

Le moteur thermique

1) Fonction globale :

➤ Analyse fonctionnelle :

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

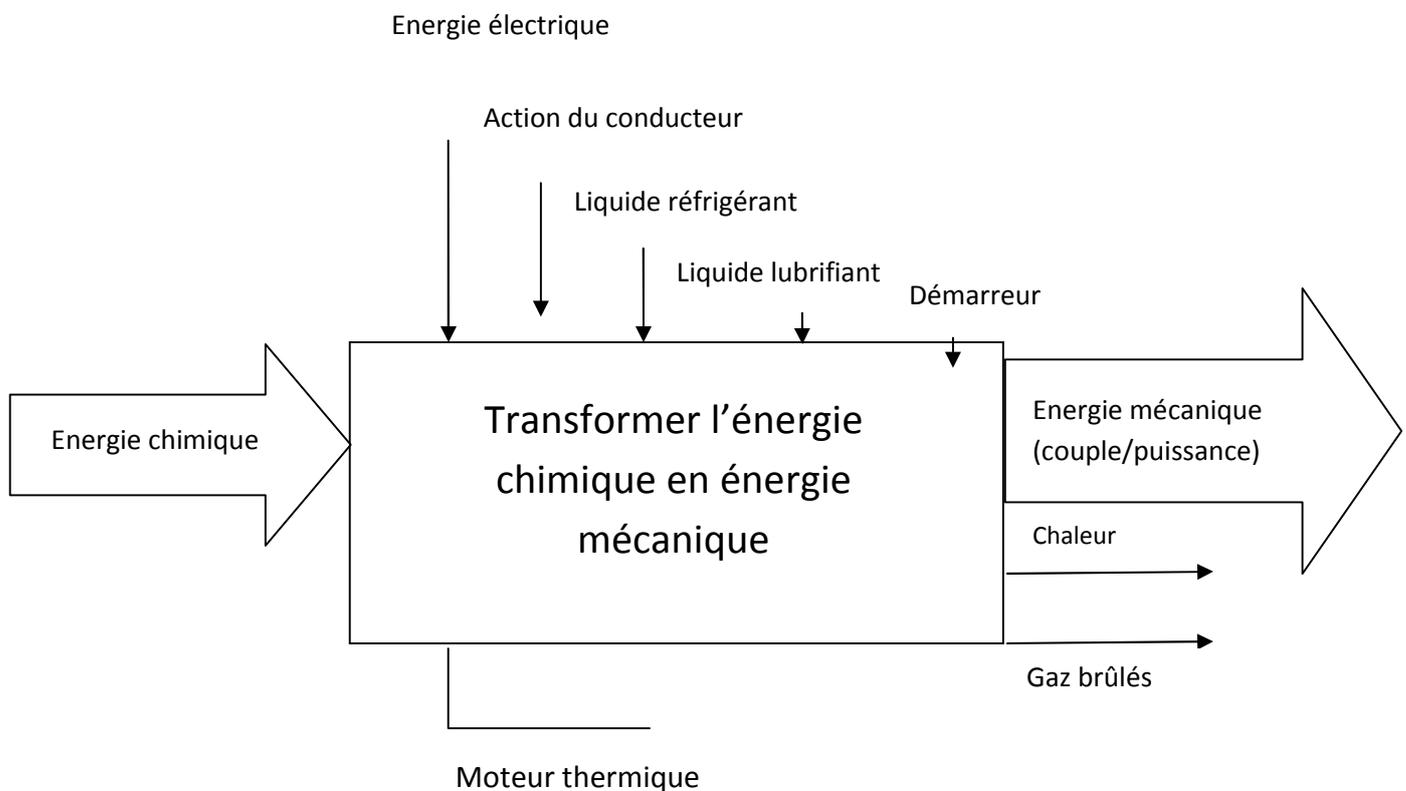


Fig1 .fonction du moteur

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).

2) L'architecture générale:

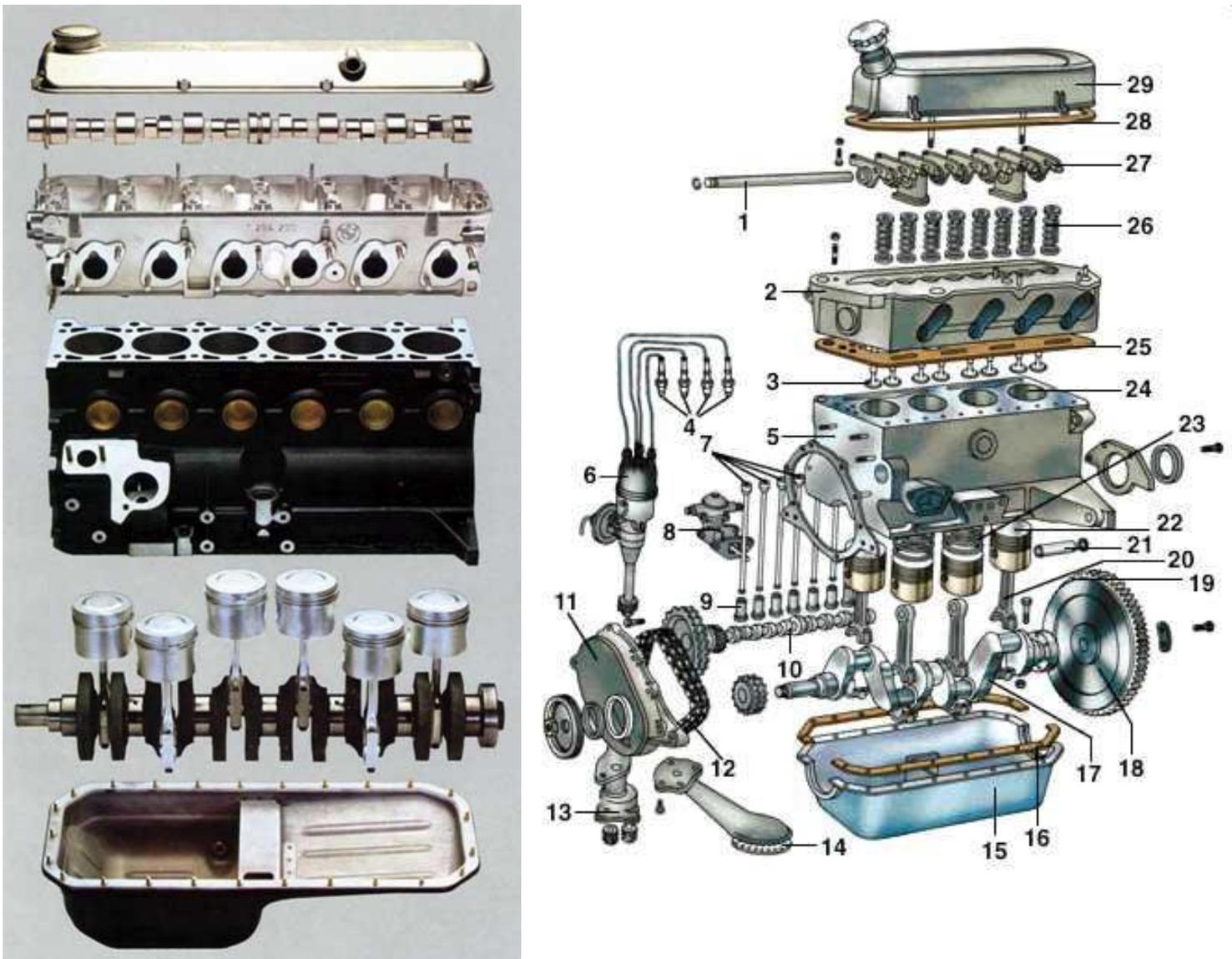


Fig.2. Vue éclatée d'un moteur à explosion.

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) poussoirs	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) crépine 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.

3) Description des composants du moteur :

3.1. 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.

3.2. 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.

3.3. La culasse :

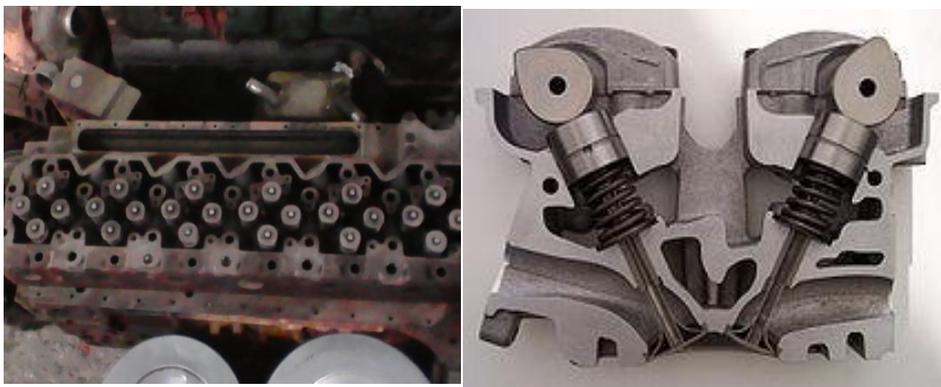


Figure 5: la culasse

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).

3.4. 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.

3.5. 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 (fluage) et aux chocs répétés, tels les aciers austéniques, 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.

3.6. 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 évacuée 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.

3.7. Les segments :

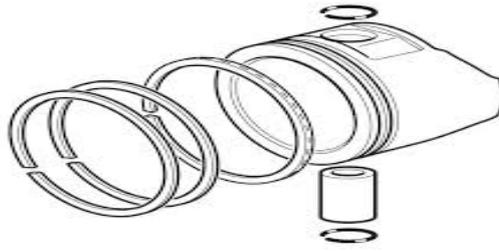


Figure 9: les segments

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.

3.8. 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

3.9. 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).

3.10. La distribution :

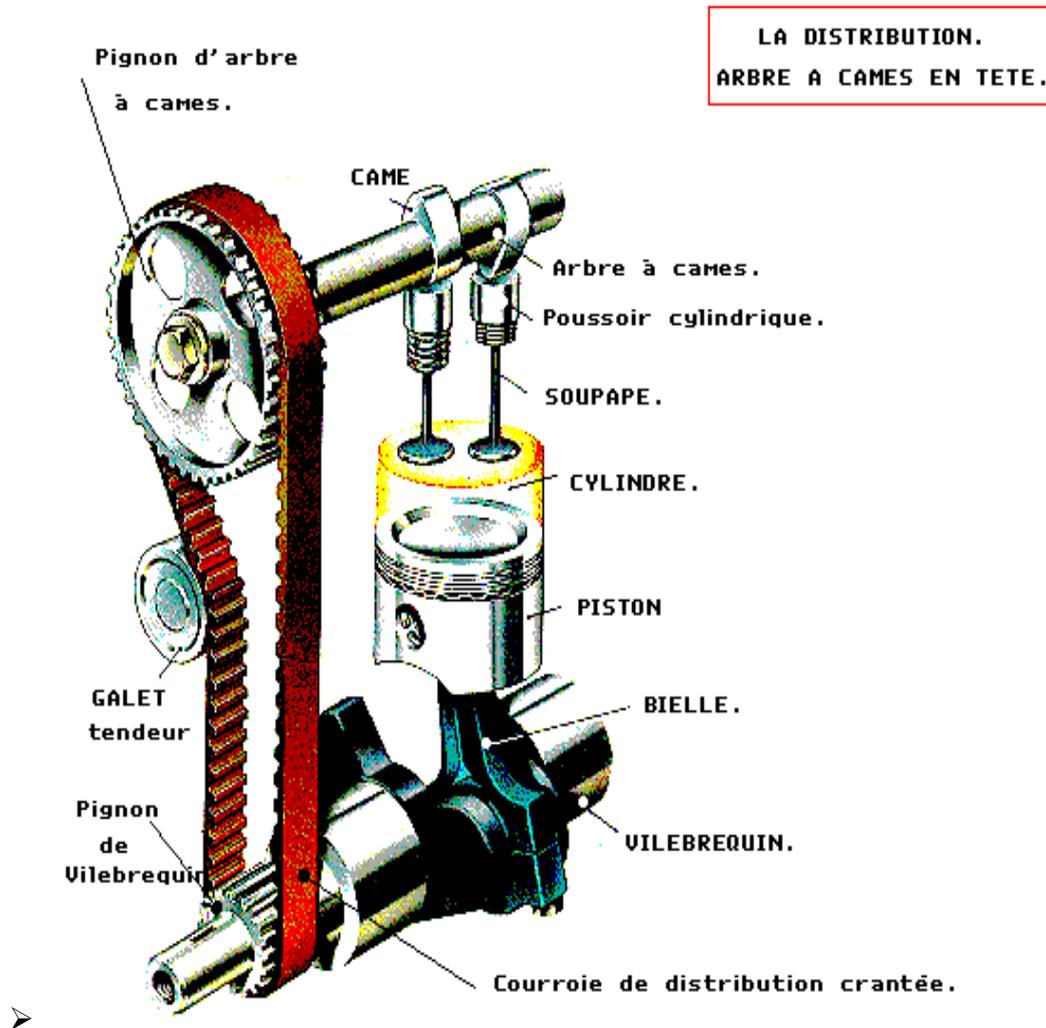


Figure 12: la distribution

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.

4) Principe de fonctionnement d'un moteur :

4.1. Caractéristiques:

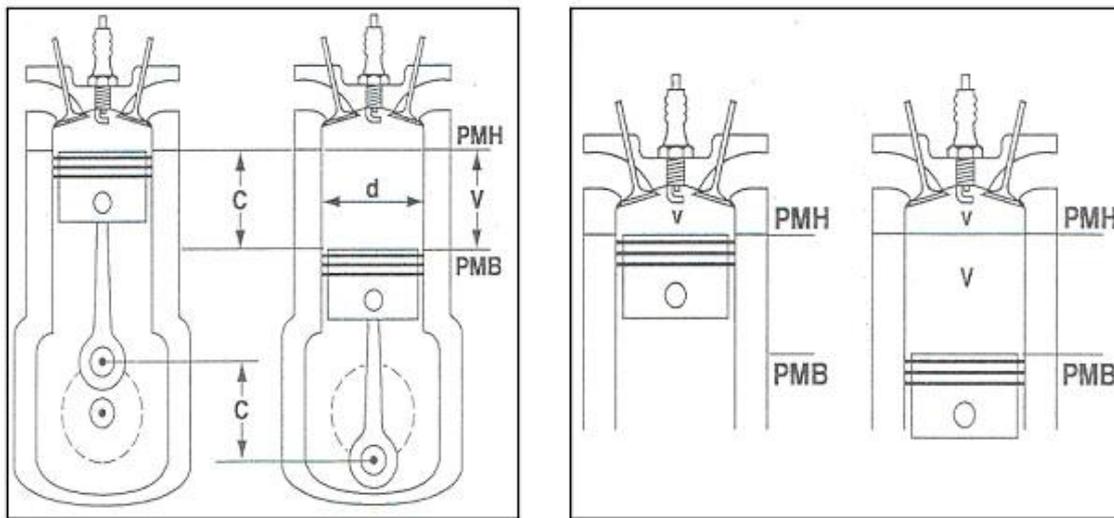


Figure 13: caractéristiques moteur

- **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 « Vt »(en centimètre cube) est égale à la cylindrée unitaire multipliée par le nombre de cylindres n. $Vt = V \cdot n$

- **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).

4.2. 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 » (cm²) 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.

4.3. Explication du moteur 4 temps :

1) Admission :



Figure 14: Admission

Le piston en descendant crée une baisse de pression favorisant l'aspiration des gaz.
Soupape 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.
Soupape d'admission fermée et d'échappement fermée.

3) Explosion-détente :



Figure 16 : Explosion-détente

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

Soupape 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.

Soupape d'admission fermée et d'échappement ouverte.

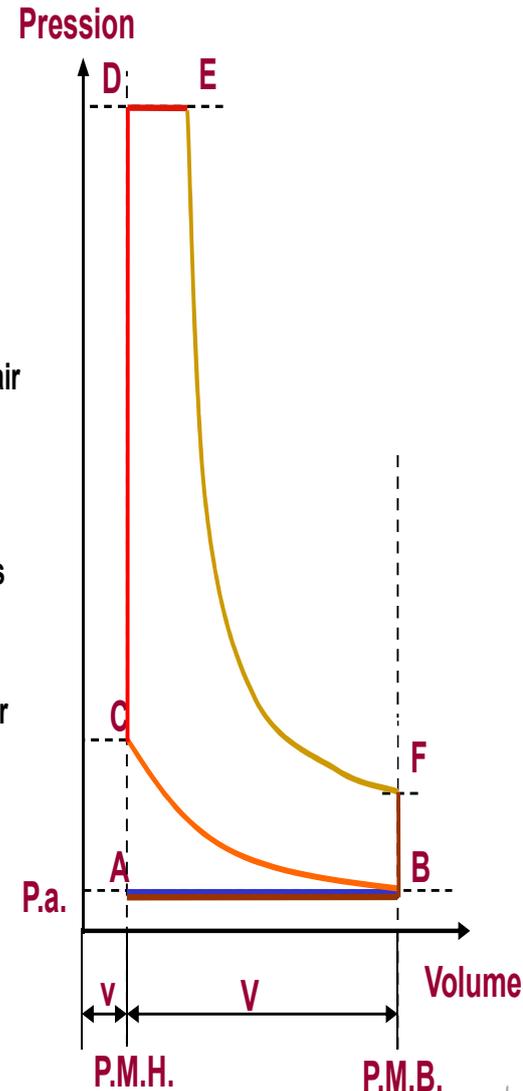
Remarque : pour effectuer les 4 temps le vilebrequin effectue 2 tours.

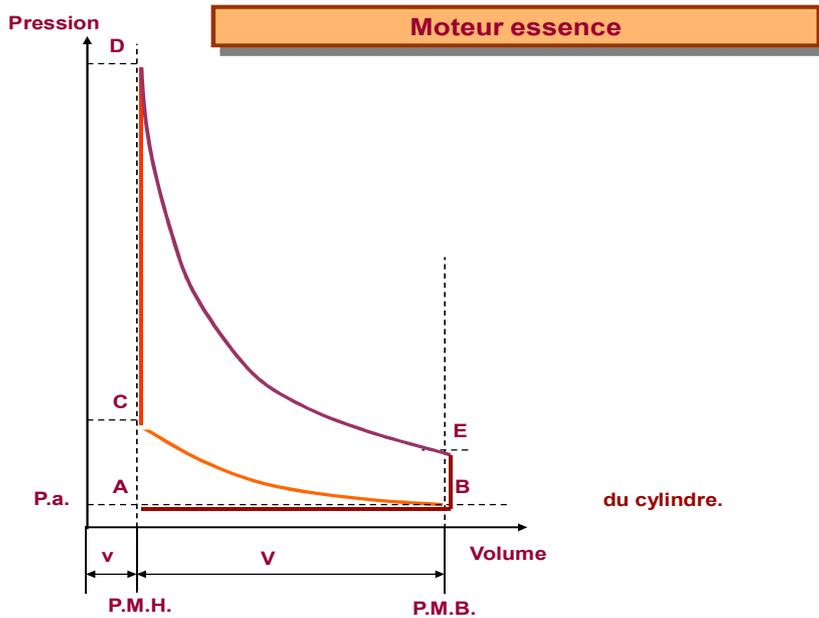
4.4. Diagramme théorique 4 temps :

MOTEUR DIESEL

Cycle mixte théorique

- A > B** Admission: le moteur aspire de l'air
- B > C** Compression: Le rapport volumétrique passe de $\sim 9/1$ (essence) à $\sim 22/1$. La pression en fin de compression atteint ~ 40 et la température $\sim 700^\circ\text{C}$ (15°b et 350°C dans un moteur essence).
- C** Injection: Le carburant est pulvérisé dans la chambre de combustion. Il s'enflamme spontanément au contact de l'air chauffé par la compression.
- C > D** Combustion à volume constant : La première partie de la combustion se déroule si rapidement que le piston n'a pas le temps de se déplacer.
- D > E** Combustion à pression constante : La pression appuie sur le piston. L'augmentation de volume est compensée par la dilatation des gaz.
- E > F** Détente : La combustion a lieu tant que dure l'injection. La dilatation des gaz ne compense pas l'augmentation de volume.
- F > B > A** Échappement





Cycle mixte théorique

- A > B Admission: le moteur aspire de l'air
- B > C Compression: Le rapport volumétrique passe de $\sim 9/1$ (essence) à $\sim 22/1$. La pression en fin de compression atteint $\sim 40b$ et la température $\sim 700^{\circ}C$ (15b et $350^{\circ}C$ dans un moteur essence).
- C allumage
- C > D Combustion à volume constant : La première partie de la combustion se déroule si rapidement que le piston n'a pas le temps de se déplacer.
- E > F Détente : La combustion a lieu tant que dure l'injection. La dilatation des gaz ne compense pas l'augmentation de volume.
- F > B > A Échappement

Chapitre2:

Circuit d'allumage

1 Nécessité d'un système d'allumage :

Dans le cycle à 4 temps, au troisième temps moteur appelé combustion détente, il y a inflammation du mélange air + essence.

L'allumage est la phase initiale de ce temps moteur, qui consiste à provoquer la combustion du mélange comprimé.

Le système d'allumage est donc un système de production d'arcs électriques qui apporte suffisamment de chaleur pour déclencher l'inflammation du mélange air + essence comprimé.

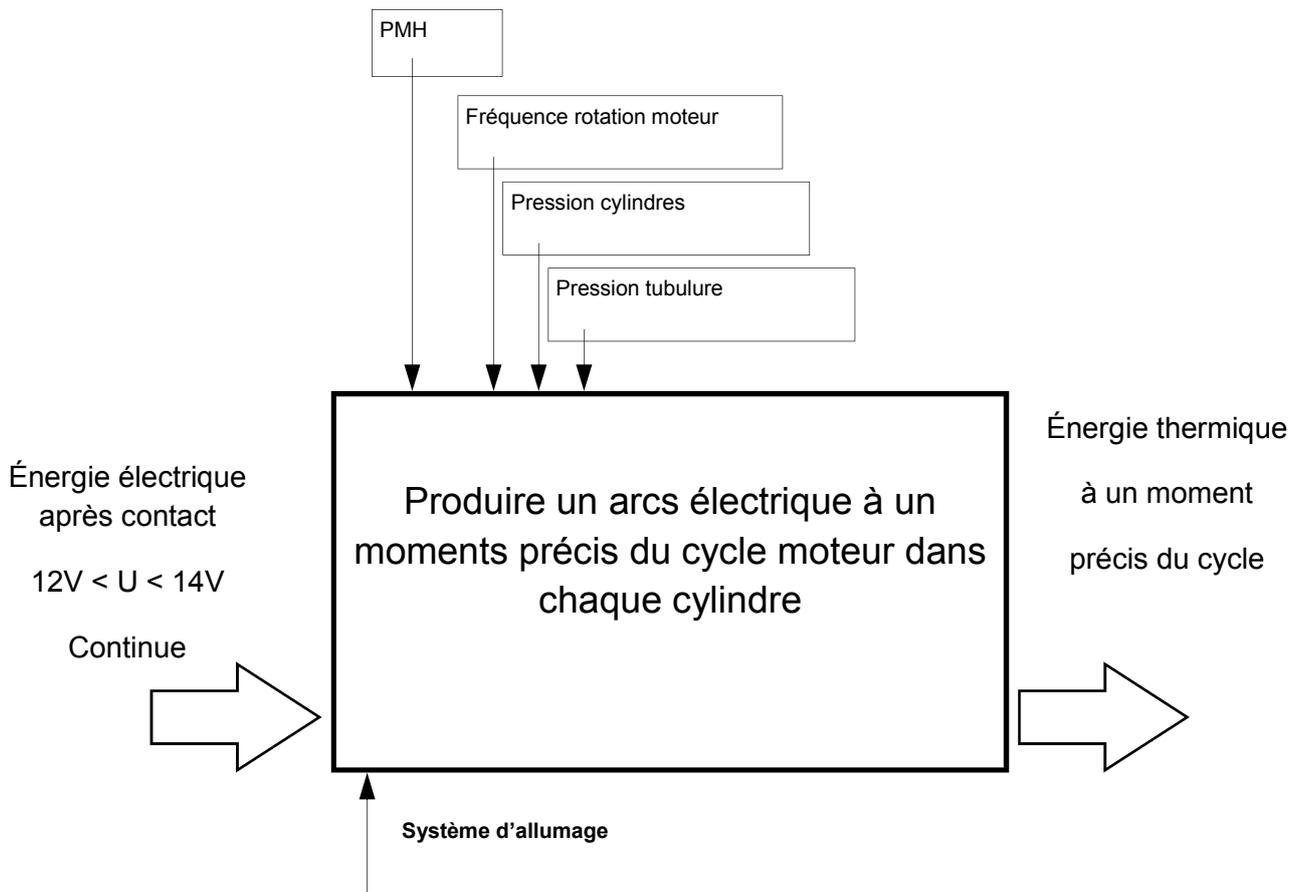
Le mélange enflammé produit une élévation de température de la masse gazeuse et par conséquent de la pression dans la chambre de combustion et au-dessus du piston.

Cette augmentation considérable de la pression exerce une force sur le piston, puis la bielle pour communiquer un couple sur les manetons du vilebrequin.

Suivant le mode de réalisation des systèmes d'allumage, on peut les classer en quatre grandes familles distinctes:

- Allumage classique à rupteur, entièrement mécanique
- Allumage à rupteur transistorisé
- Allumage à déclenchement statique
- Allumage électronique intégral (avec une distribution mécanique ou statique)

2 Fonction globale du système d'allumage :



3 Présentation du système d'allumage classique :

Le système d'allumage doit produire un arc électrique dans chaque cylindre en fin de compression pour enflammer le mélange air + essence.

Pour obtenir une étincelle à ce moment précis dans chaque cylindre, le système d'allumage utilise l'énergie électrique de la batterie.

Il assure 3 fonctions:

- Augmenter la tension de la batterie ($12\text{ V} \rightarrow 10 \text{ à } 15\text{ kV}$)
- Distribuer la haute tension dans chaque cylindre (cylindres: $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2$)
- Produire un arc électrique

La transformation de la tension batterie est obtenue par un transformateur appelé bobine.

La distribution et le déclenchement des étincelles sont réalisées par le **distributeur**.

La production d'arc électrique est assurée par les **bougies**.

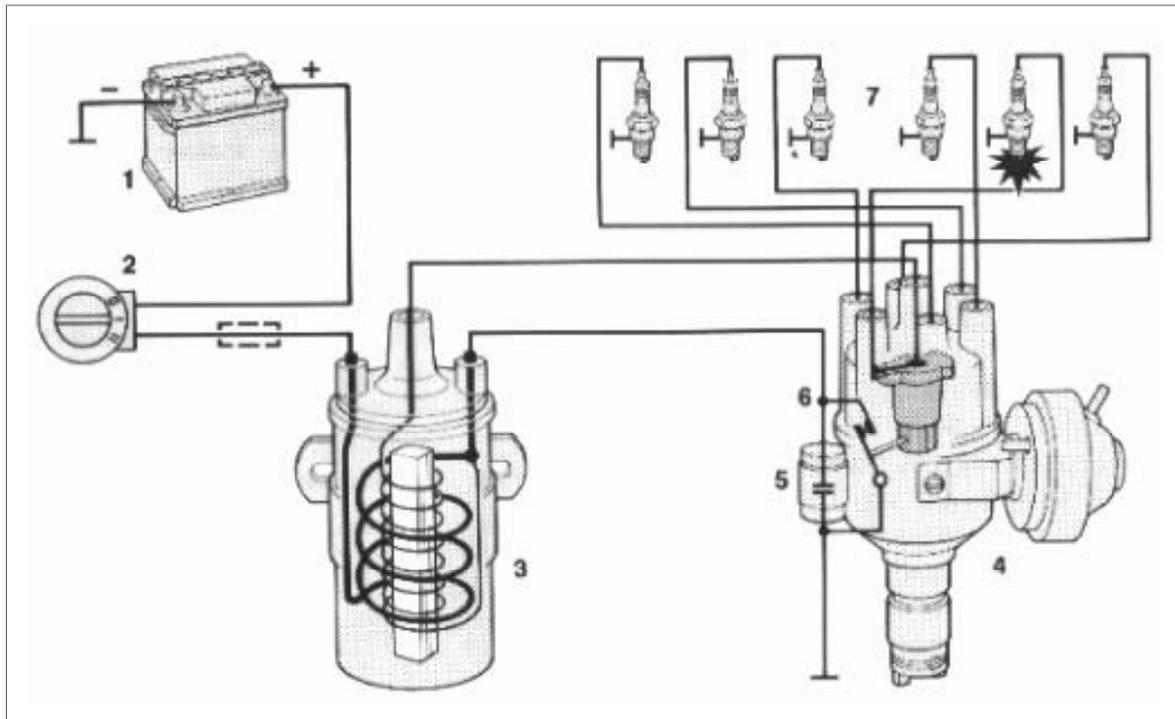


Figure 18: système d'allumage classique

N°	Désignation	Fonction
1	Batterie	Fournir l'énergie électrique
2	Clé de contact	Établir l'alimentation du système
3	Bobine	Transformer la tension
4	Allumeur	Distribuer la HT
5	Condensateur	Réduit la formation d'étincelle au rupteur
6	Rupteur	Déclencher la production de HT
7	Bougies	Produire l'étincelle

4. Fonctionnement de l'ensemble du système

La tension de la batterie 1 passe par la clé de contact 2 pour arriver à la bobine 3.

Rupteur fermé: le courant va à la masse par l'enroulement primaire de la bobine.

Un champ magnétique est ainsi constitué et l'énergie d'allumage y est emmagasinée.

Rupteur ouvert: la haute tension générée alimente le doigt de distribution de l'allumeur qui se positionne face à la connexion de la bougie 7 et produit l'étincelle.

Ensuite le rupteur se referme à nouveau, le cycle recommence, le doigt s'oriente en face de la bougie du cylindre suivant pour produire une nouvelle étincelle.

L'ordre d'allumage pour un moteur à 4 cylindres est généralement 1 - 3 - 4 - 2, pour un moteur à 6 cylindres 1 - 6 - 3 - 5 - 2 - 4 ou 1 - 4 - 2 - 5 - 3 - 6.

5 La bobine :

Pour produire un arc électrique à partir de la tension de bord du véhicule (12 V), il faut multiplier la tension de la batterie environ par 1000 (12 000 à 20 000 V).

Pour obtenir un tel résultat, on utilise un transformateur de tension: la bobine d'allumage.

Pour comprendre le principe mis en œuvre dans la bobine, nous allons décomposer son fonctionnement suivant trois étapes:

- La production de champ magnétique
- La variation de flux magnétique
- La création d'un courant induit

5.1 Produire un champ magnétique.

Le montage est composé d'un enroulement et d'un noyau de fer doux:

Lorsque le courant est établi, il y a apparition d'un champ magnétique autour du noyau.

Lorsque le courant est coupé, le champ magnétique disparaît.

Le flux magnétique est l'unité de mesure du champ magnétique. Pour un bobinage donné et pour une tension constante, ce flux magnétique Φ (ϕ : exprimé en Weber) est fonction de la variation de l'intensité I .

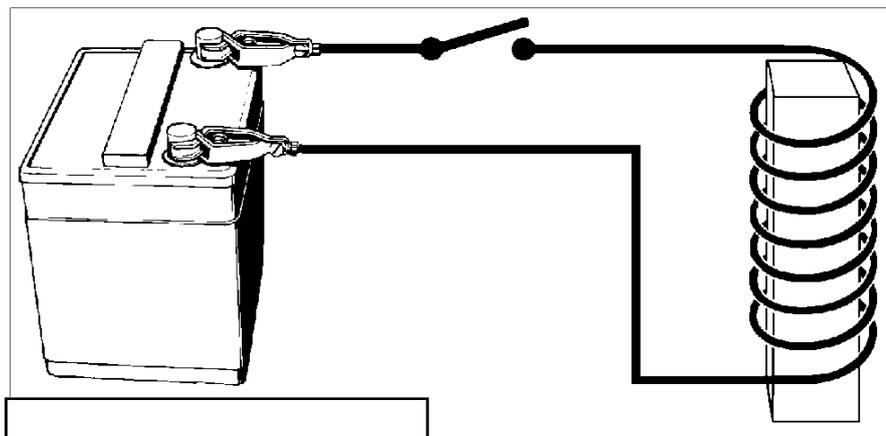


Figure 19: Production du champ magnétique

5.2 La variation de flux magnétique.

La variation d'intensité dans le circuit précédent est obtenu à l'aide d'un interrupteur qui ouvre puis ferme le circuit: Rupteur + Cames

On obtient ainsi une variation de flux magnétique.

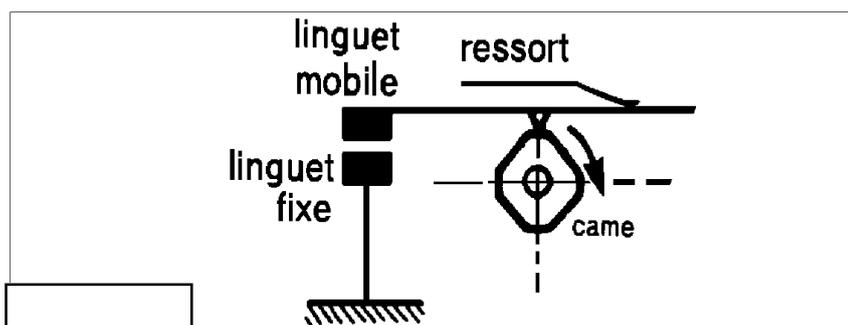


Figure 20: Rupteur + Cames

5.3 La création d'un courant induit

On appellera le circuit que nous venons d'étudier: circuit primaire. On enroule autour du noyau du circuit primaire un second bobinage isolé du premier.

A chaque variation de flux magnétique dans le bobinage primaire, il y a création d'un

courant électrique induit dans le bobinage secondaire. Cette force électromotrice sera d'autant plus grande que:

- la variation de flux dans le noyau sera importante et rapide ($\Delta\Phi / \Delta t$)
- le rapport entre les nombres de spires des bobinages sera grand (N_2 / N_1)

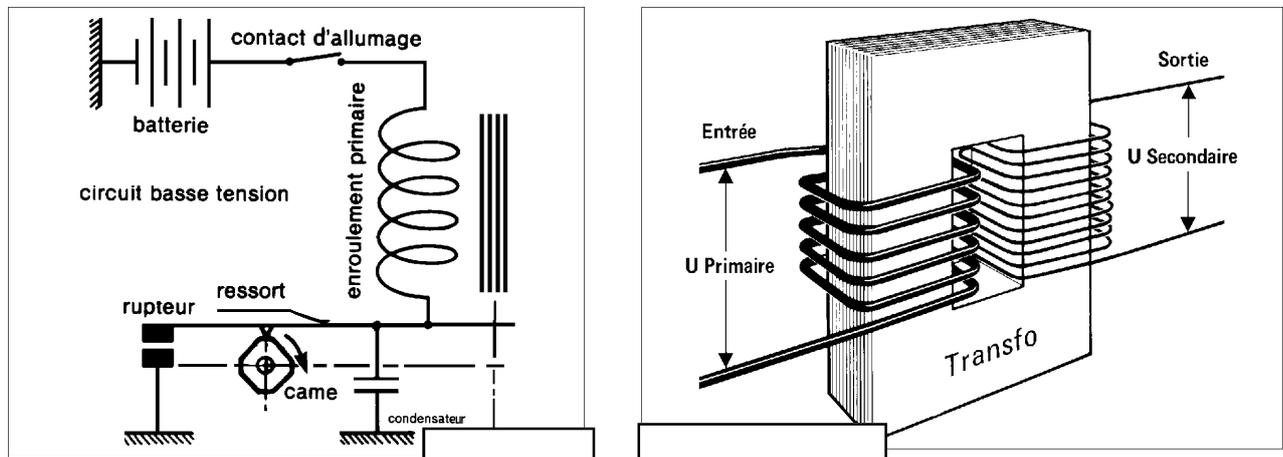


Figure 21: La création d'un courant induit

5.4 Variation d'intensité dans le circuit primaire

Si l'intensité dans le primaire est trop élevée, il se produit un échauffement anormal du bobinage.

De plus, au moment précis de l'écartement des contacts du rupteur, il risque de se produire une étincelle importante entre les contacts qui provoque une détérioration rapide des grains.

La résistance du circuit primaire est donc calculée en faisant un compromis entre un remplissage magnétique important et un échauffement minimum.

5.5 Le phénomène de self-induction

Dans un circuit comportant un bobinage, l'établissement et le départ du courant sont freinés par une auto-induction appelée self-induction.

Le courant de self-induction est une force contre électromotrice qui s'oppose à l'installation du courant qui lui a donné naissance.

Ce phénomène retarde donc le remplissage de la bobine ainsi que le temps de rupture.

La self-induction se traduit par une étincelle aux contacts du rupteur au moment de l'ouverture.

Au moment de la rupture, grâce à l'action conjuguée de la self-induction et du condensateur, nous obtenons une tension temporaire dans le bobinage primaire de l'ordre de 300 V.

5.6 Tension disponible en sortie de bobine

La f.é.m disponible au bobinage secondaire peut être de l'ordre de 30 kV. Exemple:

Bobinage primaire = 300 spires

Bobinage secondaire 30 000 spires

N_2 30 000

F.é.m primaire x $\frac{N_2}{N_1}$ = 300 x $\frac{30\,000}{300}$ = **30 000 V**

N_1 300

On constate que la tension du primaire qui entre dans le rapport n'est pas celle de la batterie mais celle de la f.é.m de self.

5.7 Autres conséquences de la self-induction

Le temps de remplissage magnétique de la bobine ayant considérablement augmenté à cause de l'effet de self, on a été amené à calculer quel était le temps idéal de fermeture des contacts par rapport au cycle d'allumage.

Le temps de fermeture des contacts pour un allumage à rupteur doit être de **63 % du temps** total imparti à un cycle d'allumage complet (c'est à dire **ouverture + fermeture**)

Ce rapport porte le nom de **pourcentage de Dwell**.

Oscillogrammes primaire et secondaire

- U1: f.é.m induite à la rupture
- U2: f.é.m induite inverse / Δi à la fermeture
- F: Temps de fermeture des contacts
- O: Temps d'ouverture des contacts

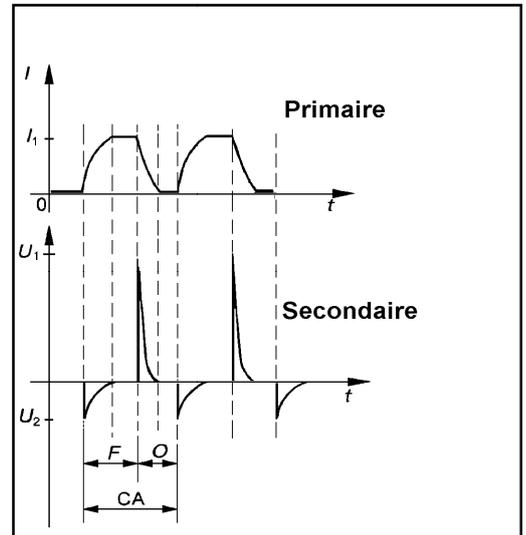


Figure 22: Oscillogrammes primaire et secondaire

6. L'allumeur :

L'allumeur assure trois fonctions à la fois:

- Il contient le système de rupture du circuit primaire
- Il distribue la haute tension générée par la bobine aux bougies
- Il fait varier l'avance à l'allumage en fonction des conditions d'utilisation du moteur

6.1 Le rupteur d'allumage et l'angle de came

Le rupteur est commandé par les cames de l'arbre de l'allumeur. Les cames sont conçus de manière à former des angles d'ouverture et de fermeture du rupteur correspondants à la bobine et au nombre d'étincelles.

L'angle de came est l'angle parcouru par la came pendant que les contacts sont fermés.

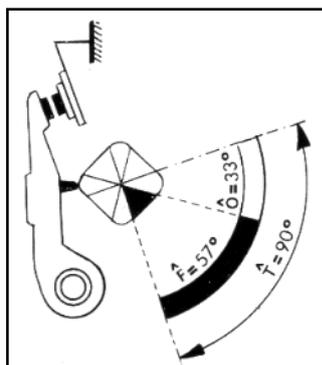


Figure 23: les cames de l'arbre de l'allumeur

Exemple:

Pour un moteur à 4 cylindres, puisqu'il doit de produire quatre ruptures par tour de l'arbre d'allumeur, l'angle imparti à un cycle d'allumage complet est de $360^\circ / 4 = 90^\circ$

Pour calculer l'angle correspondant à un temps de fermeture de 63 % il suffit de d'effectuer:

63

$90 \times \frac{\quad}{100} = 57^\circ$ environ

100

Plus la vitesse de rotation du moteur augmente et plus le temps imparti à chaque ouverture et fermeture diminue.

A haute vitesse, le remplissage de la bobine diminue progressivement; les étincelles ont alors moins d'énergie.

A 6000 tr/min par exemple, une bobine pour moteur à 4 cylindres doit fournir:

$(6\ 000 \times 4) / 2 = 12\ 000$ étincelles par minute, soit 200 par secondes.

Le système d'allumage classique est donc limité pour des moteurs rapides ou avec de nombreux cylindres.

Par conséquent, l'évolution du système fait appel à des applications électronique pour améliorer les performances de l'allumage.

- 1 Tête d'allumeur
- 2 Doigt de distribution
- 3 Cache anti-humidité et anti-poussière
- 4 Arbre d'allumeur
- 5 Came du rupteur
- 6 Raccord dépression
- 7 Capsule à dépression
- 8 Condensateur

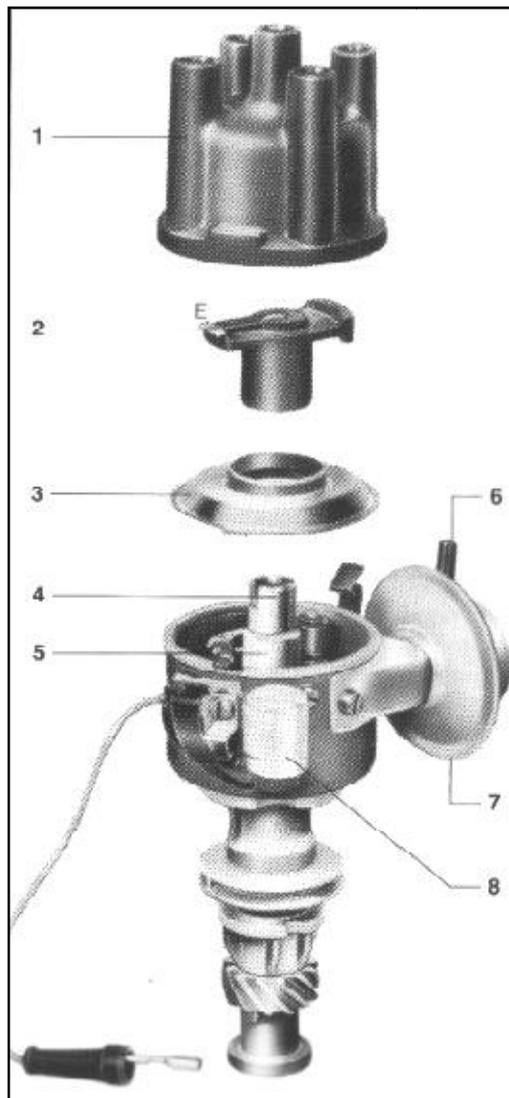


Figure 24: L'allumeur

6.2 La distribution de la haute tension.

Le doigt de distribution et l'arbre d'allumeur sont entraînés par le moteur. La haute tension délivrée par la bobine arrive par le plot central de la tête d'allumeur, passe sur le doigt, puis successivement sur chaque contact intérieur de la tête d'allumeur (1 - 3 - 4 - 2). La disposition des fils permet de respecter cet ordre d'allumage.

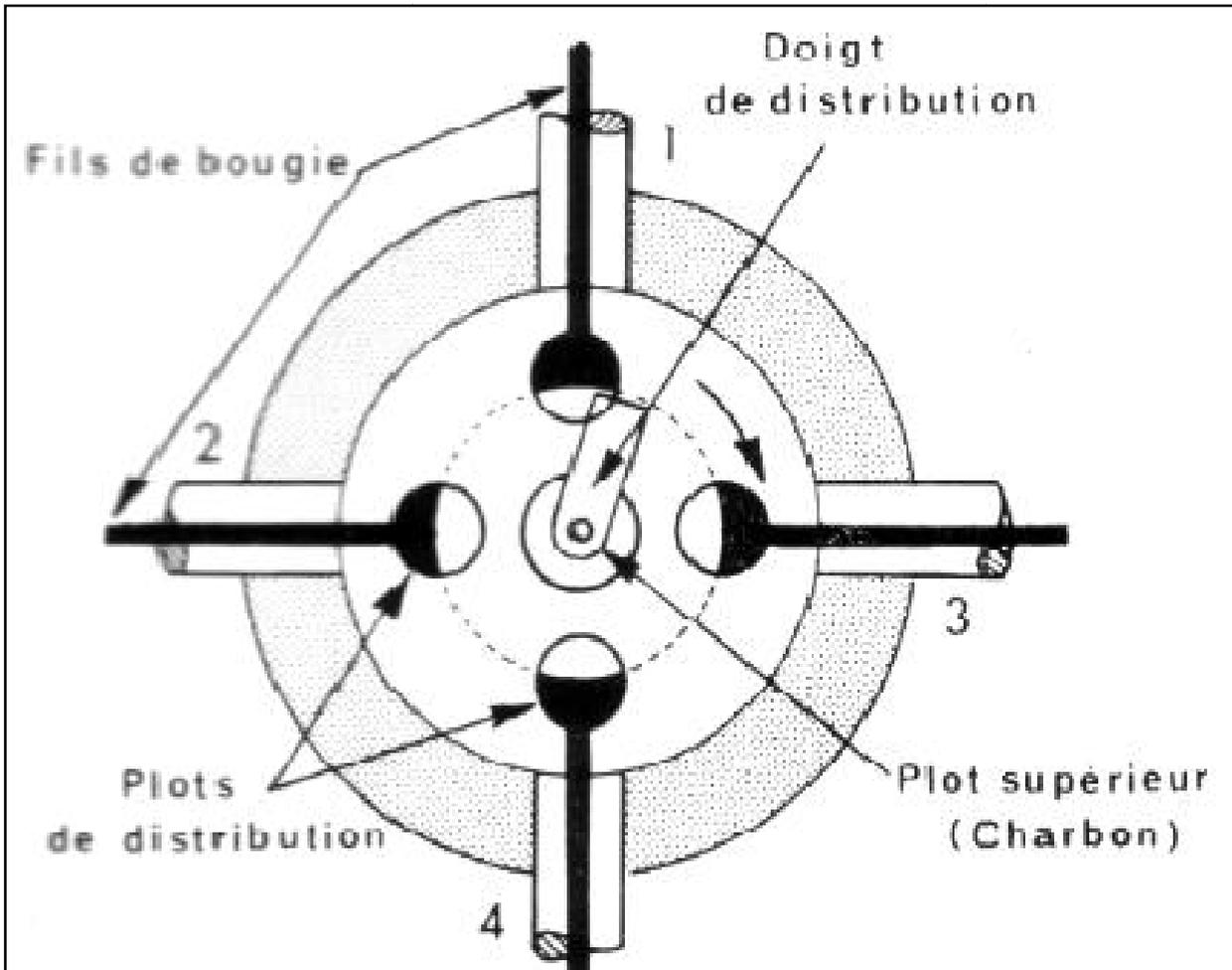


Figure 24: Distributeur

7. La variation d'avance :

7.1 L'influence du régime moteur

a combustion du mélange nécessite un certain temps. Pour obtenir une poussée maximale des gaz en combustion, cette dernière doit donc commencer en fin de compression avant le PMH.

On appelle ce point d'avance, l'avance initial.

L'augmentation du régime moteur a pour effet de réduire le temps imparti au déroulement de tout le cycle moteur et donc de la durée de la combustion aussi.

Il est donc nécessaire d'avancer automatiquement le début de l'allumage en fonction du régime moteur.

Le dispositif qui assure cette fonction est le système d'avance centrifuge.

Le plateau-support est solidaire avec l'arbre de l'allumeur. Il porte des masselottes qui se déplacent vers l'extérieur au fur et à mesure que la fréquence de rotation de l'arbre augmente.

Ce mouvement est due à l'action de la force centrifuge sur les masselottes.

L'action des masselottes est alors plus intense que celle des ressorts, ce qui a pour effet de faire tourner la coulisse et donc l'ensemble du dispositif de rupture d'un angle α dans le sens inverse du sens de rotation de l'arbre d'allumeur.

Le point d'allumage est ainsi avancé de cet angle proportionnellement au régime moteur.

7.2 L'influence de la vitesse de combustion

La vitesse de combustion est directement fonction de la pression de fin de compression, qui est-elle même fonction de la pression d'admission.

Position Papillon	P admission (Aval)	P fin compression	V combustion	Correction
Presque fermée (décélération ou descente)	↓	↓	↓ lente	Avance maximale
Mi-ouverture	moyen	moyen	moyen	Avance moyenne
Pleine ouverture (accélération brutale ou en côte)	↑	↑	↑ rapide	Avance minimale

Le dispositif qui assure cette fonction est le système d'avance à dépression.

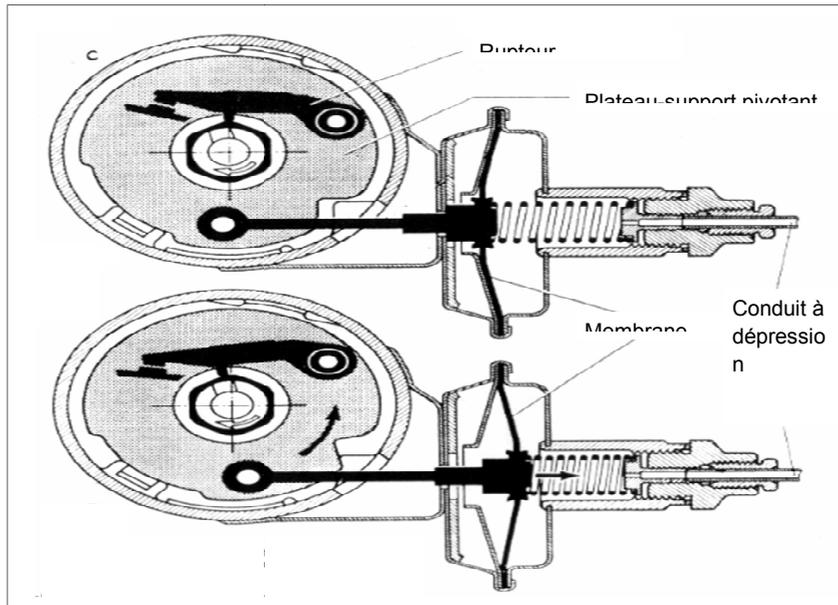


Figure 25: le système d'avance à dépression

Il règle le point d'allumage automatiquement en fonction de la pression d'air d'admission, donc de la charge du moteur.

La pression d'admission est prise dans le collecteur d'admission en aval du papillon des gaz. La capsule à dépression contient le mécanisme de correction.

8. La bougie :

8.1 Description

- 1 Écrou de connexion
- 2 Filetage de connexion
- 3 Barrière contre les courants de fuite
- 4 Isolant en céramique
- 5 Ciment à base de verre conducteur
- 6 Tige de connexion
- 7 Zone de sertissage et de rétractation à chaud

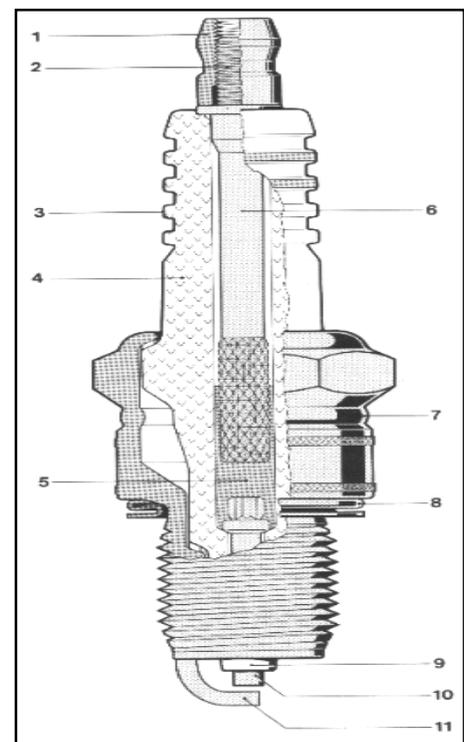


Figure 26-Bougie

- 8 Joint extérieur prisonnier (pour siège plat)
- 9 Electrode central
- 10 Electrode de masse

8.2 Bougie chaude et bougie froide

L'évacuation de la chaleur est réalisée au contact du bec isolant avec le culot.

Chaque moteur doit être équipé du type de bougie dont le degré thermique est le plus approprié à son fonctionnement.

Chapitre 3:

La carburation

1- Définition :

La carburation est l'ensemble des opérations grâce auxquelles on obtient le mélange air plus combustible qui sera admis dans les cylindres.

2- Conditions à remplir :

Le dosage : proportionner convenablement le combustible et l'air pour obtenir la combustion rapide et complète du mélange.

L'homogénéité : c'est le problème de réaliser le même dosage dans toute la masse.

L'automatisme : c'est le problème d'assurer le dosage convenable à tous les régimes du moteur possible sans intervention extérieure.

L'égalité : C'est le problème de répartir le mélange carburé également entre tous les cylindres du moteur.

3 - Réalisation de la carburation :

La carburation est réalisée presque totalement dans le carburateur où arrivent l'essence envoyée par la pompe d'alimentation et l'air atmosphérique par la dépression que crée la descente du piston lors du temps d'admission.

Le combustible entraîné par le courant d'air se divise en fines gouttelettes, qui sont elles-mêmes pulvérisées par le choc contre l'air. Ceci favorise la vaporisation du combustible et prépare ainsi la formation d'un mélange homogène.

4 - 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 cm³ 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.

5- Système d'alimentation en essence :

Il comprend trois parties sont : le réservoir, le dispositif d'alimentation et le carburateur.

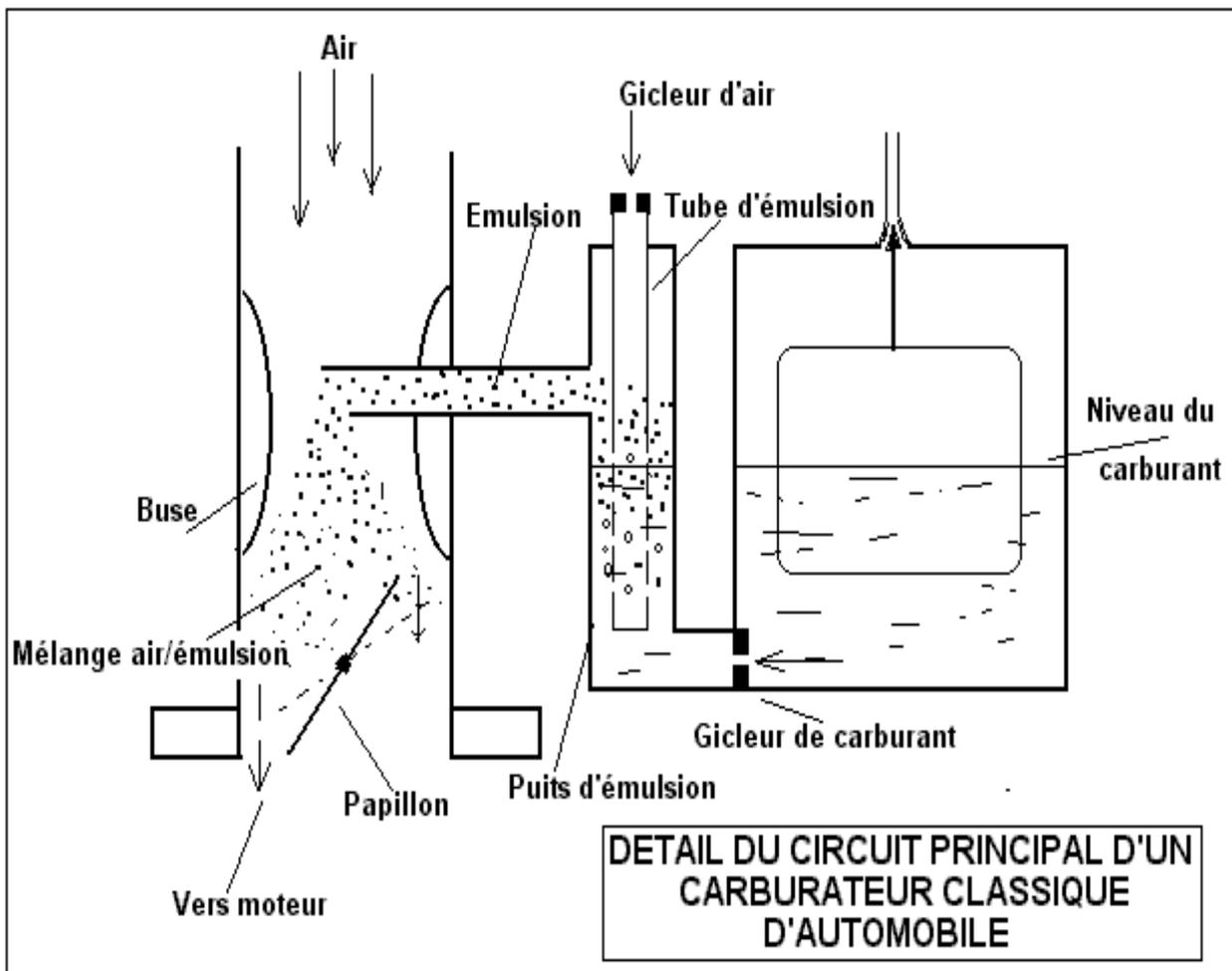


Figure 27- Système d'alimentation en essence

5.1 - Le réservoir :

Emmagasine l'essence nécessaire à la marche du véhicule moteur. La capacité du réservoir est fonction de la puissance du moteur, quand le réservoir est placé à un niveau supérieur à celui du carburateur, le système ne nécessite aucune autre dispositif d'essence s'écoule par gravité sous son propre poids. Quand le réservoir est à niveau inférieur à celui du

carburateur, il faut utiliser un dispositif d'alimentation pour que l'essence arrive au carburateur.

5.2 - La pompe d'alimentation :

La pompe à membrane mécanique : elle possède un levier commandé par l'excentrique prévu sur l'arbre à cames, elle aspire l'essence du réservoir et la refoule au carburateur par déformation d'une membrane imperméable au combustible.

La pompe à membrane électrique : la commande de la membrane se fait par le déplacement du noyau d'électro-aimant on peut la mettre n'importe où elle n'est pas influencée par dégagement de la chaleur.

Pompe à membrane à commande pneumatique : ce type se trouve dans les moteurs à 2 temps, on utilise les variations de pression du carter du vilebrequin pour commander la pompe.

5.3 - Le Carburateur :

a - Rôle :

Les carburateurs ont pour rôle de vaporiser l'essence en la mélangeant à l'air, et l'adaptation de la puissance fournie par le moteur à la puissance qui lui est demandé.

b - Description d'un carburateur élémentaire :

* La Cuve à Niveau Constant :

C'est un réservoir d'alimentation en carburant qui possède un flotteur et un gicleur qui règlent l'arrivée du combustible. La cuve reçoit l'essence du réservoir par simple gravité ou par pompe

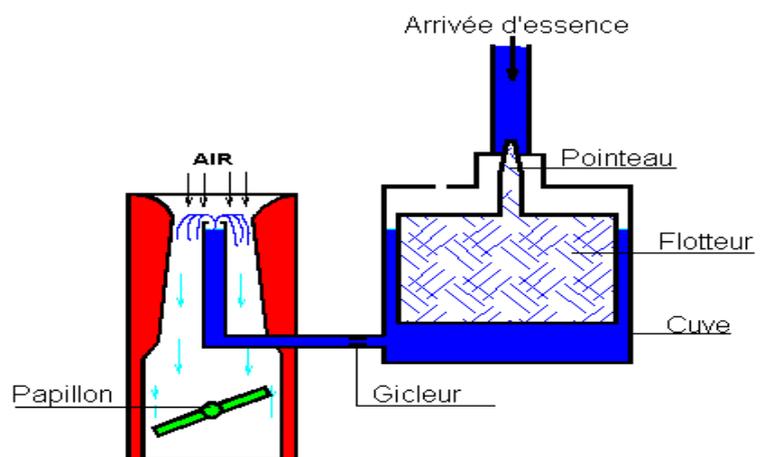


Figure 29- carburateur élémentaire

d'alimentation au moyen d'une tuyauterie.

Le flotteur porte le pointeau qui obture l'arrivée d'essence lorsque le niveau atteint la valeur constante choisie. Le flotteur s'abaissant quand l'essence s'écoule par le gicleur et remontant lorsque le débit d'arrivée est supérieur au débit de sortie.

* Le Gicleur :

Il porte un orifice calibré, à la sortie duquel le jet d'essence se trouve pulvérisé dans le courant d'air.

* La Chambre de Carburation :

Elle comprend le diffuseur, le papillon des gaz commandé par l'accélérateur et la portion de tuyauterie comprise entre le gicleur et la soupape d'admission.

c- Fonctionnement :

Quand le moteur est à l'arrêt, la pression atmosphérique règne dans la tubulure d'admission et dans la cuve. L'essence s'écoule jusqu'à ce que le pointeau bouche son arrivée et le niveau constant s'établit au gicleur comme dans la cuve.

Lorsque le moteur est en marche, la quantité du mélange admise dans le moteur doit pouvoir être réglée en fonction de la charge et de la vitesse imposée au moteur.

Le dosage de la quantité totale du mélange est réalisé au moyen d'un volet mobile autour d'un axe central. Le papillon vient boucher plus au moins le secteur de passage des gaz.

La vitesse du courant gazeux est inversement proportionnelle à la section de passage, elle est plus élevée dans les parties élargies (par exemple le col du diffuseur).

Dans les sections où le fluide s'écoule rapidement, la pression est plus basse que dans les sections où il se trouve au ralenti.

6- Système d'alimentation en gazole:

L'équipement d'injection doit introduire le gazole dans chaque cylindre du moteur pour réaliser la combustion. A cet effet, il faudra:

- Une pression d'injection > à la pression de fin de compression
- Une quantité de gazole injectée à un moment précis du cycle dans chaque cylindre
- Résister à la température élevée

Pour réaliser ces fonctions, l'équipement d'injection est constitué de trois sous-systèmes:

- Un circuit d'alimentation
- Une pompe d'injection
- Des injecteurs

On rencontre en général sur les véhicules de tourisme deux types de pompe:

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

L'équipement d'injection des véhicules modernes tend vers des systèmes à injection haute pression (Rampe commune) ou injecteur pompe.

Le circuit d'alimentation

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.

En raison de la diversité des procédés de combustion et des conceptions de la chambre de combustion, la forme, la force de pénétration et la pulvérisation du jet de carburant ont une influence sur le bon fonctionnement du moteur Diesel.

Il existe donc plusieurs modèles d'injecteurs pour équiper les différents types de moteurs.

Mais on distingue généralement sur les véhicules de tourisme 2 principaux types

d'injecteur:

- **Les injecteurs à trous** pour les moteurs à injection directe
- **Les injecteurs à téton** pour les moteurs à préchambre et à chambre de turbulence.

L'ensemble fonctionnel est en fait constitué de 2 éléments:

L'injecteur et le porte-injecteur monté dans la culasse.

L'injecteur comprend le corps et l'aiguille d'injecteur. Ils sont appariés avec une précision de l'ordre de 2 à 4 micron. Ils ne sont donc pas inter-changeable

Chapitre 4 :

La distribution moteur

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 d'essence vaporisée, 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 indéréglable (ex. chaîne, courroie...).

4. Les principaux organes de la distribution:

4.1. 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 poussoirs 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.

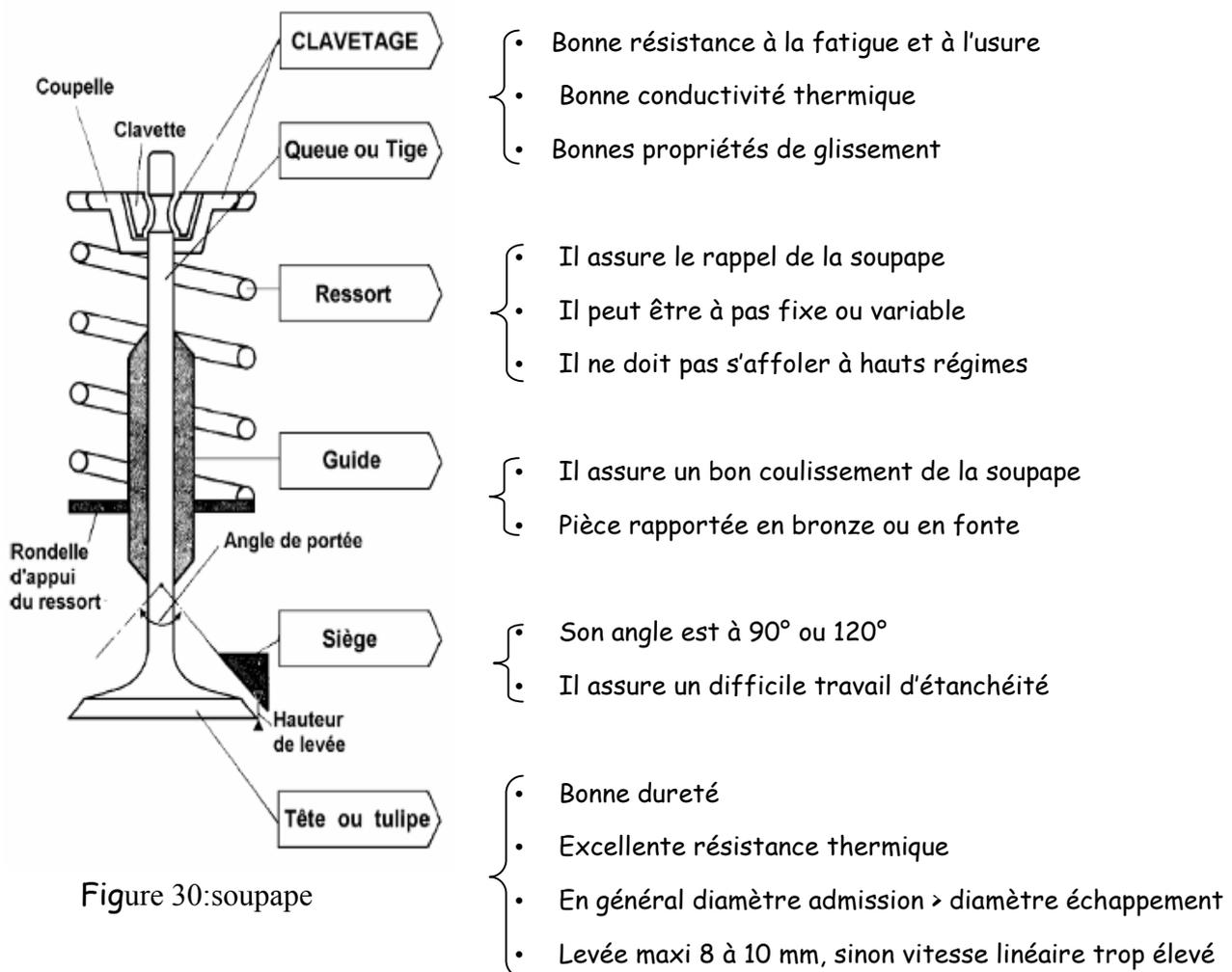


Figure 30:soupape

4.3. Les poussoirs :

Il est nécessaire de disposer un poussoir 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 poussoir et la came (cela provient de l'impossibilité mécanique d'avoir deux contacts parfaitement simultanés: soupape/culasse et soupape/came) (→ poussoirs/butées hydrauliques)



Figure 31: poussoirs

4.4. CAME

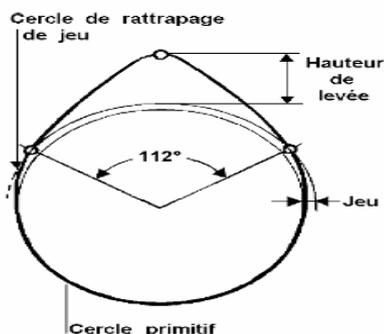
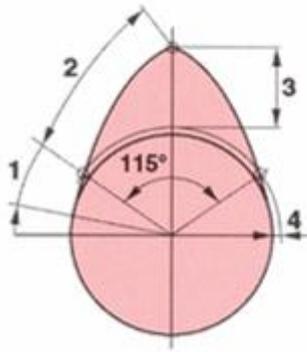


Figure 32: came

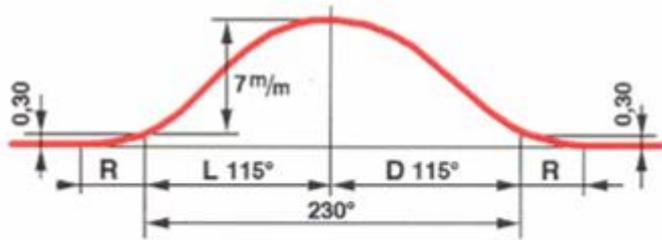
Une came est un élément parfois complexe.

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



G. 9-17



Le schéma illustre la levée d'un poussoir ou d'un culbuteur entraîné par la came représentée à gauche en fonction de la position angulaire du vilebrequin.

Le graphique montre une hauteur de levée de 7mm et un jeu de soupapes de 0.30 mm. On a de même un angle d'ouverture de 230° (au vilebrequin) qui correspond à 2 fois l'angle de la came

Or un moteur sera d'autant plus performant, que ses soupapes s'ouvrent vite.

On peut ainsi définir le rendement d'une soupape

5. Principe de fonctionnement

5.1. Mode d'entraînement

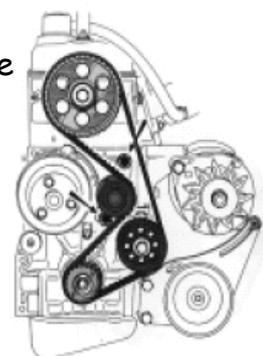
- ∞ Un cycle complet est égal à 2 tours
- ∞ Pendant ce cycle, chaque soupape ne doit s'ouvrir qu'une seule fois.
- ∞ L'arbre à cames tourne deux fois moins vite que le vilebrequin
- ∞ Le pignon de distribution a un diamètre deux fois supérieur à celui du vilebrequin (pour assurer le rapport de réduction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

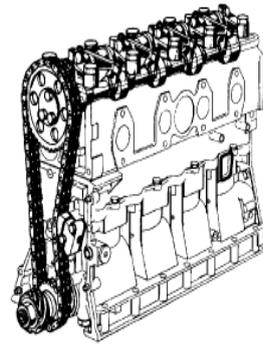


Figure 34: Chaîne

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

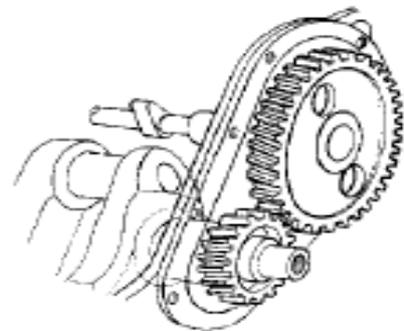
Entraînement par cascade de pignons :

Utilisé sur les moteurs pointus (tels que les moteurs de course)

- + Robuste
- + Fiable

Figure 35: Pignons

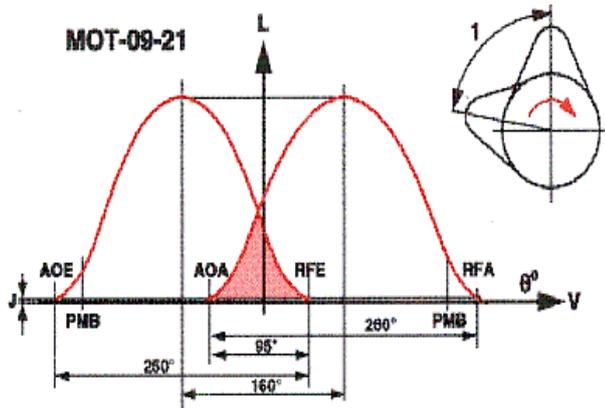
- Coûteux
- Nécessite une lubrification



6. Diagramme de distribution et le calage variable:

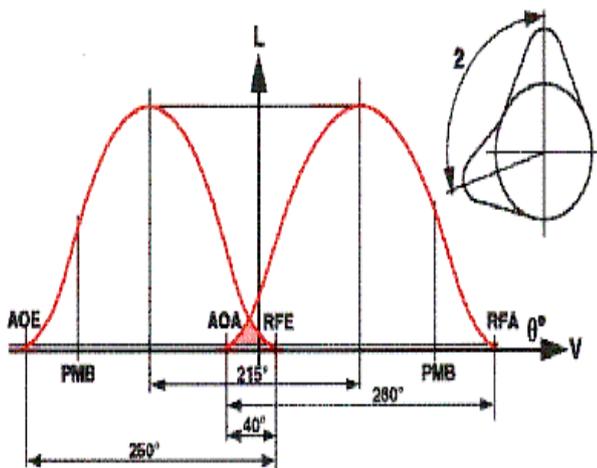
Le calage variable des soupapes joue sur les diagrammes de distribution en modifiant l'angle que composent les cames des deux arbres. On joue ainsi sur la durée de la phase de croisement (ouverture simultanée des soupapes) et le retard de fermeture à l'admission. Cette durée détermine les caractéristiques du moteur. Pour avoir de la puissance, l'angle est augmenté au maximum, ce qui se traduit par un croisement faible. En revanche, lorsque l'on cherche à avoir le plus de couple possible (à faible vitesse de rotation moteur) on diminuera cet angle, ce qui augmente le moment de croisement. Comme on peut le voir dans les exemples suivants, les constructeurs jouent d'ingéniosité

mécanique afin de modifier l'angle des différentes cames. Chez PORSCHE précurseur de ces technologies l'actionneur du VARIOCAM, installé sur l'arbre à came d'admission, est contrôlé par la pression d'huile pour permettre en dynamique et continu le calage afin de s'adapter à la charge du moteur.



Courbe 1

Si on augmente l'angle de crissement des soupapes, à haut régime on aura une meilleure évacuation des gaz donc un meilleur couple, mais à bas régime les performances sont mauvaises (retour échappement).



Courbe 2

À l'inverse, un faible angle donnera de bonnes performances à bas régime, tandis que le couple sera plus limité à haut régime.

Le système de calage variable qui permet de faire varier l'angle du croisement de soupapes en fonction du régime moteur, permet d'obtenir des performances intéressantes à haut et bas régime.

Chapitre 5 :

Circuit de refroidissement

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 (exemple: Porsche et 2CV Citroën).

➤ Refroidissement par liquide antigel :

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 :

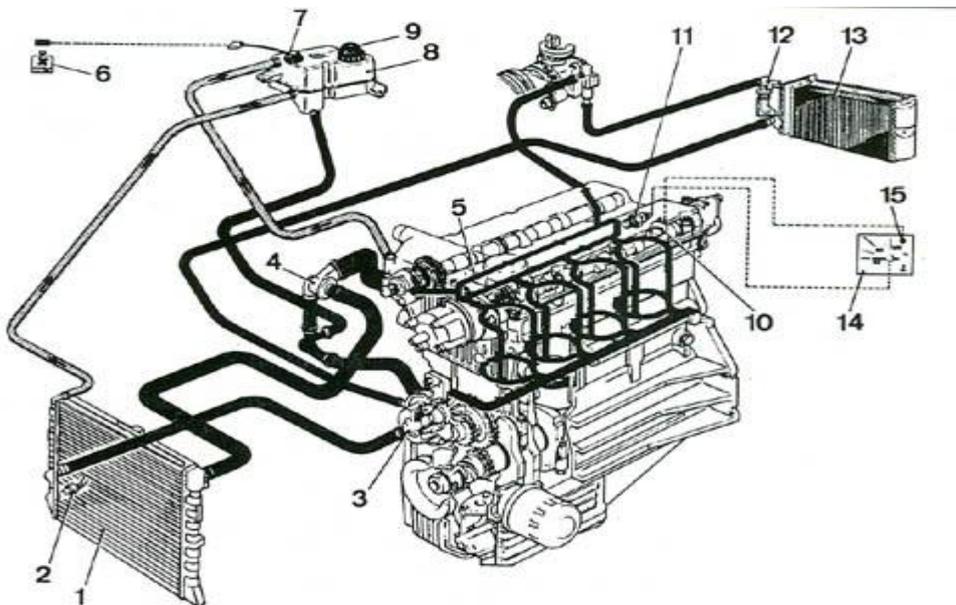


Figure 36 : Circuits de refroidissement

- | | |
|---|---|
| 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.

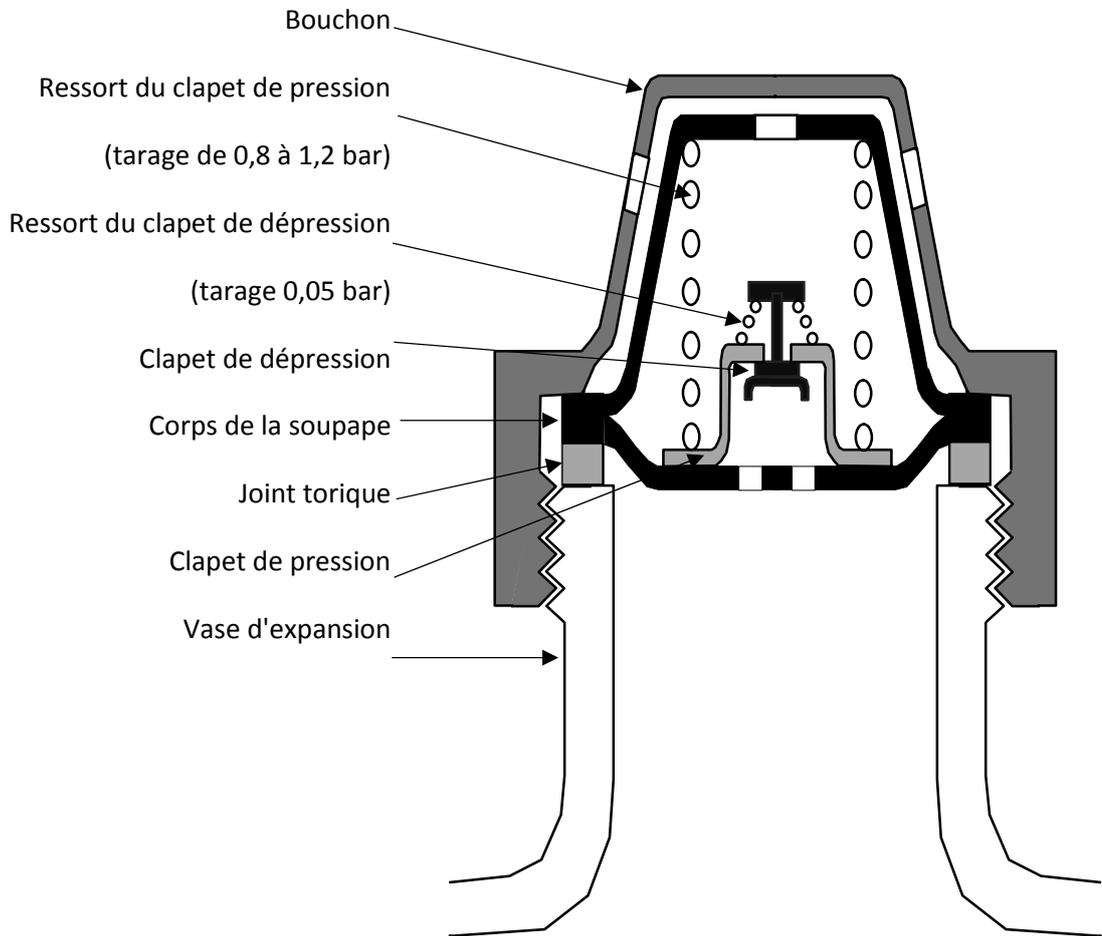


Figure 37 : La soupape (intégrée au bouchon du vase d'expansion)

➤ **Les durits:**

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.

Chapitre 6 :

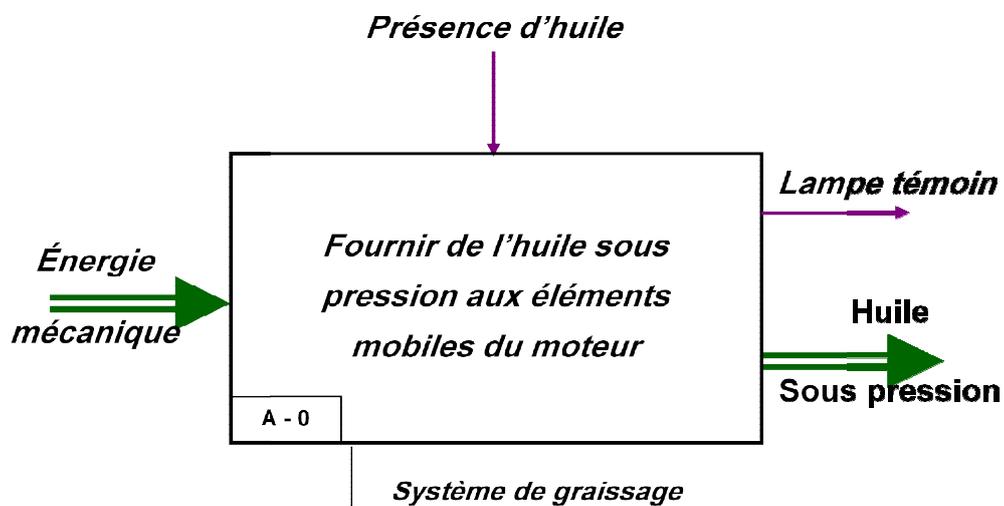
Circuit de graissage

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

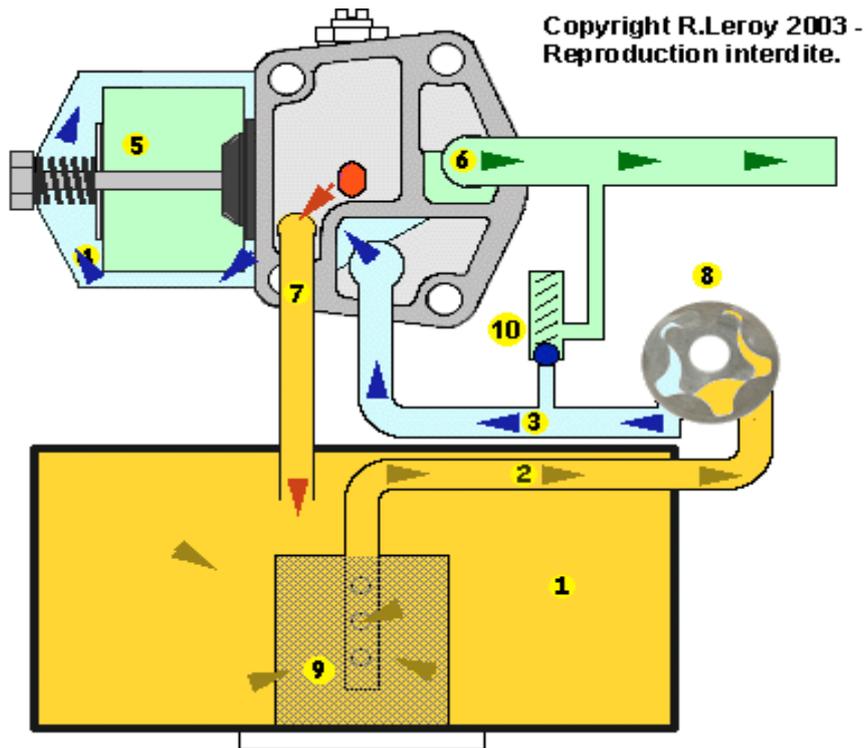


Figure 38 : Circuit de graissage

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.



Figure 39: le carter

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: le carter

La pression exercée par la pompe doit être suffisamment élevée pour assurer la lubrification lorsque le moteur est au ralenti, ce qui implique que la pression sera excessive lorsque le moteur sera à régime élevé.

Pour éviter l'endommagement de certaines pièces, le clapet s'ouvre au-dessus d'une valeur de pression pré réglée par la vis et le ressort. Lorsque la pression d'huile augmente pour une raison quelconque (régime élevé ou tuyauterie localement obstruée), l'huile repousse la bille et retourne alors directement au carter. (Plus on serre la vis et plus la pression lue au manomètre augmente)

La valeur du pré réglage est inférieure à la pression maxi de la pompe, ce qui fait qu'en croisière il s'écoule en permanence une petite quantité d'huile par le clapet de décharge.

La quantité d'huile by-passée dépend du jeu des pièces en mouvement dans le moteur. Au fur et à mesure de l'usure des pièces, la quantité d'huile dans le circuit augmente et celle by-passée diminue.

Remarque : En cas de baisse de pression d'huile, il faut avant de jouer sur la vis du clapet de décharge, s'assurer qu'aucune autre cause fait baisser la pression (particule métallique coincée sous la bille, fuite dans le circuit...).



Figure 41: le clapet



Figure 42 : Régulateur

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.

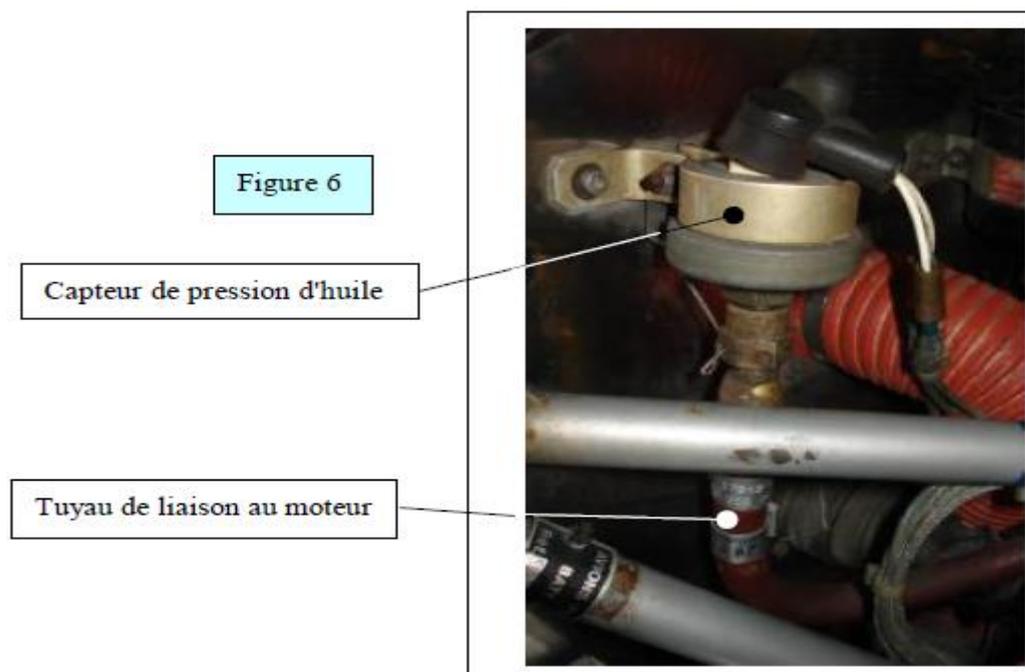


Figure 43: position du capteur de pression

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 avions:

- les filtres externes au moteur constitués d'un carter contenant des cartouches jetables et réunies 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 les explosions.

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.)

Circuit de Démarrage

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 :

- La vaporisation de l'essence.
- Une f.e.m d'allumage correcte.
- Une pression de compression suffisante (T° 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 boîte).

- 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

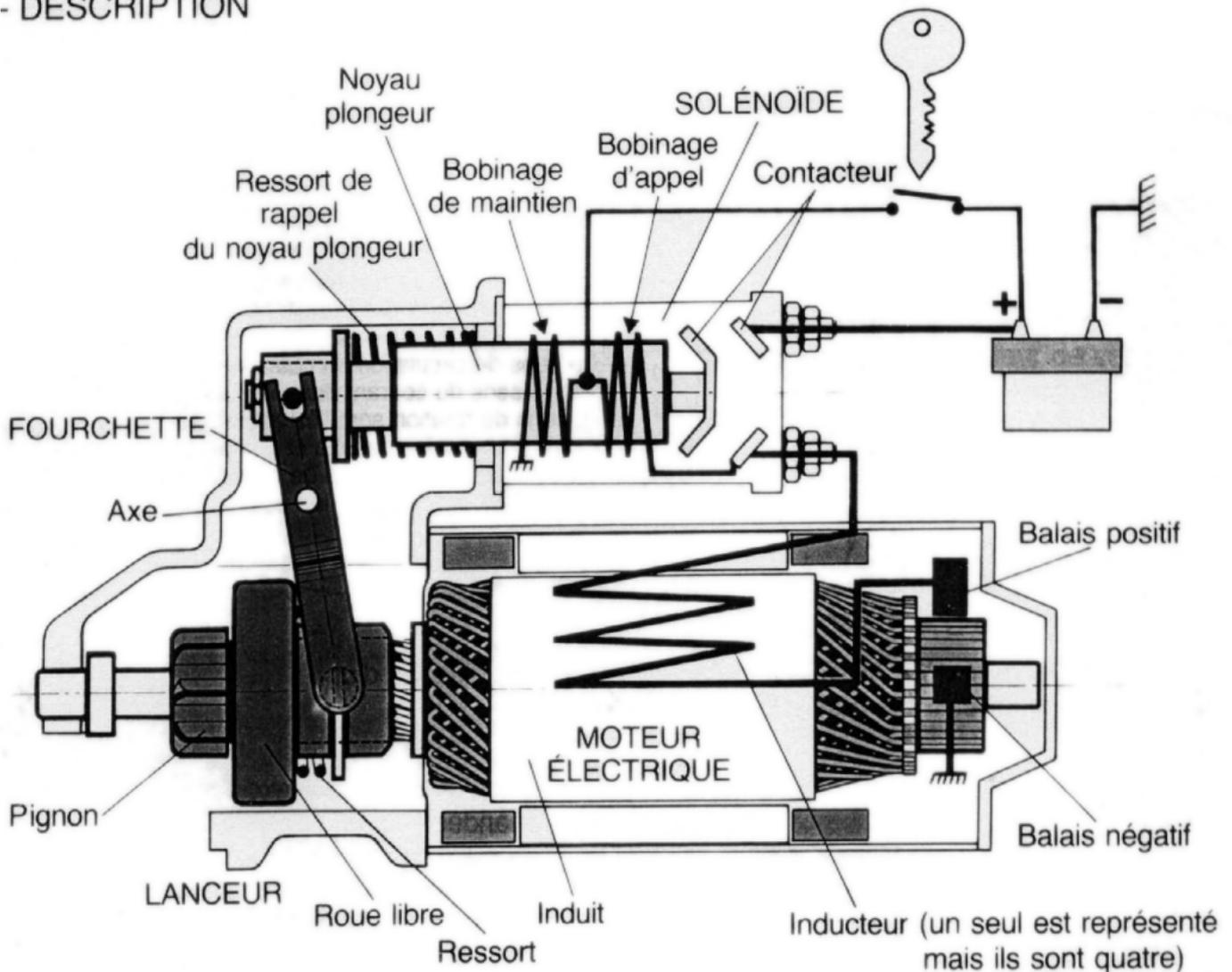


Figure 45:vue d'un démarreur

5- FONCTIONNEMENT :

5.1. 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

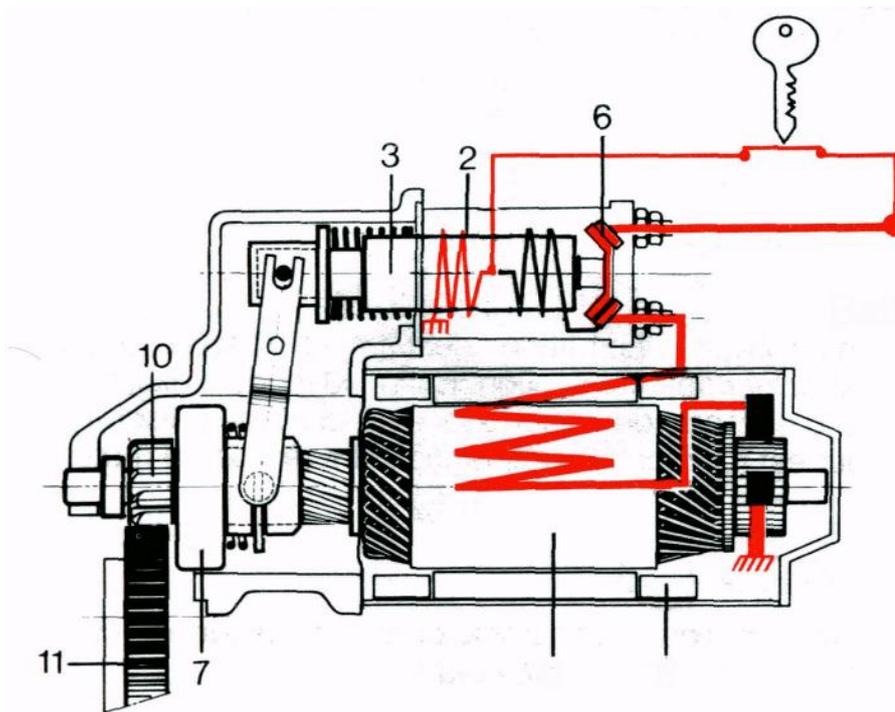


Figure 46: Position de démarrage

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.

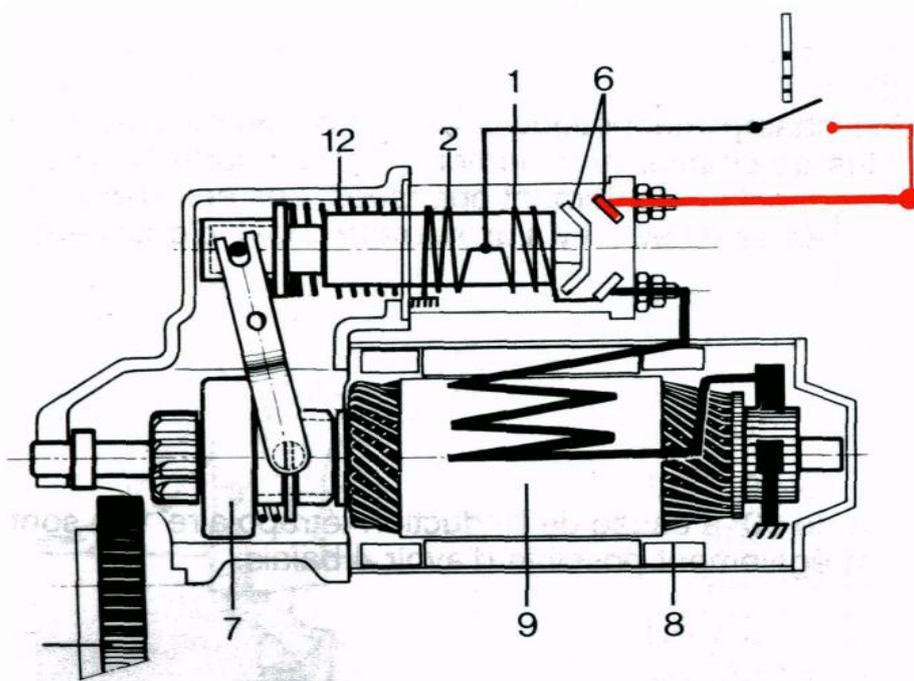


Figure 47:Clé de contact relâché

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/>