

# Chapitre 1 : Classification des machines marines

## 1) Définition:

La notion de machine englobe les dispositifs mécaniques conçus pour transformer l'énergie ou effectuer des tâches spécifiques. Leur classification se base sur divers critères tels que leur fonction (machines motrices, opératrices), leur mode de fonctionnement (rotatif, alternatif) ou le type d'énergie utilisée (électrique, thermique). La classification permet de mieux comprendre et d'analyser les différents types de machines, facilitant ainsi leur conception, utilisation et maintenance. Elle est essentielle pour l'ingénierie et la science des matériaux.

## 1) Différents types de machine à bord

Les machines peuvent être classées selon le type d'énergie qu'elles utilisent. Voici les principales catégories :

### 1. Machines Électriques

Ces machines utilisent l'énergie électrique pour fonctionner. Elles comprennent :

- **Moteurs électriques** : Convertissent l'énergie électrique en énergie mécanique.

- **Générateurs** : Transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

### 2. Machines Thermiques

Ces machines exploitent l'énergie thermique, souvent à partir de combustibles fossiles ou d'autres sources de chaleur. Exemples :

- **Moteurs à combustion interne** : Utilisent la combustion de carburant pour produire un mouvement (Avions, navires, voitures, motos).

- **Turbines à vapeur** : Convertissent l'énergie thermique en travail mécanique.

### **3. Machines Hydraulique**

Elles utilisent l'énergie hydraulique, souvent provenant de l'eau en mouvement.

Exemple :

- **Pelles mécaniques ou excavatrices** : Fonctionnent grâce à la pression de l'huile ou d'autres liquides pour réaliser des travaux lourds.

### **4. Machines Pneumatiques**

Ces machines utilisent l'air comprimé comme source d'énergie. Elles sont souvent utilisées dans des outils portatifs :

- **Clés à chocs pneumatiques** : Utilisées pour des travaux de serrage.
- **Systèmes d'automatisation** : Employés dans les lignes de production.

### **5. Machines à Énergie Renouvelable**

Elles exploitent des sources d'énergie renouvelables pour produire de l'énergie.

Exemples :

- **Éoliennes** : Convertissent l'énergie cinétique du vent en énergie électrique.
- **Panneaux solaires** : Transforme l'énergie solaire en électricité.

### **Conclusion**

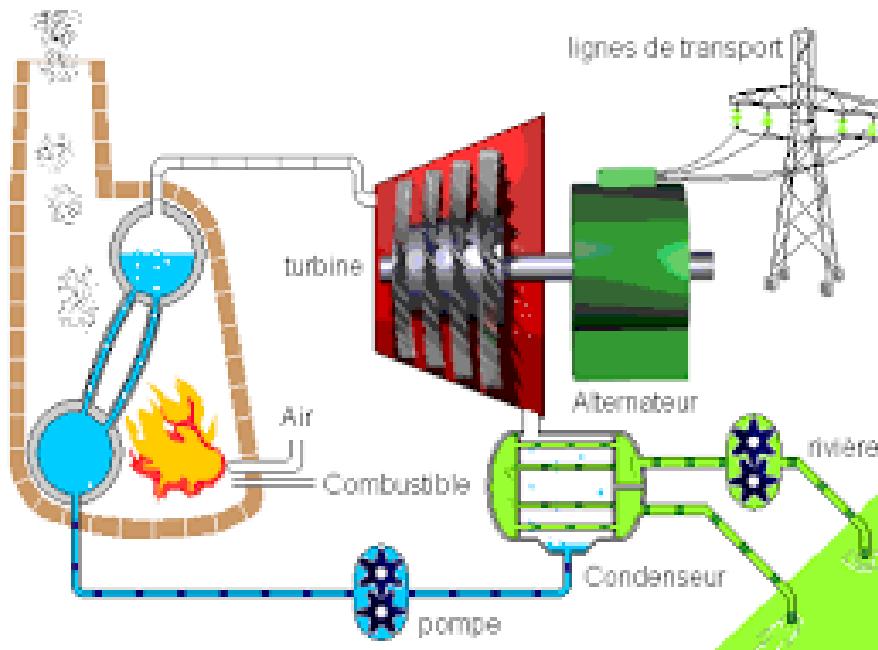
Cette classification aide à mieux comprendre le fonctionnement et l'application des machines dans divers secteurs, en mettant en lumière leurs capacités et limitations.

Dans le cadre de notre cours, nous allons nous intéresser spécifiquement au moteur thermique à bord

## Le moteur thermique

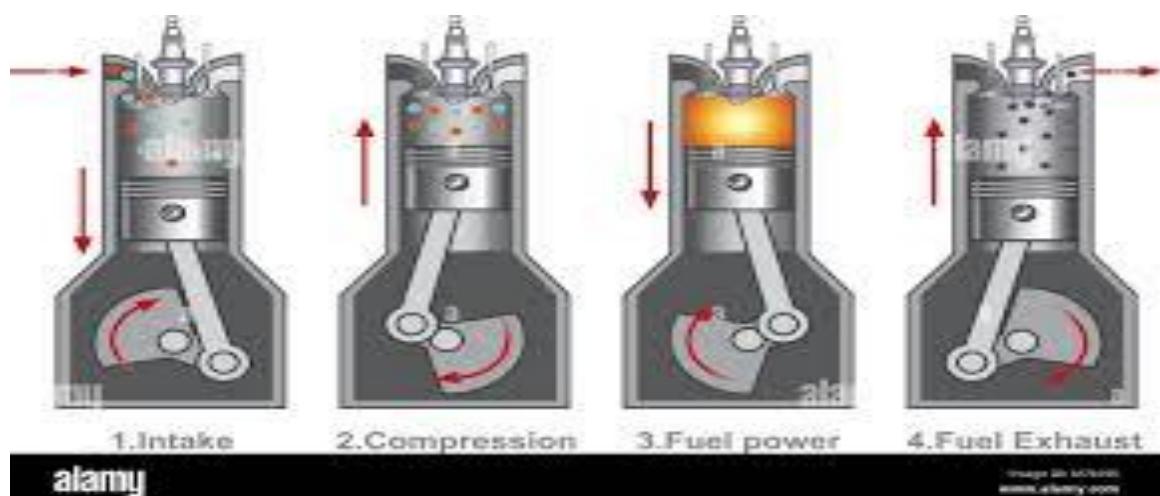
### 1) Classification des machines thermique:

- Les machines a combustion interne: Moteur Diesel, moteur essence



La combustion se passe dans la chaudière, dans laquelle est chauffé un fluide (l'eau) qui se transforme en vapeur et entraîne une turbine

- Les machines a combustions externes: Groupe chaudière, turbopropulseur



La combustion se passe a l'intérieur du moteur et qui transforme l'énergie thermique de la combustion en Energie mécanique, sans l'intermédiaire d'un fluide caloporteur

Lien support video

<https://youtu.be/jdeypmFc29c?si=BnsNmY3I9kvU7b-c>

## 2) Fonction globale :

### ➤ Analyse fonctionnelle :

La fonction du moteur est de produire une énergie mécanique, en transformant l'énergie chimique grâce à une combustion interne

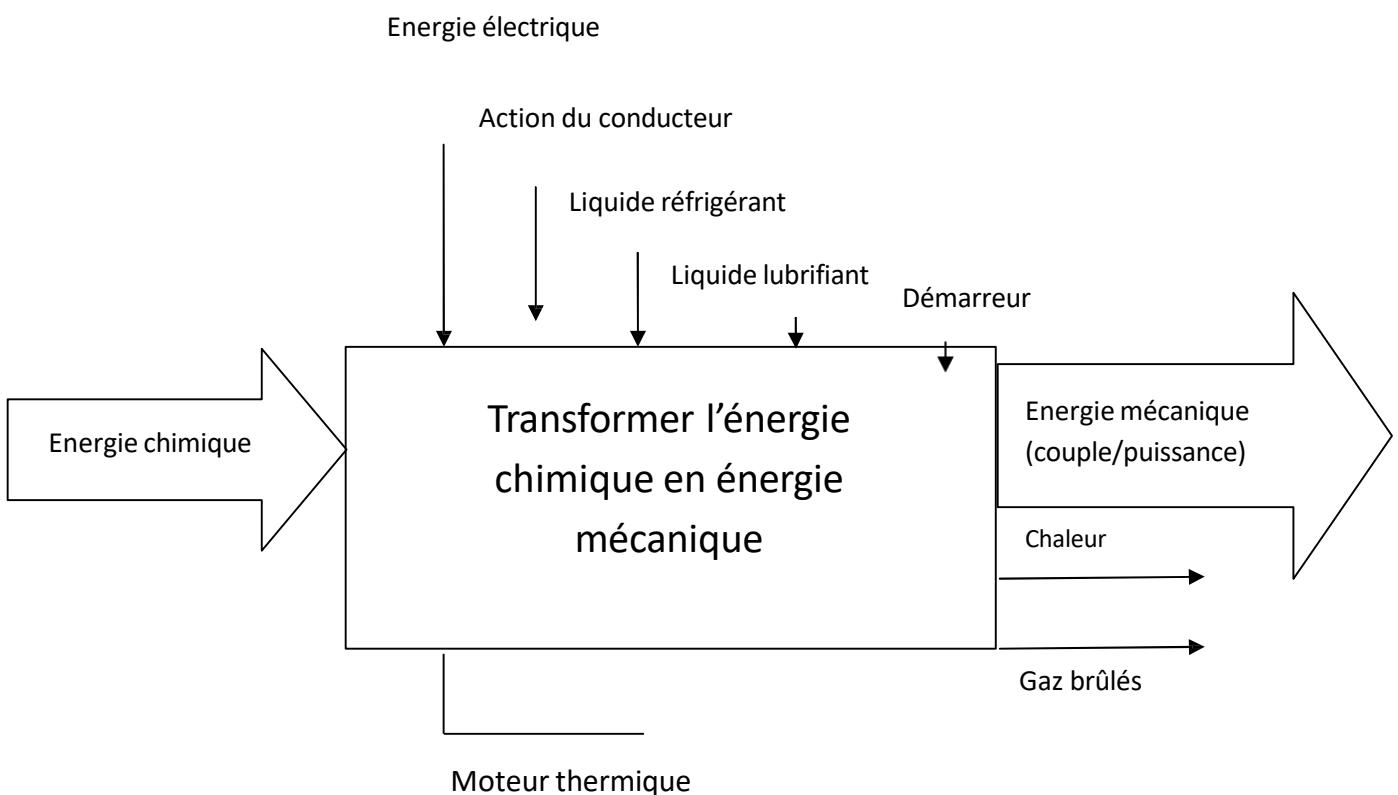


Fig1 .fonction du moteur

Le moteur thermique reçoit de l'essence, combustible du système d'alimentation carburation. Il réalise une énergie grâce à une compression. Cette combustion est déclenchée par le système d'allumage.

Il produit une énergie mécanique disponible au volant moteur. Il rejette des gaz brûlés.

Il évacue les calories par son système de refroidissement.

Il reçoit le courant électrique haute tension nécessaire à l'allumage

Le conducteur a une action sur le démarreur.

Le moteur reçoit du démarreur l'énergie mécanique nécessaire à son lancement. Il reçoit aussi le lubrifiant nécessaire au fonctionnement de son système de graissage.

Le premier problème posé était : convertir l'énergie chimique dans un combustible en énergie calorifique (chaleur), puis convertir cette chaleur en énergie mécanique (travail).

### 3) L'architecture générale:

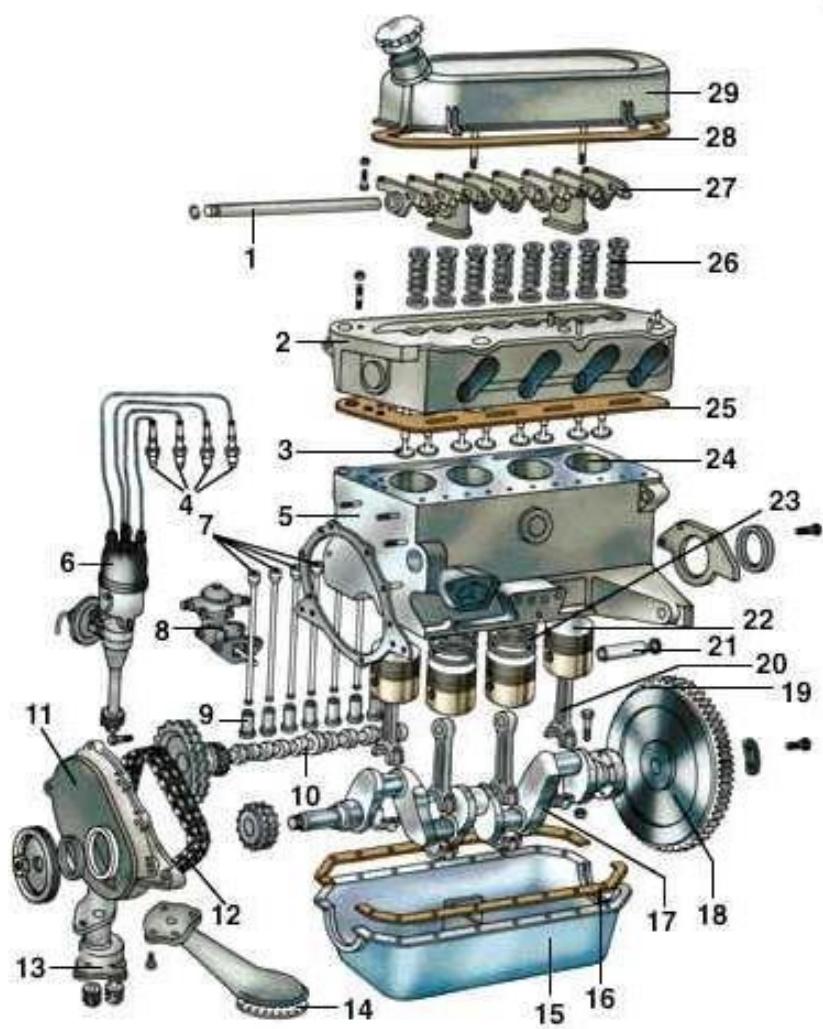


Fig.2. Vue éclatée d'un moteur à explosion.

1) Axe des culbuteurs	16) joint de carter
2) culasse	17) vilebrequin
3) soupapes	18) volant moteur
4) bougies	19) couronne dentée entraînée par le démarreur
5) bloc cylindres	20) bielle
6) allumeur	21) axe de piston
7) tiges de commande des culbuteurs	22) piston
8) pompe à essence	23) segments
9) pousoirs	24) cylindre
10) arbre à cames	25) joint de culasse
11) carter de distribution	26) ressorts de soupapes
12) chaîne de distribution	27) culbuteurs
13) pompe à huile	28) joint de cache culbuteurs
14) crête de pompe à huile	29) cache culbuteurs

On distingue dans un moteur :

- Les parties fixes.
- Les parties mobiles

Les parties fixes comprennent principalement :

- Le bloc moteur ou bloc cylindres.
- La culasse qui sert de couvercle hermétique à la partie supérieure des cylindres et supportant l'arbre à cames et les soupapes.

Les parties mobiles comprennent deux parties principales :

- L'attelage mobile qui inclut : le vilebrequin, les bielles, les pistons munis de leurs segments.
- La distribution qui inclut : l'arbre à cames, soupapes et ressorts de rappel, un système de rappel entre le ou les arbres à cames et le vilebrequin constitué d'une ou plusieurs chaînes ou courroies crantées.

#### 4) Description des composants du moteur :

##### 1. Le bloc cylindre :



Figure 3: bloc cylindre

Il supporte le vilebrequin, permet le guidage des pistons, assure avec la culasse l'étanchéité des cylindres et permet le passage des canalisations de graissage et de l'eau.

Le bloc cylindres doit :

- Être indéformable et répondre à des dispositions géométriques précises.
- Résister aux pressions, torsions, frottements, variations de température.
- Posséder la masse la moins élevée possible.

#### 4.2. Chemise de cylindre :



Figure 4 : chemise de cylindre

La chemise est une pièce cylindrique emmanchée en force dans le cylindre (ayant un métal plus résistant que le reste du bloc moteur), et dans laquelle coulisse le piston et où se produit la combustion/compression (fortes contraintes !).

Souvent en fonte ou en acier, la chemise reçoit différents usinages et traitements visant d'une part à améliorer son état de surface, pour diminuer les frottements, et d'autre part à accroître la dureté, afin d'éviter l'usure.

#### 4.3. La culasse :

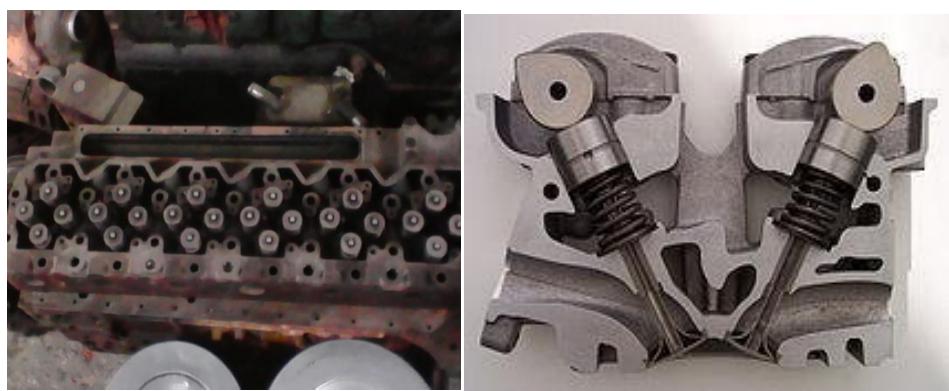


Figure 5: la culasse

Le rôle de la culasse est d'assurer la fermeture des cylindres dans leur partie supérieure, constituant ainsi la chambre de combustion.

Elle permet :

- L'arrivée et l'évacuation des gaz.
- La mise en position des éléments de la distribution et d'une partie de l'allumage.

- L'évacuation rapide de la chaleur, au point le plus chaud situé dans la chambre de combustion.

Elle peut être en fonte GS, mais plus généralement en alliage d'aluminium (AS5U3G).

#### 4.4. L'arbre à cames :



Figure 6: arbre à cames

Il est chargé de commander la levée des soupapes et pendant une durée bien déterminée. Le mouvement de l'arbre à cames doit être lié de façon invariable à celui du vilebrequin. La partie excentrée de la came, appelé flanc ou rampe, permet la levée ou la descente de la soupape. La partie cylindrique, zone de repos, correspond à la soupape fermée.

Il y a autant de came que de soupape.

L'arbre à cames peut être en fonte GS ou GLA, ou en acier cémenté ou nitruré.

#### 5.5. La soupape :



Figure 7: la soupape

Les soupapes permettent le passage d'un maximum de gaz dans un temps très court et doivent assurer une parfaite étanchéité à la fermeture sur le siège de soupape. Les soupapes sont exposées aux températures très élevées régnant dans la chambre de combustion (de l'ordre de 800°C à l'ouverture de la soupape d'échappement). La fabrication des soupapes nécessite donc l'emploi de métaux capables de résister à la déformation à haute température (flage) et aux chocs répétés, tels les aciers asthéniques, additifs comme le chrome, le nickel, le tungstène.

La portée conique assure l'étanchéité parfaite à la fermeture et un centrage correct évitant la déformation de la tige ou de la queue.

#### 4.6. Le piston :



Figure 8: piston

Le rôle du piston est de transmettre par l'intermédiaire de la bielle l'effort résultant de la pression des gaz.

Son refroidissement est assuré par les segments et le contact de la jupe avec le cylindre. Ainsi, une partie de la chaleur est en outre évacué par l'huile projetée sur son fond.

Le piston est lié à la bielle par un axe en acier.

Le piston est en général en alliage d'aluminium (AS12UN par ex), parfois renforcé par l'adjonction de fibres. Plus rarement, le piston peut être en fonte GS ou en acier forgé.

#### 4.7. Les segments :

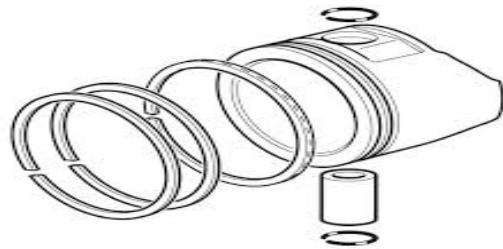


Figure 9: les segments

Le rôle des segments est d'assurer l'étanchéité aux gaz (coté chambre de combustion) et à l'huile (coté carter).

Ils permettent d'évacuer une partie de la chaleur communiquée au piston par les gaz vers le cylindre.

Les segments sont en général au nombre de 3 :

- Le segment de feu situé au sommet du piston.
- Le segment d'étanchéité au milieu.
- Le segment racleur enfin qui assure surtout l'étanchéité à l'huile.

#### 4.8. La bielle :



Figure 10: la bielle

La bielle est un élément intermédiaire qui permet la transmission des forces entre deux éléments animés de mouvements différents :

- Le mouvement rectiligne alternatif du piston.
- Le mouvement circulaire continu du vilebrequin.

Par la combinaison des mouvements rapides du piston et du vilebrequin, cet élément est soumis à de multiples contraintes : la **compression**, la **traction**, la **flexion**.

Elle peut être en fonte GS, en acier forgé ou fritté, et aussi en alliage léger

#### 4.9. Le vilebrequin :



Figure 11: vilebrequin

Avec la bielle il termine la transformation du mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement circulaire continu. Les contraintes subies par le vilebrequin sont :

- ✓ **Torsions** provenant des efforts opposés du couple moteur et du couple résistant.
- ✓ **Flexions, compressions, tractions, cisaillements.**
- ✓ Frottements au niveau des portées.
- ✓ Vibrations provenant de la masse du vilebrequin lancé à grande vitesse.

Un vilebrequin doit posséder des qualités afin de résister aux efforts qui lui sont soumis :

- ✓ Bras de manivelle robuste.

- ✓ Géométrie indéformable.
- ✓ Equilibrage parfait (Il peut être en acier forgé ou moulé et aussi en fonte GS).

#### 4.10. La distribution :

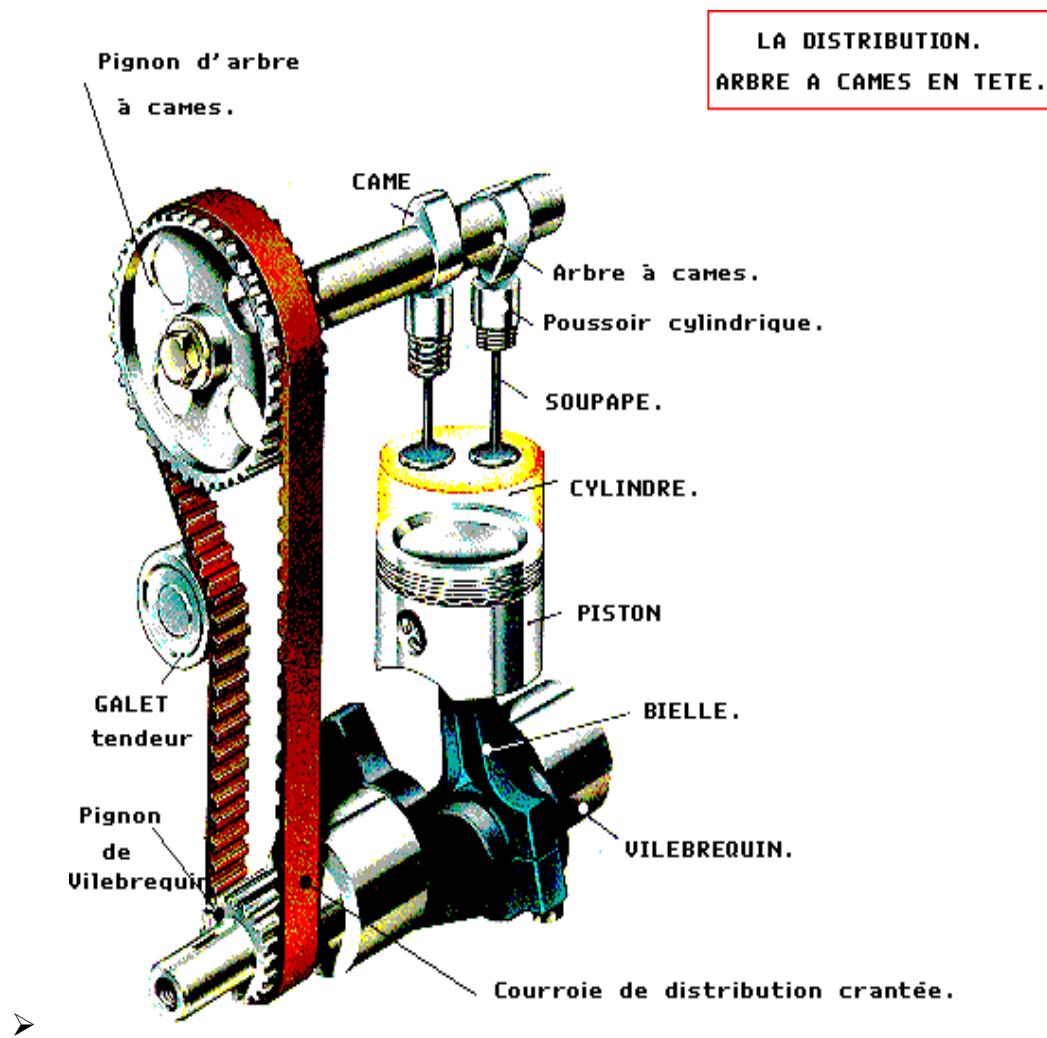


Figure 12: la distribution

Le rôle de la distribution est de :

- ✓ Permettre l'entrée de gaz frais et d'en permettre l'évacuation après combustion.
- ✓ Augmenter le temps d'ouverture de la soupape d'admission afin d'éviter le freinage des gaz.
- ✓ Déclencher le point d'allumage.

## 5) Principe de fonctionnement d'un moteur :

### 1. Caractéristiques :

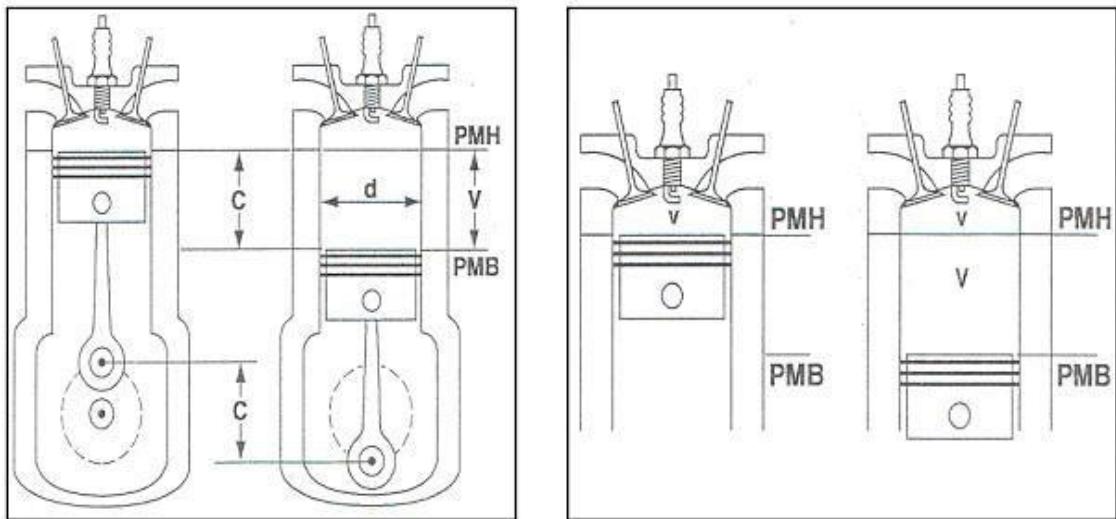


Figure 13: caractéristiques moteur

- **L'alésage :**

L'alésage « d »(en centimètre) est le diamètre intérieur du cylindre

- **La course :**

La course « C »(en centimètre) est la distance parcourue par le piston entre son Point Mort Haut (PMH) et son Point Mort Bas (PMB).

- **La cylindrée :**

La cylindrée unitaire « V »(en centimètre cube) est le volume compris dans un cylindre entre la PMH et le PMB.  $V = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot C$

- **La cylindrée totale :**

La cylindrée totale « V<sub>t</sub> »(en centimètre cube) est égale à la cylindrée unitaire multipliée par le nombre de cylindres n.  $V_t = V \cdot n$

- **Le rapport volumétrique :**

C'est le rapport entre le volume total dans le cylindre (quand le piston est au PMB) et le volume restant quand le piston est au PMH (volume mort ou volume de la chambre de combustion).

## 5.2. Cycle 4 temps:

**Problème posé :** Assurer la combustion d'une charge (carburante + comburante) à l'intérieur d'une enceinte de volume variable.

L'accroissement de la pression «  $P$  » (en Bar) dû à la combustion crée un effort «  $F$  » (en daN) sur la surface «  $S$  » ( $\text{cm}^2$ ) de l'élément mobile de l'enceinte (le piston) tel que  $F=P.S$ . La force «  $F$  » peut être convertie en travail mécanique «  $W$  » par le déplacement «  $L$  » du piston tel que  $W=F.L$ .

La détente du gaz dans le cylindre provoque le déplacement du piston. C'est la combustion et la détente des gaz qui produit cette phase motrice (ou temps moteur) et non une « explosion » comme on a improprement qualifié ce processus à son origine.

On remarque que la pression «  $P$  » évolue dans l'enceinte selon le déroulement contigu et contradictoire de la combustion et du déplacement du piston (càd le déroulement de la combustion tend à faire croître la pression, mais la descente du piston fait croître le volume, donc tend à faire chuter la pression).

Avant de brûler la charge, 2 temps sont nécessaires :

- un temps pour l'introduction de la charge dans le cylindre (admission)
- un temps pour ramener le piston au début de sa course en comprimant la charge (compression)

Il faut ensuite initier la combustion (allumage).

Enfin, une fois la combustion-détente achevée, il faut évacuer les gaz brûlés (échappement) avant de recommencer un cycle.

On appelle cycle la succession des phases suivantes :

Admission, compression, combustion détente, échappement.

### 3. Explication du moteur 4 temps :

#### 1) Admission :



Figure 14: Admission

Le piston en descendant crée une baisse de pression favorisant l'aspiration des gaz.

Souape d'admission ouverte et d'échappement fermée.

#### 2) Compression :



Figure 15 : Compression

Le piston comprime les gaz jusqu'à ce qu'ils n'occupent plus que la chambre de combustion.

Souape d'admission fermée et d'échappement fermée.

#### 3) Explosion- détente :

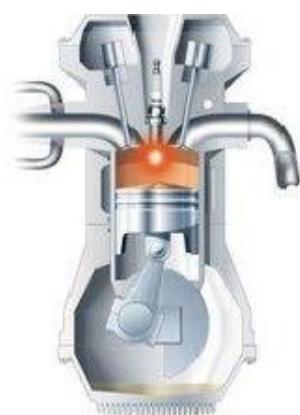


Figure 16 : Explosion- détente

L'étincelle d'une bougie (ou l'injection de gazole comprimé) enflamme le mélange. La chaleur dégagée dilate le gaz qui pousse violement le piston vers le bas.

Souape d'admission fermée et d'échappement fermée.

#### 4) Echappement :



Figure 17 : Echappement

En remontant, le piston chasse les gaz brûlés. Le moteur est à nouveau prêt à effectuer le premier temps.

Souape d'admission fermée et d'échappement ouverte.

Remarque : pour effectuer les 4 temps le vilebrequin effectue 2 tours.

## Chapitre 3:

### Circuit carburant

Support vidéo: <https://youtu.be/HMrTgxPF8IO>

#### 1 Généralité :

Pour pouvoir fonctionner, un moteur thermique de type diesel a besoin d'être alimenté en carburant dont l'explosion permet la transformation de l'énergie chimique en énergie mécanique, donc en mouvement.

Dans un moteur diesel, le circuit de combustible est composé de l'ensemble des éléments qui servent à acheminer le carburant du réservoir du véhicule jusqu'à son moteur.

Le carburant est introduit dans le réservoir du véhicule au moment du plein. Lorsque le moteur est mis en marche, la pompe à carburant aspire ce dernier et le conduit jusqu'au filtre à carburant (FAC) dont le rôle est de retenir les éventuelles impuretés, afin de protéger les composants du moteur.

#### 2 Dosage du mélange :

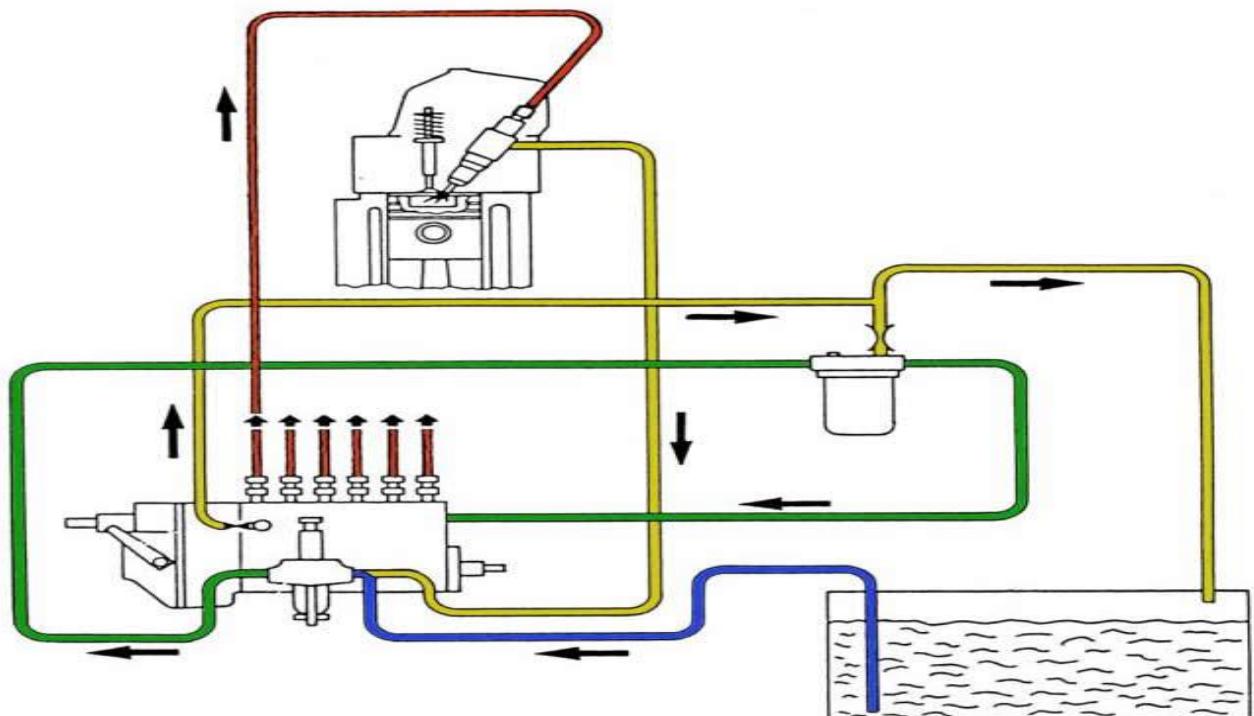
Pour une essence ordinaire, la composition théorique est la suivante : 1g d'essence pour 20g d'air. On admet en pratique un excès d'air afin que la combustion soit complète malgré le défaut d'homogénéité du mélange 1g d'essence pour 20g d'air ou 1 cm<sup>3</sup> d'essence brûle dans 11 litres d'air.

Mélange riche : la quantité d'air admis est insuffisante ou il y a excès d'essence. Le rapport essence/air est supérieur à 1/20. le mélange brûle mal.

Mélange pauvre : il y a excès d'air ou manque d'essence. Le rapport essence/air est inférieur à 1/20. La combustion est mauvaise. La puissance du moteur diminue.

### 3- Système d'alimentation en carburant :

Les principales composantes sont:: le réservoir, la pompe nourrice, filtre, pompe a combustible, injecteur.



<span style="background-color: blue; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Aspiration : pression inférieure à la pression atmosphérique	<span style="background-color: green; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Pression de transfert : 3 à 5 bars
<span style="background-color: red; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Haute pression : 120 à 400 bars	<span style="background-color: yellow; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span>	Retour de fuite : pression atmosphérique

Figure 27- Système d'alimentation en carburant

#### 3.1 - Le réservoir

Emmagasine le carburant nécessaire à la marche du véhicule moteur. La capacité du réservoir est fonction de la puissance du moteur,

#### 3.2 - Les filtre



### 1. Filtre à carburant amovible

Les filtres à carburant rotatifs ressemblent aux filtres à huile car ils ont la même conception. Ils ont un boîtier et un élément filtrant remplaçable. Ces filtres sont couramment utilisés dans les moteurs diesel car ils filtrent l'eau et d'autres substances nocives susceptibles d'endommager la pompe d'injection de carburant du moteur.



### 2. Filtre à carburant à cartouche

Les filtres à carburant à cartouche sont similaires aux filtres à carburant à visser. Cependant, l'élément filtrant n'a pas de boîtier, mais est enfermé dans un boîtier en plastique ou en métal. Le boîtier est généralement situé dans le compartiment moteur et peut être facilement remplacé en cas de besoin.



### 3. Filtre à carburant à maille métallique

Les filtres à carburant à mailles métalliques ne sont pas aussi courants que les autres types de filtres à carburant. Ils filtrent les grosses particules telles que la saleté, la rouille et les débris qui pénètrent dans le système de carburant et les empêchent d'obstruer les conduites de carburant.



### 4. Prefiltre

Le préfiltre, par exemple, a pour fonction de séparer l'eau du carburant et d'éliminer les résidus qui y sont présents, les empêchant d'être aspirés vers le moteur et provoquant des problèmes d'oxydation, de corrosion et de cavitation dans les cylindres.



### **3.3 - La pompe d'alimentation :**

La pompe d'alimentation, placée entre le réservoir et le filtre à carburant, aspire le carburant du réservoir sous faible pression pour le refouler vers la pompe d'injection.

Le débit de la pompe d'alimentation est supérieur au besoin du moteur. Cette pompe peut comporter un dispositif d'amorçage pour remplir et purger le circuit.

La pompe d'alimentation peut être :

Électrique, à membrane, à piston, à engrenages

à palettes, cette dernière étant incorporée dans les pompes d'injection

### **3.4- Pompe à combustible :**

Le rôle de la pompe à combustible est d'assurer :

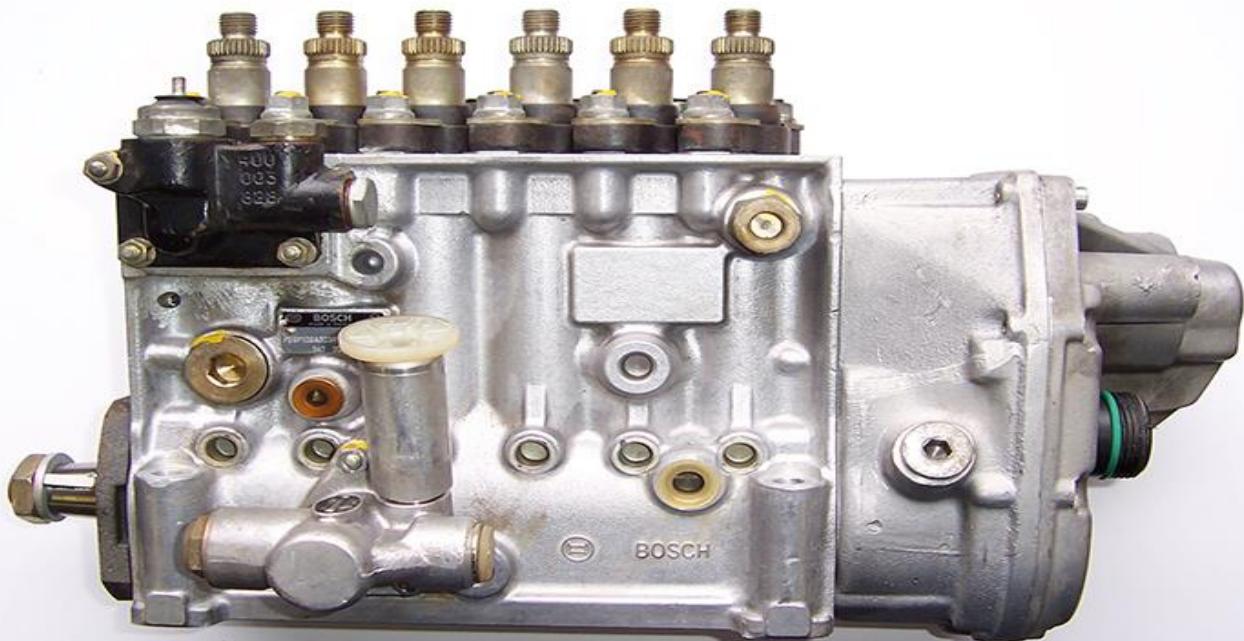
- Le refoulement du combustible à une pression élevée pour obtenir une bonne pulvérisation au niveau de l'injecteur
- Le dosage du combustible pour permettre la variation de puissance du moteur et l'égalisation des quantités de combustible injecté dans les différents cylindres
- L'injection du combustible au moment voulu (régulation de l'injection)

On rencontre en général sur les moteurs Diesels deux types de pompe :

- **La pompe en ligne: à plusieurs pistons**
- **La pompe rotative: un seul piston**

Il existe d'autres système d'injection tel que les systèmes à injection haute pression (Rampe commune) ou injecteur pompe.

## Pompe d'jection



Support vidéo cours Principe de fonctionnement pompe a combustible en ligne:

<https://www.youtube.com/watch?v=237LI4MgsSU>

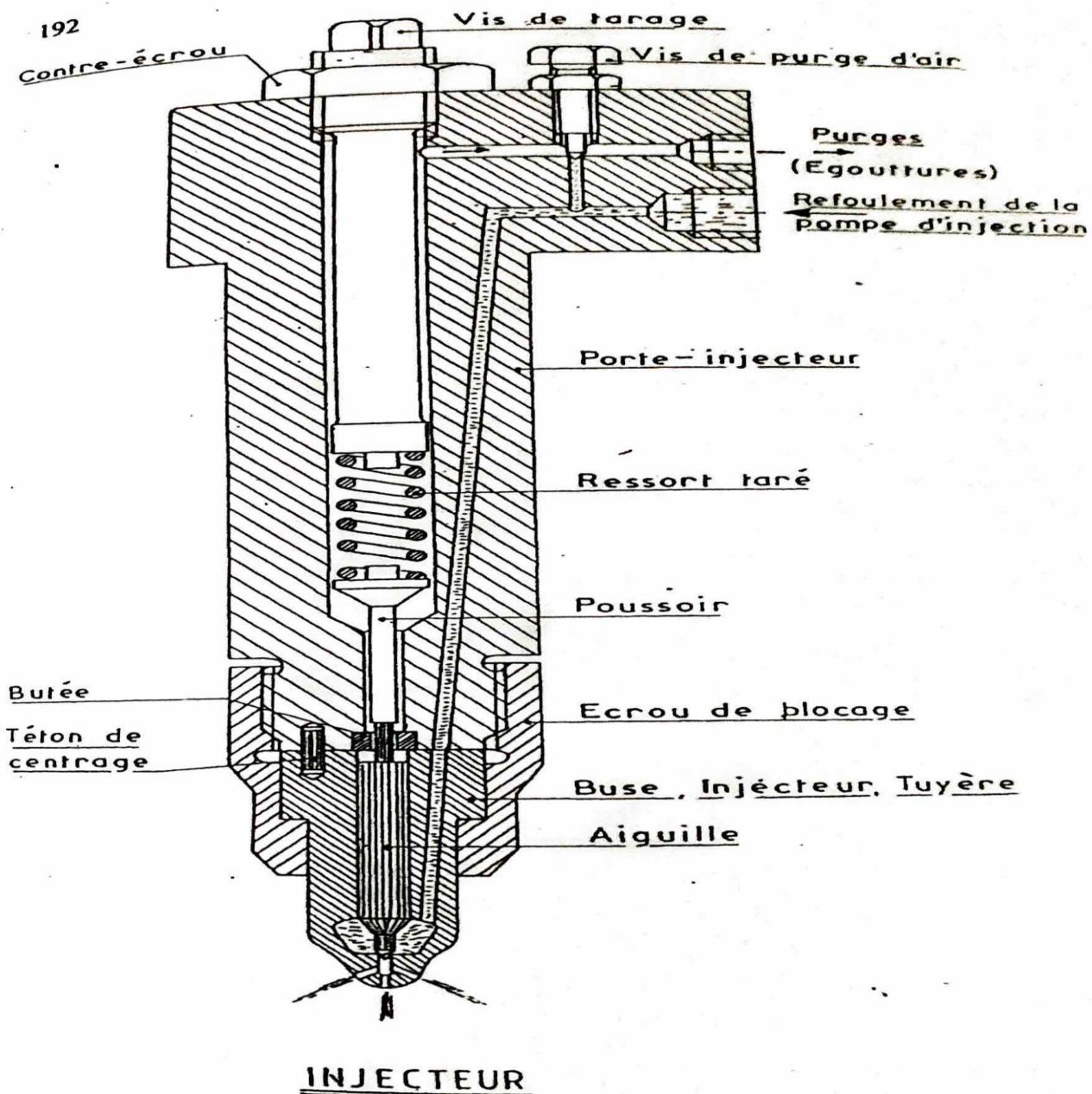
Vue interne des pistons ponceurs

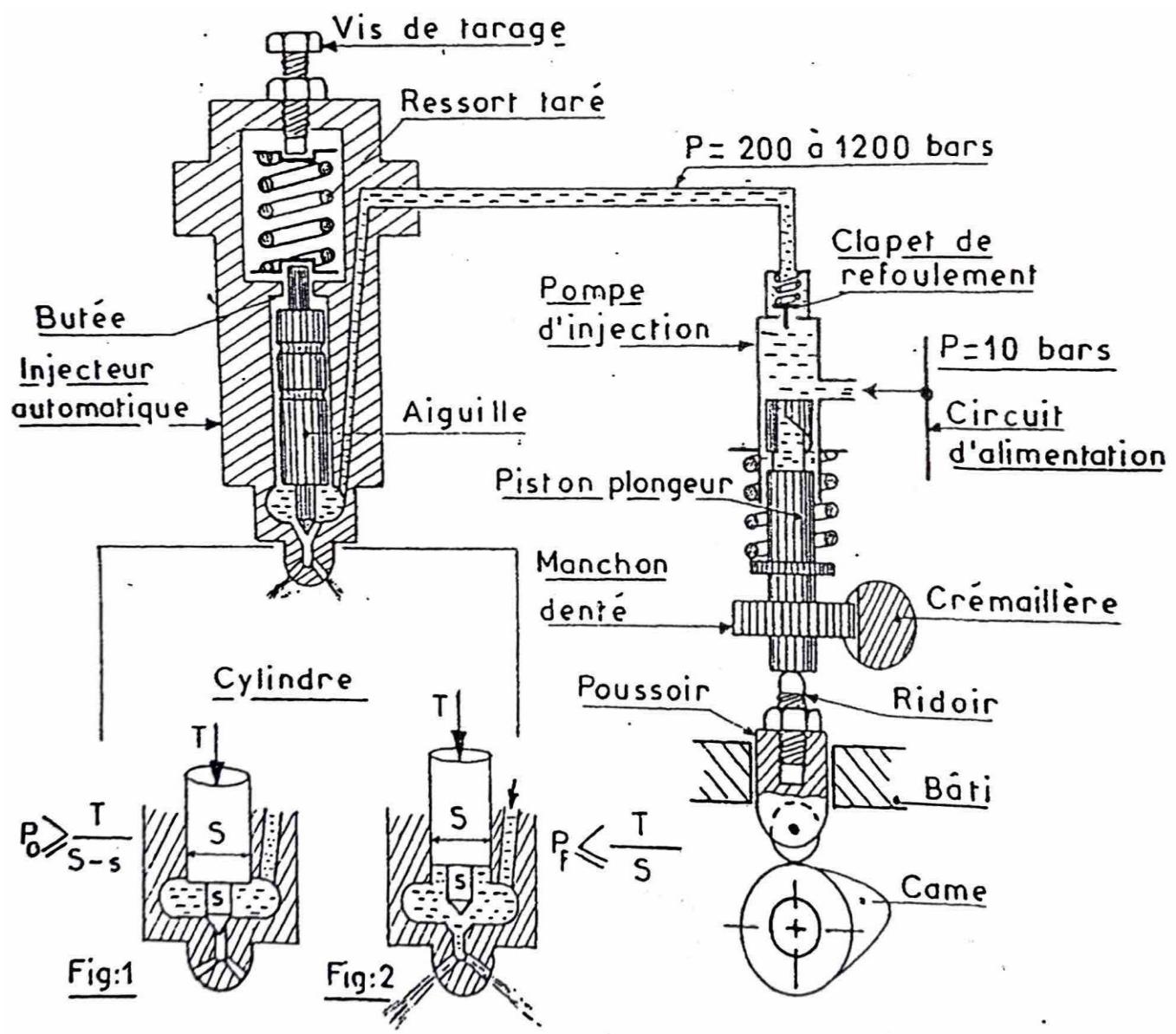
<https://www.youtube.com/watch?v=EqiF-KC7meU>

## 7. Les injecteurs :

L'injecteur introduit le gazole dans la chambre de combustion du moteur.

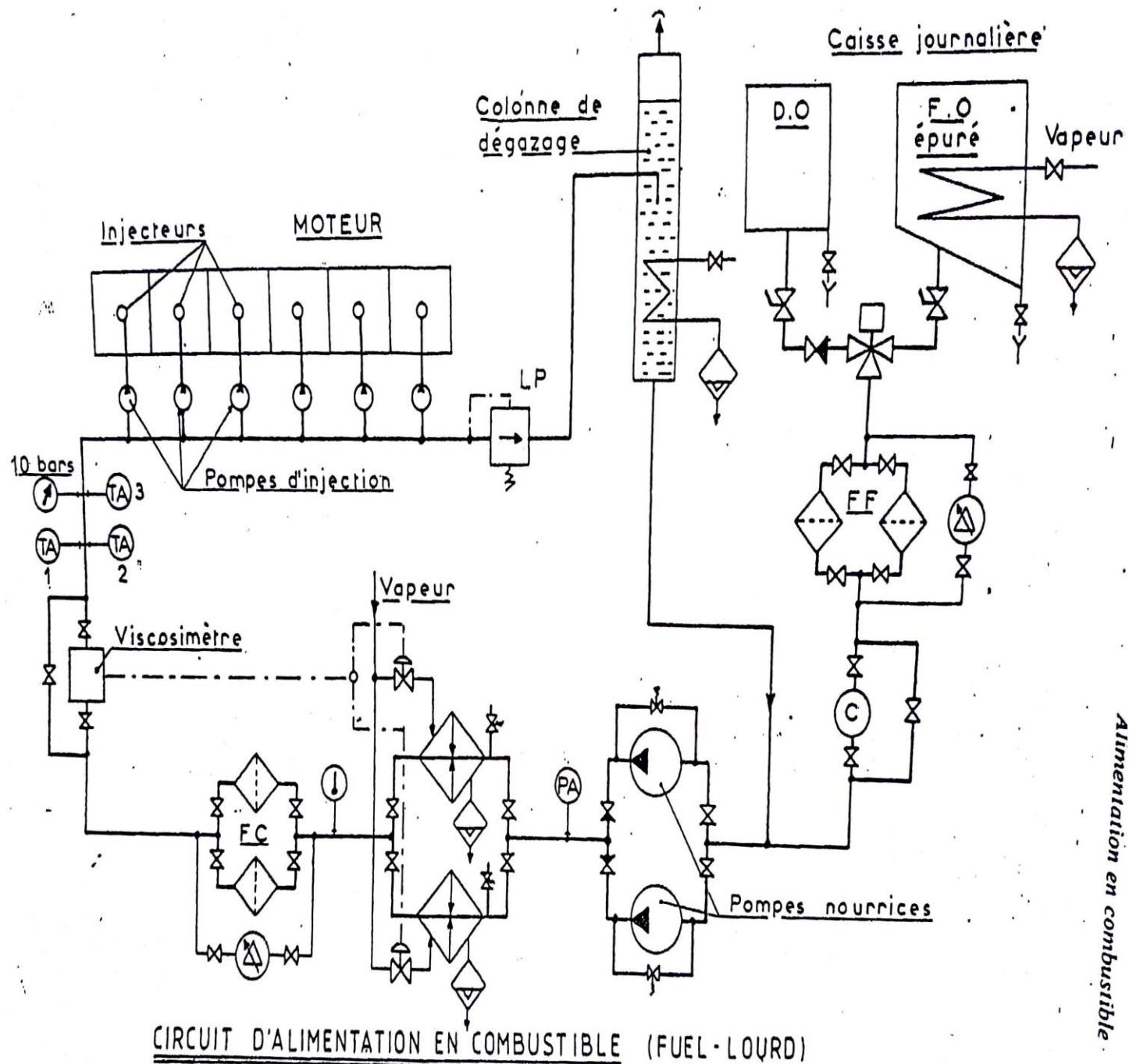
Il est commandé par la pression du gazole engendrée par la course utile du piston de la pompe à injection.





PRINCIPE DE L'INJECTION MECANIQUE AUTOMATIQUE

Exple Circuit combustible d'un navire



**1. Généralité:**

Un moteur est constitué d'un ou plusieurs cylindres dans lesquels circulent les pistons reliés au vilebrequin par les bielles.

Dans ces cylindres, on introduit un mélange gazeux composé d'air et de carburant, dont on désire extraire le maximum d'énergie mécanique utile.

Jusqu'à ce jour, la meilleure méthode consiste à faire subir, à la masse de gaz chargée dans le cylindre, le cycle à 4 temps qui se déroule pendant deux tours de vilebrequin.

**2. le rôle de la distribution :**

- Commander l'ouverture et la fermeture des soupapes,
- Imposer l'instant de l'ouverture, l'amplitude et la durée du mouvement des soupapes.
- Cela permet la distribution des gaz dans le moteur.
- La distribution conditionne le bon déroulement du cycle 4 temps.
- Les caractéristiques de la distribution conditionnent le bon rendement du moteur.

**3. le principe de fonctionnement:**

L'ouverture et la fermeture des cylindres sont réalisées par les soupapes.

L'ouverture est possible grâce à des cames, la fermeture est assurée par des ressorts.

La transmission du mouvement de l'arbre à cames aux soupapes est assurée par des poussoirs. Elle peut comprendre également des tiges de culbuteurs et des culbuteurs.

La synchronisation avec le vilebrequin est réalisée par des pignons reliés entre eux par un système indérégliable (ex. chaîne, courroie...).

**4. Les principaux organes de la distribution:****1. Arbre à came**

⇒ Il est couplé mécaniquement au vilebrequin : pignon - courroie crantée

- ☞ L'arbre à cames (AAC) est une pièce d'acier ou de fonte, qui effectue un tour pour deux tours de vilebrequin. Il porte autant de cames qu'il y a de pousoirs ou, dans le cas d'arbre à cames en tête, qu'il y a de soupapes
- ☞ Il est évident qu'à chaque position du piston dans son cylindre doit correspondre une position bien définie des cames de l'AAC. C'est seulement ainsi qu'on peut obtenir l'ouverture et la fermeture des soupapes aux moments précis prévus par le constructeur

#### 4.2. Les soupapes:

Les soupapes sont les organes qui régissent l'entrée et la sortie des gaz dans la chambre de combustion.

Le diamètre de leur tête doit être important. Cette dimension est limitée par la place libre dans la chambre de combustion, le poids de la soupape qui doit rester minimal, et par sa résistance mécanique aux chocs et aux déformations.

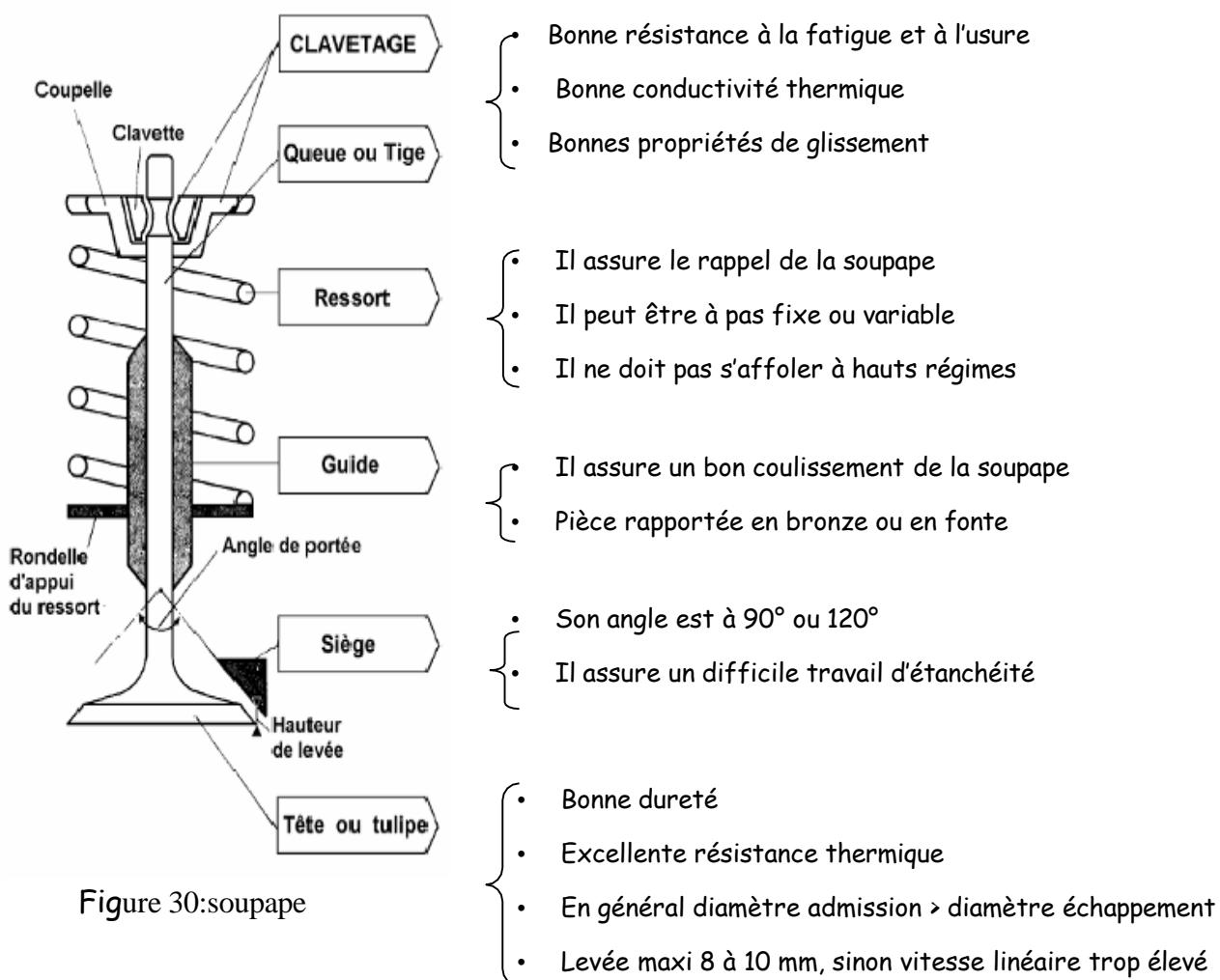


Figure 30:souape

#### 4.3. Les pousoirs :

Il est nécessaire de disposer un pousoir entre la queue de soupape et la came afin d'obtenir un meilleur contact entre ces deux pièces. On remarque que quand la soupape est fermée il subsiste un petit jeu entre le pousoir et la came (cela provient de l'impossibilité mécanique d'avoir deux contacts parfaitement simultanés: soupape/culasse et soupape/came) (→ pousoirs/butées hydrauliques)



Figure 31: pousoirs

#### 4.4. CAME

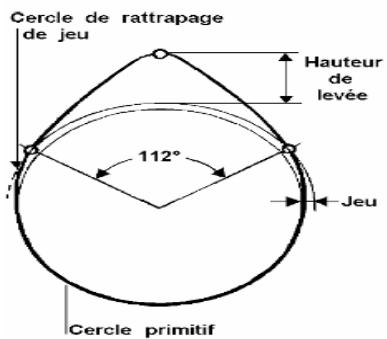
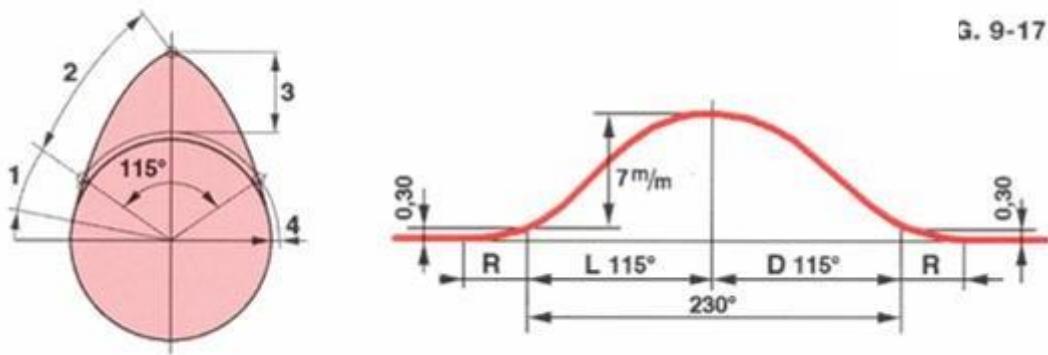


Figure 32: came

Une came est un élément parfois complexe.

Les caractéristiques des cames varient en différents points :

- L'angle de levée et de descente
- La hauteur de levée de came
- L'angle total d'action de la came



## 5. Principe de fonctionnement

### 1. Mode d'entraînement

- ❖ Un cycle complet est égal à 2 tours
- ❖ Pendant ce cycle, chaque soupape ne doit s'ouvrir qu'une seule fois.
- ❖ L'arbre à cames tourne deux fois moins vite que le vilebrequin
- ❖ Le pignon de distribution a un diamètre deux fois supérieur à celui du vilebrequin  
(pour assurer le rapport de réduction de  $\frac{1}{2}$ )

### 5.2. Mode d'entraînement courant:

#### Courroie :

- + Facilité et coût de conception
- Fiabilité et remplacement régulier

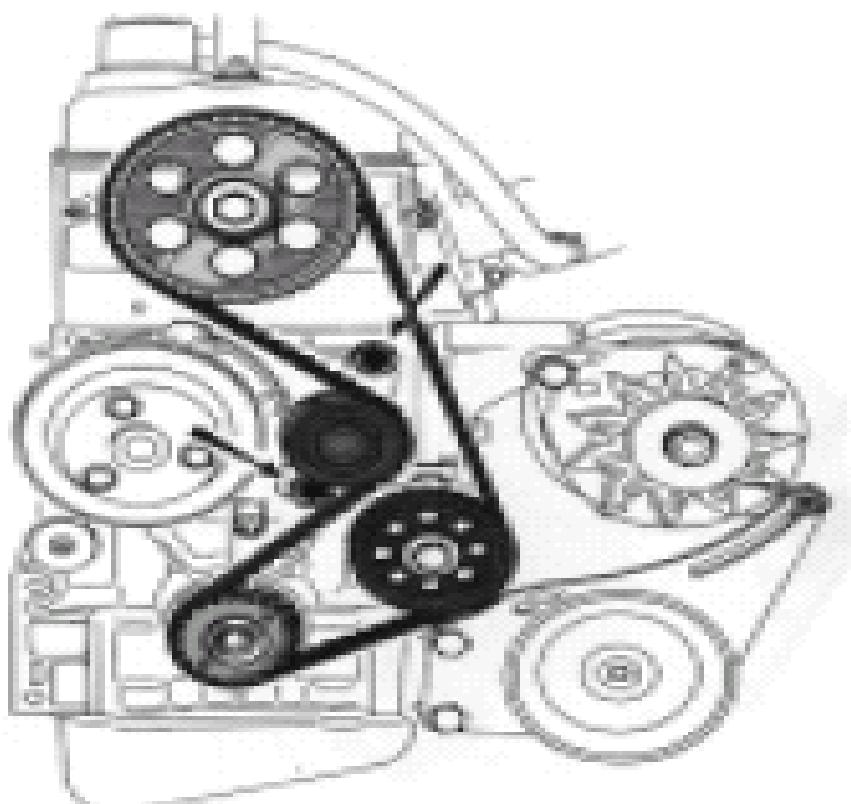


Figure 33: Courroie

### Chaîne :

- + Durée de vie, fiabilité
- Coût et difficulté de conception
- Nécessite une lubrification

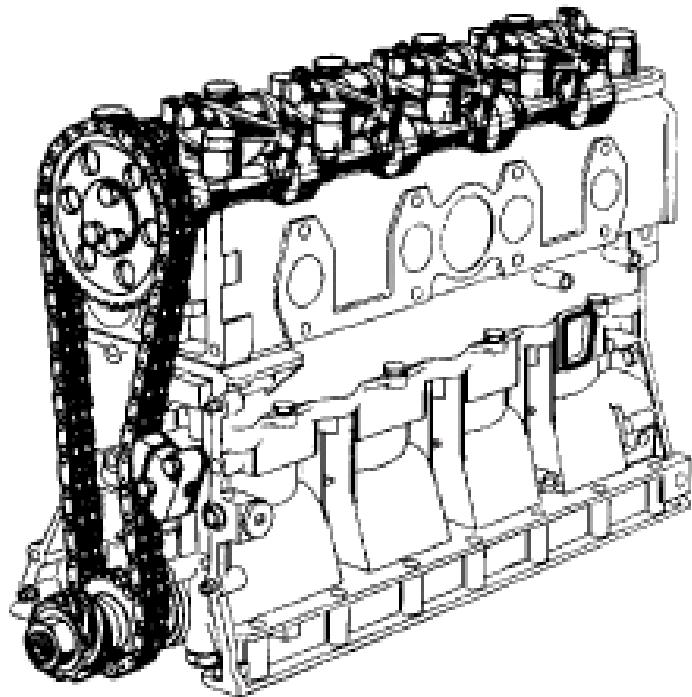


Figure 34: Chaine

Courroie : on voit qu'on peut facilement optimiser son passage en fonction de la place disponible, à condition de mettre des tendeurs

### **5.3. Mode d'entraînement plus rare (tels que les moteurs de course) : Entrainement par cascade de pignons :**

- Utilisé sur les moteurs pointus
- + Robuste
- + Fiable
- Coûteux
- Nécessite une lubrification

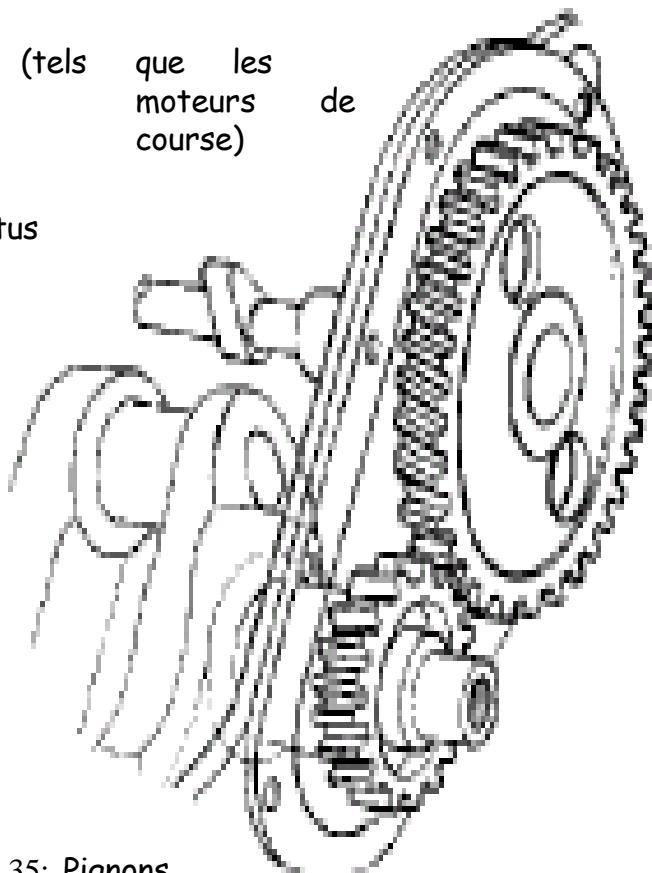


Figure 35: Pignons

### Support vidéo:

<https://www.youtube.com/watch?v=xmhAEJZxBLI>

#### 1) Origine de la chaleur :

La chaleur produite dans un moteur a une double origine :

- Combustion du mélange (environ 2000°C).
- Frottement des organes mobiles du moteur.

#### 2) Conséquences :

Il en résulte une élévation de température qui se traduit par :

- Une dilatation des pièces (diminution des jeux).
- Une modification des propriétés mécaniques.
- Une altération du lubrifiant (grillage de l'huile de graissage).
- Une diminution du taux de remplissage (masse volumique de l'air plus faible).
- Des risques accrus d'auto-allumage.

#### 3) Remèdes :

Il faut évacuer les calories en excès à l'aide d'un système de refroidissement.

Lors de l'inflammation du carburant, la température à l'intérieur du cylindre devient beaucoup plus élevée que le point de fusion de la fonte. Comme la combustion se produit 2 000 fois par minute, voire davantage, le moteur doit être équipé d'un système de refroidissement, afin que le piston ne se dilate pas et ne se soude pas au cylindre. C'est pourquoi on munit les cylindres de chemises dans lesquelles circule de l'eau, dont l'ullition est stoppée grâce à un radiateur.

#### 4) Différents types de refroidissement :

##### ➤ Refroidissement par air :

a) On augmente la surface du bloc moteur et de la culasse en contact avec l'air (exemple: ailettes sur les moteurs de mobylettes). Ce principe est simple et il n'y a pas de risques de gel. De plus, le prix de revient en fabrication est minimum. En contrepartie, on obtient un refroidissement passable du moteur et il devient difficile d'y greffer un chauffage d'habitacle.

b) Refroidissement par air forcé: On améliore le passage de l'air autour du cylindre et de la culasse par une turbine soufflante

##### ➤ Refroidissement par liquide antigel ou liquide de refroidissement:

La capacité calorifique de l'eau est 6 fois plus élevée que celle de l'air. Les parois à refroidir sont au contact du liquide qui absorbe la chaleur et la transporte vers le radiateur.

#### 5) Composition du circuit de refroidissement :

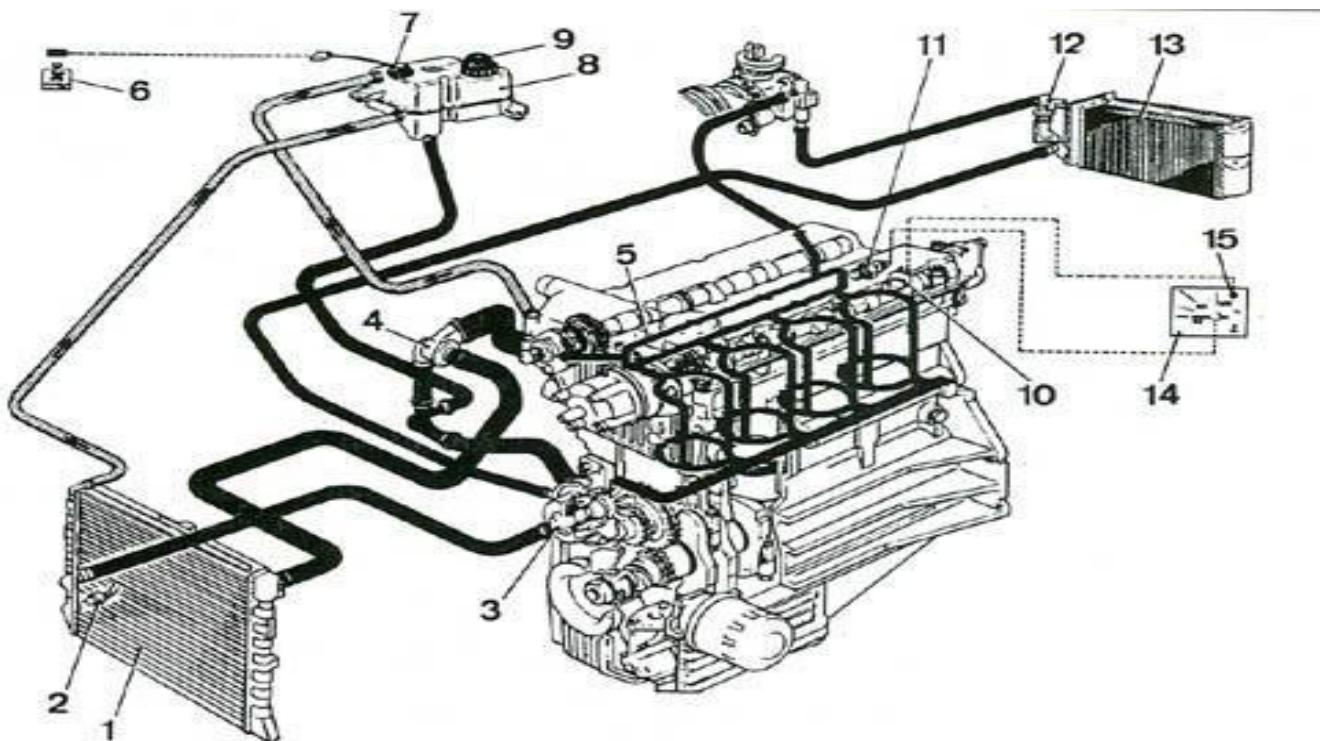


Figure 36 : Circuits de refroidissement

- |   |   |
|---|---|
| 1. Radiateur                              | 10. Sonde de température du liquide de refroidissement                        |
| 2. Sonde du ventilateur électrique        | 11. Sonde pour lampe témoin de température maxi du liquide de refroidissement |
| 3. Pompe à eau                            | 12. Robinet de chauffage  |
| 4. Soupape thermostatique                 | 13. Radiateur de chauffage  |
| 5. Culasse                                | 14. Indicateur de température du liquide de refroidissement                   |
| 6. Lampe témoin de niveau mini du liquide | 15. Lampe témoin de température du liquide de refroidissement.                |
| 7. Jauge à liquide                        |   |
| 8. Réservoir d'expansion                  |   |
| 9. Bouchon du réservoir d'expansion       |   |

➤ **Le radiateur :**

C'est un échangeur air-eau. Le liquide de refroidissement chaud traverse de fines canalisations autour desquelles l'air circule. Le radiateur est aujourd'hui en plastique et aluminium.

➤ **Le circuit intérieur au moteur :**

Le liquide de refroidissement circule dans des alvéoles situées autour des cylindres et dans la culasse. Pour améliorer le dégazage du bloc moteur et de la culasse, aucun noyau de liquide n'est bloqué, il y a toujours un trou à sa partie supérieure.

Ces trous de passage du liquide sont calculés pour assurer la circulation de bas en haut sans freinage. A l'arrière du moteur, ils sont plus grands pour faciliter le refroidissement de cette partie (plus chaude).

➤ **La pompe à eau :**

Elle a pour rôle d'accélérer la circulation du liquide de refroidissement ( 1m/s contre 15cm/s sans pompe) dans le circuit. Généralement, on utilise une pompe centrifuge avec axe de roue excentré afin de permettre une légère circulation du liquide de refroidissement par thermosiphon après l'arrêt du moteur ou en cas de panne.

La pompe est généralement entraînée par la courroie reliant le vilebrequin et l'alternateur.

➤ **Le thermostat :**

Son rôle principal est de réguler la température du moteur en obstruant plus ou moins le circuit de refroidissement au niveau de la sortie moteur, allant vers le radiateur. La température choisie est celle qui facilite la combustion, le graissage, le chauffage et l'abaissement de la pollution. Elle se situe vers 84°C.

Il existe deux sortes de thermostats:

- **Le thermostat simple effet :**

Il autorise plus ou moins, ou interdit complètement le passage du liquide en fonction de sa température. Exemple: début d'ouverture à 83°C et fin d'ouverture à 93°C.

➤ **Le vase d'expansion :**

Le volume d'air du vase d'expansion permet au liquide de refroidissement de se dilater. Comme le circuit est fermé par rapport au milieu extérieur, le liquide en chauffant monte en pression, jusqu'à une valeur d'environ 1,2 bar. Au-delà, le clapet de décharge intégré au bouchon du vase d'expansion libère la surpression anormale. Mettre sous pression le circuit de refroidissement permet d'élever la température d'ébullition du liquide au delà de 100°C (phénomène de Cocotte-Minute).

Le vase d'expansion est généralement situé au dessus du moteur pour mieux dégazer le circuit.

➤ ***La soupape (intégrée au bouchon du vase d'expansion)***

Elle comporte 2 clapets et est située dans le bouchon du vase d'expansion.

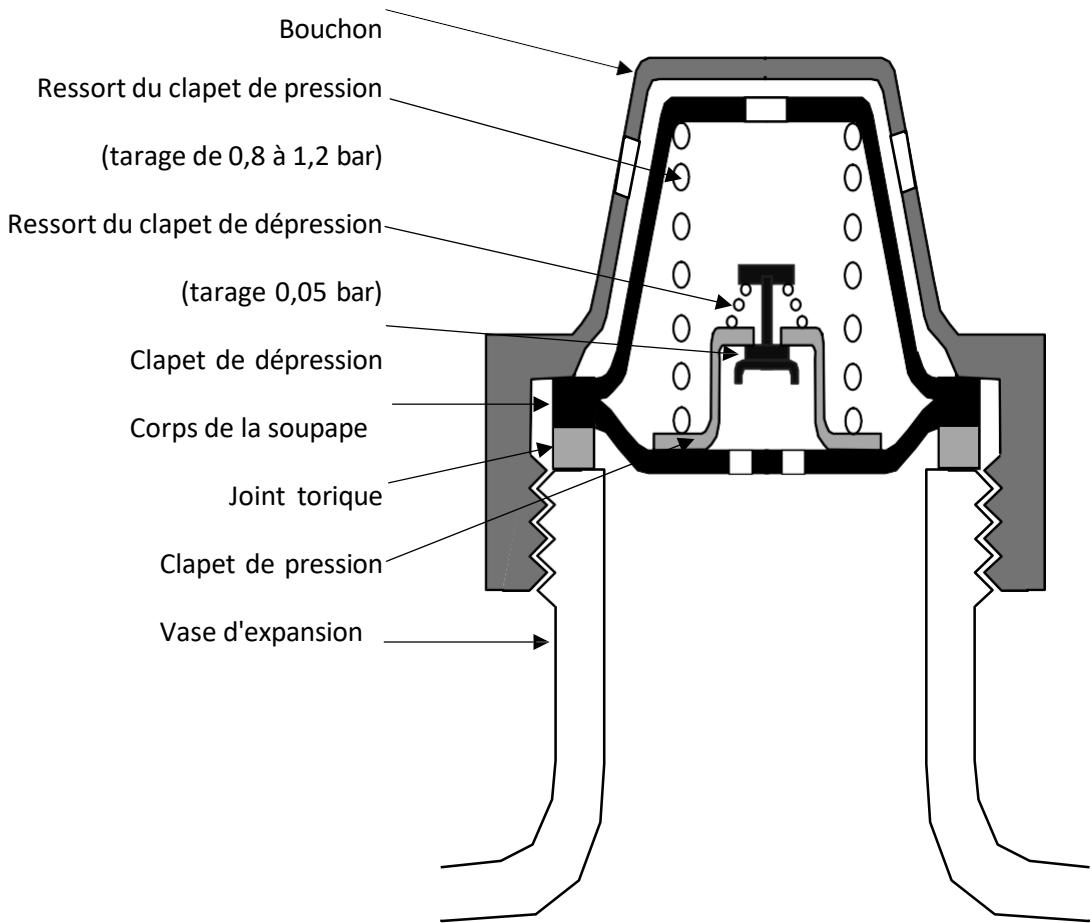


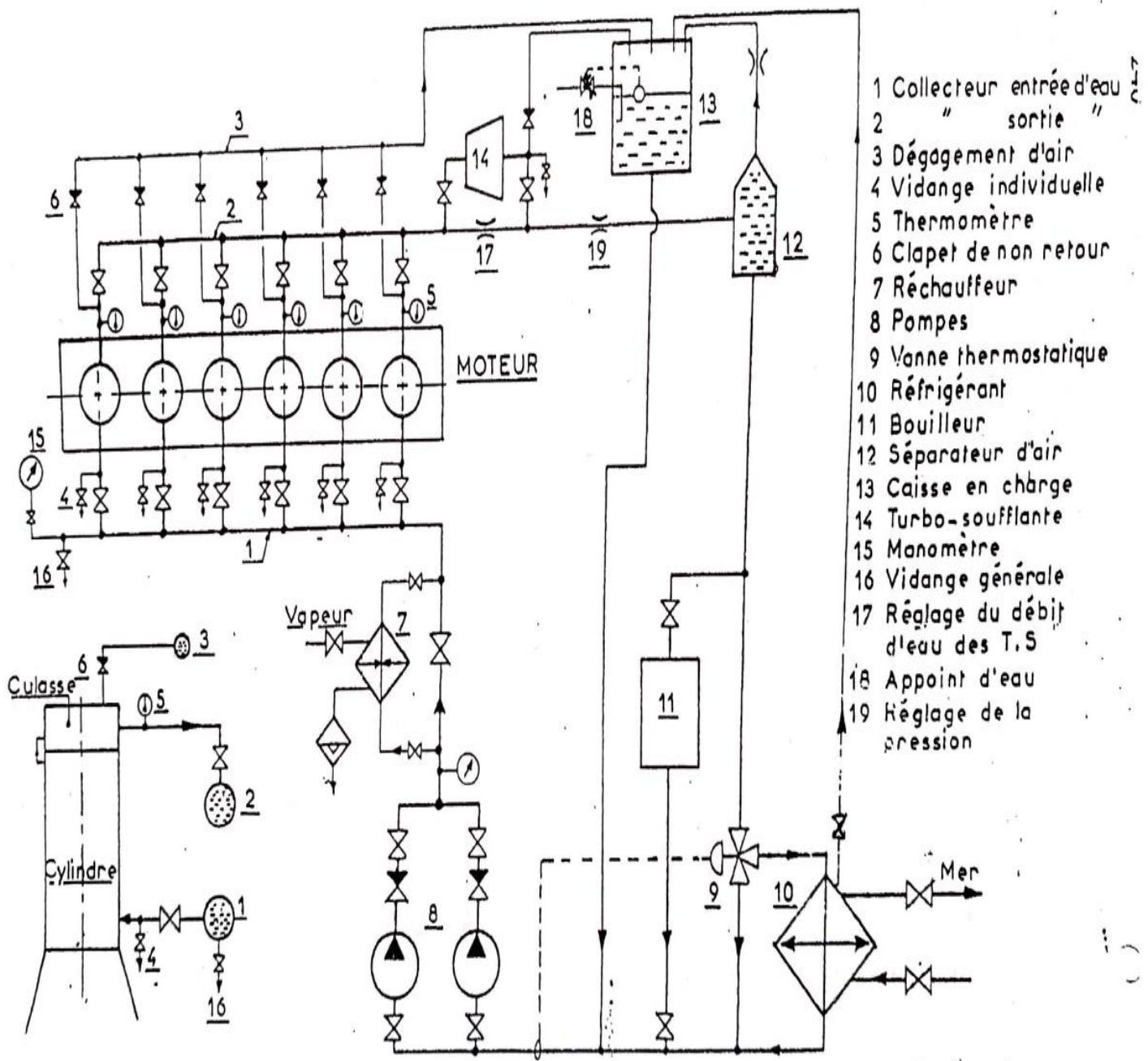
Figure 37 : *La soupape (intégrée au bouchon du vase d'expansion)*

➤ **Les durites:**

Elles sont en caoutchouc toilé, donc beaucoup plus résistantes que les durits d'air. Il faut donc veiller, si l'on doit changer une durite, à ce qu'elle corresponde bien.

**6) Fonctions annexes utilisant le circuit de refroidissement :**

- Au niveau de la culasse, nous avons également un circuit annexe apportant du liquide à l'aérotherme (radiateur de chauffage de l'habitacle).
- Pour les moteurs diesel, il existe des circuits annexes pour refroidir l'huile moteur au niveau du filtre et réchauffer le gasoil au niveau du filtre à gasoil.
- Refroidissement du turbo sur certains moteurs suralimentés (surtout en véhicules industriels).
- Refroidissement de l'air admis par un échangeur eau / air.



### CIRCUIT DE REFRIGERATION DES CYLINDRES

SCHEMA D'UN CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT CYLINDRE D'UN GROS MOTEUR DE PROPULSION

Support vidéo

Etude et entretien du circuit d'eau de refroidissement moteur  
[https://www.youtube.com/watch?v=eG\\_86UHi\\_UM&t=10s](https://www.youtube.com/watch?v=eG_86UHi_UM&t=10s)

## Chapitre 6 :

### Circuit de graissage

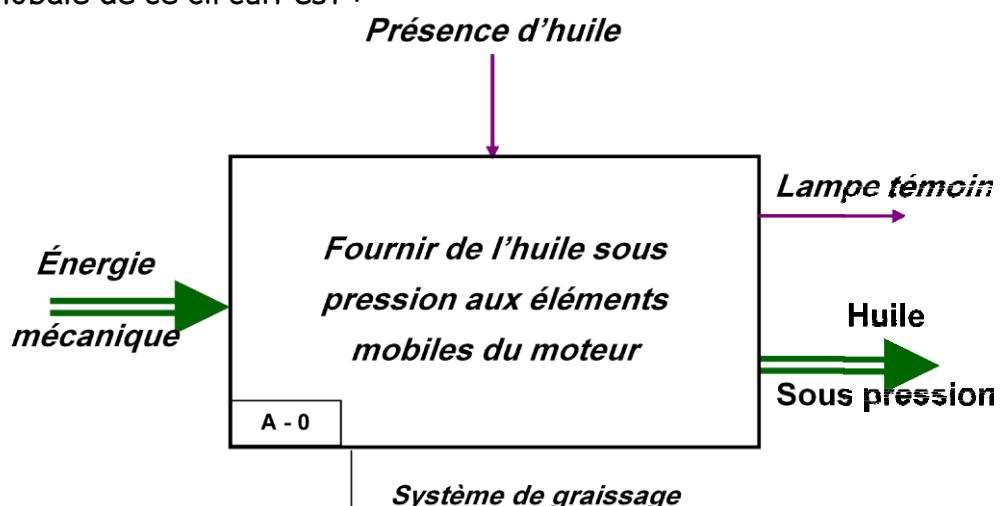
Lien support video: <https://www.youtube.com/watch?v=3ePGB4T8VfI>

#### 1) Introduction :

Avant chaque vol, tout pilote doit jeter un coup d'œil sur la jauge à huile, pour vérifier que le moteur contient la bonne quantité d'huile nécessaire à sa santé.

Mais connaît-il le parcours dans le moteur de ce précieux liquide. Nous allons détailler pas à pas la migration de cette huile à travers le moteur.

La fonction globale de ce circuit est :



#### 2) Schéma du circuit :

Voyons d'abord le schéma d'ensemble du circuit

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| ■ 1 Carter.                  | ■ 6 Rampe d'huile principale.                               |
| ■ 2 Tube d'aspiration.       | ■ 7 Retour de l'huile du clapet de décharge vers le carter. |
| ■ 3 Tubulure vers le filtre. | ■ 8 Pompe à huile.  |
| ■ 4 Cuve du filtre.          | ■ 9 Crête d'aspiration.                                     |
| ■ 5 Filtre à huile.          | ■ 10 Clapet de sécurité filtre bouché.                      |

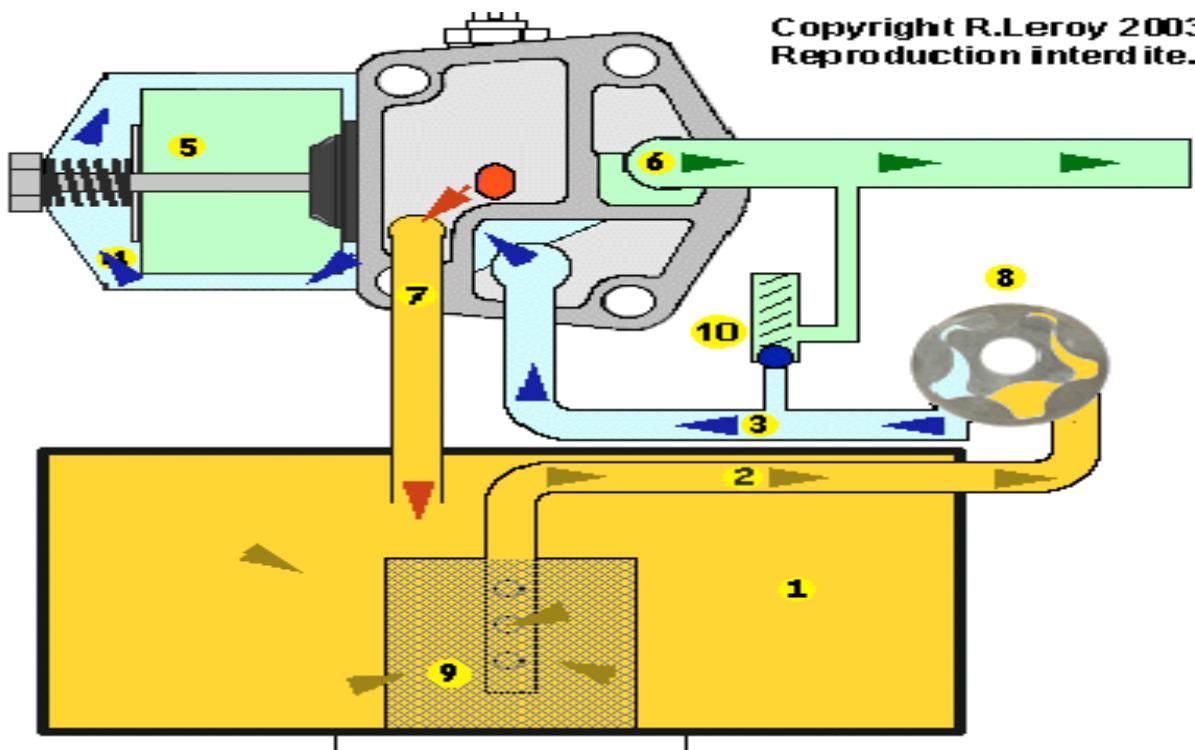


Figure 38 : Circuit de graissage

### 3) Fonctionnement:

L'huile est contenue dans le carter en partie basse du moteur. Elle est puisée par une pompe à engrenages qui la distribue vers les parties à lubrifier via un certain nombre d'accessoires qui en régulent et contrôlent, la pression, la température et la pollution en particules métalliques.

Nous allons passer en revue les différentes opérations de traitement de l'huile, puis les différents postes de lubrification avant le retour vers le carter.

### 4) Traitement de l'huile :

**4-1) Pression :** La mise en pression est assurée par une pompe constituée de 2 engrenages et située à l'arrière du moteur. La pression obtenue est de l'ordre de 5 à 6 bars, et contrôlée par un clapet de décharge comprenant une bille maintenue en pression par un ressort dont on peut contrôler l'action au moyen d'une vis



Figure 40: pompe à huile

Le contrôle de la pression s'effectue en aval du traitement au moyen d'un capteur de pression déporté et d'un indicateur à aiguille. Le capteur comporte aussi un contact qui allume un voyant lorsque le moteur est à l'arrêt. Ce voyant doit s'éteindre dès la mise en route du moteur, sinon une anomalie de lubrification est en cours et il faut immédiatement arrêter le moteur.

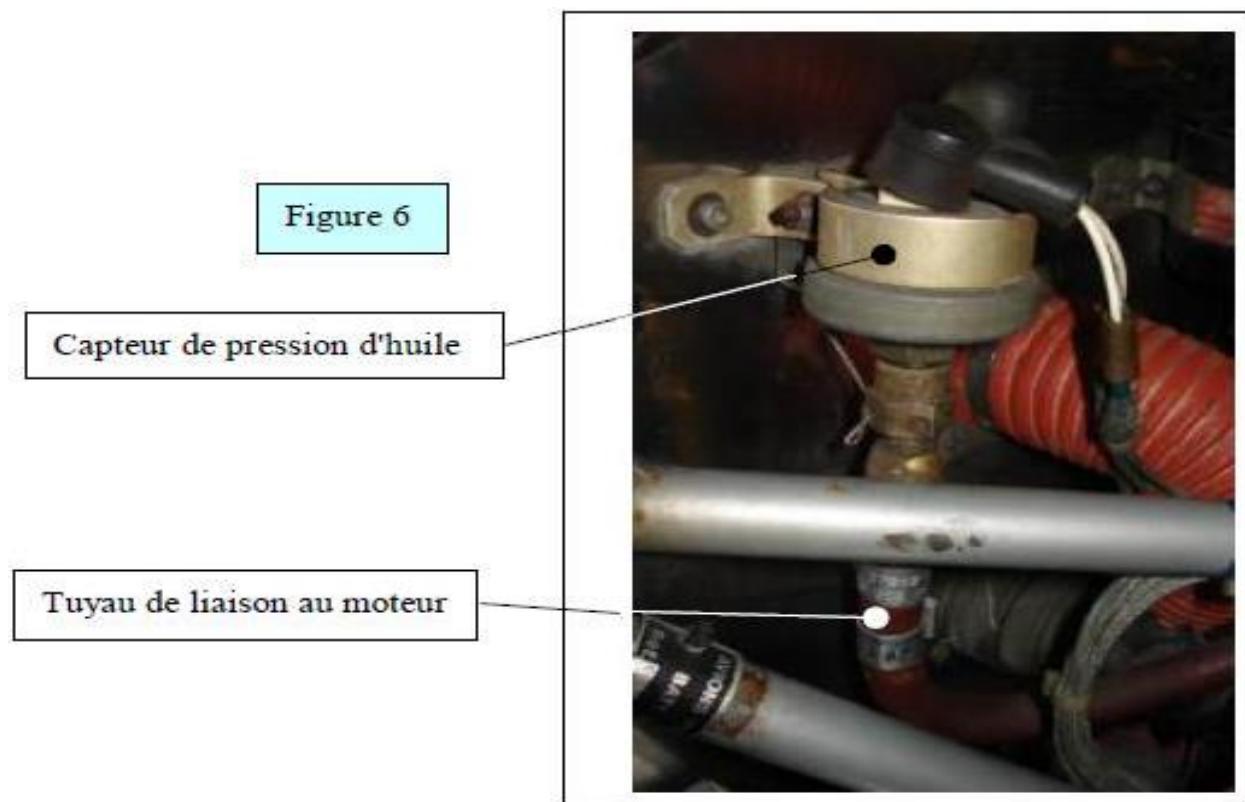


Figure 43: position du capteur de pression

#### 4-2) Filtration :

L'huile du moteur étant recyclée en permanence, et le mouvement relatif des organes du moteur, créant inévitablement de l'usure, donc des particules; on élimine ces particules au moyen d'un filtre. On s'assure ainsi que l'huile recyclée est exempte de particules d'un diamètre supérieur au diamètre des mailles du filtre.

Il existe 2 types de filtres sur les moteurs, nous avons:

- les filtres externes au moteur constitués d'un carter contenant des cartouches jetables et raccordées au moteur par des tuyaux caoutchouc renforcés et souples.
- les filtres intégrés au moteur qui comportent un carter qui se visse sur le moteur et qui contient un filtre écran métallique cylindrique. Ces filtres sont nettoyables, et permettent de visualiser la quantité et la taille des particules contenues, lors des visites périodiques.



Les photos suivantes montrent le carter et son filtre démonté.

Figure 8



Figure 9



Filtre métallique

Figure 44 : le carter et son filtre démonté

#### 4-3) La température :

La principale fonction de l'huile est de lubrifier les organes en mouvement.

Une autre fonction est d'extraire une partie de la chaleur provoquée par la combustion.

Dans ce but on intercale dans le circuit, un radiateur à ailettes échangeant cette chaleur avec l'air de refroidissement. Le radiateur est en général déporté du moteur et l'huile est amenée chaude et retournée au moteur après refroidissement par 2 tuyaux souples en caoutchouc armé résistant à la pression.

Lors de la mise en route du moteur, l'huile est d'abord froide et visqueuse, pour accélérer sa montée en température (surtout en hiver) et activer sa circulation, on court-circuite provisoirement le radiateur au moyen d'un by-pass thermostatique.

Ce thermostat est logé dans le carter du filtre à huile et comporte un élément souple qui se dilate sous l'effet de la température et vient obstruer le court-circuit, obligeant ainsi l'huile chaude à passer dans le radiateur.

On peut vérifier le bon fonctionnement du thermostat, en mesurant la longueur totale à température ambiante L, et en plongeant ensuite le thermostat dans l'eau bouillante (100°), la différence de longueur est de l'ordre de 5 mm.

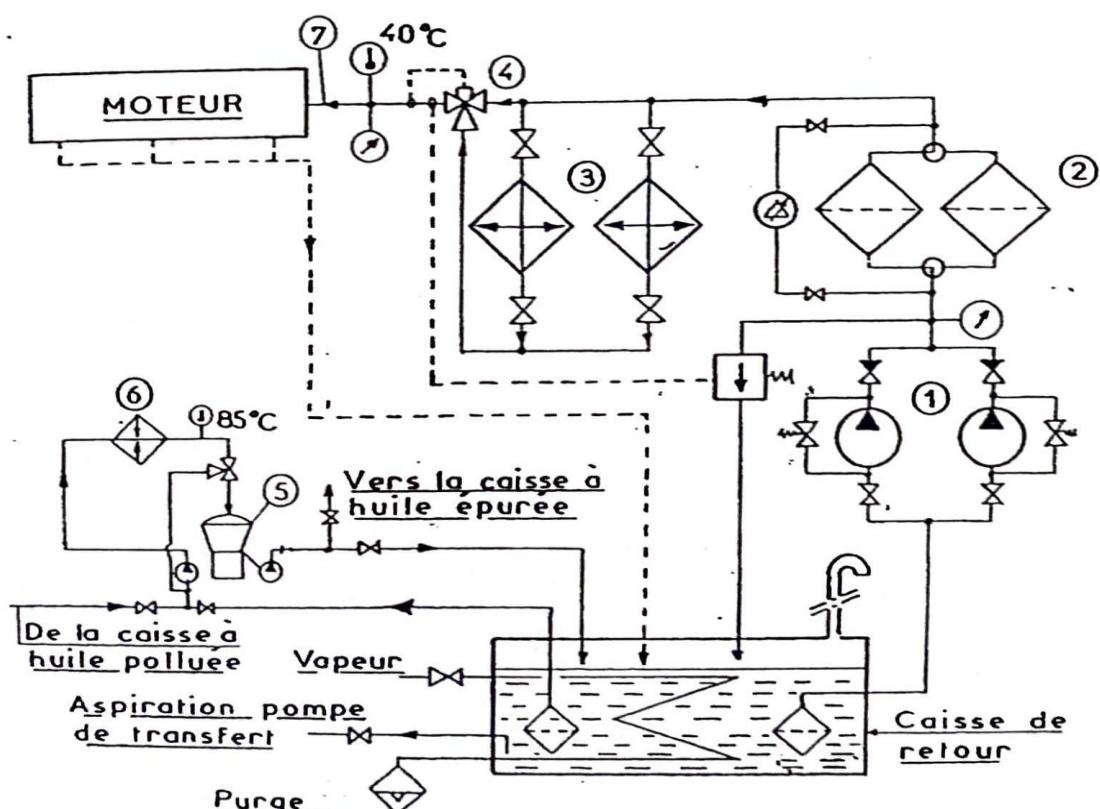
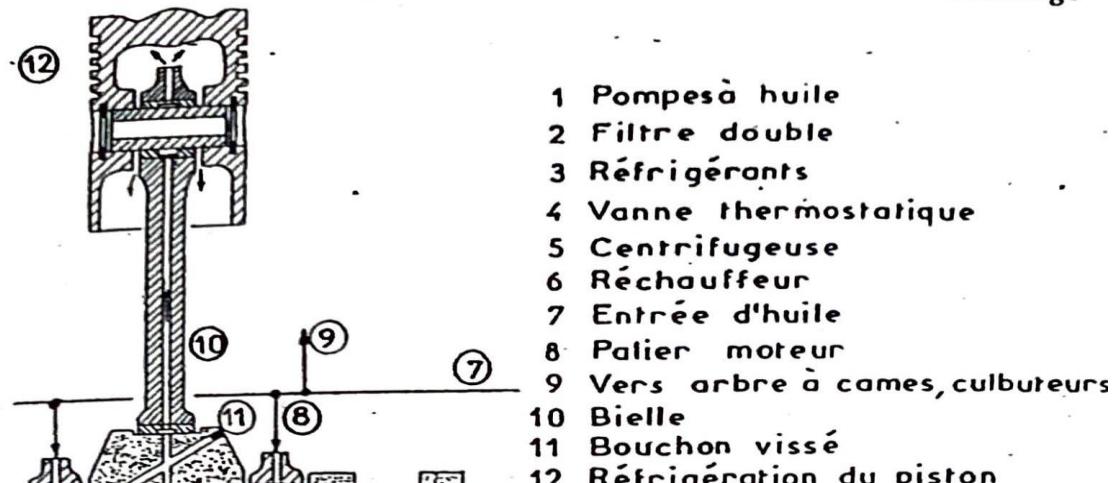
Contrôle de température : En général, la sonde de température se situe dans le carter du filtre à huile, et est reliée à l'indicateur de température d'huile

## 5) Circuit de lubrification:

Après tout ces traitements, l'huile est dirigée par des canaux internes vers les différents points à lubrifier. La lubrification s'opère soit par arrivée directe du canal sur la pièce en mouvement (ex: palier de bielle) ou par projection d'huile sur les surfaces à lubrifier (ex : partie inférieure des cylindres pour lubrifier les pistons. )

268

*Graissage*



CIRCUIT DE GRAISSAGE et de REFRIGERATION des PISTONS  
(Moteur 4 temps)

## Chapitre 7 :

# Démarreur Electrique

## 1 - SITUATION PROBLEME

Les moteurs thermiques, pour démarrer demandent à être entraînés à une vitesse de rotation suffisante :

- moteur à essence, 250 tr/min
- moteur Diesel, 350tr/min.

Cette vitesse est nécessaire pour permettre :

- Une pression de compression suffisante ( $T^\circ$  auto-inflammation du gazole).

## 2 - CONDITIONS A REMPLIR PAR LE CIRCUIT DE DEMARRAGE

- Fournir un couple supérieur au couple résistant offert par le moteur

Le couple résistant dépend de : Force d'adhérence des pièces en mouvement (moteur et boite).

- Inertie des pièces à mettre en mouvement.
- Action des temps résistants (compression fonction du rapport volumétrique)

## 3 - ROLE :

Permettre, lorsque le contact est mis de lancer le moteur à combustion interne du véhicule. En effet ce moteur ne peut démarrer seul.

## 4- COMPOSANTES :

### LE MOTEUR ELECTRIQUE :

- Doit pouvoir vaincre les résistances aux frottements (viscosité de l'huile), les compressions et l'inertie de l'attelage mobile du moteur du véhicule et lui permettre d'atteindre sa vitesse de lancement.

IL DOIT ÊTRE CAPABLE DE FOURNIR UN COUPLE TRÈS IMPORTANT.

### LE SOLÉNOÏDE OU RELAIS :

- C'est un électro-aimant qui assure la commande du lanceur (fonction mécanique) et la mise sous tension du moteur électrique (fonction électrique).

### LE LANCEUR :

- Il assure ou non la liaison entre le moteur électrique et la couronne du moteur du véhicule.

### LA FOURCHETTE :

- Elle rend solidaire le solénoïde et le lanceur.

### - DESCRIPTION

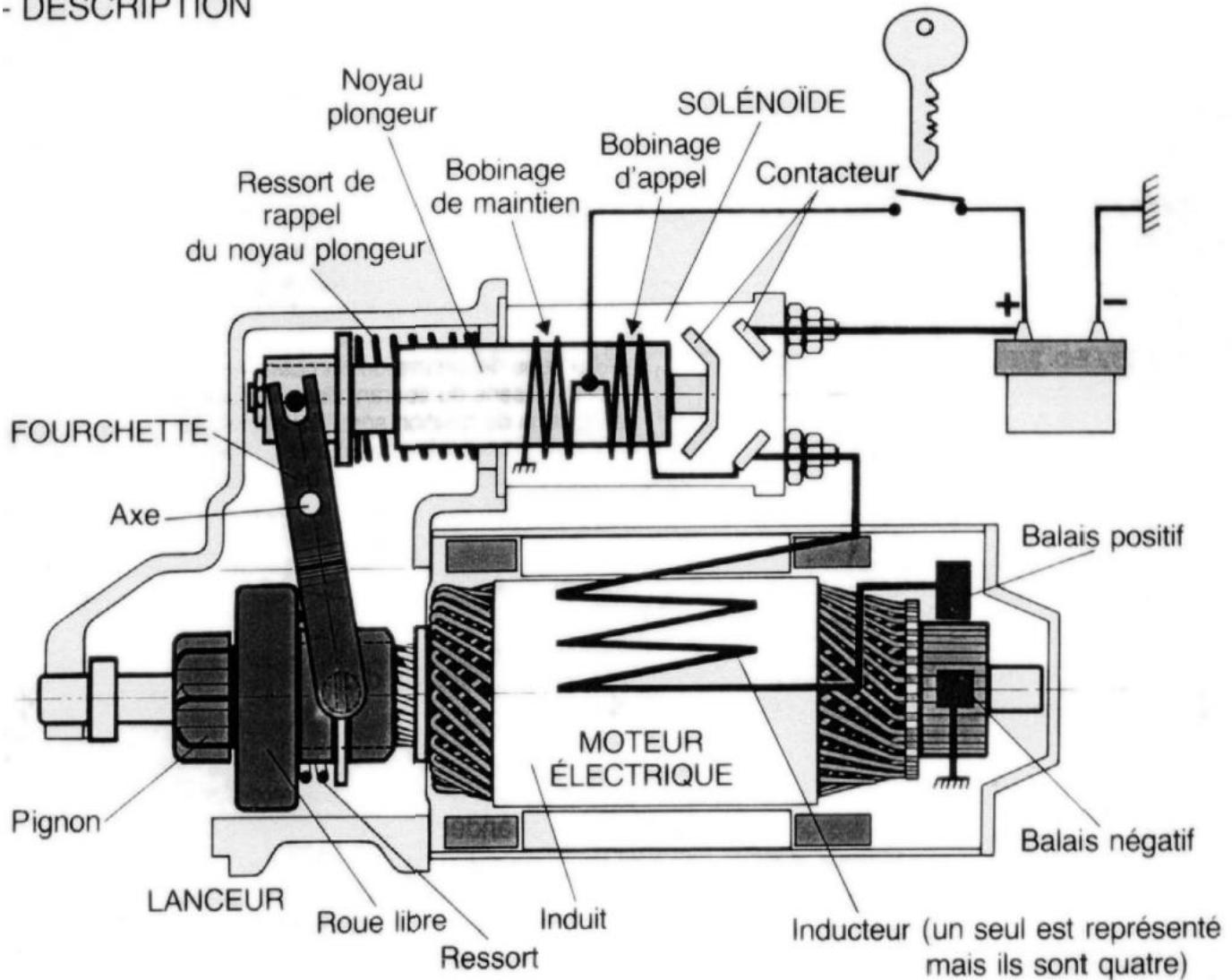


Figure 45:vue d'un démarreur

## 5 FONCTIONNEMENT :

## 1. CLÉ DE CONTACT EN POSITION «DÉMARRAGE»

Les 2 bobinages du solénoïde sont alimentés:

- L'enroulement d'appel (1) est à la masse à travers les inducteurs, l'induit et le balai de masse.
  - L'enroulement de maintien (2) est directement à la masse.

Le noyau plongeur (3) se déplace vers la droite :

- Il entraîne le lanceur (5) grâce à la fourchette (4).
  - Il ferme l'interrupteur (6) d'alimentation du moteur électrique.

A la fermeture de l'interrupteur (6) le courant de la batterie alimente directement le démarreur

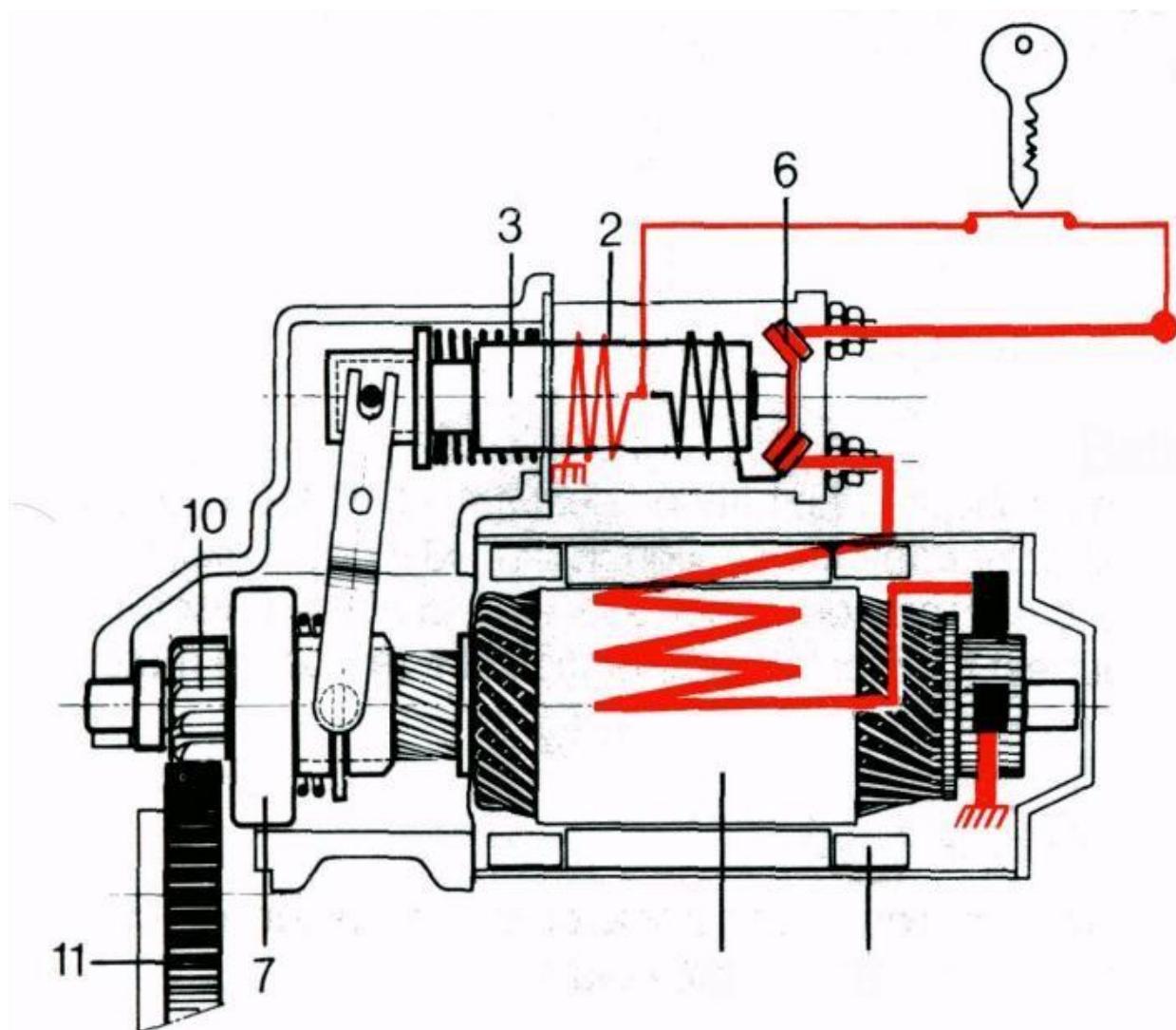


Figure 46:Position de démarrage

### Remarque :

A la mise en contact toute la capacité de la batterie est à la disposition du démarreur car dès la mise sous tension de celui-ci le bobinage d'appel n'a plus d'action. (Ses deux extrémités étant reliées au + batterie sont sans différence de potentiel). L'enroulement (2) assure seul le «maintien du noyau plongeur (3) dans sa position, d'où son nom.

Les 4 inducteurs (8) sont en série avec l'induit (9).

Le pignon (10) entraîne le moteur (11) du véhicule et celui-ci démarre. La roue libre (7) évite l'entraînement du démarreur par le moteur. Sinon, entraîné par le moteur, le démarreur éclaterait.

### 5.2. CLÉ DE CONTACT RELACHE :

A l'instant où la clé est relâchée, le contact (6) est encore fermé : les bobinages (1) et (2) sont alimentés en série, mais leurs flux sont en opposition et s'annulent. Dès lors le ressort (12) ramène le noyau-plongeur en position de repos, le contact 6 s'ouvre et coupe l'alimentation du moteur; enfin la fourchette ramène également le lanceur en position de repos.

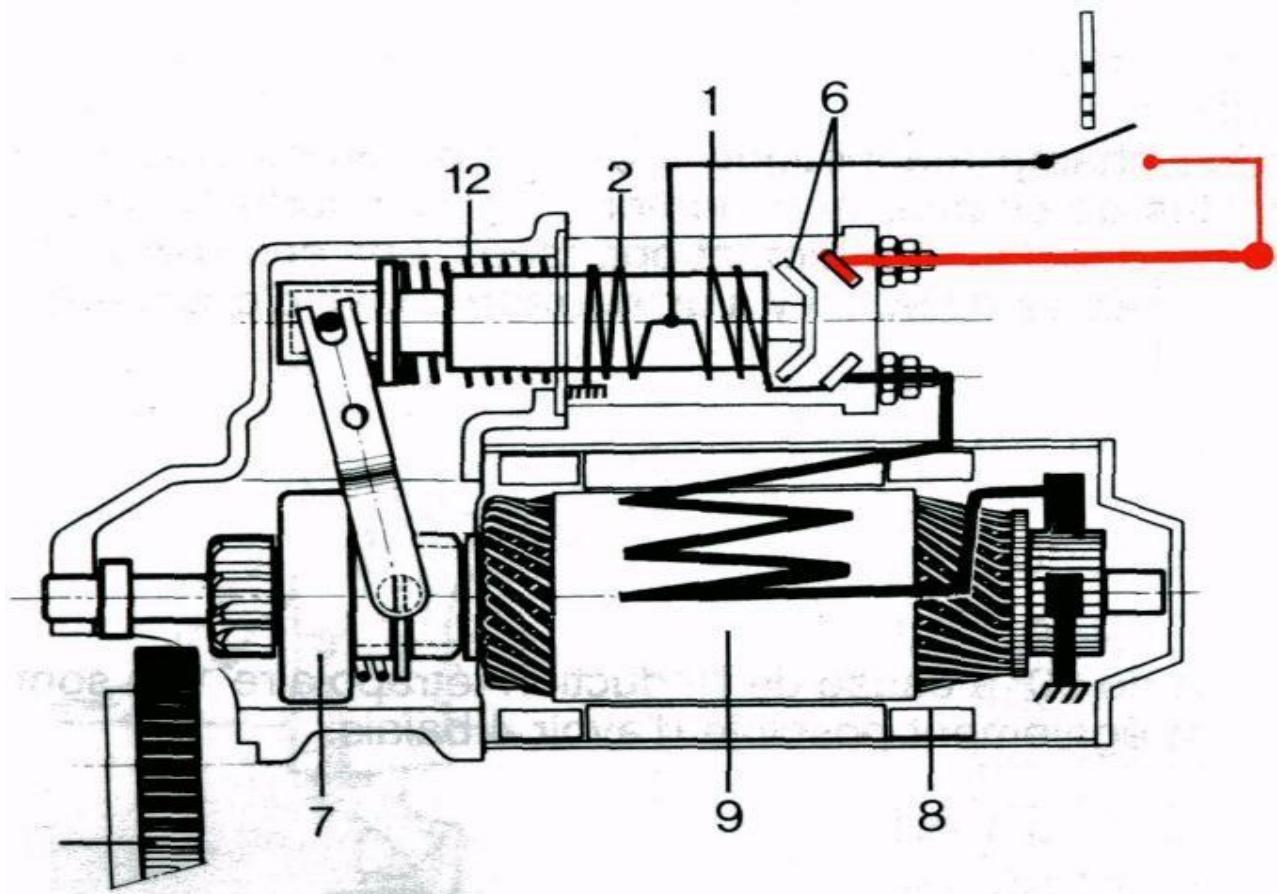


Figure 47: Clé de contact relâché

## Référence Bibliographique :

- 1 Titre : la préparation des moteurs ; auteur : Patrick Michel ; éditeur : E-T-A-I (Auto service).
  - 2 Titre : RTA RENAULT SCENIC II Diesel
  - 3 Titre : cours mécanique automobile, Auteurs ANNDOLSI FOUED & AMDOUNI HATEM ISET NABEUL 2009
  - 4 Titre : Technologie fonctionnel de l'automobile Auteurs HUBERT ET BRUNO.  
5 eme édition
- [5] Support de formation en maintenance et diagnostic automobile

-Les Sites Web :

<http://www.revue-technique-auto.fr/>

<http://www.auto-technique.fr/revue-technique/>