détergent : il évite la formation de dépôts ( de cendres → possibilités de préallumage ).
- Additif dispersant : il maintient les dépôts en suspension .
- Additif antioxydant : il évite l'oxydation de l'huile + anticorrosion ( coussinet ... )  
+ anti-usure ( cames, poussoir ... ).
- Additif anti-mousse : il évite l'émulsion ( particularité des moteur à carter sec ) .
- Additif anti-usure : il améliore la formation du film d'huile (  $F \searrow$  ) .
- Additif d'adhésivité , microbicide , passivateur métallique , modificateur de frottement ....



- Tous ces additifs déterminent « la qualité » de l'huile :

Ex. : classification des performances A.P.I



## VIII CLASSIFICATION DES HUILES

- Les différentes organisations techniques des constructeurs, des pétroliers et des fabricants d'additifs :

- . Comité des Constructeurs Automobiles du Marché Commun (CCMC)
- . Association des Constructeurs Européens de l'Automobile (ACEA)
- . Comité de Coordination Européen (CEC)
- . Institut du Pétrole Américain (API)
- . Société des Ingénieurs de l'Automobile Américain (SAE)
- . American Standards for Tests and Methods (ASTM)
- . Certains constructeurs automobiles V.A.G. , Daimler-Benz , Man ...
- . Certaines armées (américaines MIL-L)

- La classification « S.A.E »

### GRADES DE VISCOSITÉ SAE POUR MOTEURS DIESEL

Grade viscosité	(1) Viscosité (CP) température maxi $\mu$	(2) Température maxi limite de pompabilité	Stabilité du point d'écoulement	(3) Viscosité cSt à 100° C $\nu$	
				mini	maxi
0 W	3250 à -30° C	-35° C	—	3,8	—
5 W	3500 à -25° C	-30° C	-35° C	3,8	—
10 W	3500 à -20° C	-25° C	-30° C	4,1	—
15 W	3500 à -15° C	-20° C	—	5,6	—
20 W	4500 à -10° C	-15° C	—	5,6	—
25 W	6000 à -5° C	-10° C	—	9,3	—
20	—	—	—	5,6 <	9,3
30	—	—	—	9,3 <	12,5
40	—	—	—	12,5 <	16,3
50	—	—	—	16,3 <	21,9
60	—	—	—	21,9 <	26,1

(1) Déterminé avec le « Cold Cranking Simulator » selon la méthode ASTM D 2602 modifiée.

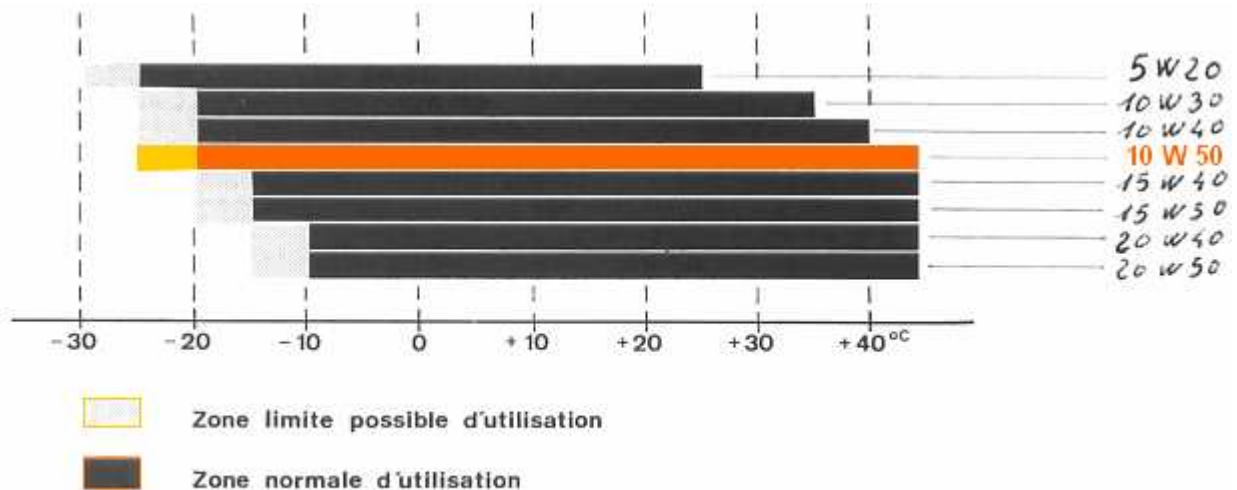
(2) Température limite de pompabilité déterminée selon la méthode ASTM D 3829 ou CECL L-32-T-82.

(3) ASTM D 445.

Nota. — 1 CP = 1 mPa.S ; 1 cSt = 1 mm<sup>2</sup>/s.

Exemple : une huile SAE 10 W permettra un lancement facile du moteur jusqu'à -20°C , une bonne pompabilité jusqu'à -25°C et ne posera pas de problème de figeage jusqu'à -30°C .

## - La classification « A.P.I »



Grille d'utilisation des huiles en fonction du grade de viscosité et de la température ambiante selon la classification « API ».

## - La classification « C.C.M.C »

PD 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6

P → Passenger Car (voiture de tourisme)

D → Diesel

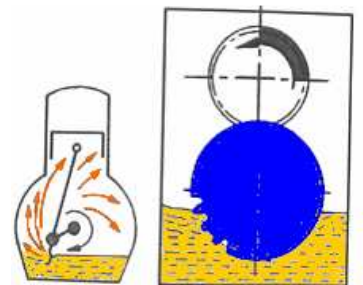
DI - 2 - 3 - 4 - 5 - 6

pour les véhicules industriels Diesel

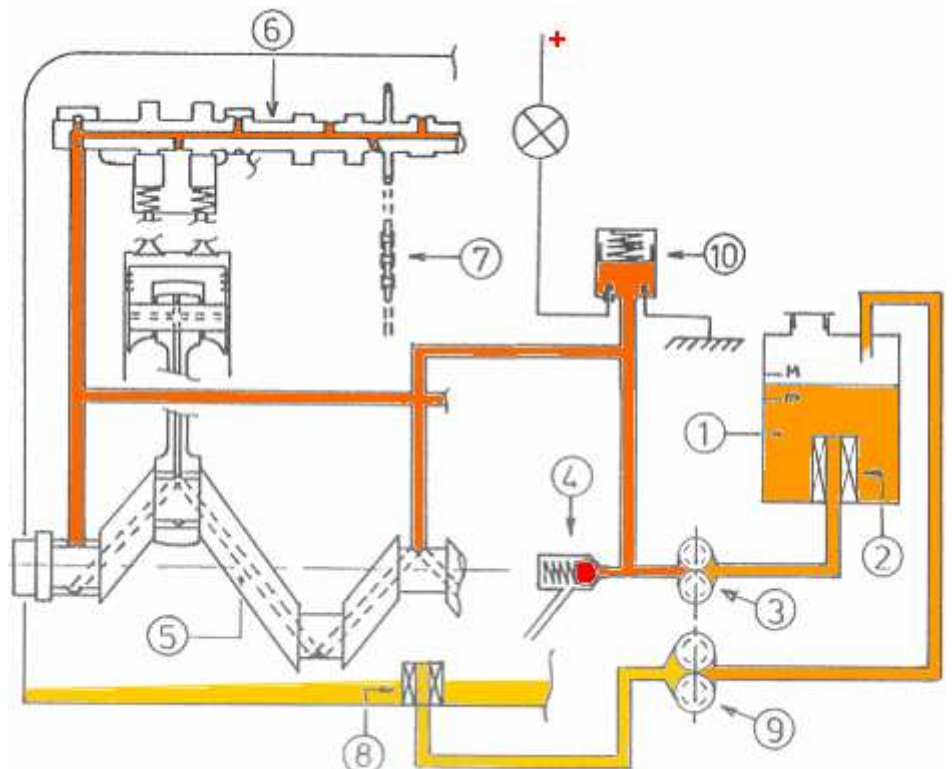
## IX LE CIRCUIT DE LUBRIFICATION

### A) PAR BARBOTAGE

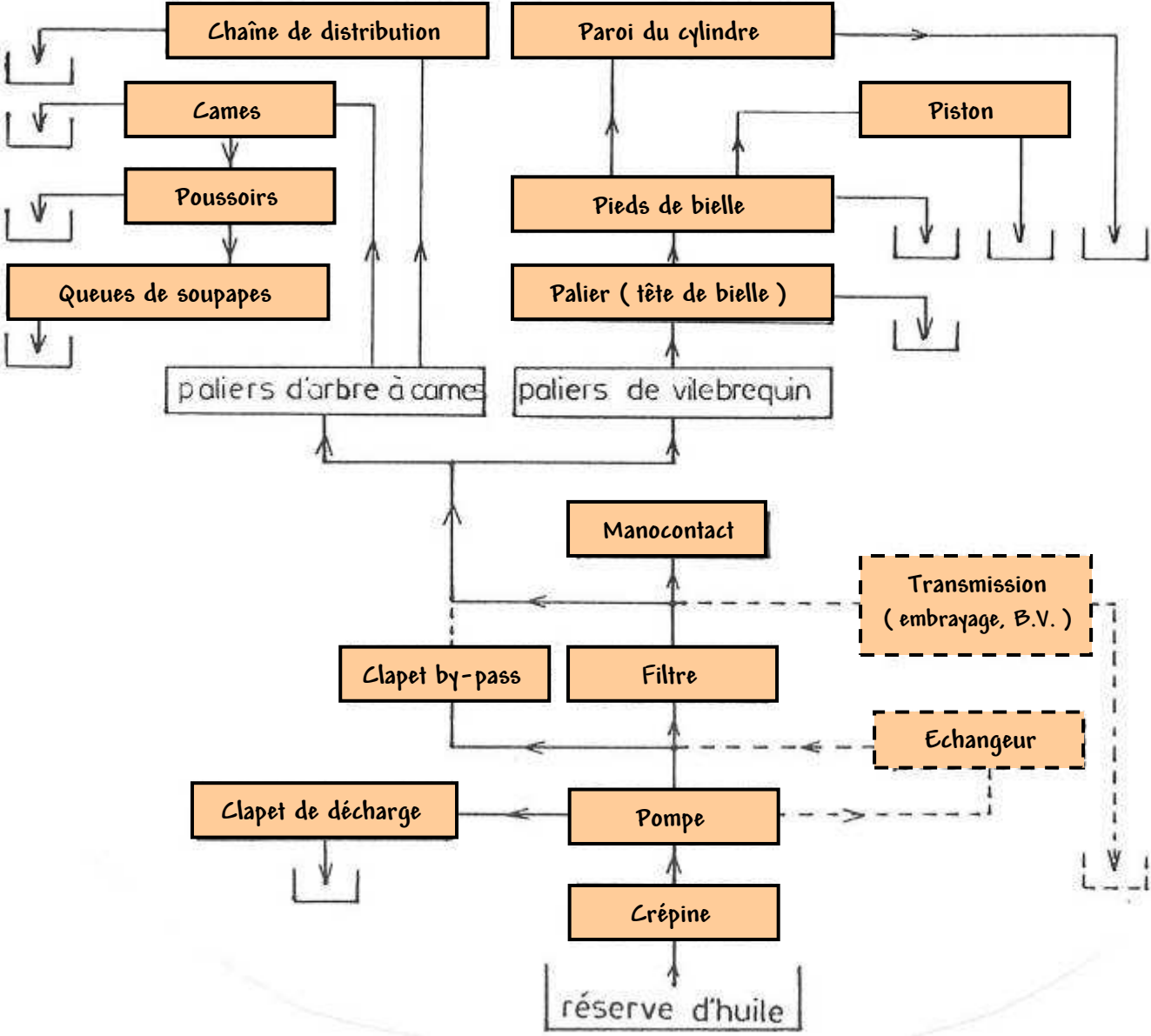
### B) SOUS PRESSION ET A CARTER SEC



- 1 Réserve d'huile
- 2 Filtre
- 3 Pompe d'alimentation
- 4 Clapet de décharge
- 5 Vilebrequin
- 6 Arbre à cames
- 7 Chaîne de distribution
- 8 Filtre
- 9 Pompe d'équipement
- 10 Manocontact de pression

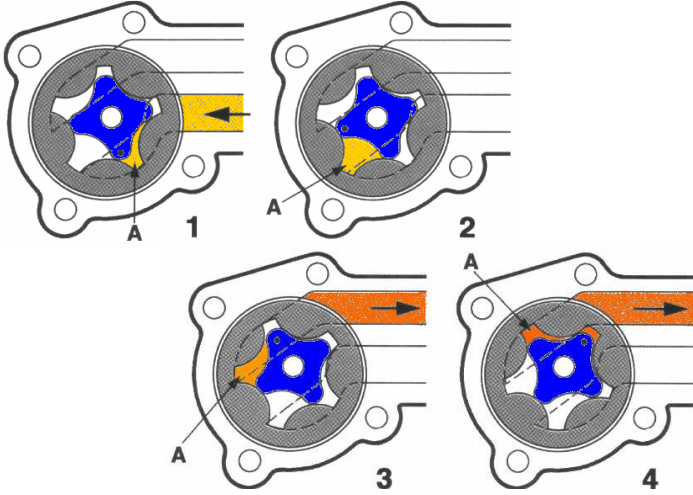


C) SOUS PRESSION ET A BAIN D'HUILE

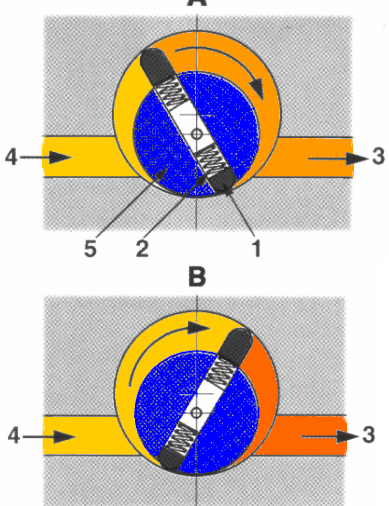


X LES POMPES A HUILE

A rotors type « Eaton »

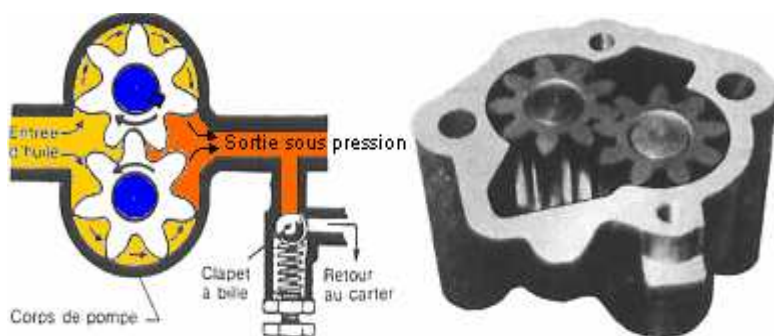


A palettes

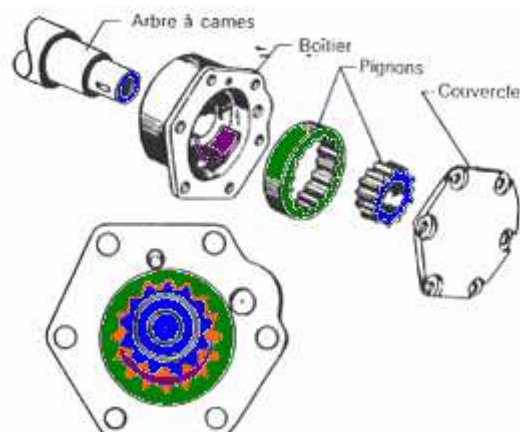




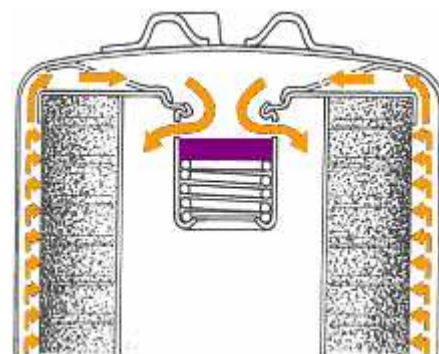
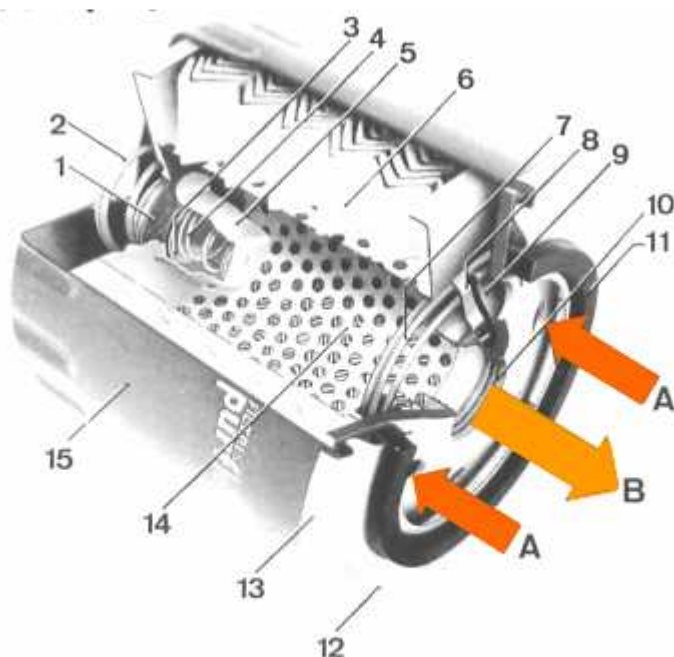
## A engrenages extérieurs



## A engrenages intérieurs



## XI LES FILTRES

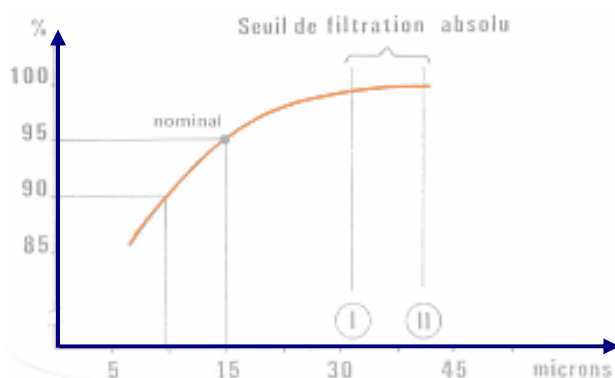


Coupe du filtre Purflux. Le média filtrant est en papier plissé chevron, ce qui permet d'obtenir par sa structure une rigidité mécanique dans tous les cas d'utilisation

1. Tamis - 2. Ressort d'appui de l'élément filtrant contre la cuve - 3. Clapet by-pass - 4. Ressort - 5. Pontet - 6. Média filtrant, plissé chevron - 7. Ressort - 8. Coupelle anti retour - 9. Membrane - 10. Flasque - 11. Joint d'étanchéité - 12. Colletette - 13. Sertissage - 14. Tube perforé - 15. Cuve.

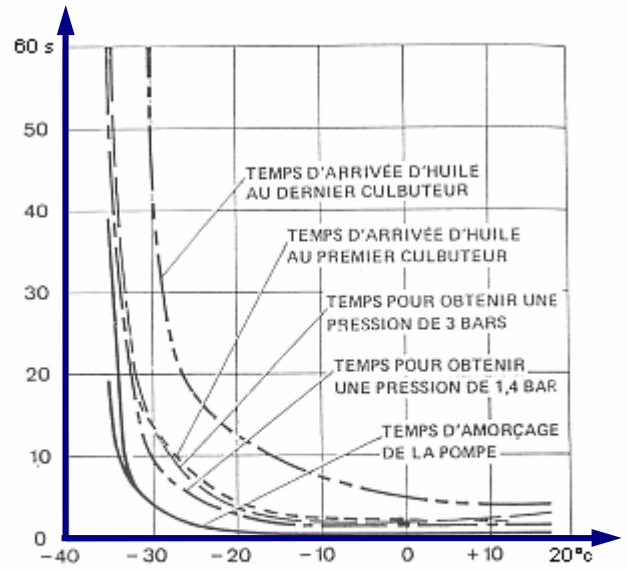
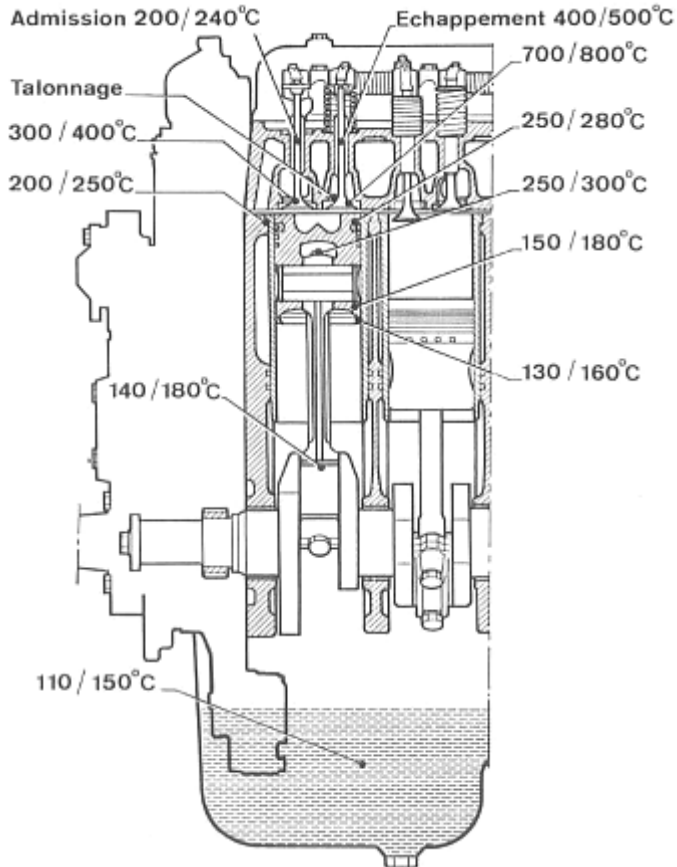
- Le seuil de filtration des filtre à huile est d'environ de 30 à 15 microns « nominal » ( ex. : en faible quantité, des particules de 40 microns peuvent s'échapper d'un filtre ayant un seuil de filtration de 15 microns nominal ) .

- Une cartouche à huile traversée par un débit de 3600 litres/heure, sous une perte de charge de 2,5 bars ( cartouche colmatée ), absorbe environ 250 W .



- (I) Mesure gravimétrique
- (II) Mesure compteur de particules

## XII LES ECHANGEURS THERMIQUES



### Essai de démarrage à froid

Conditions de l'essai : 10h à la température d'essai, puis démarrage avec une huile multigrade SAE 15 W 40

Coupe partielle d'un moteur (régime 3 000 tr/mn).  
L'huile doit résister à des pressions élevées mais aussi à des températures importantes.

- Les radiateurs d'huile (« échangeurs huile /air »)
- Les échangeurs huile/eau

