

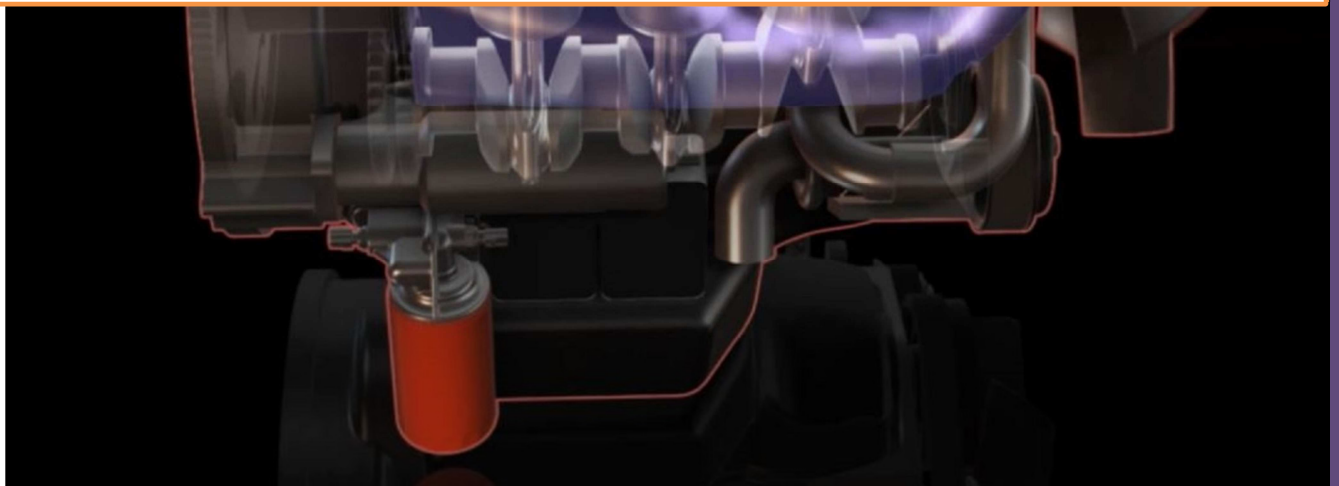
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE BLIDA1

INSTITUT D'AERONAUTIQUE ET DES ETUDES
SPATIALE



COURS

TECHNOLOGIE DES MOTEURS A PISTONS



Préparé par Monsieur : KBAB Hakim

PLAN DU COURS

- CHAPITRE I : GENERALITES, HISTORIQUE DES MOTEURS A PISTONS
- CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEURS A PISTONS
- CHAPITRE III : FONCTIONNEMENT DES MOTEURS A PISTONS
- CHAPITRE IV : MOTEUR DIESEL
- CHAPITRE V : MOTEUR DEUX TEMPS ; MOTEUR ROTATIF ; TURBOCOMPRESSEURS
- CHAPITRE VI : LA DISTRIBUTION
- CHAPITRE VII : LE REFROIDISSEMENT
- CHAPITRE VIII : L'ALIMENTATION
- CHAPITRE VIII : L'ALLUMAGE
- CHAPITRE VV : RECHERCHE METHODIQUE DES CAUSES DE MAUVAIS FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR A PISTONS

CHAPITRE I : HISTORIQUE ET GENERALITES

MOTEURS A PISTONS

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SMOTEURS A PISTONS

I-1 : DEFINITION :

Les moteurs thermiques s en général, sont définis comme des machines qui transforment l'énergie thermique en énergie mécanique. L'énergie thermique peut être obtenue par combustion d'un mélange d'air et du combustible. Selon le lieu de déroulement de la combustion, ils se divisent en deux groupes :

- **moteur à combustion externe** : Où la combustion est organisée à l'extérieur du moteur. Les machines à vapeurs sont un exemple de ce groupe.

- **moteur à combustion interne** : Où la combustion est organisée à l'intérieur du moteur, dans la chambre de combustion. Les moteurs à pistons, les turbines à gaz et les turboréacteurs font partie de ce groupe.

Mais traditionnellement, l'appellation des moteurs à combustion interne est réservée, uniquement, aux moteurs à pistons

I-2 : PRINCIPE DU MOTEUR

Dans un moteur on utilise la détente des gaz portés à hautes températures par la combustion d'un carburant dans l'air

I-3 : quelques dates importantes des GMP

- 1861 : premiers vrais moteurs à explosion à gaz fut breveté par *Etienne Lenoir*
- 1862 : *Beau de Rochas* publiât une étude décrivant le fonctionnement d'un moteur à quatre temps
- 1884 : première voiture à moteur, sur le principe du moteur à quatre temps, sans la commercialiser par *Dalmar Deboleville*
- 1885 : *G Daimler* réalise un moteur à pétrole à quatre temps qu'il met sur un vélocipède en bois
- 1894 : apparaît les premiers réseaux de vente pour une moto « *la Hildbrand et Wolfmoller* ou la « pétrolette » équipé d'un moteur à quatre temps avec une vitesse de 8 Km/h
- 1899 : le fabricant *Paris-Singer* conçoit un moteur à quatre temps sans soupapes
- 1900 : *Humbert* construit un des premiers moteurs avec soupapes d'admission et d'échappement
- 1913 : *Rova-Kent* fabriquent des moteurs à quatre soupapes *Cyclone* réalise les 1ers bicylindres en V
- 1920 *Superb Four* fabrique: un moteur à quatre cylindres

I-4 : Les moteurs à pistons et l'aéronautique :

Des 1914, l'aéronautique utilise déjà des moteurs à pistons, et beaucoup d'avions sont équipés encore. Leurs prix d'achat étant moins chers que le turboréacteur. Ils sont construits sur le même principe que celui de l'automobile, étant, sans exception refroidit à l'air. Comme leur masse joue un rôle prépondérant, on a cherché à réduire les épaisseurs des parois et les dimensions des pièces

- 1914 : l'aéronautique utilise un moteur à pistons de 75 KW et de 150 KG
- 1939-19345 : De Havilland (G.B), Renault (France) construisaient des moteurs à 4 cylindres (100-110 KW)

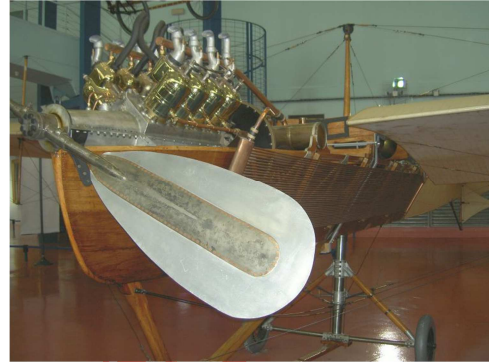
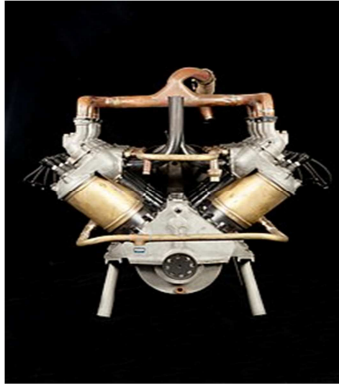
I-5 : QUELQUES MOTEURS A PISTONS UTILISES (1914-1945)

L'aviation moderne est née le jeudi 17 décembre 1903 lorsque les Américains Orville et Wilbur Wright parvinrent à faire voler plusieurs fois de suite leur Flyer. Grâce à leur moteur artisanal en ligne refroidi par eau, de 12 CV à 4 cylindres, ils réussirent à rester en vol pendant 59 secondes et à parcourir 259 mètres. Avant les frères Wright, bien d'autres ingénieurs avaient essayé mais sans succès, car leurs moteurs, généralement des moteurs à vapeur, étaient bien trop lourds et pas assez puissants. Parmi ceux-là on peut citer les Français Félix du Temple et Clément Ader, dont on oublie souvent qu'ils ont surtout travaillé, à la fin du XIXème siècle à réduire le poids du moteur à vapeur qu'ils voulaient monter sur leurs appareils. Rapidement, les premiers pionniers comprirent que le moteur était essentiel pour parvenir à leurs fins. Souvent, ils élaborèrent leurs projets autour des propulseurs déjà existants. Le plus souvent utilisé fut au début le moteur "Antoinette" car au moment où il apparut, il répondait à l'attente des inventeurs.

1. Moteur "Antoinette"

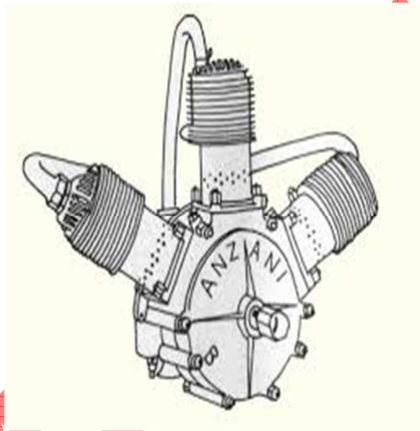
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SMOTEURS A PISTONS

Santos-Dumont utilisa pour la première fois en 1906 le moteur Antoinette à 8 cylindres en V refroidi par eau, de 50 ch. L'Antoinette, conçu et construit en France par Léon Levasseur, devint le propulseur le plus répandu en Europe jusqu'en 1910. Huit cylindres en V de 90 degrés, refroidissement par évaporation, injection directe ; telles étaient les caractéristiques essentielles, très en avance sur leur temps, qui firent de l'Antoinette un moteur sûr, robuste et suffisamment puissant. Le moteur "Antoinette" a permis à de nombreux pilotes d'établir des records.



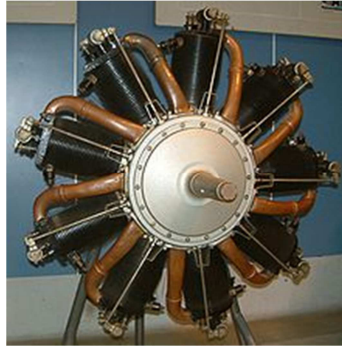
2. Moteur Anzani

On dit que lorsque le Français Louis Blériot traversa pour la première fois la Manche le 25 juillet 1909 à bord du Blériot XI, ce fut un vol risqué, car le moteur utilisé, le moteur Anzani à trois cylindres en étoile n'était pas très fiable. L'Anzani était un moteur semi-radial à 3 cylindres refroidi par air, de 22-25 ch. Sa puissance était donc relativement faible par rapport à celle de ses concurrents les plus directs.



3. Le Rhône

Le Rhône, moteur rotatif de 9 cylindres de 80 chevaux, était un des moteurs les plus fiables au début de la première guerre mondiale. Moteur rotatif signifie que les cylindres tournaient autour de l'axe central, ce qui permettait un meilleur refroidissement. Il équipa de nombreux avions et hydravions de combat alliés. Une version 100 chevaux fut également produite. Elle équipa notamment le fameux avion de chasse Nieuport, l'un des plus réussis des premières années de guerre.



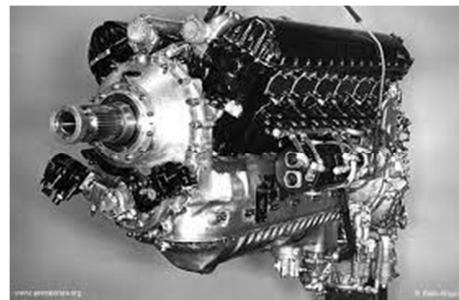
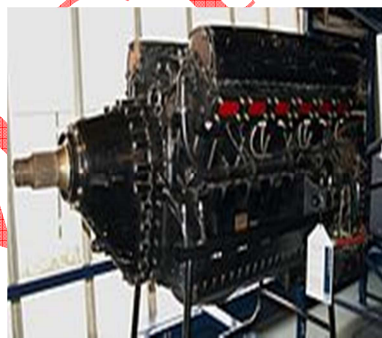
4. Le Liberty

Ce moteur américain de 12 cylindres développait une puissance de 400 ch et tournait à 1750 tours/minute, fut construit à partir de 1917. Il était refroidi par liquide. Ce fut le moteur le plus puissant de la Première Guerre Mondiale, arrivé malheureusement trop tard pour être utilisé en temps de guerre. Il équipa de nombreux appareils américains jusque dans les années trente.



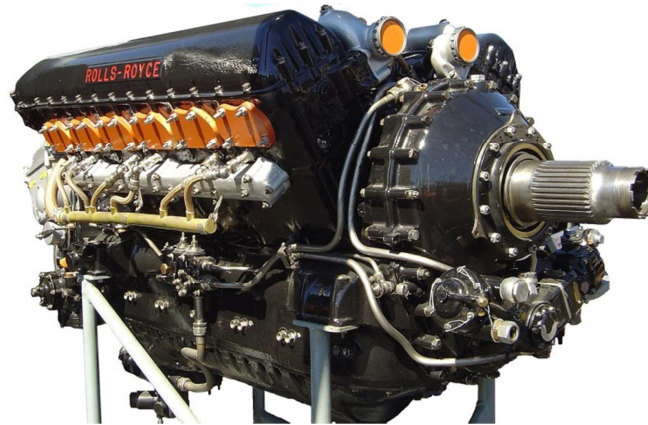
5. Le Rolls-Royce R

Les ingénieurs de la firme Rolls-Royce imaginèrent et construisirent ce moteur pour le monter sur les hydravions *Supermarine* de compétition. Il permit donc au Royaume-Uni de remporter la Coupe Schneider, sorte de championnat du monde de l'époque. Il s'agissait d'un moteur à douze cylindres en V, à refroidissement par liquide, d'une puissance de 2 350 ch à 3 200 tours/mn. De grande qualité, il fut à l'origine de la célèbre lignée des moteurs Merlin, dont furent équipés de nombreux appareils de guerre britanniques de la Seconde Guerre Mondiale, comme le Spitfire.



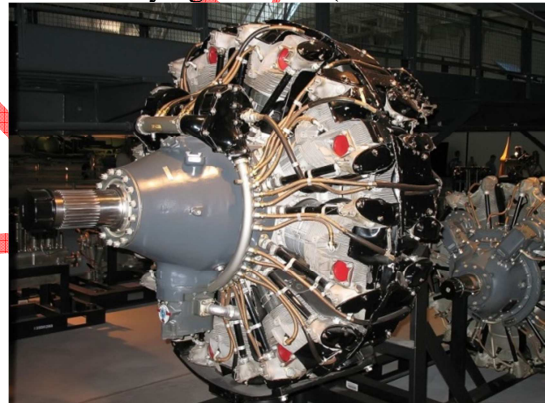
6. Le Rolls-Royce Merlin

Dérivé du moteur Rolls-Royce R, réalisé à la fin des années trente, le Merlin fut construit à plus de 150 000 exemplaires et équipa les avions anglais les plus prestigieux de la seconde guerre mondiale du Hawker Hurricane au Avro Lancaster, en passant par le *Spitfire* ou encore le Mosquito. C'était un moteur à douze cylindres en V, refroidi par liquide et suralimenté. Les premières versions annonçaient une puissance de 990 ch, mais les dernières versions dépassaient 2 000 ch. Le Merlin fut vraiment le moteur de la victoire pour la Royal Air Force.



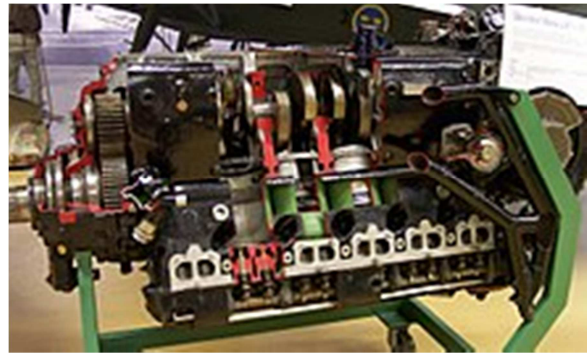
7. *Le Wright Cyclone*

Ce moteur mis au point par la société américaine Wright succéda au Whirlwind. Il fut mis au point aux États-Unis au début des années trente. Il était équipé de neuf cylindres en étoile. Il fut utilisé par de nombreux constructeurs pour équiper des avions de combat qui prirent part à la Seconde Guerre Mondiale, dont le célèbre bombardier B-17 "Flying Fortress" (Forteresse volante).



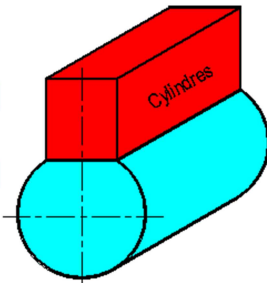
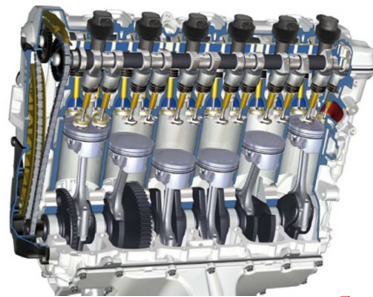
8. *Le Daimler-Benz DB 600-605*

Ce moteur à douze cylindres en V équipa toutes les versions du Messerschmitt 109, le plus célèbre chasseur allemand de la Seconde Guerre Mondiale. Construit à partir de 1937, dans sa version initiale DB 600, il a subi pendant la guerre de nombreuses améliorations. Les ingénieurs utilisèrent pour la première fois le principe de l'injection directe. Le DB 601 avait une puissance de 1050 ch. Il permit à un Messerschmitt Bf109 modifié de battre le record du monde de vitesse avec 610 km/h. Le DB 605 produit à partir de 1941 a sans doute été la version la plus réussie de ce moteur. Il put atteindre les 2000 ch dans sa version de 1944. L'ultime développement de la série, sous le nom de DB 610, se présentait sous la forme de deux DB 605 rassemblés côte à côte. Il avait une puissance de 2870 ch, mais n'équipa qu'un seul avion allemand, le bombardier Heinkel 177. Dès la fin de la seconde guerre mondiale, les moteurs à pistons ont été progressivement remplacés par les premiers réacteurs, d'abord sur les avions de chasse, puis sur la plupart des avions de ligne. Aujourd'hui, il n'y a plus que les avions de tourisme qui soient encore équipés de moteurs de ce genre. Ils sont évidemment bien moins puissants que ceux utilisés en 1945.



I-6 : DIFFERENTS TYPES DE GMP : Il existe plusieurs types suivant la disposition des cylindres et on peut distinguer

I-6-1 : moteur en ligne Les cylindres sont placés dans un même plan



Avantages

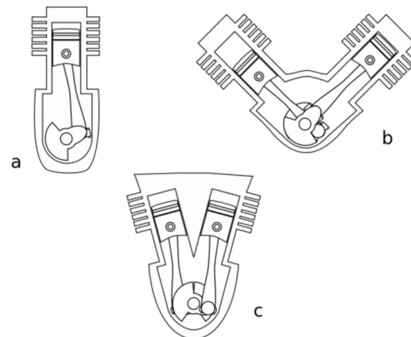
- ✓ Forme simple
- ✓ Mouillage et usinage simple
- ✓ Bonne accessibilité

Inconvénients

- ✓ encombrement en hauteur et en longueur si les cylindres sont nombreux

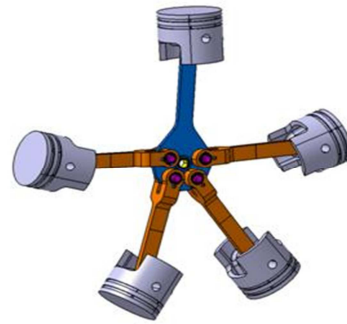
I-6-2 : Moteur en V :

Les cylindres sont repartis en deux groupes égaux et suivant deux plans sur l'axe du vilebrequin (60 à 90), c'est une disposition adéquate pour 6 cylindre et plus. Avantages : disposition qui permet de fabriquer des moteurs de 6 à 12 cylindres équilibré et relativement moins encombrants



Inconvénients : Certains organes sont difficilement accessibles

1.6.3 : moteurs en étoiles : Les cylindres sont repartis radialement autour du vilebrequin



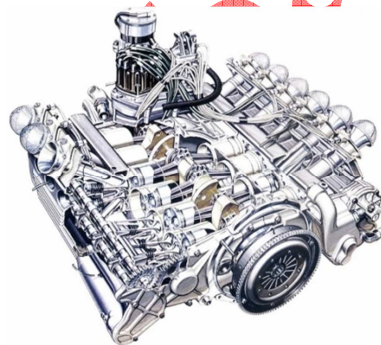
Avantage :

- ✓ refroidissement homogène
- ✓ plus de puissance

Inconvénients

- ✓ c'est encombrant
- ✓ accessibilité très difficile

I-6-4 : moteur plat Cylindres en ligne disposés horizontalement de part et d'autre, c'est une disposition qui permet de gagner de la place en longueur et en hauteur, d'abaisser le centre de gravité du véhicule, mais qui représente un problème d'accessibilité



I-7 : CLASSIFICATION DES MOTEURS

Les moteurs thermiques peuvent être classifiés selon différents principes par exemple

- selon le nombre de temps pour la réalisation d'un cycle, en moteur à quatre temps et moteurs à deux temps
- selon le nombre de cylindres, en moteurs à un seul cylindre et moteurs multicylindres.
- selon la position des cylindres (moteurs en ligne, en V.....)
- selon l'utilisation, en moteurs de transport et moteurs stationnaires
- selon la forme de l'introduction de l'air dans la chambre de combustion, en moteurs naturellement aspirés et moteurs suralimentés
- selon le type de formation du mélange, en moteurs à formation externe du mélange (moteurs à carburateurs) et en moteurs de formation interne (moteurs diesel)
- selon le type du combustible utilisé (essence, diesel, gaz)
- selon le type de l'allumage, en moteurs à allumage par étincelles et moteurs à allumage par compression
- selon le type du système de refroidissement (refroidissement à air ou à eau)

MCI : Kbab H

CHAPITRE II: TECHNOLOGIE DES MOTEURS A PISTONS

MOTEUR A PISTONS

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

1. INTRODUCTION

Un moteur est une machine qui produit un mouvement en transformant

- l'énergie chimique en une énergie calorifique
- l'énergie calorifique en une énergie mécanique ou cinétique

Pour arriver à un tel résultat ; le moteur à allumage commandé qu'on va étudier dans ce chapitre comporte un certain nombre d'organes :

- ✓ Les organes fixes
- ✓ Les organes mobiles
- ✓ Les organes de distribution
- ✓ Les accessoires qui contribuent au bon fonctionnement du moteur

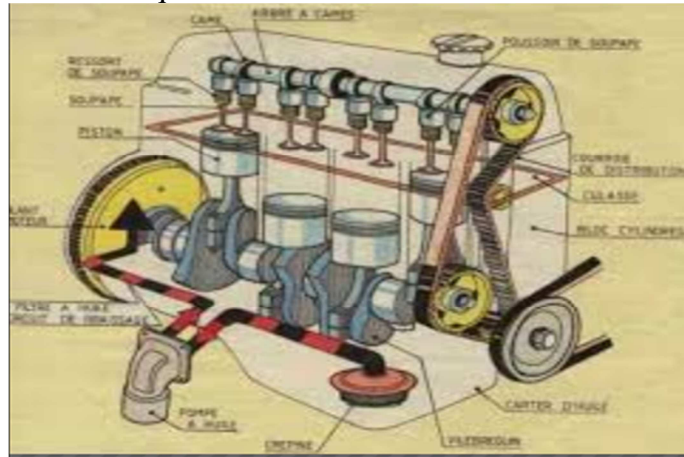


Fig.1 : vue en coupe d'un moteur quatre temps

1. PARTIES FIXES

2.1 BLOC-MOTEUR

Le bloc-moteur, appelé également carter-cylindres, est la pièce maîtresse du moteur (figure 2). Ses fonctions principales sont les suivantes :

- ✓ contenir les cylindres ;
- ✓ supporter le vilebrequin, la culasse, les accessoires...
- ✓ servir de support à l'huile de lubrification ;
- ✓ servir de support à l'eau de refroidissement (si un tel système de refroidissement est utilisé).

Pour assurer ces fonctions, le bloc-moteur doit :

- ✓ être rigide (sinon risque de bruits, problèmes d'étanchéité ou de pertes mécaniques) ;
- ✓ avoir une conductivité thermique suffisante ;
- ✓ être coulable et usinable ;
- ✓ être étanche (huile et eau).

Dans le moteur, le carter-cylindres supporte la pompe à huile, la pompe à eau, l'alternateur, souvent le démarreur et le filtre à huile.

Enfin, au niveau du véhicule, il doit :

- ✓ assurer la liaison avec la boîte de vitesses ;
- ✓ assurer la suspension élastique du moteur par rapport à la structure du véhicule ;
- ✓ permettre le montage d'accessoires prévus en série ou en option :

- ✓ pompe d'assistance de direction,
- ✓ compresseur de climatisation, etc.

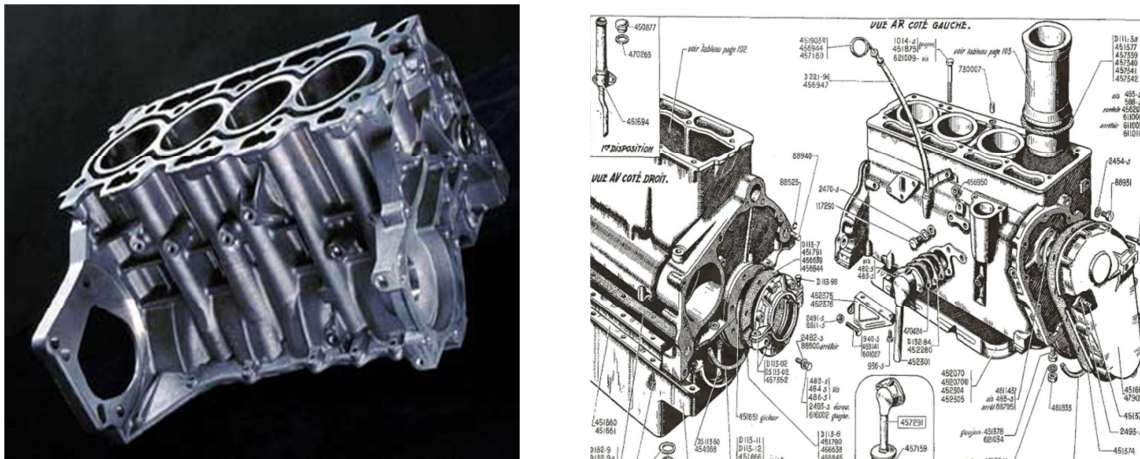


Fig.2 : Bloc Cylindre

2.1.1 CONCEPTION D'ENSEMBLE

La conception d'ensemble de cette pièce est fonction :

- ✓ du matériau employé (aluminium ou fonte) ;
- ✓ des cadences de production ;
- ✓ du procédé de coulée ;
- ✓ de la gamme et des moyens d'usinage...

Carter-cylindres en fonte

Il est conçu avec des parois de 4 mm d'épaisseur de manière à ce qu'il soit facilement coulable, résistant mécaniquement, d'une dureté suffisante et facilement usinable (pas de parties trempées, ni de grains durs). Comme ***technique de fonderie***, on utilise principalement les procédés de moulage au sable avec boîte à noyaux *chaude* (sable + résine) pour avoir une meilleure précision et un bon état de surface. On utilise parfois un procédé de coulée à modèle perdu en polystyrène. Toute la pièce est à usiner et cela nécessite des investissements importants. Comme avantages de ce type de carter, on peut noter

- ✓ la bonne résistance mécanique de la pièce ;
- ✓ la bonne coulabilité du matériau ;
- ✓ le prix de revient intéressant.
- ✓ l'émission de bruit moins importante que pour un carter en aluminium

La précision de la pièce est affectée par des problèmes de :

- ✓ positionnement des noyaux.
- ✓ précision de fonderie.
- ✓ précision des départs d'usinage.
- ✓ poids important, d'autant plus que le moteur est gros.

Carter-cylindres en aluminium

On rencontre généralement un aluminium du **type AS 9U3** ou **AS12UN**. La forme et le tracé de la pièce dépendent essentiellement du procédé de coulée.

1. La ***coulée dans des moules en sable*** ne se rencontre pratiquement plus ; on utilise principalement des moules métalliques.
2. la ***coulée en coquille***, on ne fabrique que des pièces par faibles séries.

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

L'outillage est métallique avec parfois des noyaux en sable et certains usinages sont nécessaires.

3. La coulée sous pression (plusieurs dizaines de méga pascals) est un procédé très courant pour les grandes séries mais les investissements sont très importants.

Ce type de coulée permet de réduire un certain nombre d'usinages (les avant-trous et les canalisations d'huile peuvent être obtenus directement de fonderie) et permet d'obtenir une grande précision dans les formes .

En revanche, la coulée sous pression ne peut pas se faire avec des noyaux. La peau du métal étant la plus saine, il faut veiller à sa conservation lors des usinages pour éviter les problèmes de contraintes mécaniques et d'étanchéité. Le problème d'étanchéité impose parfois le recours à un *mogulage* pour boucher les cavités de l'aluminium.

4. coulée basse pression (*new die casting*), on obtient une bonne santé de la matière, mais les investissements sont élevés et les cadences de production restent faibles

2.1.2 DIFFERENTS TYPES DE REALISATION

Carter-cylindres avec chemise intégrée

Par chemise intégrée, on désigne la partie interne du cylindre donc réalisée avec le même matériau que le cylindre.

Carter en fonte

La conception avec chemise intégrée est habituellement réservée à la fonte (type graphite lamellaire GLBI). Elle nécessite un matériau assez dur pour faire les chemises et pas trop dur pour ne pas augmenter démesurément les coûts d'usinage.

On trouve à l'intérieur de cette catégorie deux types de réalisations :

1. Carter-cylindres avec chambre d'eau ouverte en partie supérieure (a) : cette conception, simple à réaliser, permet de refroidir correctement le haut des chemises ;
2. Carter-cylindres avec tablature (b) : cette conception complique la fonderie et limite le refroidissement des cylindres dans leur partie supérieure qui est la plus chaude. Pour résoudre le problème de refroidissement en sommet de chemise, on est parfois amené à faire un trou ou une rainure entre les cylindres pour qu'il y ait une circulation de liquide de refroidissement. Avec cette conception, la rigidité du carter est améliorée et la tenue du joint de culasse est meilleure.

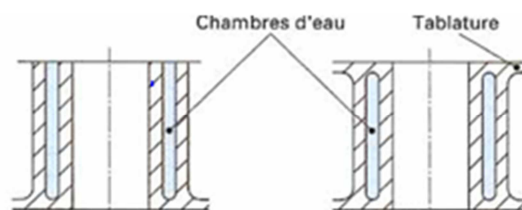


Fig. 3: configuration des cylindres avec chemises intégrées en fonte (a : chambres ouvertes ; b : avec tablature)

Carter en aluminium

Il existe également des carters-cylindres en alliage léger avec chemise intégrée.

1. Carter-cylindres en aluminium hypersilicié (AS17U4G) non revêtu : il est procédé à une corrosion à l'intérieur des chemises au cours de laquelle une très fine couche d'aluminium est décapée ne laissant que de minuscules cristaux de silicium constituer une surface résistante à l'usure. Au niveau des pistons, il est parfois fait appel à un revêtement du type ferrage électrolytique d'autrefois ; ce n'est pas le cas des pistons en AS 12 UN qui sont utilisés sans revêtement.

Exemples : moteur V 12 BMW, moteur V8 Mercedes et moteur V8 Porsche

2. Carter-cylindres en aluminium (AS12UN) avec revêtement
on peut citer, comme revêtement le chrome dur ou poreux,

Exemple : certains moteurs 2 temps Motobécane.

3. Le dépôt électrolytique de nickel + carbure de silicium.

Exemples : Nikasil sur les trochoïdes des moteurs Wankel, Nickel composite sur le bicylindre à plat de Citroën ou sur certains 2 temps de Peugeot cycles.



Fig.4 : Cylindre en aluminium avec chemise intégrées

Carter-cylindres avec chemise sèche rapportée

Ce type de chemise (a), rajoutée au cylindre, n'est pas en contact avec l'eau de refroidissement.

■ Chemise emmanchée à force

La chemise emmanchée à force peut être en fonte (épaisseur de 1,7 à 2 mm) ou en tôle roulée (épaisseur d'environ 1 mm). L'usinage de la chemise est fini après emmanchement. Le réalésage est possible. Cependant, le transfert thermique reste délicat à cause de la discontinuité entre la chemise et le bloc. Cette technique est utilisée en série chez Mercedes

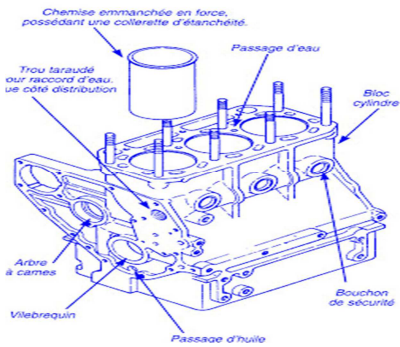


Fig.6: Bloc cylindres avec chemise rapporté (avec emmanchement)

Chemise en fonte insérée à la coulée dans un bloc aluminium

Ces chemises sont généralement en fonte GL perlitique (GL pour graphite lamellaire). Cette technique est très utilisée par les Japonais (Honda, Toyota, Daihatsu, Suzuki, Subaru...) et par Volvo (5 et 6 cylindres).

L'épaisseur des chemises est de 2 à 3 mm. La chemise peut aller jusqu'en haut du cylindre ou non. Il est en effet possible d'arrêter la chemise à environ 3 mm du sommet. Ce type de conception présente l'avantage d'une portée du joint de culasse uniforme (en un seul matériau), ce qui évite les dilatations thermiques différentielles. L'usinage de ce type de bloc est difficile car la fonte et l'aluminium ont des duretés différentes.



Fig.7 : Bloc cylindre en aluminium avec chemise rapporté (à la coulée)

Carter-cylindres avec chemise humide amovible

Ce type de chemise amovible est en contact avec l'eau de refroidissement. Cette conception offre la possibilité de choisir le matériau de la chemise pour une meilleure résistance à l'usure. Cela permet de libérer le carter-cylindres des normes de dureté (gain pour l'usineur). La facilité de remplacement de la chemise est aussi un avantage. Les déformations dues au montage sont un inconvénient.

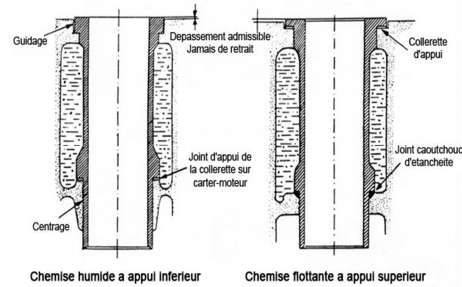


Fig.8: Bloc cylindres avec chemises amovibles

■ Chemise suspendue

Le haut des chemises comporte une collerette qui est serrée entre le carter-cylindres et la culasse (dépassement de 0,02 à 0,10 mm). L'étanchéité en partie basse est réalisée par un ou plusieurs joints en caoutchouc. Cette solution n'est plus utilisée en automobile. Dans ce type de bloc avec collerette, la portée du joint de culasse ne va pas être modifiée lors de dilatations thermiques différentielles entre la chemise et le cylindre. Les inconvénients sont la nécessité d'une bonne perpendicularité de la face d'appui de la collerette avec l'axe de centrage de la partie basse de la chemise, la rigidité de la collerette à assurer, le faible refroidissement du haut des cylindres.

■ Chemise comprimée

C'est la solution qui est la plus répandue de nos jours en automobile. L'étanchéité en bas de la chemise peut être assurée :

- par un joint papier ou acier placé sous la zone d'appui, l'épaisseur de ces joints peut aller de 0,02 à 0,15 mm ;
- par un joint torique en caoutchouc placé autour de la chemise et qui vient dans un logement du bloc, les diamètres de tore varient couramment entre 1 et 3 mm.

L'étanchéité en haut de la chemise est assurée par le joint de culasse. Pour être sûr d'avoir une bonne étanchéité aux gaz (pression de combustion de l'ordre de 7×10^6 Pa en moteur à allumage commandé), il est nécessaire de prévoir un dépassement de la chemise par rapport au plan de joint du cylindre.

■ Chemise appuyée au milieu ou en appui intermédiaire

Dans les moteurs de compétition, on rencontre fréquemment des chemises intermédiaires entre chemises comprimées et suspendues. Les dépassements de la chemise sont faibles et les déformations dues au serrage du joint de culasse sont diminuées. Seule la partie supérieure de la chemise, partie la plus chaude, est refroidie et la quantité d'eau de refroidissement s'en trouve réduite.

2.1.3 Valeurs d'entraxe des chemises

Suivant le type de chemise choisi, la longueur totale du moteur va être modifiée. La figure ci-dessous donne des exemples de distances inter chemises.

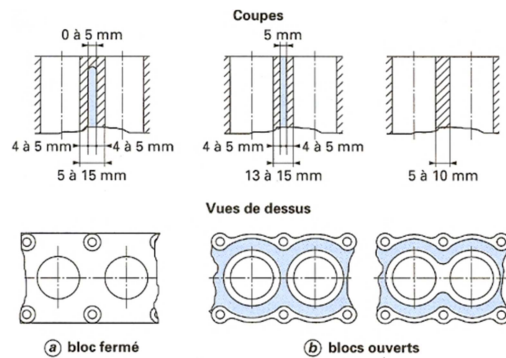


Fig.9: valeur des entraxes

2.1.4 Fixation de la culasse

On trouve généralement quatre points de fixation de la culasse par cylindre pour les moteurs d'automobile. En revanche, pour des moteurs diesels suralimentés de forte puissance, on peut trouver jusqu'à sept points de fixation. Les bossages de fixation de la culasse sont soit raccordés aux parois extérieures du bloc (souvent le cas des blocs ouverts à chemises comprimées), soit raccordés aux parois extérieures des cylindres (possible uniquement dans le cas de chemises intégrées), soit séparés des parois (bossages descendant jusqu'au bas du carter). La zone filetée se trouve toujours éloignée du plan de joint de la culasse pour avoir des vis longues et élastiques. Le carter-cylindres se trouve sollicité en traction et parfois en flexion si les vis de fixation de la culasse d'une part et des paliers de vilebrequin d'autre part sont courtes et non alignées. Une solution à cette sollicitation peut être trouvée en utilisant des tirants uniques mais cela conduit à un coût de visserie élevé et à des problèmes de montage.

2.1.5 Carter-cylindres et bruits

Il est important de noter que l'émission des bruits varie en sens inverse de la rigidité du bloc. Pour augmenter la rigidité d'un bloc-cylindres, on utilise parfois une plaque de rigidification placée sous les paliers de vilebrequin ou un carter inférieur très nervuré ou encore un carter chapeau (carter intégrant dans la même pièce les chapeaux des paliers). Pour combattre les problèmes de bruit, la fonte est plus intéressante que l'aluminium.

2. LES CHEMISES

Plusieurs types de chemises intégrées, rapportées ou amovibles que nous avons déjà étudiées dans le paragraphe précédents. La chemise doit se déformer le moins possible pour éviter des consommations d'huile importantes ou même des grippages de piston et avoir un état de surface permettant la lubrification correcte du piston et des segments sans usure excessive.



Fig.10 : les chemises

La chemise est caractérisée par trois critères

- C_R , le **critère de rodage**, détermine la faculté d'adaptation des surfaces lors du rodage
- C_F , le **critère de fonctionnement**, détermine la durée de vie de la surface en fonctionnement.
- C_L , le **critère de lubrification**, détermine la possibilité d'avoir une bonne lubrification entre le moment où la surface est rodée et celui où elle est trop polie, ce qui entraînerait une mauvaise rétention d'huile et par conséquent une consommation d'huile plus importante et des risques de grippage.

Ces critères sont définis par le constructeur.

TECHNOLOGIE DES CHEMISES Les chemises sont souvent en fonte GLC 1 ou GLC 2 (graphite lamellaire). La température des chemises augmente quand on se rapproche du haut de la chemise. Actuellement, avec des refroidissements par eau, la température maximale en haut de chemise est d'environ :

- ✓ 210 °C pour les blocs en fonte avec chemise intégrée
- ✓ 200 °C pour les blocs en aluminium avec chemise amovible en fonte.
- ✓ 180 °C à 190 °C pour les blocs en aluminium avec chemise intégrée.

Les défauts de forme rencontrés sur les chemises sont :

- ✓ des défauts de rectitude,
- ✓ des défauts de cylindricité,
- ✓ des déformations locales.

Ces défauts peuvent être provoqués par le serrage de la culasse et les conséquences peuvent être les suivantes:

- ✓ consommation d'huile excessive.
- ✓ usure des cylindres.
- ✓ grippage des pistons.
- ✓ Brûlure ~~des~~ segments.
- ✓ gaz de carter ou *blow-by* très important.

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

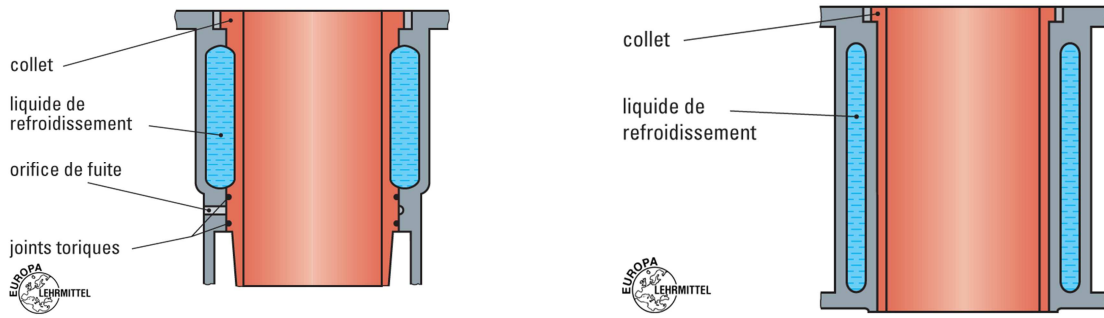


Fig.11: présentation de conception de chemises sèches et humides

2.3 LA CULASSE

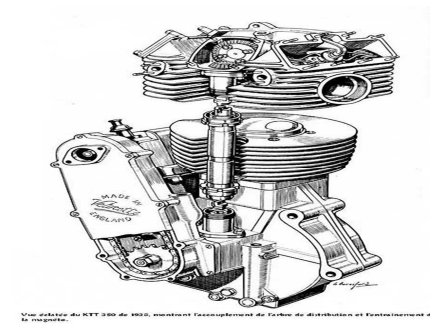
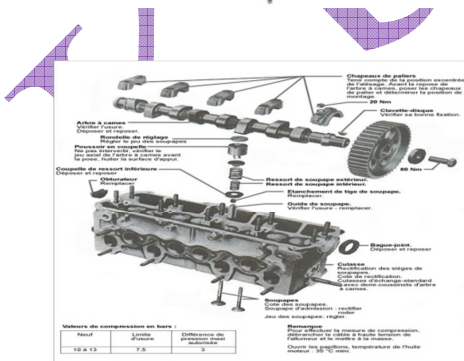
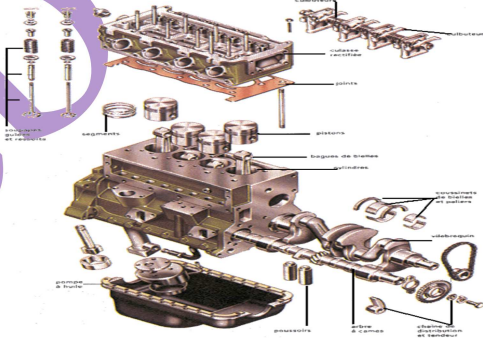
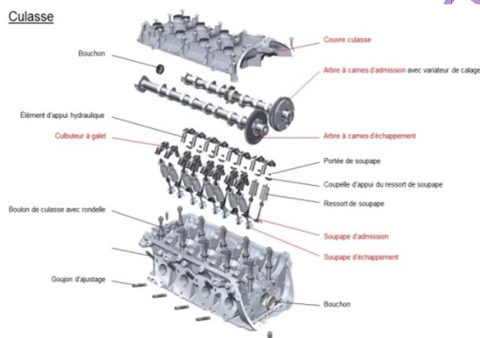
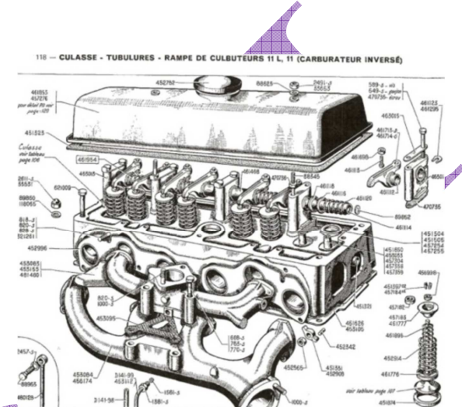


Fig.12: différentes technologies de la culasse et ses éléments

Le rôle de la culasse : La culasse (fig.12)

- délimite le haut de la chambre de combustion et les conduits des gaz (air frais, gaz brûlés).
- Elle permet le fonctionnement correct des soupapes et le maintien de la bougie.

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

- La culasse contient les circuits d'eau de refroidissement
- d'huile de lubrification
- dans de nombreux cas actuellement, supporte le (ou les) arbre(s) à cames
- les systèmes de distribution (poussoirs, culbuteurs, linguets, ...).

Les qualités requises pour une culasse

Pour répondre à ces exigences, on doit utiliser un matériau qui :

- A une bonne conductivité thermique,
- A la meilleure rigidité possible
- Ne soit pas sensible aux criques thermiques
- Est coulable et usinable.

Technologie de la culasse La conception d'ensemble est fonction :

- ✓ des cadences de production
- ✓ des procédés de coulée
- ✓ des moyens d'usinage, etc.

La forme de la culasse est en fonction de

- ✓ Système de refroidissement (air/eau)
- ✓ La position des soupapes (latérales ou en tête)
- ✓ La position de l'arbre à cames (latéral ou en tête)
- ✓ Le nombre d'arbres à cames et le nombre de soupapes
- ✓ Est-ce une culasse démontable ou indémontable

Généralement les culasses sont coulées en coquille (moules métalliques) pour l'extérieur, avec des noyaux pour l'intérieur. Actuellement, les culasses sont généralement en alliage d'aluminium contenant du silicium, du cuivre et du magnésium : AS5U3G à AS8U3G. Elles peuvent également être réalisées en AS7G. Les guides de soupape sont généralement en fonte, en laiton ou en bronze. Leur épaisseur est de 2 à 3 mm et ils sont emmanchés à force dans la culasse. Les guides doivent dépasser le moins possible dans les conduits des gaz pour deux raisons :

- la partie qui dépasse crée un obstacle aux écoulements des gaz.
- la partie qui dépasse est mal refroidie.

La plupart du temps, les sièges de soupape sont rapportés dans la culasse et tiennent par emmanchement. Cet emmanchement est généralement réalisé en chauffant la culasse et en refroidissant le siège avec de l'azote liquide.

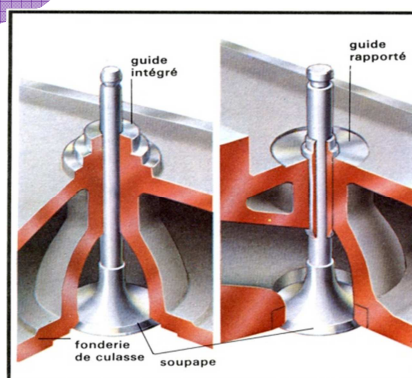


Fig.13 : guides et sièges de soupapes

La matière des sièges était autrefois généralement de la fonte. L'augmentation des performances et plus récemment le passage à l'essence sans plomb (ou l'utilisation du GPL, Gaz de Pétrole Liquéfié) ont rendu obligatoire l'utilisation de sièges en acier. Parmi les aciers le plus couramment utilisés, on peut distinguer :

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

- l'acier coulé type Z 130 CWDV 6-5-4-2.
- l'acier fritté en fort développement actuellement car il est moins cher (de 2 à 3 F/siège au lieu de 4 à 5 F/siège pour les aciers coulés) et que l'on peut y incorporer les lubrifiants solides (type bisulfure de molybdène ou sulfure de manganèse) qui améliorent la tenue à l'usure, et des éléments comme le cuivre qui diffusent dans la matrice et améliorent la conductivité thermique ; mais il est parfois difficile à usiner.

Après emmanchement, les sièges de soupape sont usinés concentriquement aux guides de soupapes. L'angle de siège le plus souvent utilisé est de 45° ; l'angle de 60° est parfois utilisé pour les sièges d'admission. Pour mieux contrôler la longueur de la portée sur le siège, un usinage à 3 pentes est souvent réalisé (usinage avec un outil de forme). Le raccordement entre le siège, et le conduit doit être réalisé avec beaucoup de soin pour éviter des problèmes de remplissage en air du moteur, d'où la nécessité d'usiner ce raccordement si l'on veut avoir plus de puissance (de 2 à 3 kW en plus).

2.4 JOINT DE CULASSE Le joint de culasse assure l'étanchéité :

- aux gaz entre culasse et chemises.
- à l'eau vers l'extérieur (entre culasse et bloc-cylindres) et vers le cylindre (entre culasse et chemises).
- à l'huile vers l'extérieur (entre culasse et bloc-cylindres) et entre l'huile et l'eau.

Le joint est sollicité par:

- ✓ des contraintes mécaniques de serrage, de pression des gaz (et des fluides à étancher),
- ✓ de dilatations thermiques différentielles entre le bloc et la chemise,
- ✓ de vibrations
- ✓ des contraintes chimiques dues aux gaz de combustion, au liquide de refroidissement, à l'huile, etc.
- ✓ des contraintes thermiques.

LES MATERIAUX Un matériau pour joint de culasse doit présenter de bonnes caractéristiques pour :

- la résistance à la pression et au cisaillement.
- la plasticité superficielle (micro-adaptation) pour permettre une adaptation du joint aux surfaces avec lesquelles il est en contact.
- l'élasticité interne (macro-adaptation) pour permettre au joint de garder une tension dans les vis (tout en compensant les dilatations) et d'accepter les déplacements relatifs chemise/bloc.
- l'imperméabilité interne pour ne pas permettre au liquide de *migrer* dans le matériau.

la résistance chimique et à la chaleur pour permettre au joint de vieillir correctement et de tenir en endurance

TECHNOLOGIE

A. Joints combinés (matériau tendre-armature métallique)

Autrefois, on pouvait trouver des joints avec une armature en fil d'acier tissé avec une pâte amiante-caoutchouc calandré. Actuellement, la majorité des

joints de culasse possèdent une *armature en tôle métallique* sur toute la surface du joint. Des *matériaux tendres* particulièrement résistants aux influences chimiques et physiques étaient constitués il y a quelques années de pâtes d'amiante-caoutchouc calandrées ou de cartons d'amiante. Ils sont maintenant remplacés par des pâtes calandrées ou des cartons de matériau sans amiante car l'utilisation de l'amiante est interdite dans de nombreux pays. Ces matériaux tendres sont liés à l'armature métallique par l'intermédiaire de poinçons (ou picots) pratiqués dans celle-ci. La résistance aux hautes températures des gaz de combustion impose des sertissures en acier tout autour de la chambre de combustion. Ces sertissures peuvent être en acier non traité, zingué, galvanisé ou inoxydable (meilleur pour la résistance au cliquetis). L'épaisseur de ce sertissage a une grande influence sur la répartition des pressions de serrage. *L'étanchéité à l'huile et à l'eau* est souvent améliorée par des cordons de silicone parfois sérigraphiés sur le joint aux abords des trous de passage d'eau ou d'huile. On peut parfois trouver des sertissures métalliques autour de certains trous de passage d'huile par exemple (pressions élevées). Ces joints peuvent très bien s'ajuster sur des surfaces irrégulières en se déformant.

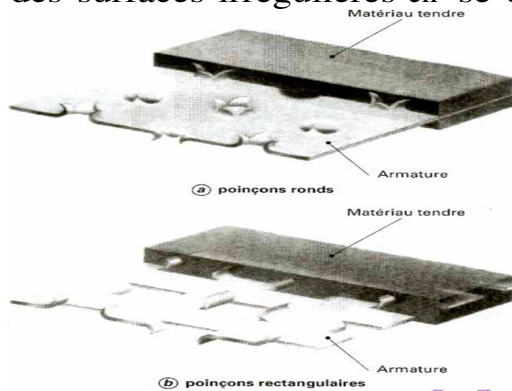


Fig.14 : joints combinés avec poinçons

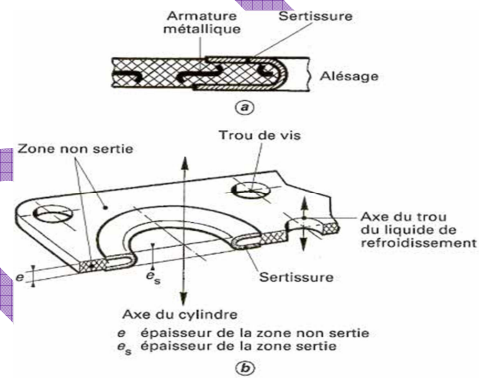


fig.15: joints combinés avec sertisseurs

B. Joints métalliques

Ces joints possèdent un corps de joint métallique en une ou plusieurs parties. Des éléments réalisés en d'autres matériaux peuvent être ajoutés, associés librement ou rendus solidaires de ce dernier (parties en caoutchouc autour des trous de passage des fluides par exemple).

C. Joints mixtes

On peut enfin trouver des joints où les étanchéités aux fluides sont assurées par du matériau tendre et les étanchéités aux gaz par des joints métalliques.

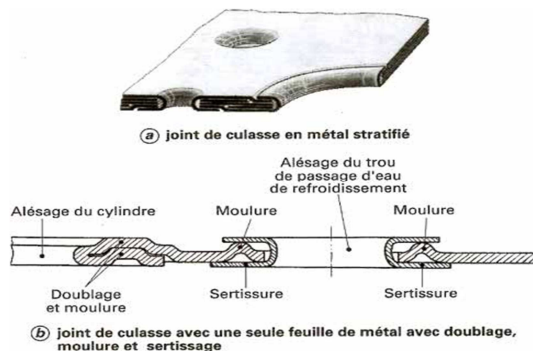


Fig.16 : joint metalique

Principales causes de détérioration

1. Le manque d'eau, souvent dû à une fuite d'eau à une liaison embout-durite-collier ou au radiateur, peut créer un point chaud dans la culasse suivi d'une déformation de celle-ci et donc d'une fuite.
2. Une mauvaise circulation d'eau près du joint de culasse crée un point chaud et les mêmes effets qu'un manque d'eau.
3. Lors d'une mauvaise combustion dans la chambre, un cliquetis important peut provoquer une fissure de la sertissure d'acier suivie d'une brûlure du matériau tendre et de passage de gaz.

Mise au point

A. **Essais sur les matériaux** Ils sont faits dans les laboratoires de chimie pour vérifier l'étanchéité interne, la résistance à la température, la résistance aux fluides, la reprise élastique, etc.

B. **Essais statiques** L'interposition entre le joint et la culasse d'un matériau sensible à la pression permet de voir la répartition des efforts lors du serrage.

C. **Essais moteur** Les essais les plus sévères pour les joints de culasse sont les essais de *choc thermique*. Il existe plusieurs types d'essais sur le moteur en fonctionnement, pendant lesquels l'eau du circuit de refroidissement passe brutalement d'une température élevée à une température basse. Le moteur tournant à pleine puissance, on peut par exemple faire varier la température du liquide de refroidissement de sa température de fonctionnement (environ 85 °C), jusqu'à 25 °C par injection d'eau extérieure dans le circuit de refroidissement du moteur. D'autres essais consistent à injecter dans le circuit de refroidissement un liquide à des températures fortement négatives (-15 °C). La qualité du joint de culasse est évaluée par son étanchéité aux gaz de combustion que l'on mesure à l'aide d'une pression d'azote injectée dans le cylindre lorsque le moteur est arrêté.

3. ATTELAGE MOBILE

LE VILEBREQUIN Est un arbre constitué de manivelles. Son rôle est de transformer à l'aide de la bielle les efforts linéaires du piston en couple exploitable.

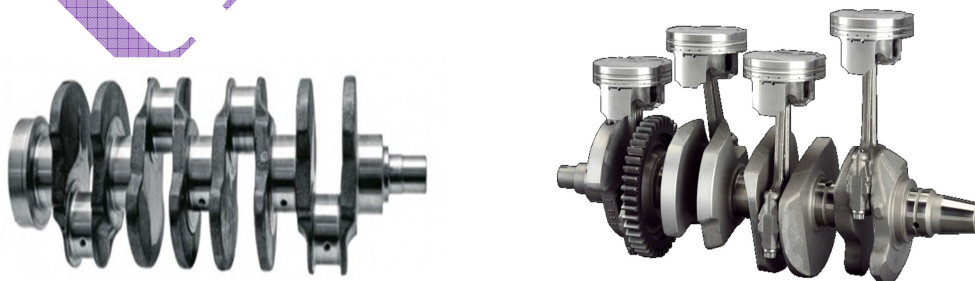


Fig.17 : Le Vilebrequin

C'est l'arbre du moteur, il reçoit l'effort produit dans chaque un des cylindres par la combustion et la détente du mélange carburé. L'énergie qu'il reçoit de la bielle permet l'entraînement de tous les accessoires .Il commande l'allumage, la pompe à essence, l'alternateur, la pompe à l'huile et la, pompe à eau. On trouve d'un côté du vilebrequin

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

le volant moteur ou volant d'inertie qui permet de limiter l'irrégularité cyclique du régime de rotation (surtout gênante au ralenti et aux bas régimes), qui sert de porte-couronne de démarreur et qui supporte le couvercle d'embrayage. De l'autre côté, on trouve généralement la poulie de distribution mais celle-ci peut aussi se trouver au centre du vilebrequin (cas de la majorité des moteurs de moto). Sur quasiment tous les moteurs diesels et sur quelques moteurs à essence, on trouve également de ce côté un système permettant de diminuer les oscillations de torsion appelé damper. Le nombre de cylindres, l'architecture du moteur conditionnent sa forme et rendent son équilibrage plus au moins délicat. A ses fonctions mécaniques, il faut ajouter le rôle important que jouent le vilebrequin dans l'acheminement du lubrifiant

SOLLICITATIONS Le vilebrequin est soumis à des efforts :

- de flexion (efforts des bielles)
- de torsion (couple engendré par le système bielle-manivelle)
- de vibrations de torsion et de flexion.

Pour résoudre des problèmes de vibrations de torsion dues aux efforts, on est parfois amené à monter une poulie damper en bout du vilebrequin côté opposé au volant d'inertie qui amortit ces oscillations. Autrefois, le système le plus utilisé était le damper à friction. De nos jours, on rencontre essentiellement des dampers avec caoutchouc ou des dampers visqueux.

TECHNOLOGIE D'UN VILEBREQUIN



Fig.18: Technologie Du Vilebrequin

A : les portées : axe de rotation qui repose sur les paliers du carter moteur

B : les masses : assure la liaison entre les portées et les manetons, permettent au vilebrequin de passer les temps morts (sans "explosion") du moteur grâce à son inertie.

C : les manetons : liés aux têtes de bielles

D : les queues de vilebrequin : c'est l'extrémité du vilebrequin, elle peut comporter des roues crantées qui entraîneront les autres éléments du moteur

MATERIAUX Il est réalisé en acier au nickel-chrome forgé .Il subit un traitement thermique a fin de durcir les partie frottantes (manetons et portées).Ces surfaces doivent être rectifiées pour améliorer le poli. Maintenant on utilise de plus en plus des vilebrequins en acier mouillé ou fonte spéciale à haute résistance Cette nouvelle technique permet de réaliser

- ✓ une économie de poids ;
- ✓ avoir une meilleure résistance à l'usure
- ✓ une bonne qualité frottante

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

Cette fonte contient du chrome, du silicium et du cuivre. Elle subit d'abord un recuit, suivi d'une trempe et d'un revenu. Ces traitements thermiques permettent d'obtenir une grande homogénéité

2.2 : BIELLE

LE ROLE DE LA BIELLE : est de transmettre au vilebrequin les efforts reçus par le piston, en transformant un mouvement rectiligne alternatif en un mouvement circulaire dans un seul sens.

SOLLICITATIONS : La bielle est soumise à des efforts de combustion et d'inertie.

Les efforts de combustion vont faire travailler la bielle en compression et flambage.

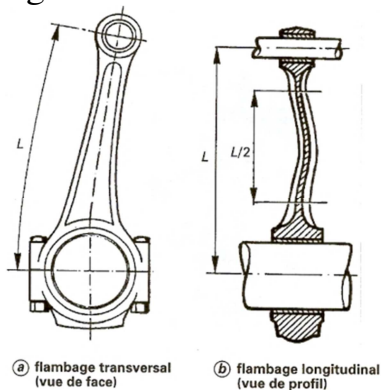


Fig.18 : Efforts De Combustion

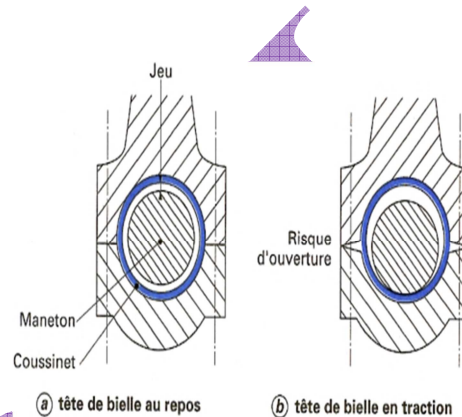


Fig.19: Efforts D'inertie

Les efforts d'inertie vont faire travailler la bielle en traction et solliciteront les vis de bielle. Ces efforts de traction induisent également une ovalisation de la tête de bielle qui réduit le rayon de courbure dans le chapeau et au raccordement corps/tête et l'augmente dans la zone du plan de joint. On verra quand on étudiera l'assemblage du corps et du chapeau qu'il est nécessaire de prendre certaines précautions pour éviter d'avoir des décollements à ce niveau.

LES MATERIAUX UTILISES SONT :

- la fonte GS, surtout aux États-Unis
- l'acier trempé-revenu (XC 32 à XC 38 ou 20 M 5, par exemple).
- l'acier recuit (45 M 5 S, par exemple).
- l'acier fritté forgé (utilisé par exemple pour les Porsche 928 et 944) qui permet un gain de poids d'environ 20 % ;
- les alliages légers avec l'aluminium moulé ou forgé, qui ont peu d'applications (utilisés par exemple sur certains moteurs Aston Martin). l'aluminium + fibres céramiques.

CONSTITUTION DE LA BIELLE

■ Pied de bielle

Il y a plusieurs techniques pour le montage de l'axe de piston dans le pied de bielle.

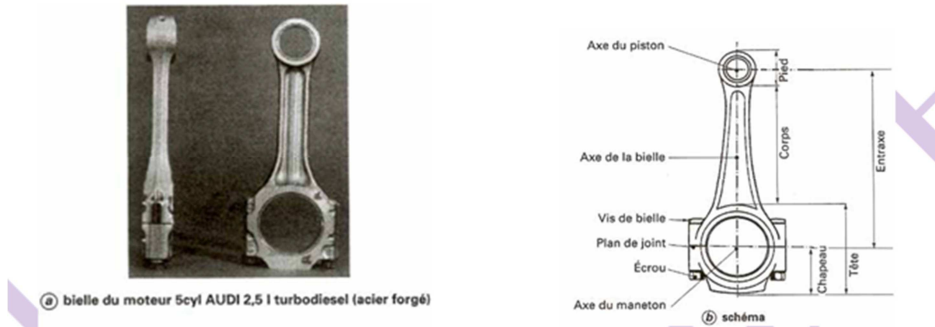


Fig. 20: Technologie De La Bielle

- **Axe serré dans la bielle** : ce serrage est obtenu par emmanchement (serrage de l'ordre de 16 à 40 μm , en recourant à un chauffage du pied de bielle (vers 250 à 300 °C) pour placer l'axe dans la bielle. Cette solution est la plus économique mais le mouvement pendulaire de l'axe dans le piston amplifie l'usure du trou d'axe du piston.

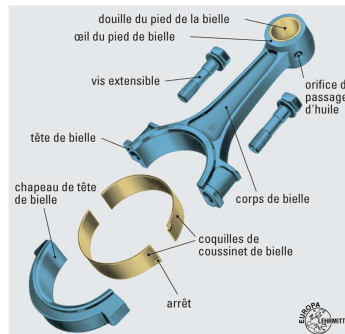


Fig.21 : éléments de la bielle

- **Axe flottant** : dans le cas de moteurs chargés, on peut avoir recours au montage d'une bague en bronze dans laquelle vient tourner librement l'axe de piston. L'axe peut tourner dans le piston et dans la bielle et on peut admettre des pressions de contact axe-bielle plus élevées que sans bague (avec certaines bagues en bronze au plomb, des pressions de l'ordre de 100 à 110 MPa peuvent être admises). Les jeux entre l'axe et la bielle sont de l'ordre de 5 à 15 μm . Dans ce cas, l'axe doit être arrêté en translation. Cet arrêt est généralement réalisé par des circlips dans les trous d'axe du piston (18). Il faut vérifier qu'en aucun cas l'inertie du circlips au point mort haut ou au point mort bas ne supprime la tension qui l'applique au fond de sa gorge.

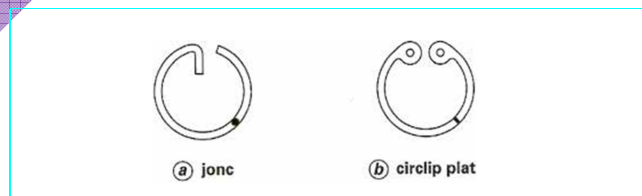


Fig.22 : les circlips

Il faut, dans le cas d'un axe flottant, assurer un graissage de la bague, ce qui peut être réalisé soit par retombée d'huile sous le piston soit par remontée d'huile à travers la bielle. On peut diminuer la pression dans le pied de bielle et dans les bossages du piston avec un pied de bielle en forme de tête de

vipère.

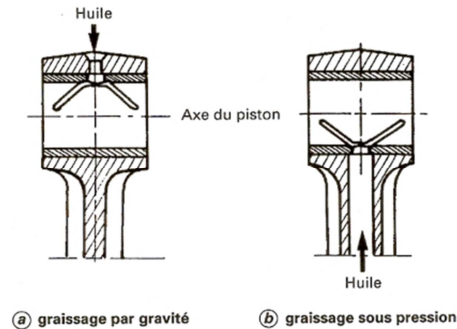


Fig.23: Graissage De La Bielle

■ **Corps de bielle** Pour résister aux efforts de compression et de flambage, on a généralement recours à des sections en I

■ **Tête de bielle** Le corps de la bielle doit se raccorder à sa tête avec un grand rayon. La section sous l'appui du boulon est souvent critique vis-à-vis de la rupture, et on peut être amené à nervurer la bielle de part et d'autre de la tête de vis ou à utiliser des vis à la place des boulons.

3.3 Axe de piston

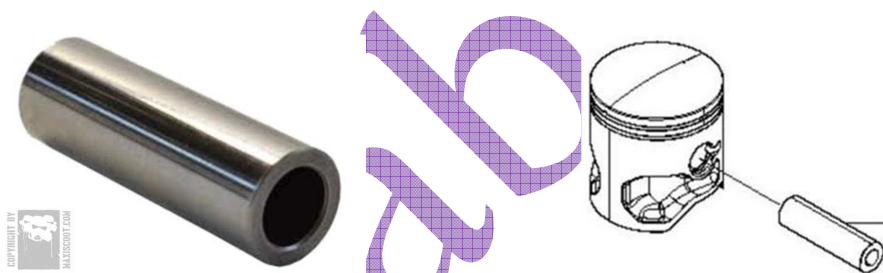


Fig.24 : assemblage piston et axe du piston

L'axe de piston est soumis à l'effort engendré par la pression des gaz (de l'ordre de 4 400 daN pour un moteur ayant un taux de compression de 9,5 et un alésage de 93 mm) et à l'effort engendré par l'inertie du piston. Les matériaux utilisés doivent avoir de bonnes propriétés de tenue mécanique (flexion, cisaillement) ainsi que de bonnes propriétés de frottement. Ils doivent avoir une grande dureté de surface car les pressions que l'axe subit sont très grandes

- ✓ au niveau de la bielle jusqu'à 11 daN/mm² (110 MPa) avec bague en laiton au Pb (soit Cu Sn Pb)
- ✓ au niveau du trou d'axe de piston, jusqu'à 4,5 daN/mm² dans le cas d'un axe serré et jusqu'à 5,5 daN/mm² dans le cas d'un axe flottant car l'usure est répartie entre le trou d'axe et la bielle.

On utilise généralement des aciers de cémentation ou des aciers au Ni ou Cr de cémentation (exemple, l'acier 15 C 3 cémenté-trempe).

LES FORMES L'axe peut être :

- un simple tube (a)
- un tube dans lequel le trou central se termine par une partie

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

tronconique (solide d'égale résistance à la flexion) (b) ; cela apporte un gain de poids de l'ordre de 8 à 10 % par rapport à un axe simple tube.

- un cylindre dont la paroi obtenue par extrusion est plus épais aux endroits les plus sollicités (c).
- un axe dont l'épaisseur est plus importante là où les contraintes de cisaillement sont maximales ;
- les travaux de la société Floquet-Monopole ont conduit à la réalisation d'un axe en deux parties extrudées ressoudées entre elles par friction (d).

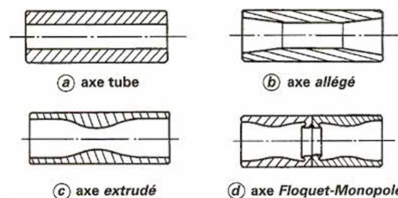


Fig.25 : Axe Du Piston

DIMENSIONNEMENT Une étude sur un grand nombre de moteurs permet d'établir des relations entre l'alésage D d'un moteur, le diamètre extérieur d_{ext} et l'épaisseur e des axes de piston :

$$d_{ext} = 0,26 D \text{ à } 0,30 D \quad e = 0,045 D \text{ à } 0,050$$

3.4 PISTON Le piston peut être décomposé en quatre parties principales

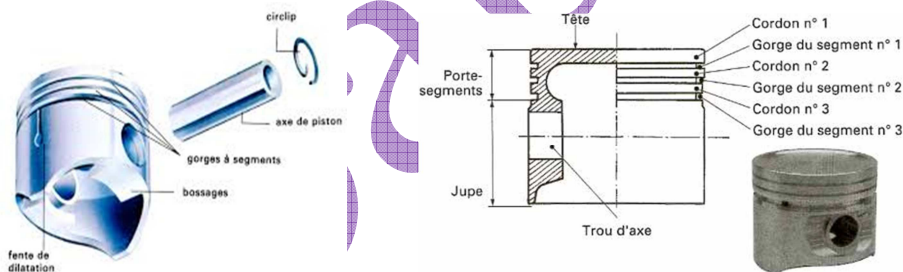


Fig.26: technologie des pistons

- **la tête** ou fond qui reçoit les efforts dus aux gaz
- **le porte-segments** qui, par l'intermédiaire des segments, assure l'étanchéité aux gaz et à l'huile et dissipe une partie des calories reçues vers le fluide de refroidissement.
- le logement de l'axe de piston ou **trou d'axe**.
- **la jupe**, ou partie frottante, dont le rôle est de guider le porte-segments et de dissiper une partie des calories.

Remarque : on donne un nom particulier aux deux côtés du piston.

- ✓ côté poussée (CP) : c'est le côté du piston qui est plaqué sur la chemise dans la phase de détente.
- ✓ côté opposé-poussée (COP) : c'est l'autre côté du piston.

Il est possible à partir de l'étude d'un grand nombre de pistons d'établir des relations entre les dimensions du piston et l'alésage du moteur D (fig.27). On peut ainsi définir :

$$d = 0,25 D \quad C = 0,2 D \quad h = 0,35 D \quad H = 0,6 D \quad J = 0,4 D$$

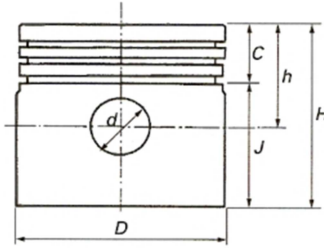


Fig.27 : Dimensionnement Des Pistons

FONCTIONS DU PISTON ET DES SEGMENTS

- Le piston et les segments doivent transmettre au vilebrequin, par l'intermédiaire de la bielle, les efforts dus aux gaz (jusqu'à 7,5 MPa pour les moteurs à essence non suralimentés et jusqu'à 14 à 18 MPa pour les moteurs diesels suralimentés de camions).
- Ils forment la chambre de combustion qui doit être étanche aux gaz et à l'huile.
- Ils doivent être suffisamment isolants pour ne pas fournir trop de calories au fluide de refroidissement, tout en évitant la formation de points chauds et de grippage.
- Il faut que le piston soit aussi léger que possible et le moins encombrant possible (distance entre le trou d'axe et la tête la plus réduite pour avoir un moteur compact).
- La dilatation du piston doit être telle que le jeu piston/chemise varie peu car trop de jeu à froid provoque des claquements et pas assez de jeu à froid un grippage.
- Le piston doit avoir une bonne résistance mécanique en fatigue.

MATERIAUX Les propriétés des matériaux utilisés pour les pistons sont données dans le tableau 1. Les figures 24 nous donne une idée de l'évolution de certaines caractéristiques (conductivité thermique et dureté) pour des températures comprises entre 20 et 200 °C. On voit que la conductivité thermique des alliages légers est environ quatre fois plus élevée que celle des alliages ferreux. En revanche, la dureté des alliages légers qui est deux fois moins grande que celle des alliages ferreux à température ambiante est quasiment quatre fois moins grande vers 200 °C. Les **premiers pistons** étaient en **fonte**, ce qui présentait les avantages d'un faible coefficient de frottement, de dilatations de l'ordre de celles des chemises et de bonnes caractéristiques mécaniques. Mais le poids représentait un inconvénient majeur.

Remarque : actuellement, certains constructeurs font encore des études avec des pistons en fonte GS. On peut voir sur la figure 25 un piston monobloc en fonte. Des pistons en acier ont également été utilisés surtout aux États-Unis.

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS



Fig.28: Piston En Fonte

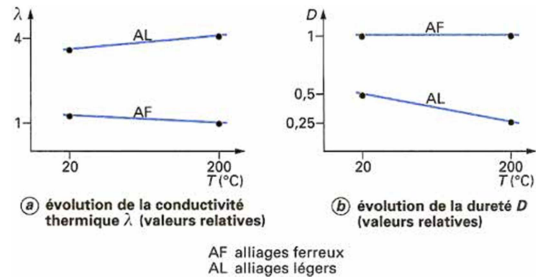


Fig.29 : caractéristiques des matériaux utilisés

pour les pistons **Actuellement**, on utilise surtout des **alliages d'aluminium au silicium**, souvent de l'AS 12 UNG dans les moteurs à essence.

Les avantages essentiels du silicium sont :

- ✓ la réduction de la densité
- ✓ la réduction du coefficient de dilatation linéique ;
- ✓ l'amélioration de la conductivité thermique.
- ✓ l'augmentation de la dureté et de la résistance à la traction.

En revanche l'usinabilité est très réduite.

- Pour améliorer le frottement piston-chemise, on peut sur le piston effectuer un traitement comme un étamage, un plombage, un graphitage, un ferrage, etc.
- Sur les chemises, on peut effectuer une phosphatation, une nitruration, un chromage, etc.
- Pour améliorer la résistance thermique, on peut ajouter des dépôts céramiques sur la tête des pistons surtout pour les moteurs diesels.

Les pistons sont généralement obtenus par **coulée par gravité**, mais on utilise parfois la **coulée sous mégapression** (aussi appelée *squeeze casting* ou moulage-forgeage) qui conduit à de meilleures caractéristiques mécaniques. Ces pistons peuvent être renforcés au niveau du porte-segments par l'adjonction de fibres (oxydes d'aluminium par exemple) dans le moule avant de faire la coulée sous *mégapression*.

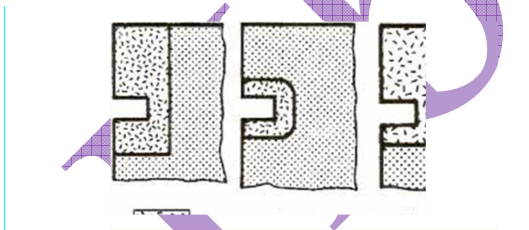


Fig.30: renforcement des gorges des pistons

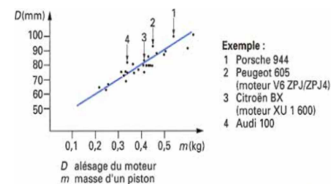


Fig.31: masse du piston

NIVEAUX DE TEMPERATURE Des ordres de grandeur des températures sont donnés sur la figure32.

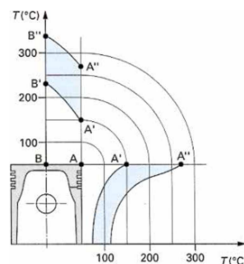
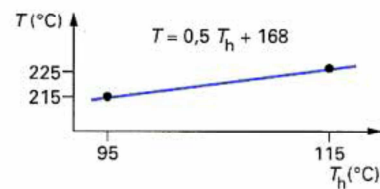
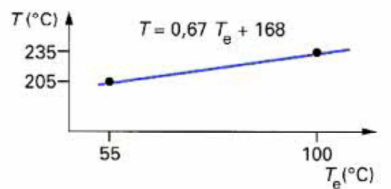
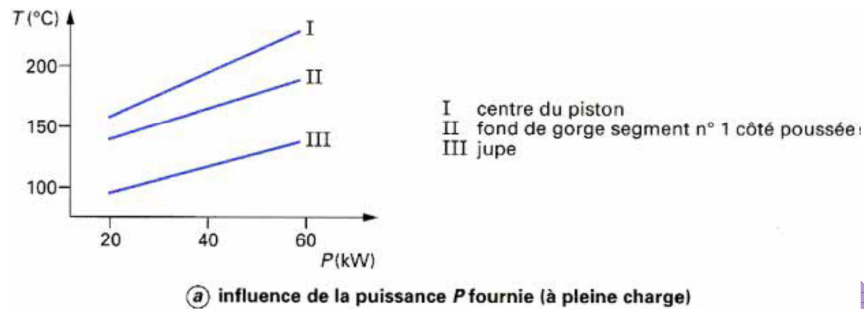


Fig.32 : niveau de températures sur les pistons

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

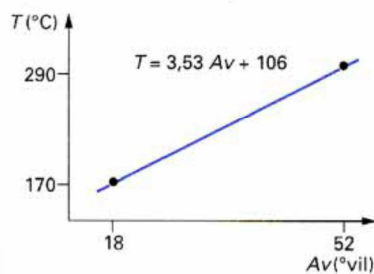
Exemple : avec le moteur V6 PRV, les températures atteintes sont de l'ordre de : 250 °C près de la tête ; 220 °C près du cordon n° 1 ; 190 °C près du fond de gorge, n° 1 ; 190 °C dans le bossage d'axe

L'influence de la puissance fournie, des températures d'eau et d'huile, de l'avance à l'allumage, de la richesse du mélange est donnée sur la figure ci-dessous

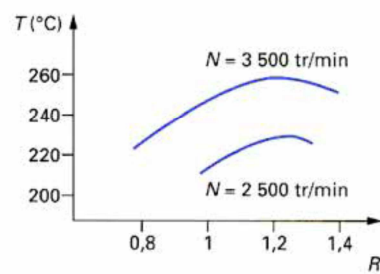


(b) influence de la température de l'eau T_e

(c) influence de la température de l'huile T_h



(d) influence de l'avance à l'allumage Av



N régime de rotation (pleine charge)

(e) influence de la richesse R

Fig.33: influence des caractéristiques sur la température au centre du piston

FORMES

■ Forme générale du piston

Du fait des déformations lors de la montée en température du piston, les formes à froid d'un piston sont loin d'être cylindriques. En effet, le piston est :

- **en tonneau** dans le sens vertical avec une décroissance en tête de quelques dixièmes (0,4 mm à 0 5 mm).
- **ovale** vu de dessus avec un ovale de quelques dixièmes également (environ 0,5 mm au niveau du diamètre d'appariement qui est le diamètre le plus élevé du piston).

Les jeux piston/chemise, qui doivent être précis, conduisent à un appariement entre piston et chemise. Les jeux peuvent être de 20 à 40 μ m dans certains moteurs et de 90 à 110 μ m dans d'autres.

Tête du piston C'est elle qui constitue une des parois de la chambre de combustion. On peut l'utiliser pour créer des mouvements de gaz lors de la

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

compression (zone de chasse). Il faut être prudent lors de la réalisation de formes complexes (logements de soupape) pour ne pas créer des zones qui, mal refroidies, risquent de créer des points chauds. L'épaisseur du fond pour les moteurs à essence est de : 6 à 7 mm, pour l'aluminium ; 3 à 4 mm, pour la fonte ; 2 à 3 mm pour l'acier.

Porte-segments Le **premier cordon** doit être le moins épais possible pour réduire le volume entre ce cordon et la chemise qui est source d'imbrûlés (pour réduire ce volume, on a un jeu cordon/chemise le plus faible possible). Mais cette épaisseur ne peut pas être trop faible car en se rapprochant de la culasse, les températures augmentent et une température trop élevée en fond de première gorge risque d'entraîner un gommage du segment (pour $T > 240\text{ }^{\circ}\text{C}$) et d'augmenter l'usure de la chemise pour avoir une bonne adaptabilité au cylindre du piston, on usine le premier cordon avec une rugosité très importante. La hauteur habituelle du premier cordon est comprise entre 6 et 10 mm.

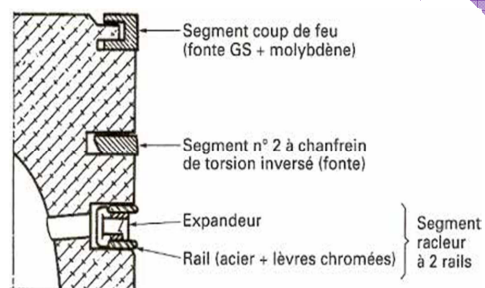


Fig.34: emplacement des segments

Certains équipementiers comme TRW et International Harvester travaillent sur des pistons sans 1^{er} cordon (cordon coup de feu) pour diminuer les polluants. La tendance actuelle (liée aux régimes de plus en plus élevés) est à la diminution de l'épaisseur du **premier segment** [pour réduire son inertie qui risque de provoquer des problèmes d'affolement (instabilités) de segment]. La hauteur du premier segment est comprise entre 1 et 1,75 mm. Le **deuxième cordon** doit avoir une bonne tenue mécanique car la pression d'appui du premier segment est de l'ordre des pressions de combustion. Il a une hauteur de l'ordre de 3 mm avec des rayons de raccordement en fond de gorge du premier segment pour ne pas créer de concentration de contrainte. Le jeu de 2^e cordon/chemise ne doit pas être trop faible car il est nécessaire d'avoir une bonne différence de pression entre le dessus et le dessous du premier segment. Pour créer cette différence de pression, on peut parfois réaliser une gorge de détente dans ce deuxième cordon. L'épaisseur du **deuxième segment** est de l'ordre de 1,75 mm. Le **troisième segment** (ou segment racleur) est de l'ordre de 3 mm. Pour assurer le retour de l'huile arrêtée par le segment racleur, il faut réaliser des trous en fond de gorge ou des embrèvements sous ce segment.

ESSAIS DES PISTONS Il existe de nombreux types d'essai pour mettre au point un piston :

- Examen des surfaces de frottement après un essai de quelques dizaines d'heures : suivant l'aspect de ces zones, le metteur au point est capable de dire s'il faut augmenter ou diminuer l'ovale ou le tonneau ;

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

- Mesure des températures en divers points du piston (tête, gorge du 1^{er} segment, bossage d'axe,...)
- Mesure du débit de gaz de carter
- Résistance lors d'une chauffe brutale avec des chemises, pistons et segments neufs. Cet essai donne de bons renseignements au niveau des jeux de fonctionnement et de la forme de la jupe
- Résistance au pré-allumage par excès d'avance : cet essai est très sévère pour la tête du piston
- Résistance des pistons à un test de survitesse (1,2 fois le régime de puissance maximale par exemple)
- Résistance des pistons aux essais d'endurance (1 000 h par exemple)

Nota : après ces deux derniers tests, il est nécessaire de vérifier qu'il n'y a pas de fissures dans le piston (au niveau des bossages d'axe par exemple). Pour cela, on peut faire un test avec du rouge organol qui va pénétrer dans les fissures et qui sera ensuite révélé à l'aide d'un produit blanc.

- Essai d'usure à froid : ce test consiste à faire de nombreux Démarrages par des températures très basses
- Étude des bruits : piston/chemise à froid ou piston/axe à chaud.

3.5 SEGMENTATION

En partant de la tête du piston, on a :

- le segment n^o 1 = **segment coup de feu** (ou segment de feu) ;
- le segment n^o 2 = **segment d'étanchéité** ;
- le segment n^o 3 = **segment racleur** ou refouleur.

Les deux premiers segments sont également appelés *segments de compression*.

Remarque: sur certains gros moteurs diesels, on peut trouver un nombre plus élevé de segments (4, 5...).

- On appelle **battement b** (fig 35) le jeu axial entre le segment et sa gorge. b est de l'ordre de 0,03 à 0,05 mm.
- On appelle **jeu en fond de gorge j** (fig 35) le jeu radial entre le segment et sa gorge. j est de l'ordre de 0,2 à 0,3 mm pour les segments de feu et d'étanchéité et de l'ordre de 0,3 à 0,4 mm pour les segments racleurs.

LES ROLES DE LA SEGMENTATION SONT LES SUIVANTS

- ✓ *Assurer l'étanchéité aux gaz* : ce rôle est surtout assuré par le segment coup de feu. Il est essentiel pour diminuer le *blow-by* (gaz de combustion passant dans le carter-cylindres) et la température des segments intérieurs
- ✓ *Assurer l'étanchéité à l'huile de lubrification* : c'est surtout le rôle du segment racleur mais le segment d'étanchéité a aussi une grande importance
- ✓ *Évacuer la chaleur du piston vers le cylindre*

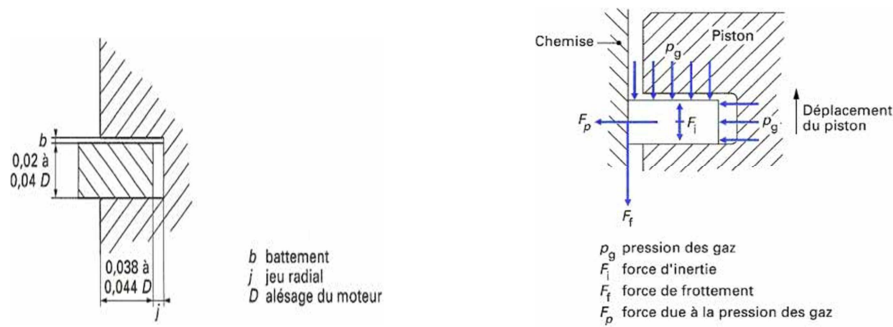


Fig.35 : jeux de segmentation

MATERIAUX Les segments sont généralement **en fonte** mais on peut en trouver **en acier** surtout dans les segments racleurs. Les caractéristiques que l'on exige des matériaux constituant les segments sont :

- une bonne élasticité permettant une perte modérée de la tare tangentielle
- de bonnes caractéristiques de frottement y compris dans des cas de lubrification limite
- une bonne résistance à l'usure
- une bonne résistance mécanique aux températures élevées.

3.5.3 : Étude des différents segments

Segment coup de feu C'est le segment qui est soumis aux plus fortes températures : aux environs de 250 °C. Il faut trouver le bon compromis entre

1. une épaisseur importante donc une grande surface de contact avec le cylindre, ce qui entraîne un meilleur échange thermique, et une masse importante entraînant un risque de matage du deuxième cordon
2. une faible épaisseur donc une faible surface de contact, diminuant les échanges thermiques, et une faible masse permettant des fonctionnements à des régimes plus élevés.

Le segment coup de feu est généralement revêtu d'une couche de chrome ou de molybdène. Un **revêtement de chrome** dur poreux ou non ce qui représente les avantages d'une bonne résistance au produit de la pression par la vitesse de déplacement du piston, d'une bonne résistance à l'usure et d'un bon maintien du film d'huile.



Fig.36 : revêtement des segments

Segment d'étanchéité Le deuxième segment peut également être un segment rectangulaire mais on trouve souvent les types suivants :

- le **segment conique**: la portée du segment sur une arête lui confère une grande efficacité pour le raclage de l'huile.
- le **segment bec d'aigle** : ce type de segment est bien placé en consommation d'huile ;
- le **segment à chanfrein de torsion** : ce type de segment permet

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

d'assurer le contact sur une arête.

Segment racleur Comme nous l'avons déjà vu lors de l'étude du piston, il est impératif de prévoir à l'arrière du segment racleur des passages par lesquels l'huile va pouvoir s'écouler (trous en fond de gorge ou embrèvements dans la partie inférieure de la gorge.

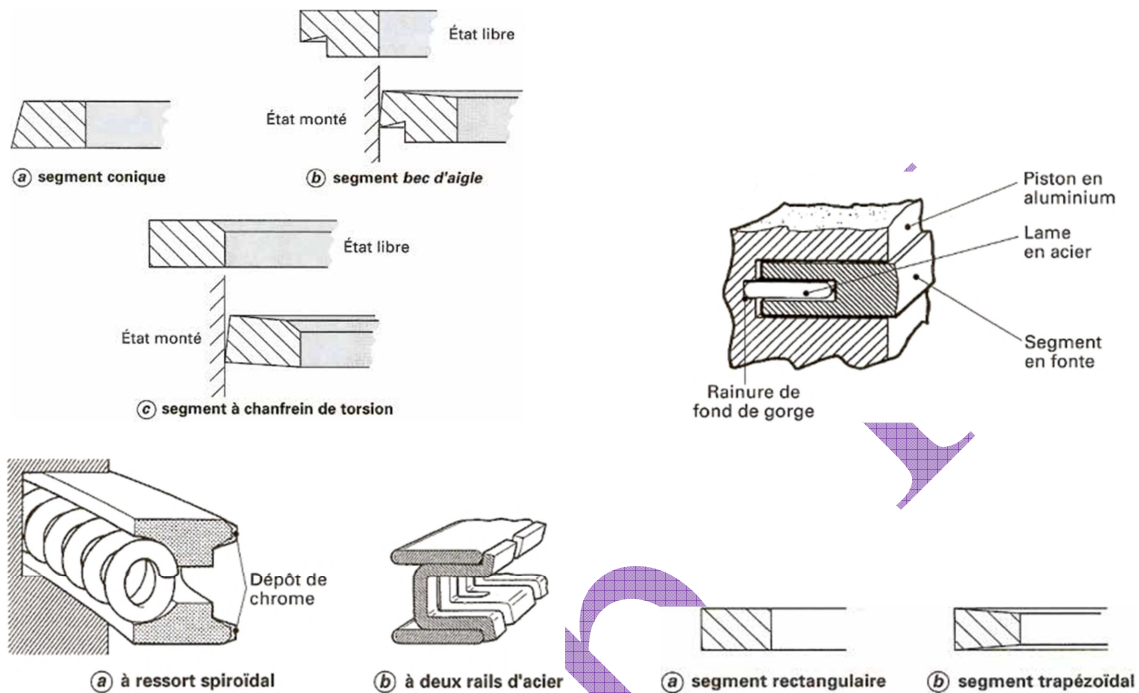


Fig.37 : types de segments

COUPE DES SEGMENTS Actuellement, la coupe droite est la plus utilisée. Les jeux à la coupe couramment utilisés sont de l'ordre de 0,2 à 0,8 mm.

3.6 COUSSINETS

ROLE DU COUSSINET est de permettre une bonne rotation de l'arbre du vilebrequin à l'intérieur de l'alésage en régime hydrodynamique avec film d'huile (de l'ordre du micromètre), mais aussi au démarrage avant la création de ce film d'huile.

QUALITES ESSENTIELLES DEMANDEES Les qualités essentielles demandées au coussinet sont les suivantes:

- une *bonne résistance mécanique* (les pressions maximales pouvant dépasser 70 MPa)
- une *bonne conformabilité* : le matériau doit pouvoir fluer ou se déformer légèrement (surtout au début du fonctionnement) pour accepter des défauts d'alignement des paliers (cas des coussinets de ligne) ou pour accepter des défauts de géométrie (ovalisation de la bielle liée aux efforts d'inertie, par exemple)
- une *bonne incrustabilité* ; c'est-à-dire une bonne faculté d'absorber les particules étrangères qui n'auraient pas été filtrées (filtration couramment utilisée 5 à 8 μm en première monte, 10 à 15 μm en service)

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

- une *bonne résistance au grippage*, ce qui doit autoriser un contact accidentel à sec ou avec un graissage limite sans risque de grippage du vilebrequin qui est une des pièces les plus coûteuses du moteur il faut donc un matériau avec une bonne rétention d'huile
- une *bonne résistance à la corrosion* ; l'huile mélangée aux produits de combustion contenus dans les gaz de carter est parfois corrosive
- une *bonne résistance à la température* ; dans un coussinet, la température de l'huile s'élève de 20 à 30 °C, ce qui conduit à une température pouvant atteindre à 180 °C
- une *bonne adhérence sur le support*
- une *bonne conductivité thermique*.

Matériaux

On utilise des revêtements déposés sur un feuillard en tôle.

■ **Revêtement à base d'aluminium et d'étain (Al-Sn)** La composition massique est d'environ 79 % Al, 20 % Sn, 1 % Cu. L'épaisseur de revêtement est de l'ordre de 0,2 mm à 0,3 mm. Pour faciliter le rodage, on procède parfois à un étamage du revêtement de l'ordre de quelques micromètres.

■ **Revêtement à base de cuivre et de plomb (Cu-Pb)** Deux techniques de réalisation sont actuellement utilisées : les revêtements coulés et les revêtements frittés. La composition massique est de l'ordre de 70 à 85 % Cu et 15 à 30 % Pb. Ces revêtements ont une excellente résistance mécanique. En revanche, leur résistance au grippage étant moins bonne que pour les revêtements Al-Sn à cause de la présence de Pb qui fond à 326 °C, on a recours à des revêtements multicouches. Pour faciliter le rodage et améliorer la résistance au grippage, on dépose sur le revêtement Cu-Pb une pellicule d'alliage ternaire Pb-Sn-Cu (88 % Pb, 10 % Sn, 2 % Cu en masse) d'une épaisseur d'environ 15 µm pour les moteurs chargés et de 25 à 30 µm pour les moteurs moins chargés. Pour empêcher la diffusion de l'étain dans le Cu-Pb (ce qui le rendrait cassant et friable), on interpose entre le Pb-Sn-Cu et le Cu-Pb une *barrière de nickel* de quelques micromètres d'épaisseur. Enfin, la couche du Cu-Pb est de l'ordre de 0,3 mm et le support en acier est de l'ordre de 1 à 2 mm. Plus récemment, on a vu apparaître des **revêtements à base d'aluminium, de plomb et de silicium (Al-Pb-Si)**.

GEOMETRIE

Pour assurer un bon placage du coussinet dans son logement (bon transfert thermique et absence de *fretting corrosion*), on utilise des coussinets dont la longueur développée est plus longue que celle du logement. Ce dépassement permet de maintenir le coussinet plaqué malgré les dilatations thermiques et les déformations sous charge. Cette longueur développée est mesurée sur un montage de contrôle et sous une charge P donnée. Le dépassement des coussinets est de l'ordre de quelques dizaines de micromètres (10 à 100 µm). Pour positionner le demi-coussinet dans son logement, on crée des languettes ou ergots.

Nota : l'arrêt en rotation est assuré par le placage du coussinet dans son logement et non par cet ergot. Pour améliorer la circulation de l'huile dans l'ergot, on place un contre-ergot dans le demi-coussinet opposé. Pour éviter une diminution du jeu au niveau du plan de joint lors du serrage,

CHAPITRE II : TECHNOLOGIE DES MOTEUR A PISTONS

on crée un **épinçage** (diminution de l'épaisseur) des demi-coussinets. Ce épinçage peut en outre jouer un rôle de réserve d'huile, d'épurateur de particules et permet d'absorber sans rupture du film d'huile un léger décalage du chapeau de bielle ou palier par rapport au corps.

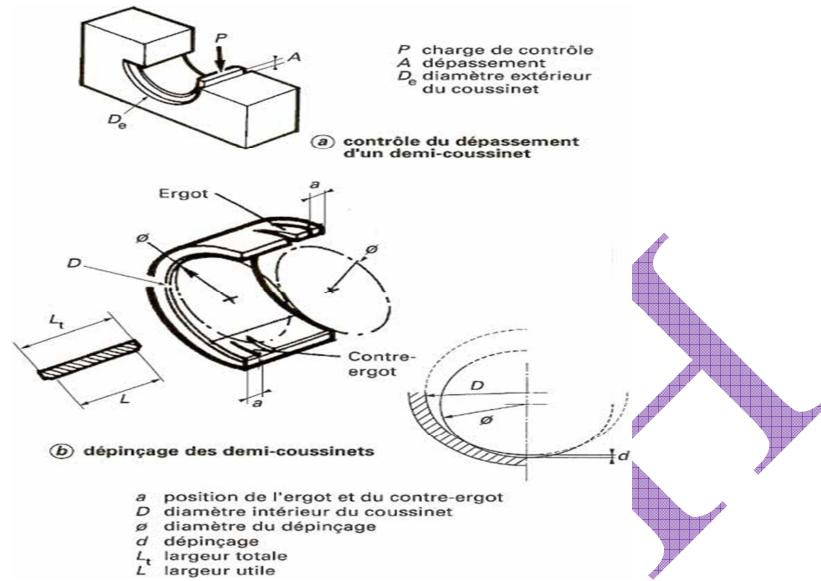


Fig.38: technologie des coussinets

***CHAPITRE III : PRINCIPE DE
FONCTIONNEMENT DES MOTEURS A
PISTONS***

MOTEURS A PISTONS

III-1. GENERALITES

Tous les moteurs à combustion font appel aux transformations thermodynamiques d'une masse gazeuse pour passer de l'énergie chimique contenue dans le combustible à l'énergie mécanique directement exploitable sur l'arbre de sortie du moteur.

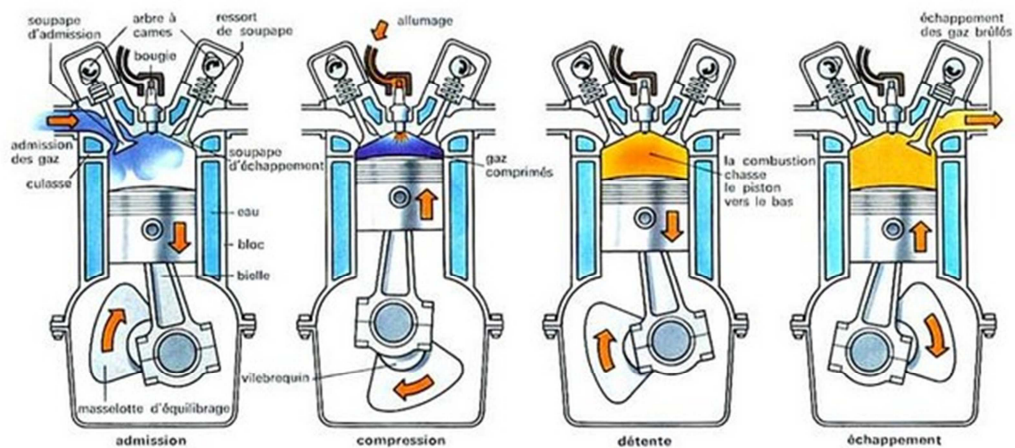
Cette idée fondamentale a été émise par le physicien français S. Carnot. Selon le principe de Carnot : Une machine thermique ne peut produire du travail que si elle possède deux sources de Chaleur à des températures différentes :

1. La source chaude (à température absolue T_2) où a lieu la combustion du Carburant.
2. La source froide à température T_1 (gaz d'échappement, radiateur, milieu Extérieur très proche du moteur).

III-2 : DEFINITION D'UN CYCLE A 4 TEMPS :

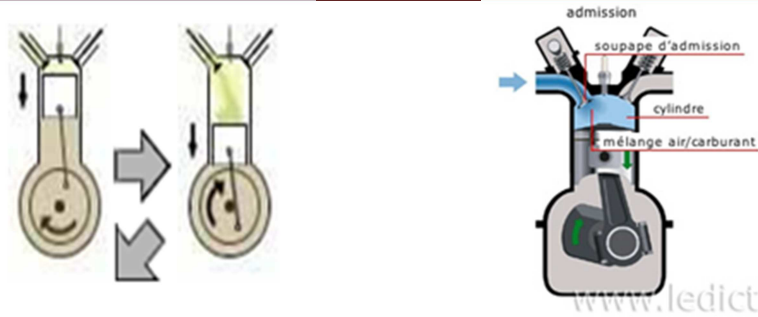
Le cycle est l'ensemble des opérations qui se succèdent dans un moteur, avant qu'il se retrouve dans les conditions initiales. L'ordre des opérations est toujours pour un cycle :

- ✓ Premier temps : l'admission
- ✓ Deuxième temps : la compression
- ✓ Troisième temps : combustion et détente
- ✓ Quatrième temps : l'échappement

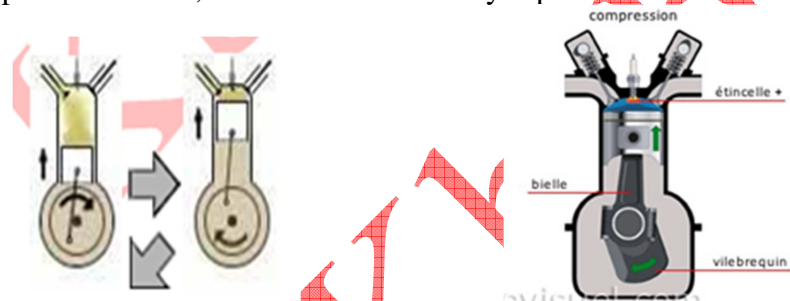


III-2.1 : DEROULEMENT D'UN CYCLE A QUATRE TEMPS :

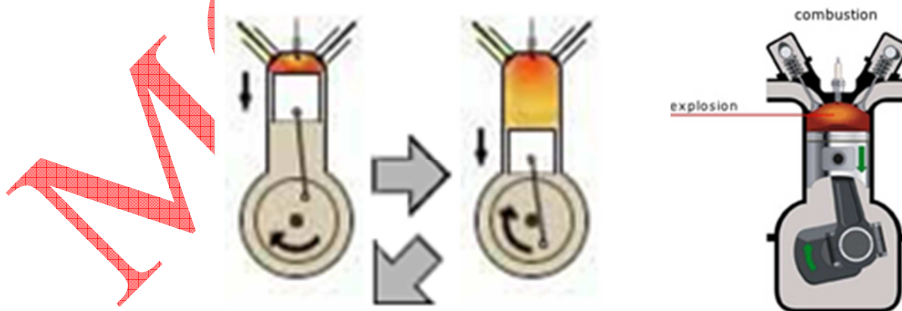
1 : premier temps : admission : Ce temps a pour rôle de faire remplir le volume du cylindre par l'air atmosphérique nécessaire pour organiser la combustion. A l'aide d'un mécanisme spécial appelé « système de distribution, la soupape d'admission s'ouvre en laissant entrer une certaine quantité de l'air atmosphérique dans le cylindre. Grâce à l'énergie mécanique accumulée dans le cycle précédent par une grande masse appelée volant et placée à la queue du vilebrequin, le piston se déplace du point mort haut (PMH) vers le point mort bas (PMB) en aspirant ainsi de l'air vers le cylindre. A l'arrivée du piston au point mort bas, la soupape d'admission se ferme. Durant ce temps la soupape d'échappement se maintient fermée



2 : deuxième temps : la compression : La compression a pour rôle de comprimer l'air introduit dans le cylindre durant le temps de l'admission et le prépare, ainsi, pour la réalisation d'une bonne combustion. A l'aide du système de distribution, les soupapes de l'admission et d'échappement se maintiennent fermées. Toujours grâce à l'énergie mécanique accumulée dans le volant du vilebrequin, le piston se déplace du point mort bas au point mort haut, en comprimant l'air, la température et la pression de l'air accroissent sensiblement. A cause du taux de compression ; la température peut atteindre 350 K et une pression qui peut atteindre 12 à 15 bars dans les moteurs à essence. Avant l'arrivée du piston au PMH, une étincelle est envoyée pour déclencher la combustion.



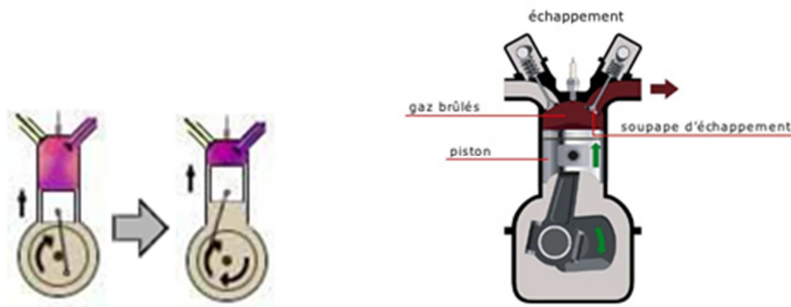
3 : troisième temps : la détente : Durant ce temps les soupapes d'admission et d'échappement se maintiennent fermées. La combustion du mélange air-combustible, provoque une augmentation considérable de la température et de la pression des gaz qui se trouvent enfermés dans la chambre de combustion. La détente de ces gaz crée un effort mécanique sur la surface du piston et oblige celui-ci à se déplacer du PMH au PMB, ainsi on obtient un travail mécanique. Le mouvement rectiligne du piston est transformé en mouvement de rotation du vilebrequin grâce à la liaison bielle-manivelle



quatrième temps : l'échappement : Avec l'arrivée du piston au PMB, le temps de la détente se termine. A l'aide du système de distribution, la soupape d'échappement s'ouvre en laissant sortir les gaz brûlés vers l'extérieur. Le déplacement du piston du PMB vers le PMH grâce à l'énergie du volant du vilebrequin, refoule ces gaz vers l'atmosphère. Lorsque le piston arrive au PMH, la soupape d'échappement se ferme. Ainsi le cycle se termine et à partir de ce moment un autre cycle va commencer les temps de l'admission, de la combustion et de l'échappement sont appelés les temps résistants, parce que pour leur déroulement, il faut fournir de l'énergie. Cette énergie

CHAPITRE III : PRINCIPE DE FONCTION D'UN MOTEUR A PISTONS

est assurée par l'énergie cinétique accumulée par le volant. Sur les quatre temps du cycle, seulement durant la détente, on peut extraire du travail mécanique. Ce temps est dit temps moteur.



III-3 : DISPOSITIFS AUXILIAIRES : Pour faire démarrer le moteur deux possibilités se présente :

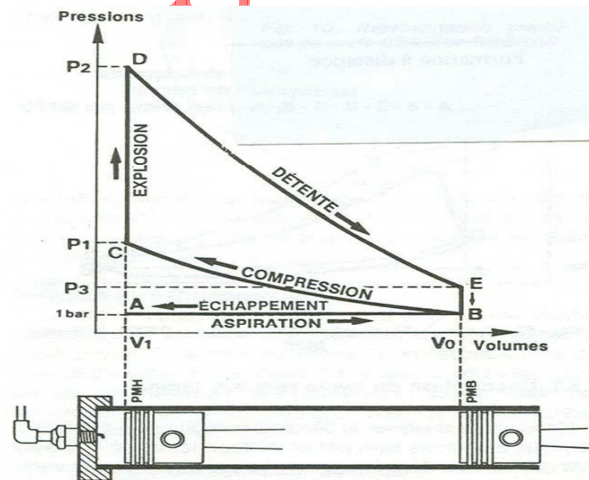
1. manuellement à l'aide d'une manivelle actionnée à la main
2. mécaniquement à l'aide d'un démarreur

III.4. DIAGRAMME THEORIQUE

Le diagramme théorique d'un moteur à 4 temps est le diagramme idéal. Il ne tient pas compte des facteurs suivants :

- Temps mis par les soupapes à s'ouvrir.
- Délai d'inflammation du mélange.
- Inertie des gaz.
- Echanges de chaleur avec l'extérieur

Les variations qui se produisent dans le diagramme sont liées aux lois de la thermodynamique (Cycle Beau de Rochas).



- A. Aspiration du gaz à la pression atmosphérique dans le cylindre le long de la droite isobare AB ($P_0 = 1 \text{ Bar}$, $V_1 V_0$).
- B. Compression adiabatique BC jusqu'au volume minimal V_1 , la pression devenant p_1 .
- C. Combustion instantanée du gaz à volume constant le long de la droite isochore CD avec une forte élévation de température à T_2 et de la pression à p_2 .
- D. Détente du gaz chaud le long de l'adiabatique DE qui ramène le volume à V_0 , mais à une pression p_3 supérieure à celle de l'atmosphère.
- E. Ouverture de l'échappement des gaz dont la pression tombe instantanément à la pression atmosphérique le long de l'isochore EB, la température redescendant à T_1 .
- F. Reste à vider le cylindre, des gaz brûlés, en décrivant l'isobare BA, pour revenir au point de départ A

III.5. DIAGRAMME REEL

III.5.1. Diagramme réel avant réglage (Cycle OTTO)

La première réalisation pratique d'un moteur à piston fonctionnant suivant le Cycle à 4 temps a été réussie par OTTO en 1876. Mais le graphique des pressions .Qu'il releva sur le moteur monocylindrique à piston tournant à 180 tr/min S'écartait assez nettement du cycle théorique de Beau de Rochas; le rendement Pratique était inférieur au rendement théorique.

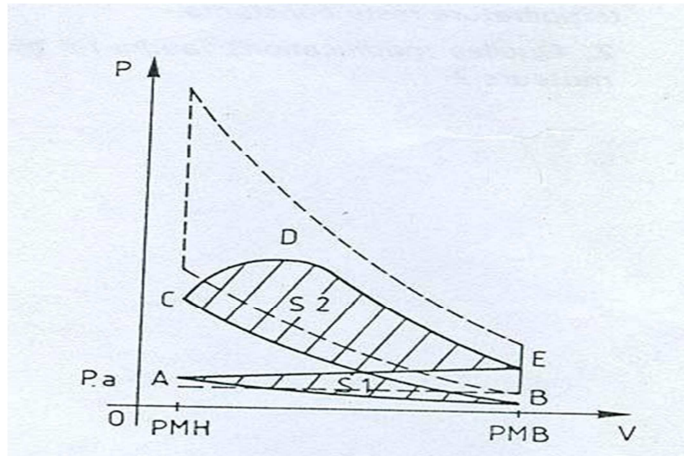


Fig. 3.2 Diagramme réel avant réglage

- **Admission (Courbe AB) :** La pression p est supérieure à p_a du fait de l'accumulation des gaz dans la tubulure d'admission, puis le recule rapide du piston crée une baisse de pression dans la deuxième partie de AB. $P_B < P_a$ au point B.
- **Compression (Courbe BC) :** La courbe de compression se trouve en dessous de la courbe théorique, puisque son point de départ B est en dessous de p_a . Elle est également modifiée par les échanges de chaleur.
- **Inflammation-détente (Courbe CDE) :** Pendant le temps que dure la combustion, le piston recule. La verticale va s'abaisser en une courbe dont la pression maximale sera plus faible. De plus, pendant la détente, les gaz chauds perdent une partie de leur chaleur. La pression décroît plus rapidement que dans le moteur théorique.
- **Echappement (Courbe EA) :** La chute de pression se fait progressivement pour n'approcher la pression à l'admission qu'en fin de course piston. Pendant toute la course il règne une contre-pression due à la poussée rapide du piston. Dans le diagramme réel on voit que les temps utiles perdent une partie de leur surface. Les temps résistant augmentent. $S_2 - S_1 =$ Travail utile insuffisant.

DEFAUTS CONSTATES :

- Remplissage insuffisant,
- Compression insuffisante,
- Pression d'explosion trop faible,
- Echappement incomplet (contre-pression).

CAUSES :

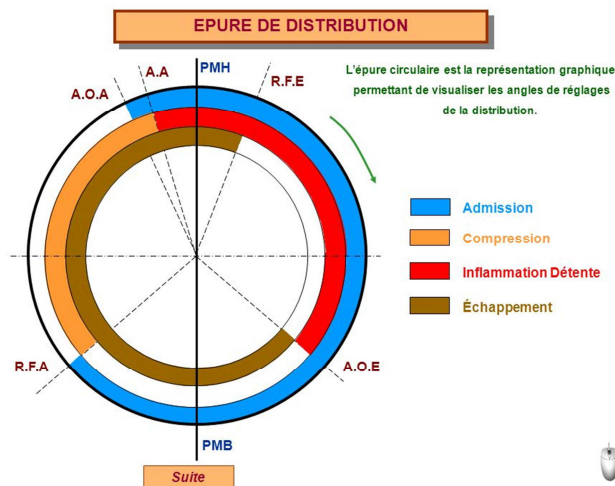
- Ecoulement défectueux des gaz : lent et difficile (coudes, soupapes),
- Inflammation non instantanée (durée t) des gaz frais en général $t \leq 0.001$ s.
- Compression et détente non adiabatiques.

- Vitesse v du piston assez grande.

III.5.3. DIAGRAMME REEL APRES REGLAGE

Il est nécessaire, pour remédier à ces inconvénients d'augmenter le temps d'ouverture des soupapes afin d'éviter le freinage des gaz. Le point d'allumage devra être avancé pour tenir compte du délai d'inflammation.

- **Avance à l'ouverture de l'admission (AOA) :** Cette avance évite l'arrêt de la veine gazeuse devant une soupape fermée et améliorée ainsi le taux de remplissage.
- **Retard de fermeture de l'admission** On profite de l'inertie des gaz pour augmenter le remplissage et ne refermer la soupape qu'après le PMB. La diminution du temps de compression est compensée par une pression de début de compression plus élevée.
- **Avance à l'allumage AA** Elle permet de répartir l'explosion de part et d'autre du PMH. La pression maximale se trouve ainsi augmentée.
- **Avance à l'ouverture de l'échappement (AOE) :** Elle permet d'avancer la chute de pression des gaz brûlés afin de limiter leur tendance à la contre-pression.
- **Retard à la fermeture de l'échappement (RFE) :** On profite de l'inertie des gaz pour faciliter leur évacuation complète. La soupape d'échappement se ferme donc au début du temps admission. En conclusion, l'aire S2 a augmenté, l'aire S1 a diminué. Le travail utile du moteur est plus important.



III.6 .INFLUENCE DU REGLAGE D'AVANCE A L'ALLUMAGE

Concernant le réglage de l'avance à l'allumage, on voit que le diagramme 1 est idéal. Dans le diagramme 2, l'avance à l'allumage est trop avancée, le mélange s'enflamme trop tôt, la pression monte haut, mais la pression baisse trop vite lors de la détente. Dans ce cas-là, on risque de voir apparaître du cliquetis : apparition de petites explosions avant que le piston n'ait atteint le PMH. C'est dû à une pression trop élevée dans le cylindre, qui peut elle-même découler d'un mauvais réglage du mélange air/essence ou de l'allumage (comme c'est le cas ici). Cette pré inflammation du mélange peut provoquer une rupture du joint de culasse, une casse de l'électrode de la bougie, voir même endommager le piston au point de le percer. Dans le diagramme 3, l'avance à l'allumage est tardive, le mélange s'enflammera alors que le piston sera déjà en train de redescendre. La PME (Pression Maximum Effective) étant plus faible et atteinte plus tardivement, la détente ne sera pas aussi efficace.

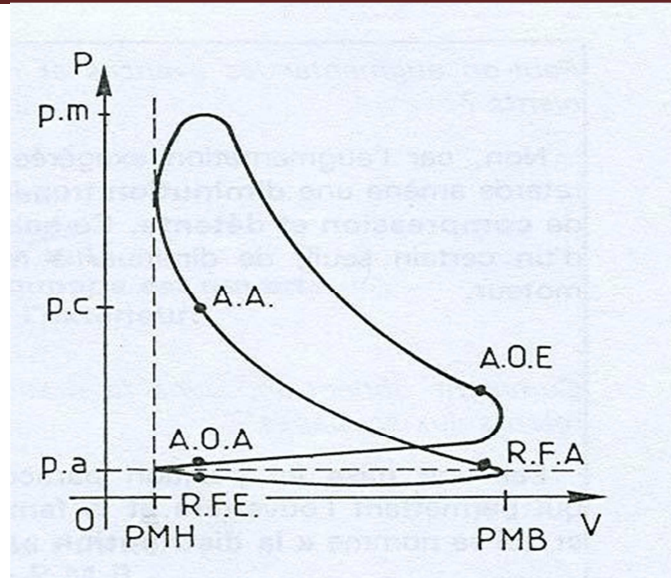
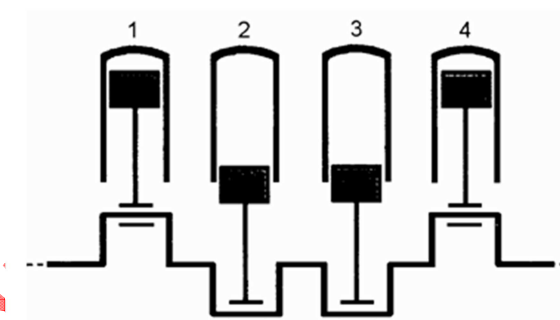


Fig. 3.3. Diagramme réel après réglage

I.7 ORDRE DE FONCTIONNEMENT.

On présente ci-dessous le schéma très simplifié du système bielle manivelle d'un moteur quatre cylindres



Les pistons des deux cylindres **1** et **4** se trouvent ensemble au **PMH**. Si le cylindre **1** est en fin de compression, l'autre cylindre **4** est en fin **d'échappement**. Où si le cylindre **4** est en fin de compression. L'autre cylindre **1** est en fin **d'échappement**. Les pistons des deux autres cylindres **2** et **3** se trouvent ensemble au **PMB**. Si le cylindre **2** est en fin **d'admission** l'autre cylindre **3** est en fin **de combustion détente**. Lorsque le cylindre **1** descend pour le temps admission, le cylindre opposé **4** descend pour le temps **combustion détente**. C'est le temps **MOTEUR**. Lorsque le cylindre **2** monte pour le temps compression, le cylindre opposé **3** monte pour le temps **échappement**. C'est un temps **MORT**

CHAPITRE III : PRINCIPE DE FONCTION D'UN MOTEUR A PISTONS

EXEMPLE : DETERMINER L'ORDRE D'ALLUMAGE

:Grille de fonctionnement du moteur 4 cylindres (1,3,4,2).

	Cylindre 1	Cylindre 2	Cylindre 3	Cylindre 4
0° 180°	ADM	COMP	ECH	INF-DET
180° 360°	COMP	INF-DET	ADM	ECH
360° 540°	INF-DET	ECH	COMP	ADM
540° 720°	ECH	ADM	INF-DET	COMP

6-2: Grille de fonctionnement du moteur 6 cylindres (1,5,3,6,2,4).

	Cylindre 1	Cylindre 2	Cylindre 3	Cylindre 4	Cylindre 5	Cylindre 6
0°	ADM	COM	INF-DET	ADM	ECH	INF-DET
60°			ECH	COM		
120°		COM	INF-DET	ADM	INF-DET	
180°	ECH		COM			
240°	INF-DET		ADM	INF-DET	COM	ECH
300°		ECH	COM			
360°		ECH	ADM	INF-DET	ADM	
420°	COM		ECH	INF-DET		
480°	ADM		COM			
540°	ADM	INF-DET	ADM	ECH	COM	
600°		ADM	INF-DET			
660° 720°		ECH	COM	ADM		ECH

CHAPITRE IV : MOTEUR DIESEL

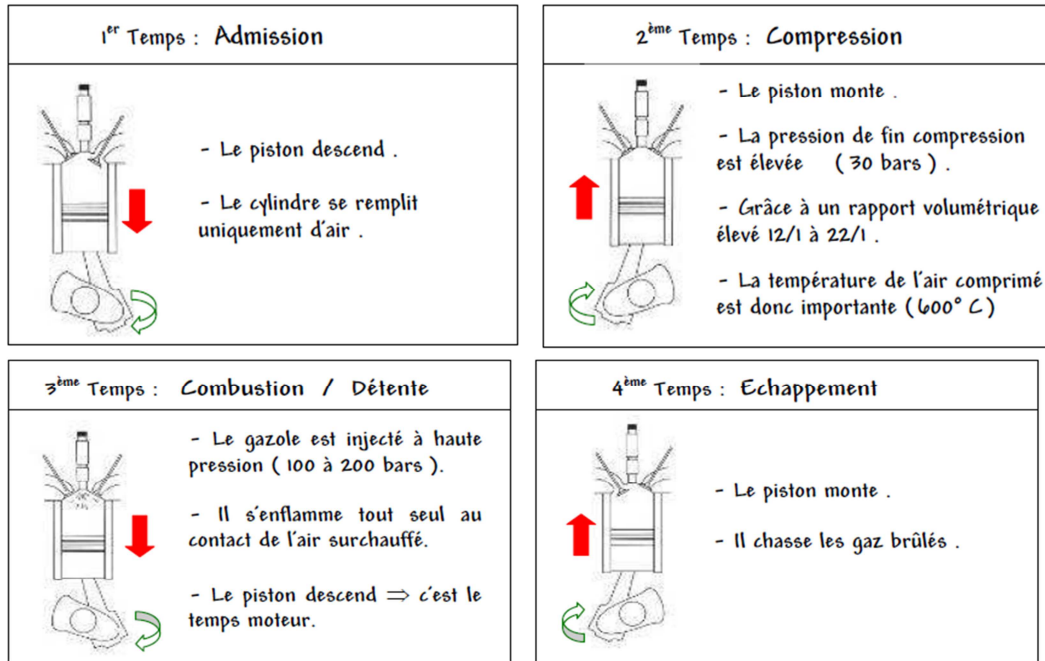
MOTEUR A PISTONS

CHAPITRE IV : MOTEUR DIESEL

1. DEFINITION :

C'est un moteur thermique à combustion interne à allumage spontané utilisant des carburants tel que le gasoil ; le fuel ou le mazout

2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :



3. COMPARAISON MOTEUR DIESEL ET MOTEUR A ESSENCE

La différence essentielle entre un moteur du type diesel et un moteur à essence réside dans le mode d'inflammation du carburant et de la caractéristique d'auto-inflammation de celui-ci. Si dans une masse d'air suffisamment comprimée que sa température atteigne une valeur déterminée, on introduit un combustible finement pulvérisé, la combustion se déclenche par auto-inflammation. Le phénomène d'auto-inflammation résulte lui-même :

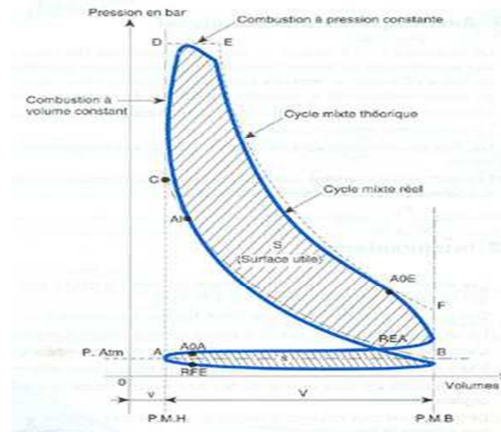
- d'une part, d'un rapport volumétrique très élevé : 16/1 à 24/1;
- d'autre part, de la haute température engendrée par ce rapport @ 600°C.

Temps du cycle	Fonctions assurées dans le moteur diesel	Organes en fonctionnement	Fonctions assurées dans le moteur à essence	Organes en fonctionnement
1. Admission	Aspiration d'air	Soupapes d'admission	Aspiration d'un mélange air-essence préparé et dosé par un carburateur ou un système d'injection essence	Soupapes d'admission Carburateur ou injecteur
2. Compression	Très forte 20 à 30 bars compression de l'air d'où échauffement à 600°C environ. Rapport volumétrique de 16/1 à 24/1		Compression du mélange 8 à 12 bars d'où échauffement à 300°C environ. Rapport volumétrique 5/1 à 11/1	
En fin de course de compression	Injection sous forte pression (100 à 300 bars) du combustible qui s'enflamme spontanément au contact de l'air surchauffé	Pompe d'injection Injecteur	Allumage du mélange par étincelle électrique à la bougie	Allumeur ou magnéto et bougies d'allumage
3. Combustion	Combustion et détente		Combustion et détente	
4. Echappement	Evacuation des gaz brûlés	Soupapes d'échappement	Evacuation des gaz brûlés	Soupapes d'échappement

CHAPITRE IV : MOTEUR DIESEL

4. : CYCLE DIESEL MIXTE

Ce cycle est employé principalement sur les diesel modernes à grande vitesse de rotation (1500 à 5400 tr/min). C'est une combinaison des deux cycles classiques dans lesquels une partie du combustible brûle à volume constant et l'autre partie à pression constante. Le cycle mixte se rapproche plus ou moins de l'un des deux cycles classiques selon les réglages qui déterminent l'injection. Le cycle à volume constant donne un rendement meilleur et le cycle à pression constante permet la construction de moteurs plus légers puisque la pression maximale est plus faible.



IV.3. AVANTAGES DU MOTEUR DIESEL

- Meilleur rendement : grâce à l'augmentation du rapport volumétrique la combustion est plus complète et la consommation spécifique est réduite (en moyenne de 200 g/kW/h contre 330 g/kW/h pour le moteur à essence).
- Le couple moteur est plus important et il reste sensiblement constant pour les faibles vitesses.
- Le combustible employé coûte moins cher.
- Les risques d'incendie sont moindres car le point d'inflammation du gazole est plus élevé que celui de l'essence.
- Les gaz d'échappement sont moins toxiques car ils contiennent moins d'oxyde de carbone.

IV.4 : INCONVENIENTS

- Les organes mécaniques doivent être surdimensionnés.
- Le bruit de fonctionnement est élevé.
- La température dans les chambres de combustion est élevée ce qui implique un refroidissement plus efficace.
- L'aptitude au démarrage à froid est moins bonne qu'un moteur à allumage commandé.

5. **CLASSIFICATION DES MOTEURS DIESEL** Les moteurs diesel sont classés selon le type d'injection et de chambre de combustion qui les équipent. Deux grandes familles de types de combustion existent :

- **L'injection directe**, qui désigne tous les procédés ne comportant pas de fractionnement de la chambre de combustion (l'injecteur pulvérise le combustible directement dans la chambre principale du cylindre).
- **L'injection indirecte**, regroupant les différentes solutions de chambres de combustion divisées (l'injecteur pulvérise le combustible dans une chambre auxiliaire où a lieu le début de combustion), les gaz rejoignant ensuite la chambre de combustion principale à travers un passage ou des canaux de liaison.

6. **MOTEUR A INJECTION DIRECTE** Deux techniques de combustion sont employées :

- Par énergie des jets d'injecteur : utilisé dans les gros moteurs lents, l'injecteur central comporte de 6 à 8 trous, pulvérise le combustible (tarage de 200 à 350 bars) à la circonférence de la chambre de combustion de grand diamètre et peu profonde du piston. Le système fonctionne sans tourbillon d'air

CHAPITRE IV : MOTEUR DIESEL

(swirl), mais exige une grande précision du positionnement de l'injecteur (à proximité de la chambre) et un excès d'air très important.

- Par mouvement tourbillonnant de l'air (swirl) : c'est le procédé le plus utilisé sur tous les moteurs modernes, le mouvement tourbillonnant de l'air est amorcé par la forme du conduit d'admission la chambre de combustion dans le piston est plus réduite, et comporte une forme variable selon le constructeur, en perpétuelle évolution en fonction de la normalisation antipollution, afin d'améliorer sans cesse l'homogénéité du mélange air-combustible. L'injecteur utilisé est du type à trous multiples (3 à 6).

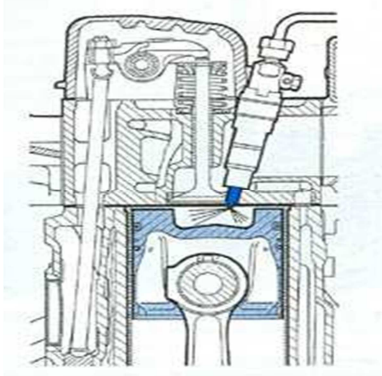


Fig.1 : Injection directe

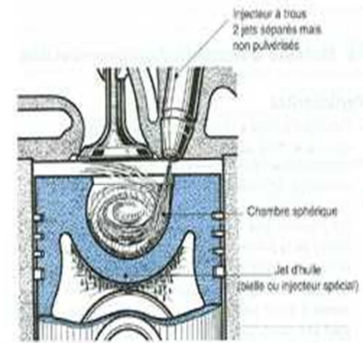


Fig. 2 . La chambre de tourbillon d'air

LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT EST LE SUIVANT :

Pendant l'admission, l'air pénètre dans le cylindre par la volute d'admission. Elle lui imprime un mouvement tourbillonnant très intense, créant un cyclone qui se poursuit pendant la compression. En fin de compression, l'injecteur introduit le combustible dans la chambre sphérique du piston. Le jet très court est dirigé sur la paroi, et s'étale sur elle en un film mince. Les fines gouttelettes qui forment un brouillard autour de ce jet s'oxydent et amorcent la combustion. Ce début de combustion s'effectuant avec une faible quantité de combustible, le cognement est éliminé. Le reste du combustible étalé en film mince s'évapore lentement, permettant aux vapeurs de se mélanger à l'air à l'air tourbillonnant.

7. MOTEURS A INJECTION INDIRECTE

A. Moteurs à chambre de précombustion

L'injecteur du type à téton est placé sur la culasse et dans une cavité non refroidie appelée "préchambre". Elle communique avec le haut du cylindre par un ou plusieurs orifices de passage restreint, et représente entre 20 et 30% du volume de compression.

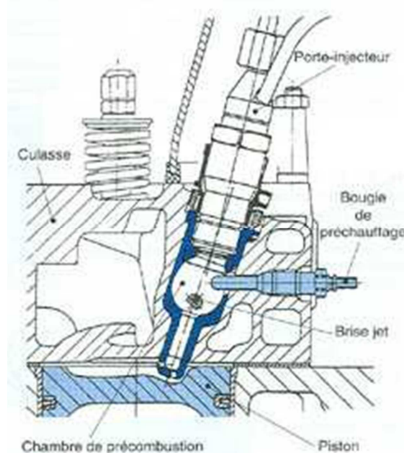


Fig.3. Moteur à chambre de précombustion

Le combustible injecté dans cette préchambre commence à brûler puisqu'elle contient de l'air préalablement comprimé et l'élévation de pression résultant de cette précombustion expulse le mélange

CHAPITRE IV : MOTEUR DIESEL

vers le cylindre où la combustion se poursuit. Cette combustion étagée assure un fonctionnement moins bruyant car les pressions d'injection sont modérées (100 à 150 bars) et le rapport volumétrique varie de 12/1 à 15/1. Le démarrage s'opère généralement à l'aide d'une bougie de préchauffage car le taux de compression adopté ne permet pas de porter l'air ambiant à une température suffisante lorsque la culasse est froide.

B. Moteurs à chambre de turbulence

Ce dispositif est une variante du précédent : la chambre de turbulence représente la presque totalité du volume de la chambre de combustion. Cette préchambre communique avec le cylindre par un orifice de large section de forme tronconique; comme dans le cas précédent, l'injecteur débouche dans la chambre. Pour ces moteurs, le rapport volumétrique est compris entre 15/1 et 18/1, et la pression d'injection est de 110 à 130 bars.

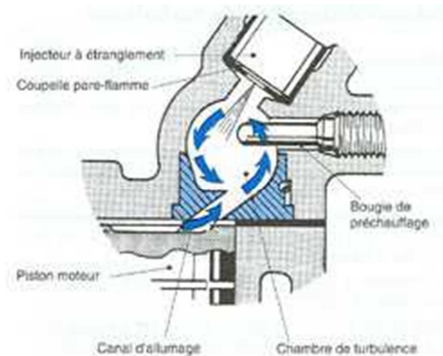


Fig.4. Chambre de turbulence "Ricardo"

Moteurs à chambre d'air

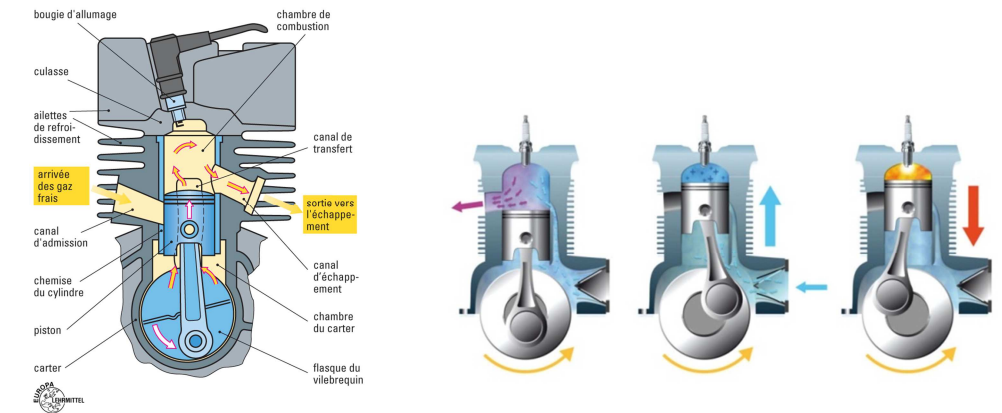
La réserve d'air communique avec le cylindre par un orifice important mais l'injecteur est placé en dehors de cette chambre et il est disposé de façon telle que le jet de combustible vient à la rencontre de l'air comprimé qui sort de la chambre. Il en résulte une grande souplesse de fonctionnement car un brassage énergique de l'air et du combustible favorise la combustion. Ces systèmes ont été abandonnés depuis plusieurs années.

**CHAPITRE V : MOTEURS A DEUX
TEMPS ; MOTEURS ROTATIFS,
TURBOCOMPRESSEURS**

MOTEURS A PISTONS

I : MOTEUR A DEUX TEMPS

I.1. FONCTIONNEMENT Le moteur à 2 temps réalise le cycle Beau de Rochas (aspiration, compression, détente, échappement) en 2 courses de piston au lieu de 4 courses



1er temps (du PMB au PMH): Le piston étant au PMB, le mélange air-essence est introduit sous une faible pression de 1.2 à 1.4 bars. Au 1/7 environ de sa course, le piston ferme les lumières pour permettre la compression.

2ème temps (du PMH au PMB) : La combustion commence un peu avant le PMH; après le PMH, la descente du piston réalise le "temps moteur". Au 6/7 environ de sa course, le piston découvre l'orifice d'échappement pour permettre l'évacuation des gaz brûlés. Dans les moteurs 2 temps à lumières, les opérations d'admission et d'échappement ont une durée très réduite et elles s'effectuent toutes les deux au voisinage du PMB.

2. CYCLE THEORIQUE

Le piston part de PMB au point "A", les lumières de transfert étant découvertes et les gaz frais préalablement comprimés dans le carter. C'est la phase "admission" jusqu'au point "B" qui correspond à la fermeture des lumières de transfert et d'échappement. La compression s'exerce jusqu'au point "C" où se produit l'allumage, au voisinage du PMH; et la pression monte brusquement jusqu'en "D". C'est alors la détente qui correspond à la phase "DE", le point "E" correspondant à l'ouverture de la lumière d'échappement. La pression tombe brusquement jusqu'en "B". Le piston termine sa course descendante "EA" avant de recommencer un nouveau cycle. La phase "EAB" correspond au balayage des gaz brûlés qui n'ont pas fini d'être évacués par les gaz frais qui ont commencé à pénétrer dans le cylindre par les canaux de transfert.

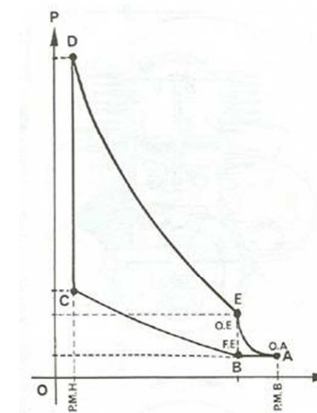


Fig.2 : Cycle théorique du moteur 2T

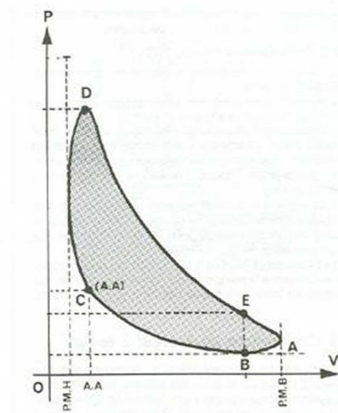


Fig.3 Cycle pratique du moteur 2T

3. CYCLE PRATIQUE

Le diagramme réel diffère du diagramme théorique sur les points suivants :

1. L'étincelle jaillit avec une assez grande avance (**AA**) avant que le piston n'atteigne le PMH. b) La combustion se prolonge légèrement après le PMH, quand le piston commence à descendre; il y a une pointe de pression, puis celle-ci diminue assez régulièrement pendant la détente jusqu'à l'ouverture de la lumière d'échappement.
2. L'échappement ne se fait pas aussi rapidement que dans le cycle à 4 temps puisqu'on ne dispose que d'une faible course du piston au voisinage du PMB.

Le balayage ne peut se faire qu'avec la faible pression correspondant à la pré compression dans le carter inférieur. Celle-ci est faible puisqu'elle est de l'ordre de 1.4 bars

Avantage :

- Nombre de pièces en mouvement réduit.
- Souplesse et possibilité de sur régimes éventuels sans dégât.
- Compacité du moteur.
- Poids réduit.
- Facilité de démarrage à froid.
- Simplicité et minimalisme des entretiens.
- Moteur tout indiqué pour les petites cylindrées.
- Moyennant une alimentation adaptée (ex : carburateur à membrane)
- il peut fonctionner dans toutes les positions.

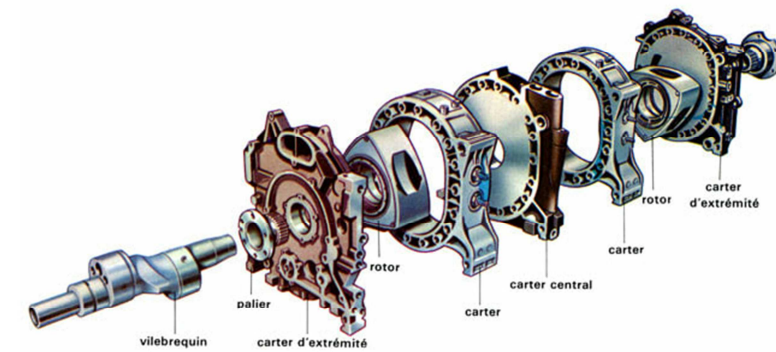
Inconvénients

- Consommation relativement élevée
- Ralenti irrégulier.
- Ajout d'huile lors de chaque ravitaillement.
- Compatibilité difficile avec les nouvelles normes anti-pollution.
- Fumée bleuâtre à l'échappement.
- Nettoyage du système d'échappement et décalaminage périodique

2 : LE MOTEUR ROTATIF**1. DESCRIPTION DU MOTEUR WANKEL**

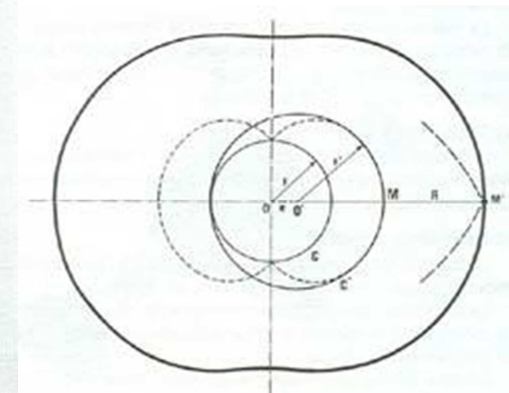
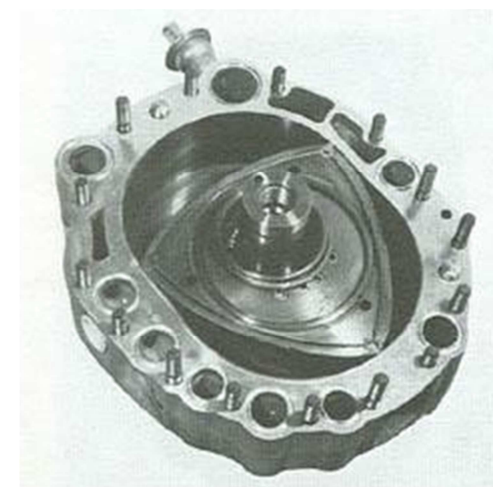
le moteur rotatif Wankel est le résultat d'une importante étude menée de 1945 à 1954 par l'ingénieur Wankel sur les différentes solutions de moteur rotatif. Les premières recherches expérimentales effectuées sur le plan industriel à partir des brevets Wankel ont été faites par la firme allemande NSU en 1957. Applications de ce type de moteur ont été faites plus tard par les constructeurs de véhicules Citroën, Mercedes, Mazda, Sachs, etc. Un piston rotatif appelé rotor, ayant la forme d'un triangle équilatéral curviligne, se déplace en rotation dans un stator ou trochoïde de profil particulier appelé épi trochoïde. Le piston dans son déplacement produit les variations de volume nécessaires à la réalisation des phases du cycle. Le rotor roule sans glissement sur un pignon tournant dont l'axe est solidaire du carter moteur. Le rotor entraîne en rotation un arbre excentré (vilebrequin) solidaire de l'arbre moteur. Grâce à cette disposition, la poussée des gaz sur chaque face du rotor est transformée

en couple sur l'arbre moteur.



2. PRINCIPE DU MOTEUR WANKEL

Cinématique Considérons un cercle fixe de centre O et rayon r , et un second cercle de centre O' et rayon r' qui roule sans glisser à l'extérieur du cercle O . Un point M du cercle O décrit une courbe appelée épicycloïde et un point M' pris à l'extérieur du cercle O , mais lié à celui-ci, décrit une "épitrochoïde". L'épitrochoïde a permis d'obtenir des chambres à volume variable, permettant d'accomplir le cycle à 4 temps. Pour que le rotor puisse se déplacer à l'intérieur de cette courbe, il faut qu'il soit monté sur un arbre excentrique permettant de transmettre le couple moteur. Le guidage du rotor en rotation est assuré par sa couronne à denture intérieure qui engrène avec un piston fixe porté par le stator; ce pignon fixe représente le cercle O et la denture intérieure le cercle O' .



3. CYCLE DU MOTEUR WANKEL

Le moteur à piston rotatif Wankel est un véritable moteur à 4 temps, réalisant comme n'importe quel moteur à pistons classiques les 4 temps : aspiration, compression, explosion- détente, échappement. Une différence essentielle avec le moteur à pistons classiques réside dans le fait que ce moteur réalise toujours trois temps simultanément.

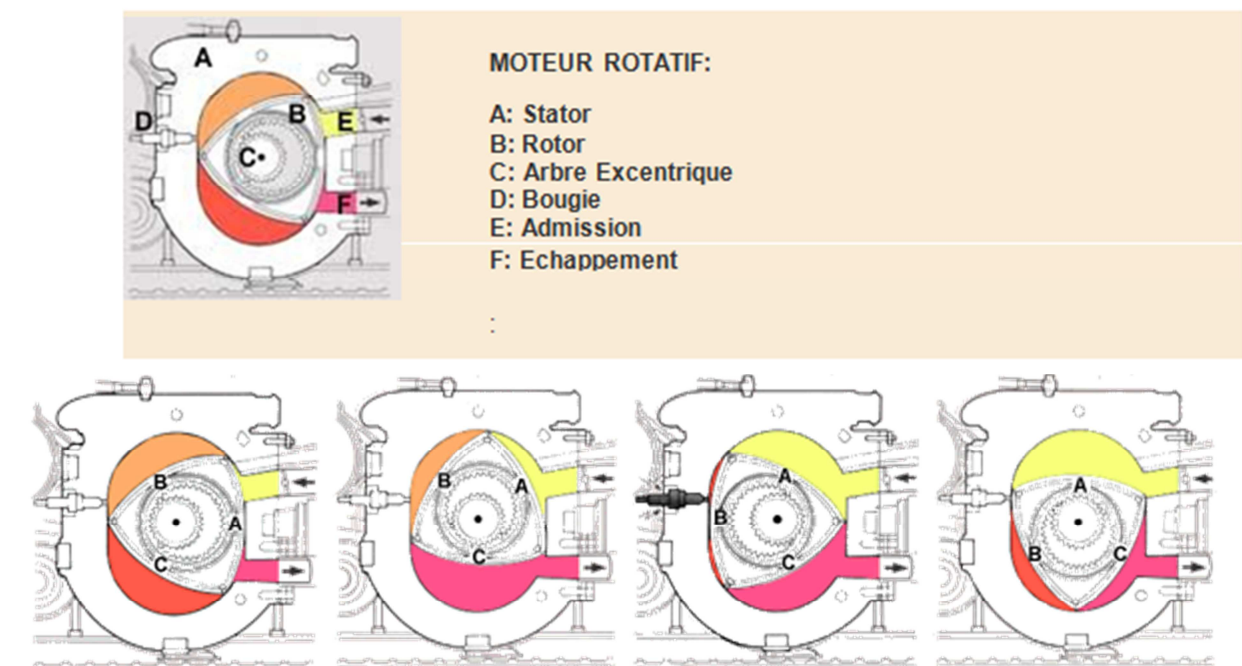
Premier temps : Lorsque la première chambre du moteur s'agrandit, elle aspire le mélange essence/air.

Deuxième temps : La même chambre pousse, par la rotation du rotor, le mélange aspiré vers la chambre de combustion. Là, la chambre se rétrécit (par le mouvement excentrique du rotor) et comprime ainsi le mélange.

Troisième temps : La bougie allume le mélange comprimé; l'explosion continue à pousser le rotor dans son mouvement circulaire. Ceci constitue le véritable temps moteur.

Quatrième temps : Le bord du rotor découvre la lumière d'échappement et expulse les gaz brûlés comme dans un 2 temps.

La dimension de la chambre est variable, de même que la cylindrée d'un moteur à pistons classiques varie avec le mouvement du piston. Comme le plus grand volume possible indique la cylindrée nominale du moteur classique, le volume nominal de la chambre correspond au plus grand volume possible de la chambre d'explosion du moteur rotatif.



Avantages

- Moins d'encombrement (pas de bielle, pas de soupape, ...),
- Régularité de fonctionnement et grande souplesse d'utilisation,
- Transformation du mouvement plus satisfaisante sur le plan mécanique.

Inconvénients

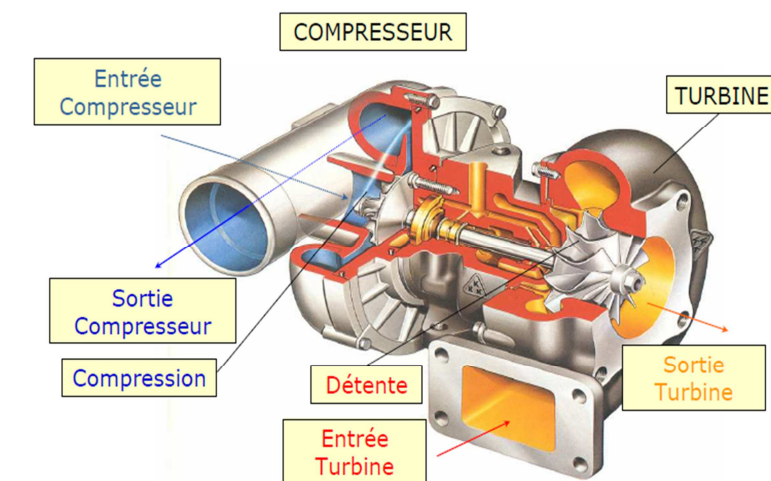
- La conception des segments d'arrête pose des problèmes difficiles à résoudre,
- L'évacuation des calories en excédent est plus difficile à réaliser et nécessite un dispositif de refroidissement par eau très efficace.
- Les formes des pièces en mouvement (rotor, stator, ...) sont compliquées, difficulté d'usinage, donc prix élevé.

3. LE TURBO-COMPRESSEUR

1. INTRODUCTION

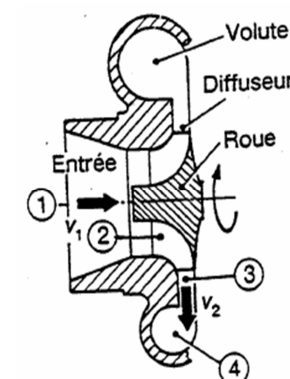
Le premier brevet du turbocompresseur, ou turbo, a été déposé le 13 novembre 1905 par l'ingénieur suisse **Alfred Büchi**. Il a permis d'équiper un avion de reconnaissance pendant la Première Guerre mondiale. De nos jours, on le retrouve surtout dans les automobiles ayant un moteur diesel, dans les voitures de sports et de courses comme dans le Subaru Impreza STI. Le turbo a comme but d'augmenter le rendement et la puissance d'un moteur tout en diminuant un peu sa consommation d'essence. Le système du turbocompresseur est très simple lorsqu'il est vu sous forme de schéma, donc en voici deux -deux vaut mieux qu'un, c'est bien connu-. Le premier schéma représente le chemin que parcourt l'air

2. DESCRIPTION TECHNOLOGIQUE

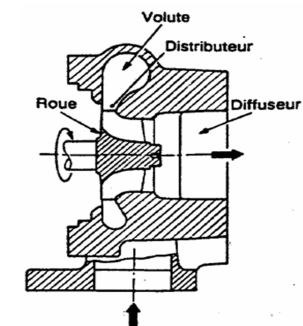


LE COMPRESSEUR :

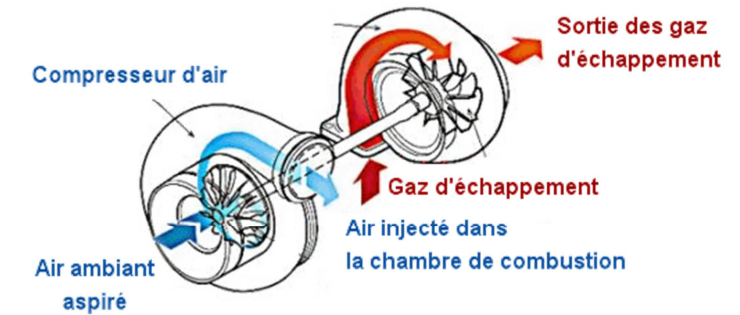
- L'entrée : collecte les gaz issus du filtre d'air
- La roue : apporte l'énergie au fluide
- Le diffuseur : assure la transformation de l'énergie due à la vitesse du fluide en énergie de pression
- La volute : collecte l'ensemble des gaz comprimés



Le compresseur



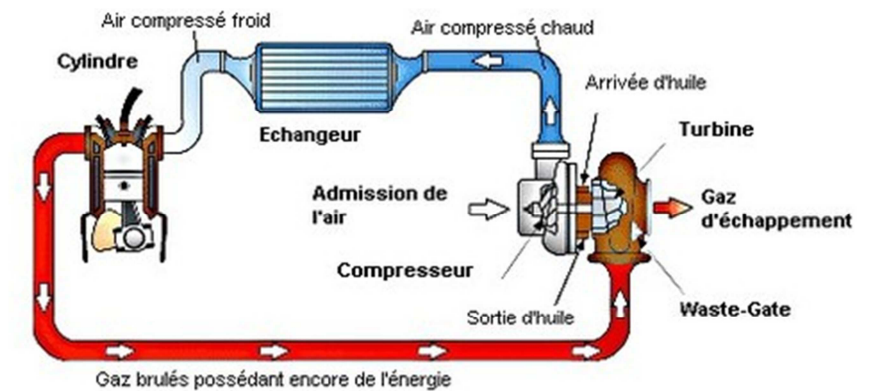
la turbine



LA TURBINE

- La volute : met en vitesse les gaz issus du moteur et les dirige vers le distributeur
- Le distributeur : oriente le flux gazeux vers les pales de la roue
- La roue : reçoit et récupère l'énergie des gaz d'échappement (chauds et sous pression)
- Le diffuseur : assure la transition des gaz vers les conduits d'échappement (ou vers le système de dépollution)

3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



- L'air arrive par le filtre à air (qui n'est pas illustré sur le schéma malheureusement). Il arrive dans le turbo et actionne le compresseur qui est relié à la turbine par un arbre central.
- L'air est comprimé et poussé jusqu'à l'échangeur d'air.
- L'échangeur d'air refroidit le gaz ainsi les particules sont encore plus compactes.
- L'air froid et comprimé est poussé jusqu'au moteur (plus précisément dans les cylindres)
- Le gaz chaud sort par un tuyau d'échappement et va vers le turbo.
- L'air chaud entre dans la turbine qu'elle fait tourner.
- L'air chaud sort de la turbine et se dirige vers le tuyau d'échappement

4. PRECAUTIONS D'UTILISATION :

- Ne jamais arrêter le moteur sans revenir au régime de ralenti
- Utiliser un système de graissage efficace
- Surveiller le filtre à air

CHAPITRE VI : LA DISTRIBUTION

MOTEURS A PISTONS

CHAPITRE VI : DISTRIBUTION

INTRODUCTION

La distribution d'un moteur doit assurer le remplissage des cylindres en gaz frais, puis l'évacuation des gaz brûlés, tout en pouvant maintenir l'étanchéité du cylindre lors de la phase de compression et de la combustion. La distribution a donc une influence importante sur les performances et le niveau de pollution d'un moteur, et elle est aujourd'hui en partie conçue en fonction de ces deux contraintes. La distribution subit des sollicitations importantes, tant thermiques (elle est en contact avec la chambre de combustion), que mécaniques (à un régime de 6000 tr/mn la soupape est actionnée 50 fois par secondes).

Plusieurs systèmes de distribution existent

1. Le système de lumière utilisé pour les deux temps ou les moteurs rotatifs ce système est plus simple puisque le transfert des gaz est commandé par le piston qui obstrue et ouvre une lumière, c'est un système léger et économique mais il ne permet pas de bien remplir les cylindres
2. Le système de vanne rotative, entraîné simplement par le vilebrequin ou même par un servomoteur piloté selon le régime.
3. Le système de distribution à soupapes qui est le plus utilisé actuellement et qui va faire l'objet de notre chapitre :

1.1. DEFINITION DE LA DISTRIBUTION

On appelle "distribution" l'ensemble des organes qui réalisent l'ouverture et la fermeture des conduits d'admission et d'échappement, et des éléments qui effectuent leur commande. Le rôle de la distribution est de commander l'ouverture et la fermeture des soupapes, imposer leur instant de l'ouverture, l'amplitude et la durée du mouvement.

1.2. FONCTIONS À ASSURER

Commander l'ouverture et la fermeture des soupapes. Cela permet l'évolution des gaz dans le moteur.

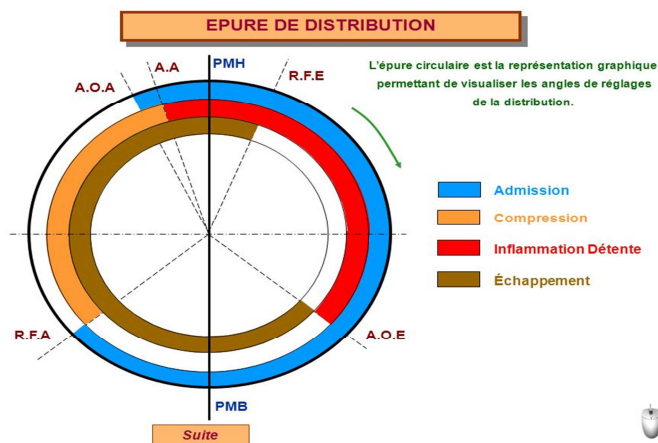
1. La distribution conditionne le bon déroulement du cycle à 4 temps.
2. La distribution participe à l'ordre de fonctionnement (moteur multicylindres).
3. Les caractéristiques de la distribution conditionnent le bon rendement du moteur.

1.3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'ouverture et la fermeture des soupapes est régie par une *loi de distribution* qui impose : Les points d'ouverture et de fermeture par rapport aux points morts haut et bas.

Le bon fonctionnement est conditionné par :

1. L'amplitude du mouvement des soupapes.
2. La synchronisation avec les mouvements du piston.
3. Le respect de l'ordre de fonctionnement des cylindres.



1.4. LES DIFFÉRENTS TYPES DE DISTRIBUTION

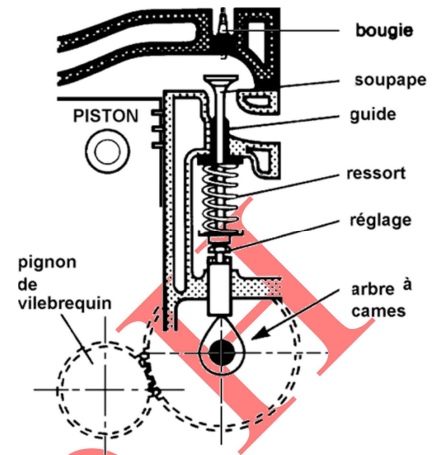
Selon la disposition des cylindres et celle des soupapes on peut trouver des moteurs ayant deux ou quatre arbres à cames en tête. Les arbres à cames en tête permettent une attaque plus directe sur les soupapes. Le nombre de pièces en mouvement, les jeux et les usures sont ainsi diminués.

Distribution par en dessous

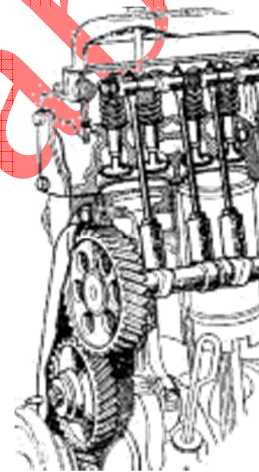
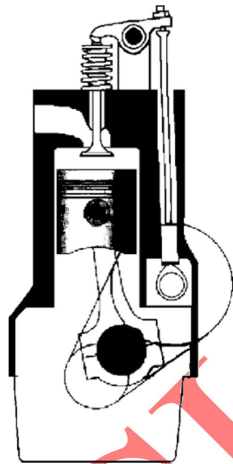
Soupapes et arbre à cames latéraux

Cette disposition engendre

- ✓ un grand volume de chambre de combustion
- ✓ et ne permet pas de taux de compression élevé.
- ✓ Petits moteurs.



Distribution par au-dessus



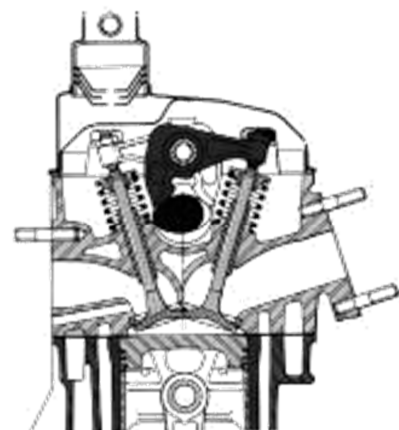
Soupapes en tête, arbre à cames latéral

- ✓ Moteur dit " CULBUTÉ " .
- ✓ Chambre hémisphérique.
- ✓ Meilleur rendement.
- ✓ L'inertie du système peut engendrer un affolement des soupapes à haut régimes.

Distribution par au-dessus

Soupapes et arbres à cames en tête, culbuté.

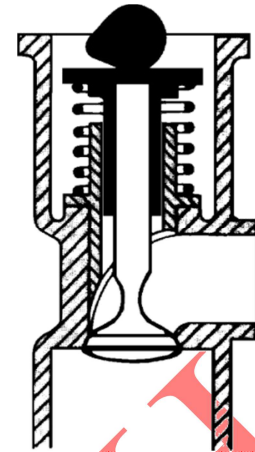
- ✓ L'arbre à came commande les soupapes par l'intermédiaire de culbuteurs.
- ✓ L'inertie des pièces en mouvement est réduite
- ✓ hauts régimes possibles



A. Distribution par au-dessus

Soupapes et arbres à cames en tête.

- ✓ L'arbre à came commande directement les soupapes, par l'intermédiaire d'un poussoir.
- ✓ L'inertie des pièces en mouvement est maintenant minimale

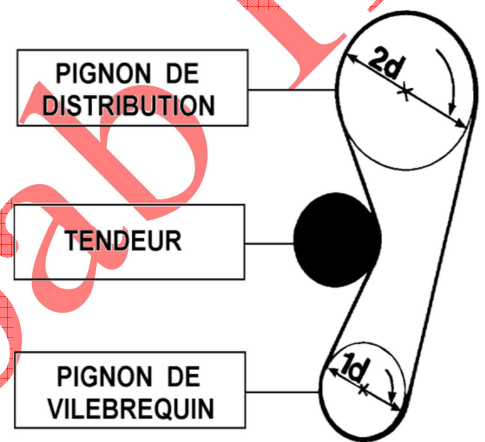


1.5. CONDITION À REMPLIR

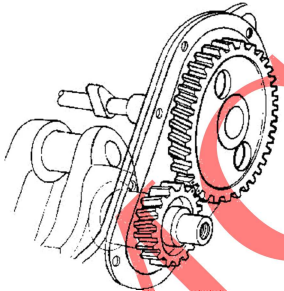
1. Un cycle complet est égal à 2 tours.
2. Pendant ce cycle, chaque soupape ne doit s'ouvrir qu'une seule fois.

Conclusion : L'arbre à cames tourne deux fois moins vite que le vilebrequin.

Réalisation : Le pignon de distribution a un diamètre deux fois supérieur au vilebrequin

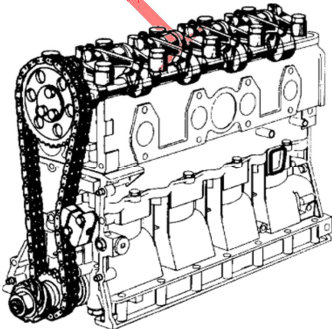


1.6. SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES ENTRAÎNEMENT PAR 2 PIGNONS



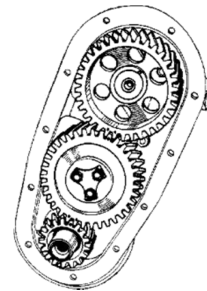
- ✓ Solution économique
- ✓ Moins bruyant

ENTRAÎNEMENT PAR CHAÎNE



Chaîne simple, double ou triple
Nécessite un graissage pas de lubrification

ENTRAÎNEMENT PAR 3 PIGNONS



système plus silencieux grâce au troisième pignon en cèlerons

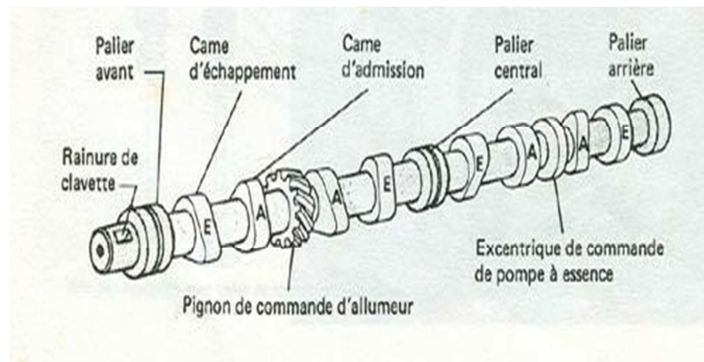
ENTRAÎNEMENT PAR COURROI



système silencieux
réglage de tension très délicat

1.7. LES ELEMENTS DE LA DISTRIBUTION

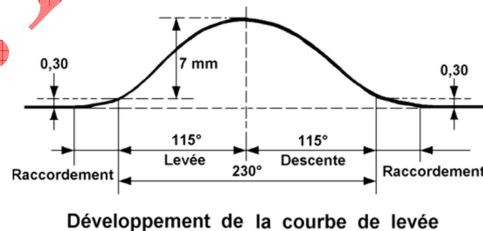
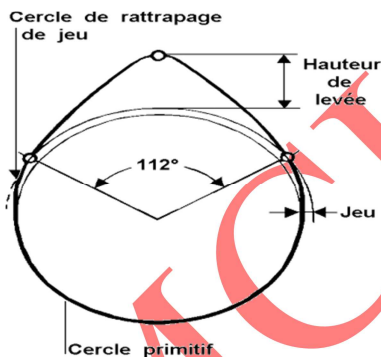
1. L'ARBRE A CAMES



L'arbre à cames est l'élément le plus important de la commande de distribution. Il est chargé de commander de façon très précise la levée des soupapes et d'assurer cette levée pendant une durée bien déterminée, correspondant au diagramme de distribution du moteur. Il doit résister aux torsions provenant de la poussée des ressorts et à l'usure par frottement. L'arbre à cames peut être en fonte spéciale moulée ou en acier forgé ou cémenté trempé. Selon la disposition des cylindres et celle des soupapes on peut trouver des moteurs ayant deux ou quatre arbres à cames en tête.

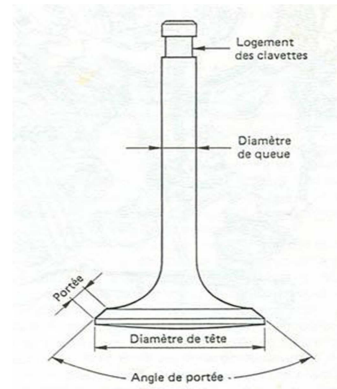
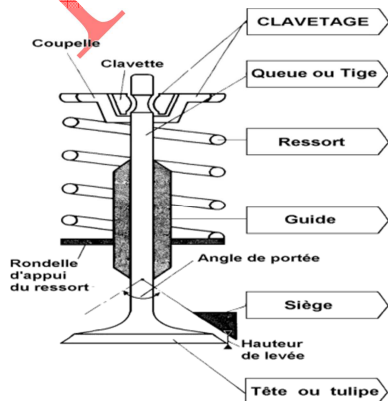
LES CAMES Une came est un élément complexe. Suivant les types de moteurs et leurs utilisations, les caractéristiques des cames varient en ce qui concerne :

- Les angles de levée et de descente. La hauteur de levée de came.
- L'angle total d'action de la came. Un angle éventuel d'ouverture constante



2. LES SOUPAPES

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



CHAPITRE VI : DISTRIBUTION

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. La portée conique assure une étanchéité parfaite à la fermeture et un centrage correct évitant la déformation de la tige. Les angles de portée sont d'environ 90° .

Les soupapes d'admission qui subissent des températures moins élevées peuvent avoir un angle de 120° , protégeant moins bien la soupape des déformations, mais offrant, pour une même hauteur de levée, une section de passage de gaz plus importante.

Clavetage :

- Deux demi-coquilles assurent la liaison entre la soupape et la coupelle supérieure.

Queue ou tige :

- Bonne résistance à la fatigue et à l'usure.
- Bonne conductibilité thermique.
- Bonnes propriétés de glissement.

Le ressort :

- Il assure le rappel de la soupape.
- Il peut être à pas fixe ou variable.
- Il peut être simple ou double.
- Il ne doit pas "s'affoler" à hauts régimes.

Le guide :

- Il assure un bon coulissement de la soupape.
- Pièce rapportée en bronze ou en fonte.

Le siege :

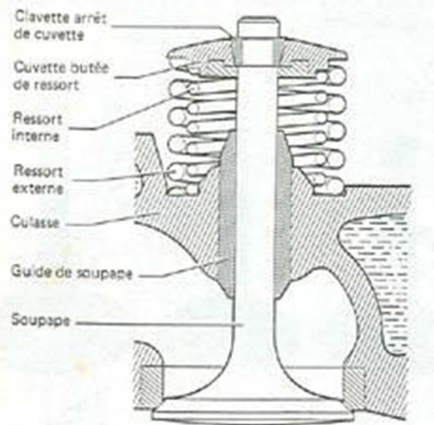
- Son angle est à 90° ou 120° .
- Il assure un difficile travail d'étanchéité.

Tête ou Tulipe :

- Bonne dureté.
- Excellente résistance thermique.
- Diamètre admission > Diamètre échappement.

Levée maxi 8 à 10 mm, sinon vitesse linéaire trop élevée.

Les soupapes de grande série sont en acier au nickel-chrome et obtenues par matriçage avec chauffage électrique. Ils sont tournés puis rectifiés. Les queues et les portées reçoivent un traitement qui accroît leur dureté. Pour les moteurs présentant des surchauffes au niveau des soupapes, on dispose de soupapes à tige creuse et partiellement remplies de sodium ou des sels de lithium et potassium. Autour de la tige de chaque soupape, on monte un ressort hélicoïdal comprimé entre une face usinée du carter fixe et une cuvette en acier solidaire de la queue de soupape. Lorsqu'on comprime un ressort à une fréquence élevée celui-ci risque d'entrer en résonance. On dit qu'il y a "affolement des soupapes".



CHAPITRE VI : DISTRIBUTION

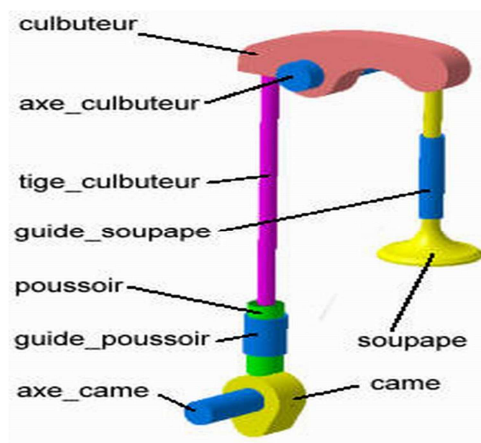
Pour éviter l'affolement des soupapes les constructeurs utilisent notamment :

- des ressorts à pas variable
- deux ressorts antagonistes (sens d'hélice opposé; le diamètre de l'un n'est que de 0.5 mm supérieur au diamètre extérieur de l'autre, de sorte qu'il y a frottement entre eux et étouffement des vibrations).



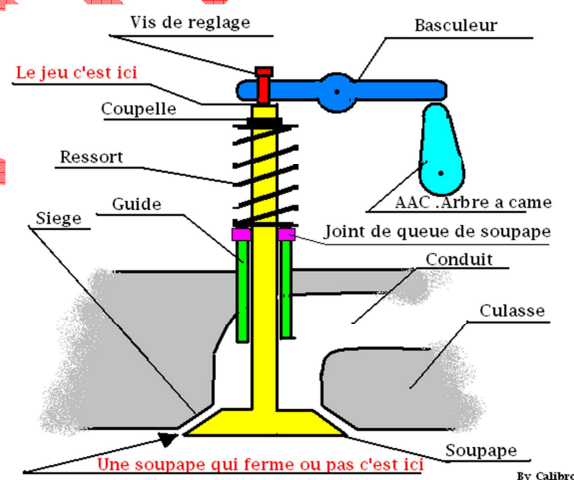
3. CULBUTEURS

Un culbuteur est un levier basculant qui fait partie de la transmission secondaire alternative de la commande de distribution. Le culbuteur reçoit en un point la poussée de la came, soit directement soit par l'intermédiaire d'une tige, et par un autre point pousse la soupape en ouverture. Le culbuteur peut être en fonte, matériau convenant pour les parties frottantes. Il peut être en acier, mais nécessite alors un traitement thermique pour durcir les parties frottantes.



TIGES DE CULBUTEUR

La tige de culbuteur est un élément de la commande de distribution qui transmet le mouvement de la came au culbuteur dans un moteur culbuté. Elle comporte une extrémité de forme sphérique qui appuie au fond du poussoir et l'autre extrémité en forme de cuvette dans laquelle s'articule la vis de réglage portée par le culbuteur.

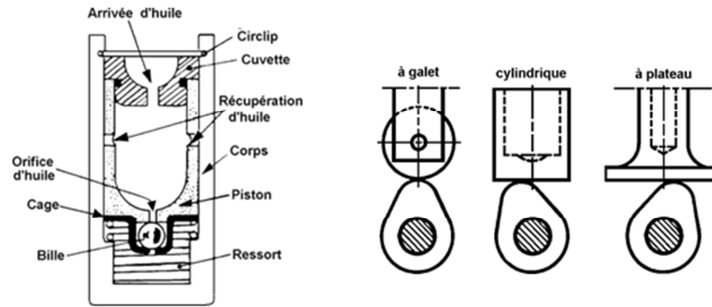


4. POUSSOIRS

Des poussoirs sont interposés entre les comes et les soupapes. Ils servent d'intermédiaire entre le mouvement de rotation des comes et le mouvement rectiligne des soupapes. Selon la position de l'arbre à comes par rapport aux soupapes, il est nécessaire d'interposer des culbuteurs et des tiges de culbuteurs. Certains moteurs sont équipés de poussoirs hydrauliques, ce qui supprime le réglage du

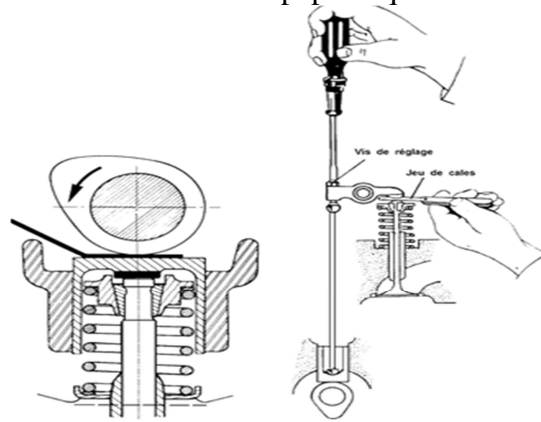
CHAPITRE VI : DISTRIBUTION

jeu aux soupapes qui devient automatique.



5. LE JEU AUX SOUPAPES

À froid, un jeu aux soupapes est nécessaire afin d'assurer l'étanchéité parfaite lorsque le moteur sera chaud. En effet, la dilatation de la tige de soupape est importante en raison des températures atteintes dans la chambre de combustion. Ainsi la tête de soupape risquerait de ne plus porter sur son siège.



6. MATERIAUX :

- Les soupapes d'admission sont en acier au nickel ou encore en acier au nickel- chrome. Le passage des gaz frais maintient leurs températures à 250-300c
- Les soupapes d'échappement sont soumises aux températures très élevées des gaz d'échappement. En conséquence elles doivent être en acier allié à très fortes teneur en nickel, chrome tungstène Le chrome rend l'acier inoxydable, le tungstène donne une très haute résistance mécanique a très hautes températures, le nickel donne une très haute ténacité
- Les guides de soupapes sont en fonte ou en bronze. L'ajustement tige-guide doit être assuré avec un jeu de 50 micros m
- Les sièges de soupapes sont en fonte dure ou en acier, ils sont rapportés sur le bloc cylindres
- Les ressorts de soupapes sont en acier au silicium ou en acier au nickel-glucinium. Les ressorts sont trempés et revenus à 330c

CHAPITRE VII : LE REFROIDISSEMENT

MOTEURS A PISTONS

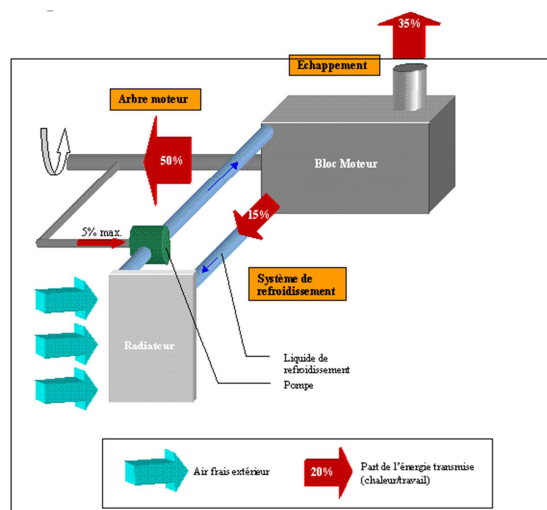
CHAPITRE VII : REFROIDISSEMENT DES MOTEURS A PISTONS

1. ROLE DU REFROIDISSEMENT :

Le circuit de refroidissement a pour rôle de restituer à l'atmosphère une grande partie de la chaleur produite à l'intérieur de la chambre de combustion. En effet, le bon fonctionnement du moteur n'est plus possible au-delà de certaines températures. La température maximale de fonctionnement d'un moteur est limitée par la résistance mécanique et par les variations dimensionnelles dues à la dilatation, pouvant être tolérées par les organes internes sans compromettre le fonctionnement

2. CHALEUR A EVACUER

Le rôle du refroidissement du moteur est essentiel. En effet, seuls 45 % environ de l'énergie libérée lors de la combustion est transformée en énergie mécanique, directement utilisable sur l'arbre. 60% de l'énergie apportée par la combustion est donc dissipée sous forme de chaleur. Une bonne partie de cette énergie est évacuée avec les gaz l'échappement (environ 35% de l'énergie de combustion). La partie restante, non négligeable, de l'énergie de combustion est évacuée par les parois de la chambre de combustion. Il est donc absolument nécessaire de refroidir en permanence les parois des cylindres afin d'éviter des températures trop élevées, qui, on l'a vu, seraient dommageables pour le bon fonctionnement du moteur.



3. INCONVENIENTS DES TEMPERATURES ELEVEES

1. Dilatations excessives
2. Diminution du taux de remplissage
3. Auto-inflammation du mélange (400c)
4. Auto-allumage due aux points chauds
5. Décomposition du lubrifiant
6. Modification des propriétés des métaux

4. NECESSITE D'UNE TEMPERATURE MINIMALE

1. Favoriser l'évaporation du carburant
2. Avoir une combustion rapide et complète
3. Obtention de rendements plus élevés (diminution des pertes aux parois)
4. Amélioration de la préparation du mélange air/carburant.
5. Limitation de la production d'hydrocarbures imbrûlés et d'acides sulfureux au contact des parois.

En conclusion, il est donc rationnel de refroidir les du moteur à la condition de ne pas le faire trop énergiquement. L'expérience montre qu'il est intéressant de maintenir la température des parois :

- autour de 120°C pour les chemises.
- autour de 180 à 240°C pour la culasse

5. TYPES DE REFROIDISSEMENTS

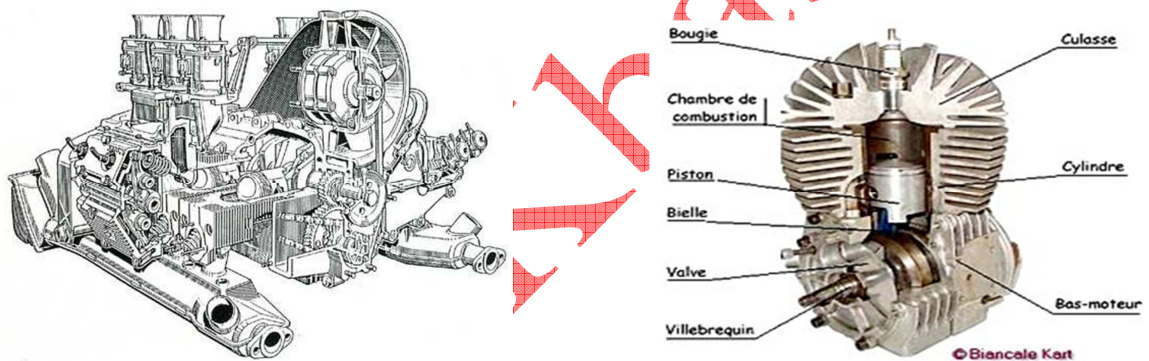
Deux types de refroidissement sont alors envisageables le refroidissement par air : où celui-ci est projeté par des ventilateurs sur la culasse et sur les cylindres, et le refroidissement par eau (ou par

CHAPITRE VII : REFROIDISSEMENT DES MOTEURS A PISTONS

un liquide réfrigérant), celle-ci faisant office d'intermédiaire en prélevant une partie de la chaleur du moteur et en la cédant à l'atmosphère à travers un radiateur. Le refroidissement par air présente l'avantage de ne pas nécessiter de pompe pour faire circuler le fluide. Cette pompe absorbe, en effet, une partie de la puissance disponible et représente un poids supplémentaire. Toutefois, le coefficient de conductivité de l'air est environ 25 fois plus faible que celui de l'eau. Ainsi, pour assurer un refroidissement équivalent, il est nécessaire d'augmenter considérablement la surface métallique en contact avec le fluide de refroidissement, ce qui est réalisé pratiquement au moyen d'ailettes. Ces ailettes nécessitent une place considérable autour des cylindres. Le système par air a connu un énorme succès sur les moteurs d'avions; la Coccinelle Volkswagen, la Fiat 500, la Porsche et la 2 CV Citroën en sont, pour l'automobile, des exemples typiques. Cependant, les progrès du refroidissement par eau, qui permet une architecture de moteur plus compacte et l'obtention de puissances spécifiques plus élevées, font que le refroidissement par air est de moins en moins utilisé dans la construction automobile. En conséquence, nous avons choisi de refroidir notre moteur à l'aide d'un circuit d'eau.

7. LE REFROIDISSEMENT PAR AIR

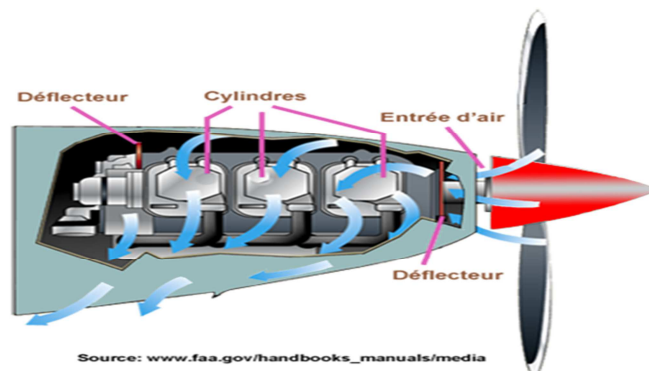
Ce type de refroidissement encore beaucoup utilisé pour les motos est très rare en automobile. Le coefficient de conductivité de l'air étant plus faible que celui de l'eau, les surfaces d'échange doivent être augmentées et le débit d'air être très important. En pratique, cette surface est augmentée au moyen d'ailettes venues de fonderie au niveau des cylindres et de la culasse. Pour les moteurs à poste fixe, le moteur est caréné avec des tôles et l'air est pulsé par une soufflante.



Ce système est surtout utilisé pour refroidir les moteurs à faible puissance. Cette solution apporte

- ✓ une économie au poids
- ✓ le prix de revient
- ✓ supprime les risques de gel

L'air qui est autour des cylindres doit être constamment renouvelé, le refroidissement n'est correcte qu'à cette condition. Sur les véhicules automobiles ce type de refroidissement est accéléré par un ventilateur ou une turbine. L'air est canalisé d'une façon à envelopper les ailettes. La turbine est très efficace mais a l'inconvénient d'absorber une partie de la puissance développée par le moteur et d'être très bruyante



Source: www.faa.gov/handbooks_manuals/media

CHAPITRE VII : REFROIDISSEMENT DES MOTEURS A PISTONS

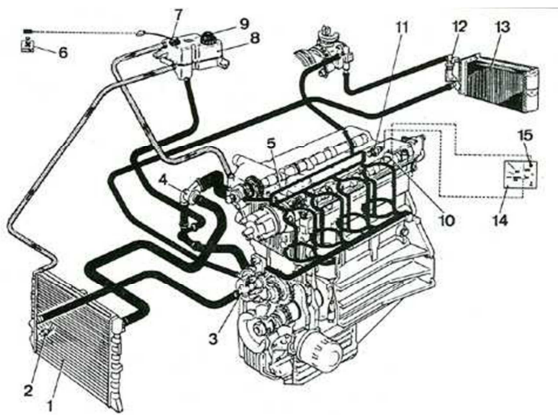
8. REFROIDISSEMENT PAR EAU

8.1 : OBJECTIFS :

Le système de refroidissement doit assurer un certain nombre de fonctions :

- Refroidissement des parties chaudes du moteur.
- Refroidissement de l'eau par un radiateur sur lequel circule l'air ambiant.
- Circulation de l'eau à l'aide d'une pompe à eau
- Régulation de la température d'eau à une valeur déterminée.
- Dégazage pour évacuer les inévitables bulles qui se forment dans le circuit.
- Mise en pression du circuit d'eau pour éviter la cavitation au niveau de la pompe
- Mise en température du moteur aussi rapide que possible (après démarrage moteur froid).

Dans ce système le moteur, en particulier la culasse et le bloc-cylindres, comporte des cavités (chambres d'eau) dans lesquelles circule l'eau de refroidissement. La circulation de l'eau est assurée par une pompe centrifuge. La figure ci-dessous représente un circuit de refroidissement d'eau :

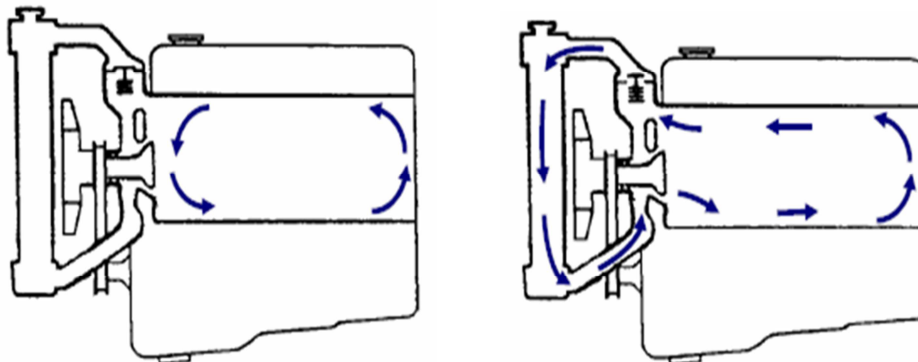


1	Radiateur	9	Bouchon du réservoir d'expansion
2	Sonde de ventilateur électrique	10	Sonde de température du liquide de refroidissement
3	Pompe à eau	11	Sonde pour lampe à témoin de température maxi du liquide de refroidissement
4	Soupape thermostatique	12	Robinet de chauffage

5	Culasse	13	Radiateur de chauffage
6	Lampe témoin du niveau mini du liquide	14	Indicateur de température du liquide
7	Jauge à liquide	15	Lampe témoin de température du liquide de refroidissement
8	Réservoir d'expansion		

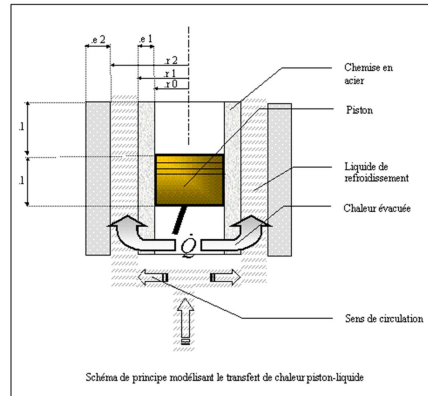
8.2 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'eau de refroidissement circule dans le bloc moteur, une fois que la température limite est atteinte, un thermostat va s'ouvrir pour laisser l'eau passer dans le radiateur pour se refroidir



8.3. LA CIRCULATION DE L'EAU A L'INTERIEUR DU MOTEUR

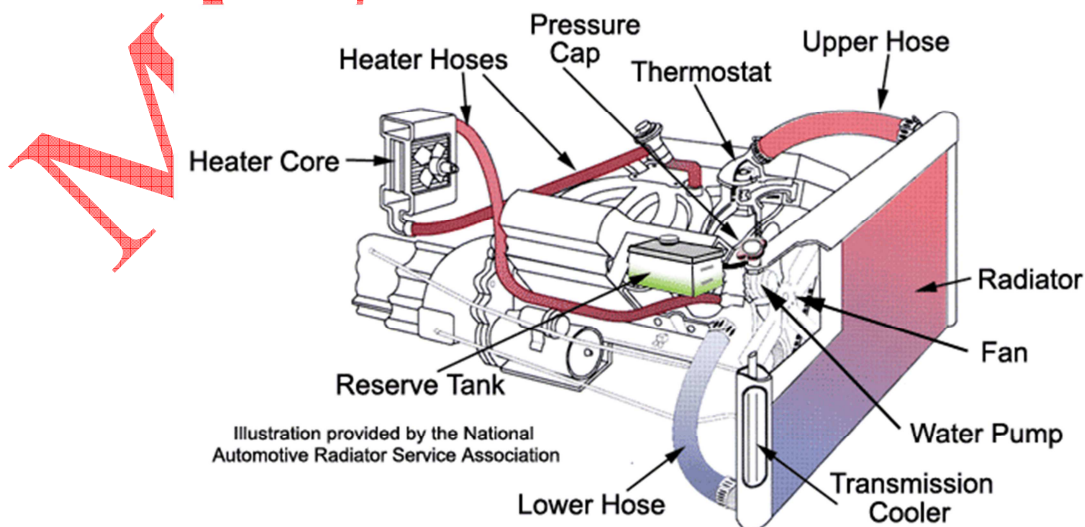
L'eau circule au travers du bloc-cylindres et remonte à la culasse par les trous pratiqués dans le joint de culasse. La mise au point du circuit d'eau consiste à faire une bonne répartition du débit d'eau et à augmenter la vitesse du liquide autour des zones chaudes des cylindres et de la culasse. Cette mise au point est réalisée en calibrant le diamètre des trous de passage d'eau dans le joint de culasse. La circulation de l'eau est réalisée dans un espace supplémentaire situé autour de la chemise. Le schéma suivant modélise une coupe transversale du cylindre.



8.4. LES DIFFERENTS ELEMENTS:

Les principaux éléments sont :

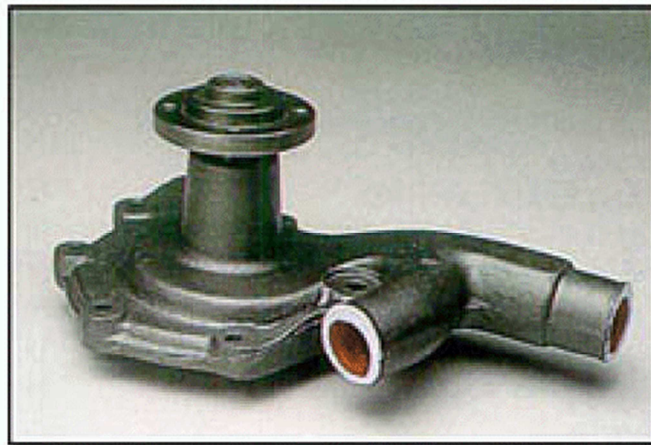
- Le circuit d'eau, dans lequel circule l'eau chargée de refroidir les parois du moteur.
- La pompe, qui permet d'obtenir le débit voulu dans le circuit d'eau.
- Le radiateur
- Le radiateur de chauffage (ou aérotherme)
- Le thermostat
- Le ventilateur
- Le vase d'expansion (ou boîte de dégazage)
- Le bouchon avec clapet de surpression
- Le liquide de refroidissement



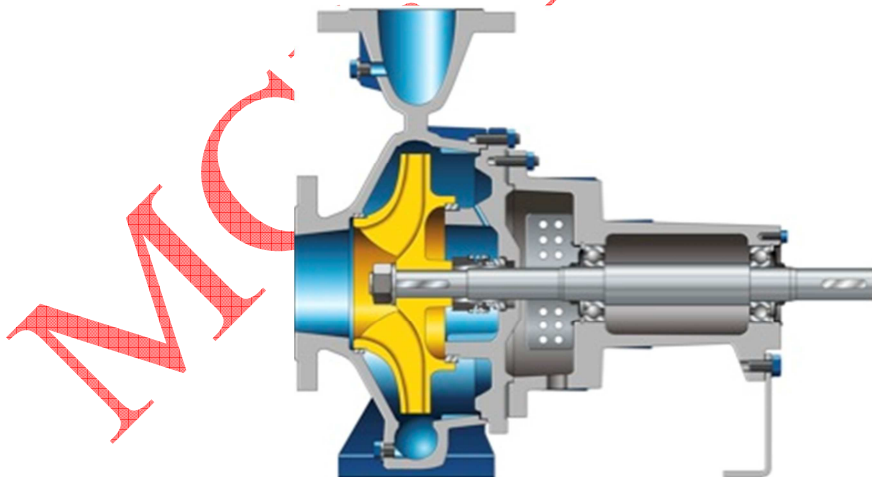
CHAPITRE VII : REFROIDISSEMENT DES MOTEURS A PISTONS

➤ LA POMPE A EAU

La pompe à eau a pour rôle d'assurer la circulation du liquide de refroidissement dans le moteur et le radiateur, afin d'éliminer les calories. Plus le liquide va circuler rapidement, plus grande sera l'élimination de calories par le radiateur et plus petite pourra être la surface de ce dernier. Les pompes sont généralement de type centrifuge et doivent avoir un débit suffisant pour assurer que l'écart de température entre la sortie et l'entrée du moteur soit de l'ordre de 4 à 6°C. Elles sont généralement entraînées par une poulie liée au vilebrequin par l'intermédiaire d'une courroie. Toutefois, la pompe ne doit pas demander une puissance trop importante car celle-ci est directement prélevée sur la puissance disponible fournie par le moteur. Il faut donc éviter d'utiliser une pompe trop encombrante (perte de place et charge supplémentaire) ou absorbant une puissance trop importante (constituant ainsi un manque à gagner de puissance pour le moteur).

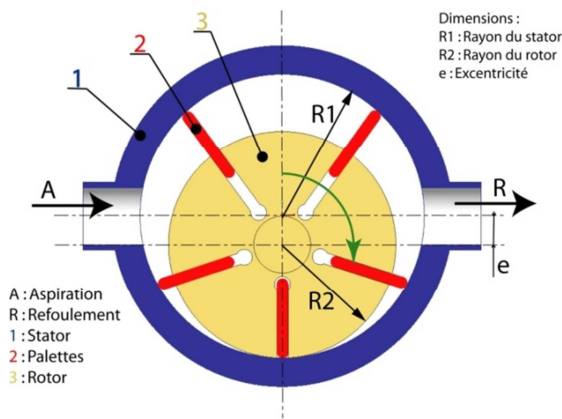


Ainsi, la puissance absorbée pour l'entraînement de la pompe dépend des caractéristiques de perte de charge du circuit complet. Elle peut représenter 1,5 à 3% de la puissance fournie par le moteur en pleine charge mais ne doit en aucun cas dépasser ces valeurs.

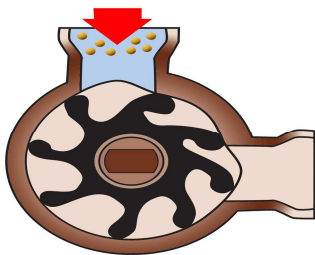


La pompe à eau peut être aussi à palettes, dont la forme est représenté sur le schéma suivant

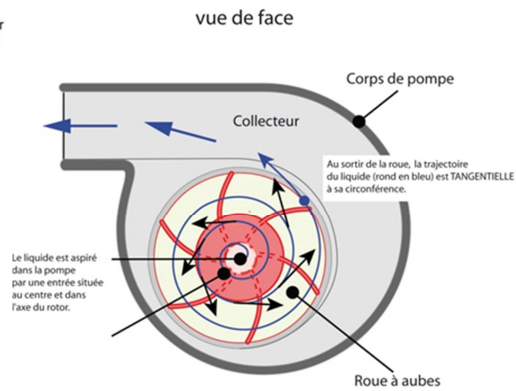
CHAPITRE VII : REFROIDISSEMENT DES MOTEURS A PISTONS



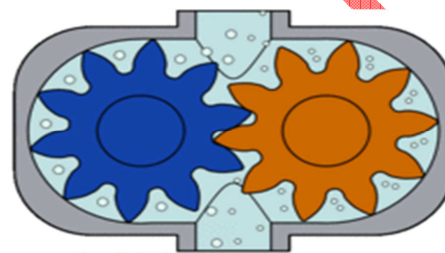
palettes



Pompe à ailettes circulaires



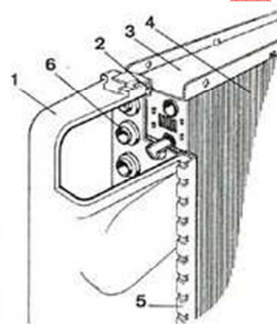
Pompe à ailettes centrifuge



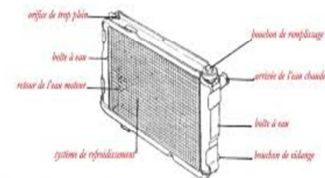
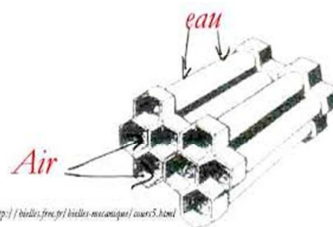
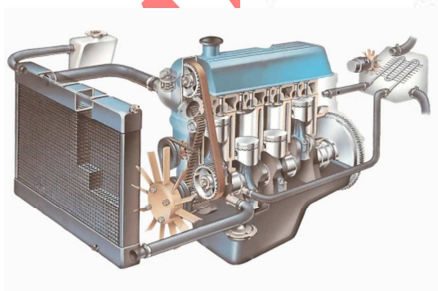
Pompes a engrenages

LE RADIATEUR

Le radiateur est un échangeur de chaleur eau/air utilisé pour abaisser la température du liquide de refroidissement, qui s'est échauffé en traversant le bloc-cylindres et la culasse.



1. Boîte à eau plastique
2. Joint caoutchouc d'étanchéité
3. Joue
4. Faisceau (ailettes)
5. Collecteur
6. Joint d'étanchéité de pied de tube



Un radiateur est composé de deux réservoirs (appelés boîtes à eau), reliés par des tubes porteurs d'ailettes extérieures. Les réservoirs constituent les collecteurs d'entrée et de sortie. Les tubes les reliant peuvent être de section circulaire (ou ovale) ou plats. Pour améliorer les échanges entre le liquide et les tubes, on trouve parfois à l'intérieur de ceux-ci des turbulateurs ou perturbateurs. Ces éléments servent à briser les écoulements laminaires. Les ailettes constituent des surfaces secondaires d'échange. Ces éléments peuvent être des

CHAPITRE VII : REFROIDISSEMENT DES MOTEURS A PISTONS

feuilles planes traversées par les tubes ou des feuillures plissées en accordéon et intercalées entre les tubes. Trois types de technologies sont utilisés en ce qui concerne les tubes et les ailettes.

- *Radiateurs en aluminium « mécaniques ».* Les ailettes sont enfilées sur des tubes de section circulaire ou ovale. Les ailettes et les tubes sont en alliage d'aluminium. Ce type de réalisation est économique à fabriquer. C'est également le plus répandu.
- *Radiateurs en aluminium brasés.* Les tubes sont plats. Les ailettes sont constituées d'une fine tôle serpentant entre deux tubes plats successifs. Pour améliorer l'échange thermique entre l'air et les ailettes, ces dernières sont souvent munies de « persiennes », permettant de créer des micro-turbulences. Ce type de réalisation est plus performant que le précédent, mais également plus coûteux à réaliser.
- *Radiateurs en cuivre brasés.* La réalisation est analogue à la précédente, mais l'aluminium est remplacé par du cuivre, ce qui permet d'obtenir un gain d'efficacité par rapport à l'aluminium.

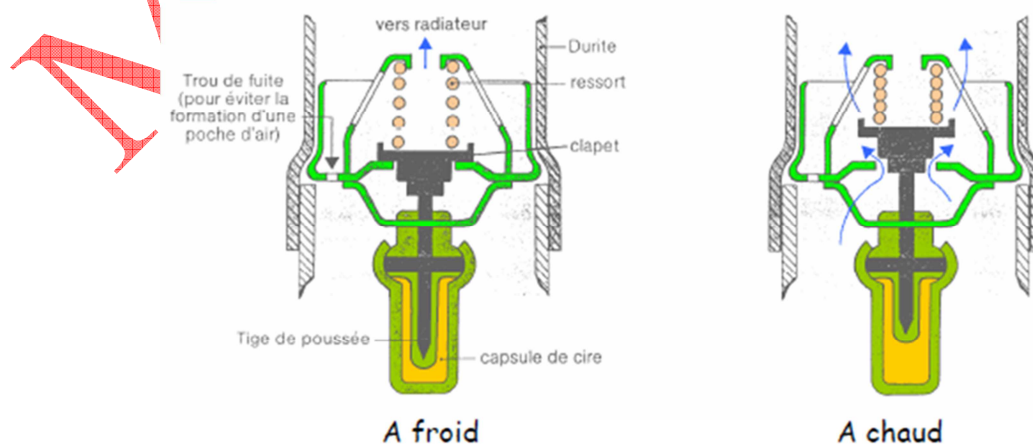
LE THERMOSTAT

Le thermostat a pour rôle de permettre au moteur d'atteindre rapidement et de maintenir une température d'opération désirée. Le principe de fonctionnement du thermostat est le suivant : Le thermostat est immergé dans le liquide de refroidissement et va laisser passer plus ou moins de liquide de refroidissement vers le radiateur, en fonction de la température du liquide. La température idéale de fonctionnement d'un moteur se situe en effet entre 95 et 110 °C et le thermostat va tenter de le maintenir cette température. Ainsi, au démarrage, lorsque le moteur est froid, le thermostat doit faire en sorte que le liquide de refroidissement n'atteigne pas le radiateur avant d'avoir atteint la température optimale de fonctionnement. Les intérêts d'une montée en température rapide du liquide de refroidissement sont essentiellement :

- Amélioration du chauffage de l'habitacle par temps froid.
- Diminution de la pollution.
- Réduction des pertes par frottement par diminution de la viscosité de l'huile.

Les thermostats utilisent des cires dilatables qui provoquent l'ouverture du circuit d'eau en direction du radiateur au-dessus d'une température limite fixée par le constructeur. Pour assurer une circulation d'eau plus importante dans le moteur pendant la montée en température de ce dernier (thermostat fermé), on peut utiliser un thermostat à double effet.

Ce type de thermostat est conçu de façon à ouvrir le passage d'eau de by-pass lorsque le moteur est froid et que le passage vers le radiateur principal est fermé, puis à fermer ce by-pass lorsque le moteur est chaud ; la totalité du débit va alors dans le radiateur principal.



On peut trouver le thermostat à l'entrée ou à la sortie du moteur:

CHAPITRE VII : REFROIDISSEMENT DES MOTEURS A PISTONS

- A. *Thermostat en sortie moteur*: Lorsque la température de l'eau atteint le seuil d'ouverture du thermostat (de l'ordre de 88°C), celui-ci commence à s'ouvrir. L'eau chaude pénètre dans le radiateur et de l'eau froide entre dans le moteur. Le thermostat ne perçoit l'arrivée de l'eau froide provenant du radiateur qu'après que celle-ci ait rempli tout le volume des chambres du moteur. Ce principe entraîne des variations d'une dizaine de degrés en sortie culasse et d'une vingtaine de degrés en entrée de moteur. Ces battements constituent des petits chocs thermiques permanents qui contribuent à un vieillissement accru du joint de culasse.
- B. *Thermostat en entrée moteur* : Dans ce cas, le thermostat est placé dans le circuit de retour de l'eau entre le radiateur et l'entrée de la pompe à eau. Cette disposition permet de mieux régler la température de l'eau entrant dans le moteur, notamment au moment de l'ouverture du circuit principal car le thermostat est immédiatement sensible à l'arrivée de la masse d'eau froide venant du radiateur et ne laisse entrer cette eau que de manière progressive. En effet, l'information donnant la température de la culasse est apportée par un by-pass dont la présence est indispensable. Le bulbe du thermostat lit la température du mélange (eau qui arrive du by-pass / eau retour du radiateur). L'ouverture du circuit en provenance du radiateur aura lieu quand la température de la culasse atteindra l'indexation du thermostat. Dès son ouverture, le thermostat détecte de l'eau froide en provenance du radiateur : il se ferme immédiatement puis se rouvre très rapidement. Il en résulte une régulation très fine de la température à l'entrée de la pompe (variations de l'ordre de 2°C).

LE VENTILATEUR

L'air de refroidissement est forcé à travers le radiateur par effet dynamique (c'est à dire grâce à l'avancement du véhicule) mais un ventilateur peut être utilisé lorsque celui-ci est insuffisant (véhicule à l'arrêt, moteur en fonctionnement ; montagne...). Ces ventilateurs ont, dans tous les cas, une puissance relativement faible (de l'ordre de 500 watts). Le ventilateur n'est utilisé en moyenne que pendant 3% du temps d'utilisation du moteur.

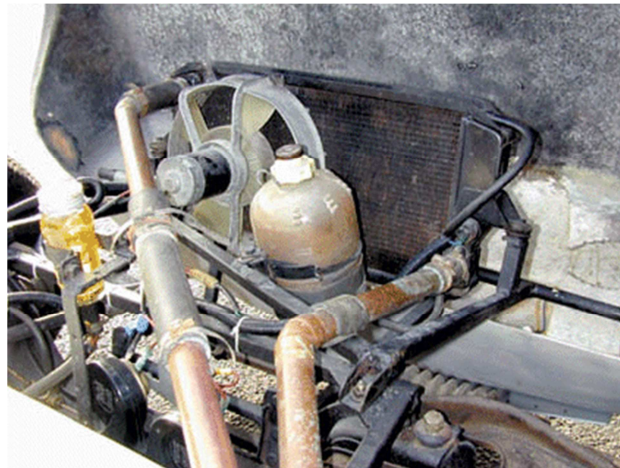


LE VASE D'EXPANSION

Il est également appelé boîte de dégazage. Lors de l'échauffement du moteur, le liquide de refroidissement se dilate et la pression monte dans le circuit. Les variations de pression entre moteur froid et moteur chaud sont absorbées par le volume d'air situé à la partie supérieure du vase d'expansion. Comme le tube d'arrivée se trouve en dessous du niveau de liquide, il n'y aura pas d'introduction d'air dans le circuit. Le vase d'expansion assure ainsi la mise en pression du circuit sans perte de liquide de refroidissement. Le vase d'expansion permet aussi de dégazer le circuit, si l'on a pris soin de le placer en un point haut de celui-ci, là où se concentrent les bulles d'air ayant pu entrer accidentellement. Ces bulles peuvent provenir de

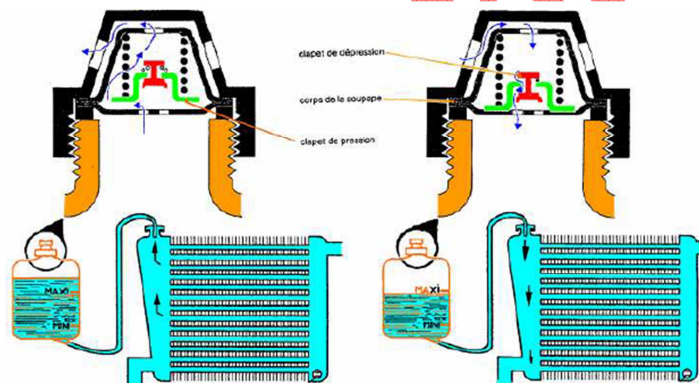
CHAPITRE VII : REFROIDISSEMENT DES MOTEURS A PISTONS

micro-fuites au niveau du joint de culasse, de la pompe à eau, des raccords de durites, etc...).



LE BOUCHON AVEC CLAPET DE SURPRESSION

Pour éviter d'atteindre des niveaux de pression trop importants dans le circuit d'eau en cas de problème (surchauffe du moteur, rupture d'un joint de culasse), le bouchon du vase d'expansion est muni d'un clapet permettant de limiter la pression à une valeur n'entraînant pas d'autres dégâts dans le moteur. Le sifflement émis par ce clapet constitue également un signal d'alerte pour le conducteur.



9. LE LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT

Le liquide de refroidissement est, en réalité, un mélange de trois composants :

1. Eau déminéralisée
2. Monoéthylèneglycol (antigel)
3. Inhibiteur de corrosion

La proportion du mélange va dépendre de l'objectif à atteindre. La présence de l'éthylèneglycol augmente la température d'ébullition et abaisse celle de congélation. C'est donc un moyen efficace de protection contre le gel. Toutefois, l'eau a une meilleure capacité calorifique que le mono-éthylèneglycol et la teneur en eau peut être augmentée dans les climats chauds.

10. CONTROLE DE LA TEMPERATURE DE L'EAU

Le conducteur d'un véhicule doit être informé à tout moment de la température de l'eau de refroidissement. En cas de dépassement de la température limite, il doit s'arrêter et examiner la cause de l'élévation anormale de la température. Le tableau de bord est pourvu d'un indicateur de température : thermomètre ou voyant lumineux et quelques fois les deux.

CHAPITRE VII : REFROIDISSEMENT DES MOTEURS A PISTONS

11. PROTECTION ET ENTRETIEN DU CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT :

Etant donné l'importance du circuit de refroidissement, il est indispensable de veiller à son entretien et à son fonctionnement. Les prescriptions données par le constructeur doivent être observées. Sans avoir besoin de faire appel à un spécialiste, certaines précautions élémentaires peuvent être prises par l'utilisateur du véhicule

1. EAU DU RADIATEUR

L'utilisation de l'eau filtrée ou d'eau de pluie propre permet d'éviter l'introduction de corps étranger susceptibles d'obstruer le faisceau de refroidissement du radiateur ou de détériorer la pompe. Il faut éviter l'eau calcaire qui produit à la longue l'entartrage des conduits du circuit d'eau, notamment du faisceau de refroidissement du radiateur. Cet entartrage ralentit la circulation d'eau et engendre un échauffement plus rapide du moteur.

2. PRECAUTIONS CONTRE LA GELEE

L'augmentation du volume d'eau pendant la congélation risque de faire éclater le bloc-cylindres ou le radiateur. Il est donc nécessaire de prendre les précautions suivantes.

- a. *Le véhicule reste immobilisé pendant la saison froide* Dans ce cas faire la vidange complète du circuit. Le moteur étant chaud et tournant au ralenti
 - Ouvrir le bouchon de vidange du radiateur et si possible celui du bloc cylindre et de la pompe
 - Enlever le bouchon de remplissage pendant l'opération
 - Lorsque l'eau ne coule plus, laisser le moteur tourner au ralenti pour bien vidanger la pompe à eau et pour assécher à l'intérieur du bloc
 - Ne pas remettre les bouchons avant d'être sûr que l'eau est bien égouttée
- b. *Le véhicule doit assurer des services pendant la saison froide* Il convient de rendre l'eau de refroidissement incongelable, il est possible :
 - D'ajouter de l'alcool : solution économique mais, l'alcool étant très volatile, il est recommandé de vérifier souvent si la quantité d'alcool restante est suffisante
 - Ajouter de la glycérine : produit plus onéreux que l'alcool et ayant l'avantage de ne pas s'évaporer
 - Ajouter des produits antigels : sont très efficaces et l'abaissement du point de congélation dépend de la quantité d'antigel par rapport à la capacité du circuit de refroidissement

12. GEL DE L'EAU DANS LE CIRCUIT

Si l'on est surpris par un abaissement inattendu de la température et si le circuit ne contient aucun produit antigel.

- Mettre le véhicule à l'abri
- Tenter de dégeler l'eau en se rappelant que la congélation prend naissance dans les parties basses du radiateur et du bloc-cylindres
- Ouvrir les bouchons de vidange du radiateur et du bloc-cylindres
- Chauffer légèrement la partie inférieure du radiateur, des tubulures de raccordement en faisant attention aux durites
- Chauffer les parties du bloc-cylindres en faisant attention au carburateur
- En même temps remplacer l'eau qui est évacuée par de l'eau très chaude versée par le bouchon de remplissage du radiateur
- Lorsque la sortie d'eau par les bouchons de vidange s'effectue à plein jet, mettre le moteur en marche au ralenti, jusqu'à vidange complète

13. COMMENT AJOUTER L'ANTIGEL DANS UN CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT :

Avant d'ajouter des produits antigel il faut :

1. S'assurer que toutes les conduites sont bien étanches
 - Effectuer un rinçage correct de l'eau
 - Vérifier l'étanchéité de tout le circuit
2. Après vidange, introduire la quantité d'antigel nécessaire et compléter le niveau avec de l'eau
3. Faire tourner le moteur au ralenti pour permettre un bon mélange eau-antigel

MCI: Kbab H

CHAPITRE VIII : ALIMENTATION

MOTEURS A PISTONS

CHAPITRE VIII : L'ALIMENTATION

1. INTRODUCTION

La carburation est l'opération la plus complexe à réaliser correctement pour obtenir le fonctionnement normal d'un moteur. Depuis l'invention du moteur à explosion, elle a fait objet de recherches innombrables et elle est encore en pleine évolution. Le but de la carburation est de produire un mélange intime de carburant et d'air qui lui est nécessaire pour brûler, dans des proportions et dans un état qu'on l'obtienne soit le plus grand rendement possible.

Un mélange gazeux sera donc défini par :

- Sa composition, c'est-à-dire le rapport entre les quantités d'essence et d'air qu'il contient. cette opération s'appelle le dosage ou richesse du mélange
- Son état physique, c'est à dire sa température ; son homogénéité ou sa pression
- Sa turbulence

Dans les moteurs modernes le dosage peut être réalisé par deux façons :

- Soit dans un carburateur qui mélange l'essence et l'air dans des proportions définies : ce mélange étant aspiré par la dépression créée dans le cylindre et la tubulure d'admission par le piston lors de sa course descendante
- Soit par une pompe d'injection et un injecteur qui introduit de l'essence pulvérisé à forte pression et à grande vitesse dans le cylindre rempli d'air ou dans la tubulure d'admission

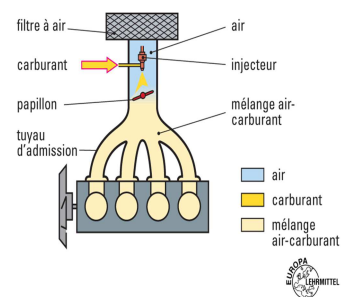
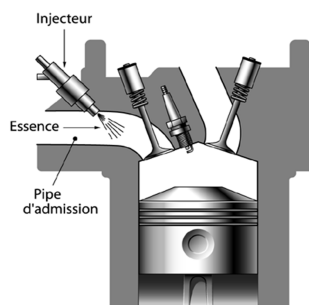
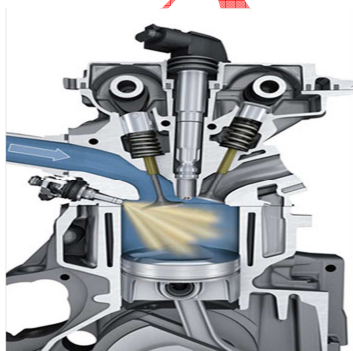
2. DIFFERENTS TYPES D'INJECTION POUR LES MOTEURS DIESEL :

On peut classer les systèmes d'injection selon l'endroit où se fait l'injection du carburant dans l'air aspiré par le moteur :

- **L'injection est directe** si elle s'effectue dans la chambre de combustion du cylindre.
- **L'injection est indirecte** si elle a lieu dans la tubulure d'admission, plus ou moins près de la soupape d'admission, le jet d'essence étant dirigé vers la soupape.
- **L'injection centralisée** si elle se fait dans la partie du collecteur commune à tous les cylindres, à l'endroit qu'occuperait un carburateur.

On peut également différencier les systèmes d'injection par le dispositif de régulation :

- Dans l'injection mécanique, la pompe entraînée mécaniquement par le moteur, effectue la mise en pression du carburant et dose le volume injecté.
- Dans l'injection électronique, la pompe électrique, effectue l'alimentation du carburant sous pression; les fonctions de dosage, régulation, injection sont totalement ou partiellement pilotées par une centrale électronique.



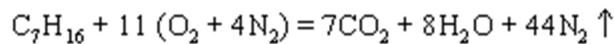
3. SYSTEME A CARBURATEUR

La carburation La carburation est l'ensemble des opérations réalisant le mélange intime du carburant avec l'air dans des proportions précises afin d'obtenir une combustion rapide et

CHAPITRE VIII : L'ALIMENTATION

complète. Pour réaliser la carburation, il est nécessaire d'effectuer des opérations suivantes : dosage, vaporisation et homogénéité.

Dosage C'est la proportion de la quantité de carburant par rapport à l'air. Prenons le cas de la combustion de l'essence C₇H₁₆ (Heptane hydrocarbure) et reportons-nous à l'équation chimique de combustion de ce carburant, nous trouvons :



Connaissant la masse atomique de chaque corps : carbone = 12, hydrogène = 1 et oxygène = 16, On a : (12 x 7) + 16 = 100 g d'heptane brûlent dans (22 x 16) = 352 g d'oxygène. Ces 352 g d'oxygène étant contenus dans

$$\frac{352 \times 100}{23} = 1530 \text{ g d'air .}$$

Nous constatons qu'il faut 15.3 g d'air pour faire brûler 1 g d'essence. Ce dosage constitue le dosage parfait. Un mélange comportant un dosage de moins de 15.3 g d'air pour un gramme d'essence est appelé mélange riche; s'il comporte plus de 15.3 d'air nous le nommerons mélange pauvre. Le mélange est incombustible si le dosage essence/air est en dessous de 1/28 ainsi qu'au-dessus de 1/8. La puissance maximale de moteur est obtenue avec un dosage de 1/12.5.

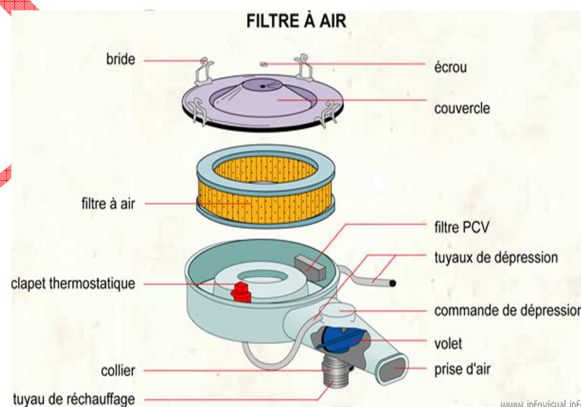
Vaporisation C'est le processus de transformation de carburant de l'état liquide en état gazeux pour mélanger avec l'oxygène de l'air.

Homogénéité Chaque molécule de carburant devant, pour brûler, être entourée des molécules d'oxygène. L'homogénéité est réalisée par un brassage du mélange dans les tubulures d'admission et se terminant dans la chambre de combustion au moment de la compression.

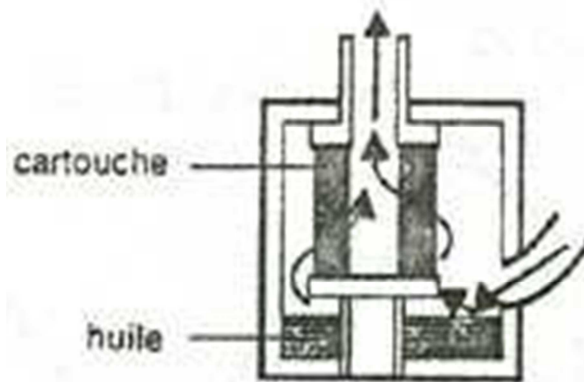
3. ALIMENTATION EN AIR

Pour avoir une combustion correcte le rapport essence/air doit valoir 1/15 en masse, mais 1/9000 en volume. On conçoit aisément la nécessité de filtrer une telle quantité d'air. Ceci afin d'éviter l'entrée de poussières et particules abrasives qui pourraient détériorer les parties mobiles du moteur. Ce filtre à air a deux rôles :

- La boîte à air sert de silencieux à l'aspiration en limitant le sifflement.
- La cartouche (filtre) sert de retenir les impuretés de l'air aspiré par le moteur.



Pour les pays dont l'air contient des poussières particulièrement néfastes on utilise un filtre à air à bain d'huile. L'air aspiré est contraint de changer brusquement de direction à proximité de la surface de l'huile. Les poussières par l'inertie, continuent tout droit et tombent dans l'huile (voir ci-dessous)

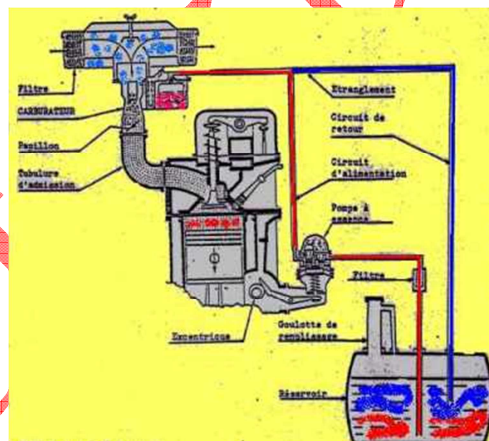


Un filtre à air encrassé freine l'entrée d'air et gêne le remplissage du moteur. Il s'ensuit une augmentation de la consommation d'essence et des imbrûlés. Il est donc indispensable de le nettoyer ou de la changer périodiquement.

4. ALIMENTATION EN CARBURANT

Le circuit complet d'un système d'alimentation en carburant comprend :

- ✓ **le réservoir** : pour contenir un volume d'essence.
- ✓ **la pompe à essence** : aspire l'essence dans le réservoir et remplit la cuve du carburateur.
- ✓ **le carburateur** : réalise le mélange air-essence.
- ✓ **le filtre à air** : assure l'alimentation du carburateur en air propre



4.1 : POMPE A ESSENCE Il existe deux types de pompes :

- la pompe à entraînement mécanique : très répandue sur les moteurs à carburateur.
- la pompe électrique : sur les véhicules à injection et haut de gamme.

a) Pompe à essence mécanique

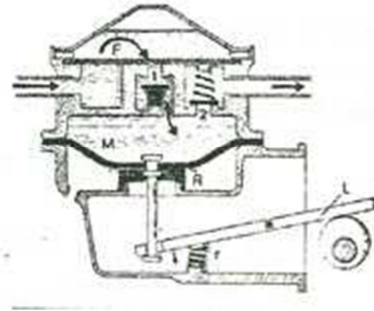
C'est une pompe aspirante-refoulante très généralement commandée par une came spéciale de l'arbre à cames, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un poussoir. Elle comporte : une membrane (M), un clapet d'aspiration (1), un clapet de refoulement (2), un levier de commande (L) actionné par la came et maintenu contre elle par un ressort (r), un ressort taré (R) de pression d'essence et un filtre (F) tamis métallique.

Aspiration :

La membrane (M) est tirée vers le bas par le levier de commande (L) actionné par la came. La descente de la membrane (M) crée une dépression qui ouvre le clapet

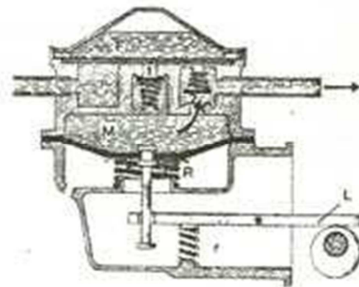
CHAPITRE VIII : L'ALIMENTATION

d'aspiration (1) et aspire l'essence. Le ressort taré (R) est comprimé



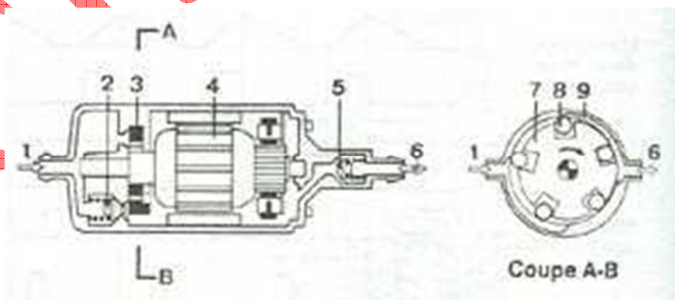
Refoulement :

La came ayant tourné, le refoulement est alors réalisé grâce au ressort taré (R) qui, appuyant avec une force déterminée sur la membrane (M), engendre la pression de refoulement : *la pression d'essence*. Cette dernière ouvre le clapet de refoulement (2).



b) Pompe à essence électrique On a rencontré plusieurs types de pompe à essence électrique :

- **Pompe à membrane** : la commande mécanique est remplacée par un système magnétique de bobinage.
- **Pompe à engrenage** entraînée par un moteur électrique à courant de batterie.
- **Pompe rotative à galets** entraînée également par un moteur électrique à aimants permanents



Pompe a carburant de type Bosch

1. Aspiration 2. Limiteur de pression 3. Pompe multicellulaire à rouleaux 4. Induit du moteur 5. Clapet de non-retour 6. Refoulement 7. Rotor 8. Rouleau 9. Surface de guidage des rouleaux

C. Avantages de la pompe électrique

- On peut la placer où l'on veut sur le moteur.
- Elle entre en action dès l'établissement du contact avec la clé.
- Située dans un endroit frais (par exemple dans le réservoir) elle évite les phénomènes de percolation.

CHAPITRE VIII : L'ALIMENTATION

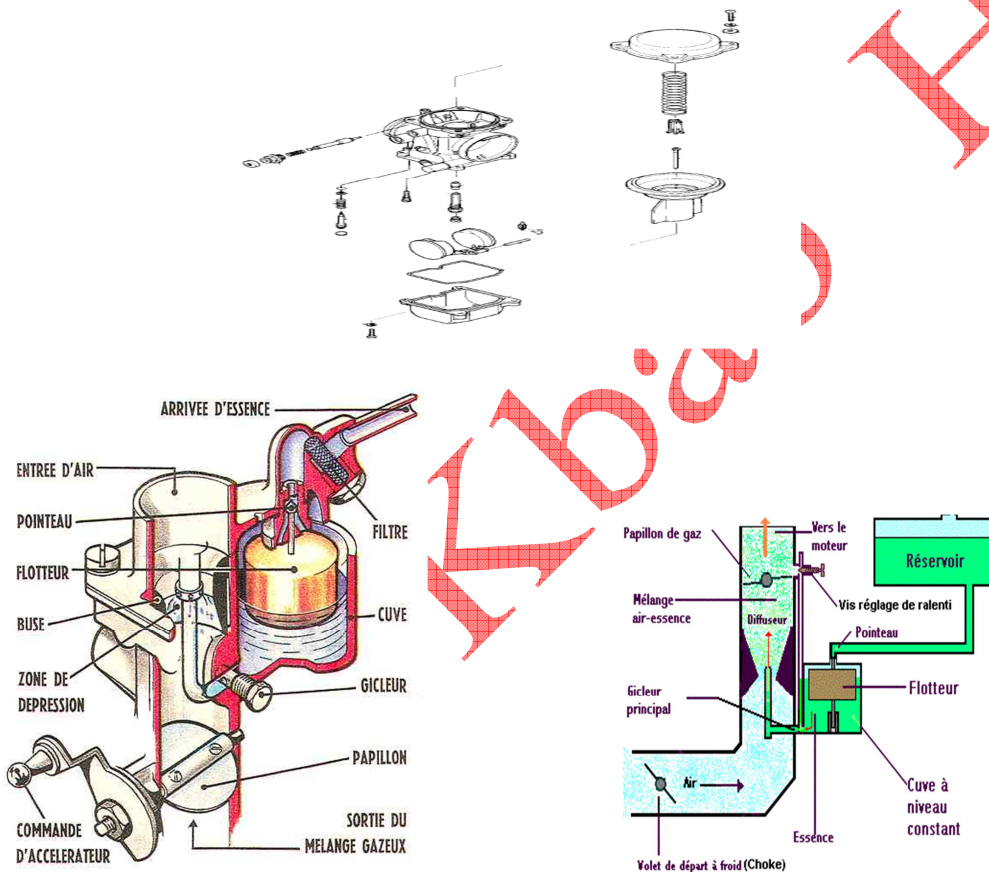
4.2. LRS CARBURATEURS

A. Rôle: Le carburateur a une double fonction.

- Il fournit le moteur en mélange air/carburant vaporisé dans une proportion qui doit être la plus adaptée à la condition de roulage.
- Il permet de contrôler la quantité de mélange fourni au moteur.

En schématisant, le carburateur fonctionne comme un vaporisateur, qui envoie de minuscules gouttes d'essence mélangées à de l'air suivant un dosage précis.

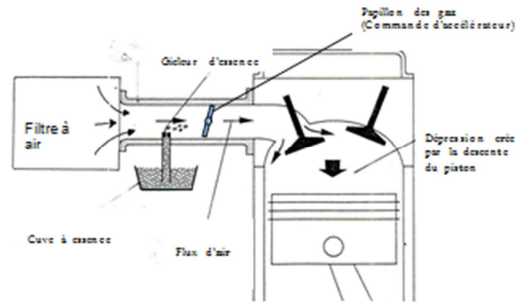
B. Technologie des carburateurs



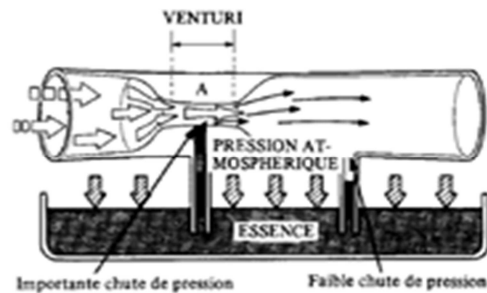
Pour réaliser le mélange l'air circule dans le corps du carburateur de l'amont vers l'aval. Le mélange s'effectue dans une zone appelée chambre de carburation (venturi). Le giclage de l'essence est limité par un gicleur principal. Une réserve appelée cuve à niveau constant est munie d'un dispositif constitué d'un robinet pointeau actionné par un flotteur. L'essence est amenée du réservoir par une pompe sous une légère pression. Lorsque l'essence est au niveau désiré dans la cuve, le flotteur en montant actionne le pointeau qui obture l'arrivée. Dès qu'il y a consommation de carburant, le pointeau s'ouvre jusqu'à obtention du niveau requis. Un trou de mise à l'air libre de la cuve permet à l'essence de s'écouler grâce à l'action de la pression atmosphérique.

CHAPITRE VIII : L'ALIMENTATION

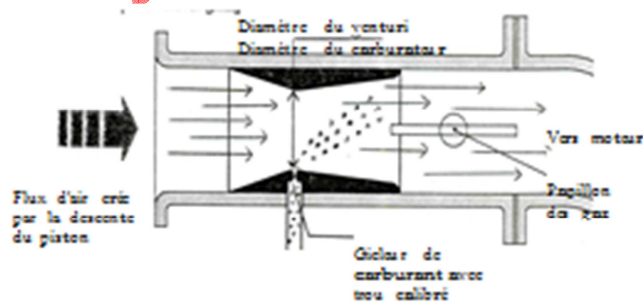
C. LE CARBURATEUR ELEMENTAIRE :



Le flux d'air crée une dépression au niveau du gicleur. Cependant pour augmenter cette dépression on va réduire le passage du flux pour accélérer sa vitesse. Ce phénomène se nomme l'effet venturi



Au niveau du venturi, l'accélération du flux d'air crée une importante chute de pression. Au niveau du diamètre nominal, l'air n'étant pas accéléré, la chute de pression correspond à la dépression moteur. A une certaine ouverture de papillon, dans le diffuseur on a une augmentation de la dépression qui amorce le circuit principal. L'essence passe des cuves aux puits à travers le gicleur principal qui en contrôle le débit. Dans les puits on a un premier mélange, réalisé dans les tubes d'émulseurs, avec l'air contrôlé par le gicleur d'air. Des puits le mélange arrive au venturi où commence la carburation avec l'air aspiré par les conduits d'admission. Le circuit principal assure un dosage économique de l'ordre 1/18 aux moyens régimes.



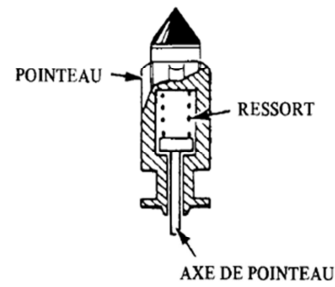
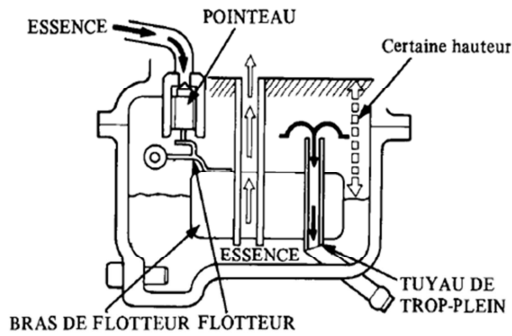
Le diamètre du trou calibré du gicleur permet de contrôler le débit de carburant pour avoir un mélange air / carburant dosé correctement. Il permet en outre de vaporiser le carburant.

4.3. LA CUVE A NIVEAU CONSTANT

Elle fait office de réserve de carburant. Elle doit rester à la pression atmosphérique, et son niveau doit être maintenu à hauteur constante et

CHAPITRE VIII : L'ALIMENTATION

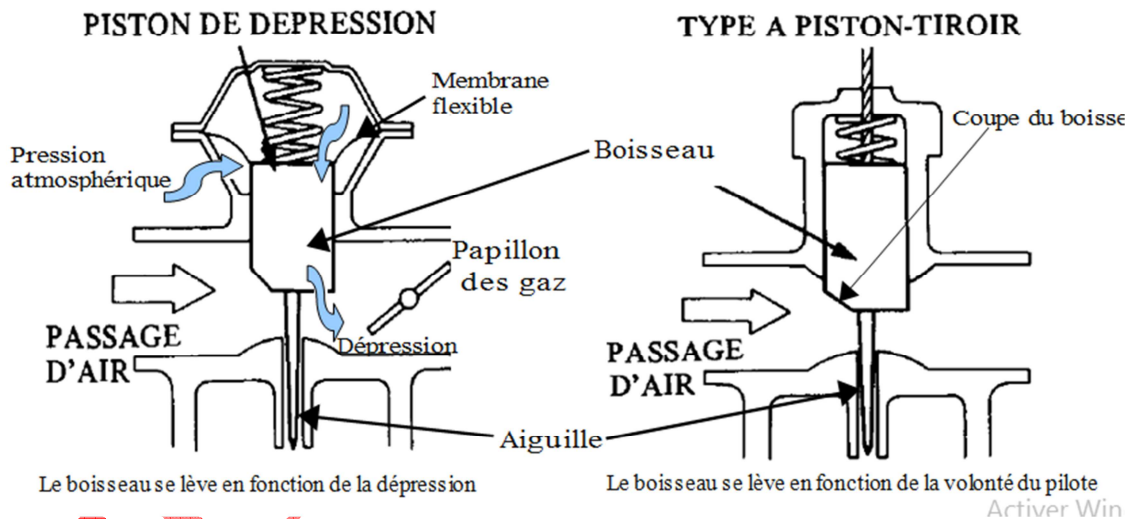
ce, quel que soit le volume d'essence restant dans le réservoir.



4.4. LE BOISSEAU

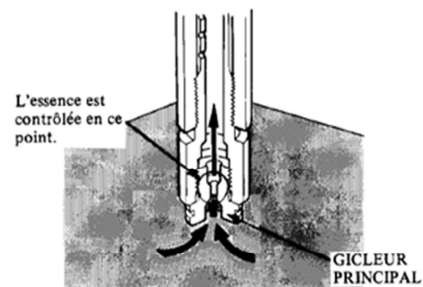
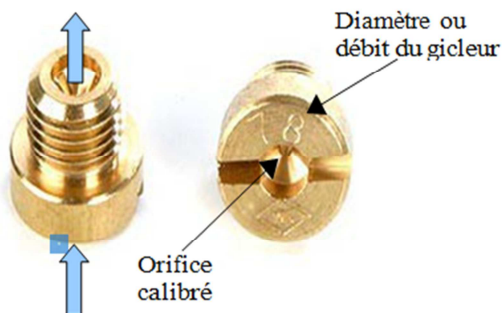
Son rôle principal est de commander le débit d'air passant dans le carburateur. La coupe du boisseau crée le venturi dans sa partie haute. C'est un venturi de diamètre variable.

- Types:



4.5. LES GICLEURS :

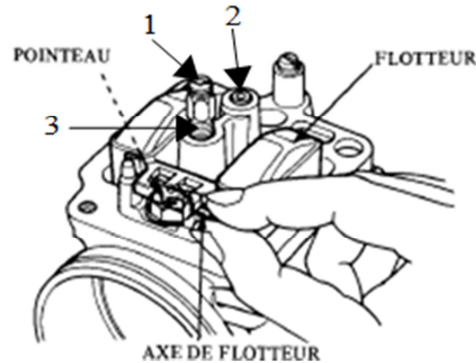
Un gicleur est une sorte de vis percé d'un trou calibré permettant de régler le débit de carburant et assurant une partie de sa vaporisation.



Le carburateur possède généralement 3 gicleurs pour les différents modes de fonctionnement :

CHAPITRE VIII : L'ALIMENTATION

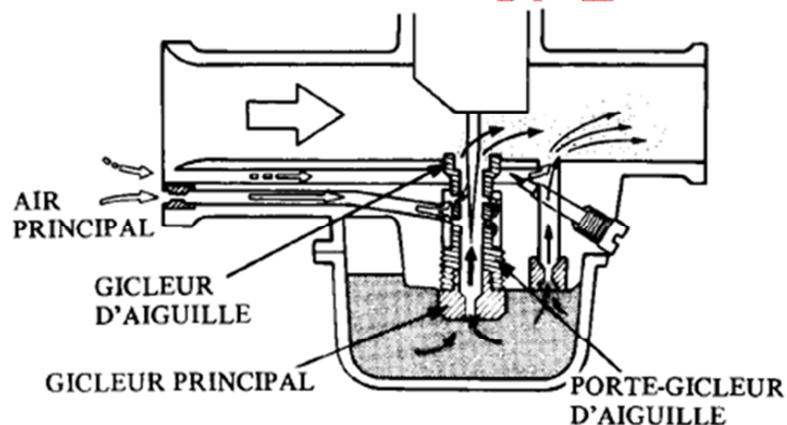
- Gicleur principal fonctionne avec l'aiguille et le puits d'aiguille ou gicleur d'aiguille)
- Gicleur de starter
- Gicleur de ralenti fonctionne avec la vis de richesse ou d'air



Fonctionnement de chaque circuit en fonction de l'angle de la poignée des gaz

5. FONCTIONNEMENT SIMPLE DES DIFFERENTS CIRCUITS

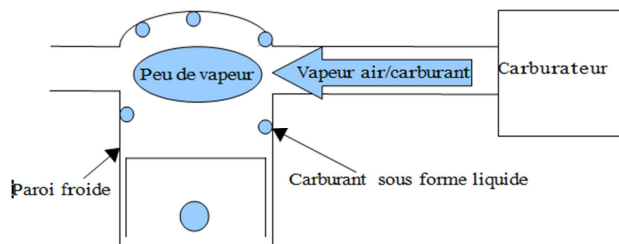
➤ *CIRCUIT DE RALENTI*



Au ralenti le papillon est quasiment fermé, la dépression dans venturi est insuffisante pour amorcer le circuit principal. Le circuit de ralenti débouche sous le papillon, le dosage est réalisé par un gicleur de ralenti pour l'essence et par l'entrebâillement du papillon pour l'air.

➤ *LE CIRCUIT DE STARTER OU DE DEPART A FROID*

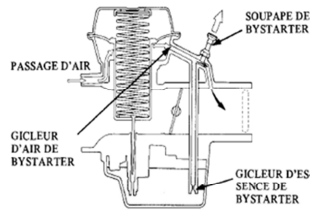
Il est nécessaire d'enrichir énormément le mélange lorsque le moteur est froid.



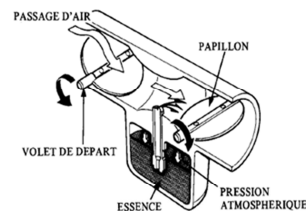
Seules les vapeurs de carburant peuvent provoquer la combustion. Or le moteur étant froid; les parois en contact avec le mélange, sous forme de vapeur, vont provoquer la condensation du carburant => Le mélange est

CHAPITRE VIII : L'ALIMENTATION

devenu trop pauvre.



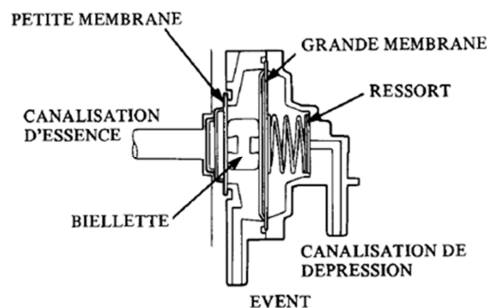
Enrichissement par apport de
Mélange air/carburant



Enrichissement par réduction
d'air admis

➤ LE ROBINET A DEPRESSION

Le carburant ne peut passer que si une dépression existe, c'est à dire si le moteur tourne. La dépression agit sur la grande membrane et permet l'ouverture du conduit. Si pas de dépression, le ressort pousse la membrane qui referme le conduit.



6. LES DISPOSITIFS ANTIPOLLUTION

D'après le résultat de la transformation chimique du mélange air/essence au moment de la combustion nous trouvons des compositions des gaz brûlés suivants :

- dioxyde de carbone ou gaz carbonique (CO_2) : non toxique,
- vapeur d'eau (H_2O)
- Azote (N_2).

La combustion n'étant pas toujours correctement réalisée nous avons noté l'apparition de divers gaz plus ou moins polluants ou toxiques qui sont notamment :

- monoxyde ou oxyde de carbone (CO)
- hydrocarbures imbrûlés (CH)
- oxydes d'azote (N_xO_y).

On constate que les taux de CO et de HC augmentent si :

- la richesse du mélange est trop importante par rapport au besoin instantané du moteur,
- le brassage du mélange n'est pas correctement effectué (homogénéité)
- la vaporisation n'est pas complète
- la vitesse de combustion n'est pas adaptée à la vitesse de rotation du moteur,
- le point d'allumage n'est pas déclenché au moment opportun,
- la forme de la chambre de combustion est mal dessinée.

Pour lutter contre la pollution les dispositifs utilisés visent à Améliorer la combustion

- en agissant sur la préparation du mélange
- en maintenant une température constante du moteur,
- en produisant un allumage à haut pouvoir calorifique déclenché à des moments précis;
- Limiter les évaporations diverses par le recyclage des vapeurs d'huile et de carburant;
- Traiter les gaz d'échappement ; par postcombustion, par catalyse;
- Utiliser des carburants ayant une faible teneur en soufre, plomb et résidus.

CHAPITRE VIII : ALLUMAGE

MOTEURS A PISTONS

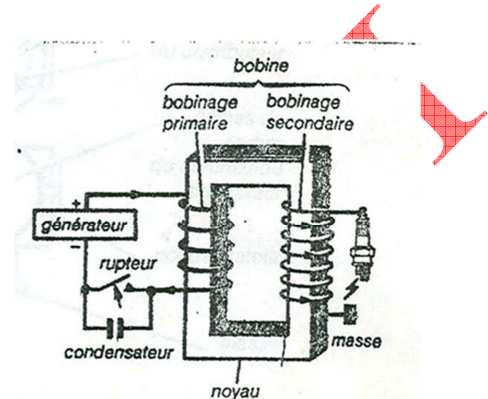
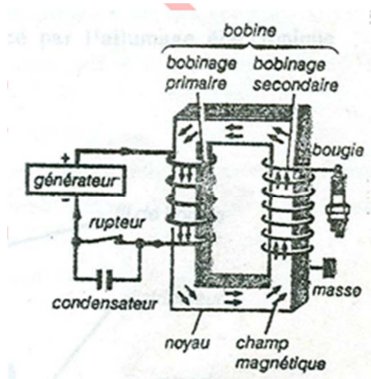
1. INTRODUCTION

1.1. Fonction de l'allumage La fonction de l'allumage est de produire un apport de chaleur dont l'énergie soit suffisante pour déclencher l'inflammation du mélange gazeux en fin de compression.

Cette inflammation est obtenue par la création d'un arc électrique.

1.2. Création de l'arc électrique La tension minimale nécessaire à l'amorçage de l'arc est d'environ 15 000 V, pour obtenir une telle tension on fait appel à un transformateur de tension : la bobine d'allumage.

1.3. Principe de fonctionnement



Lorsque le rupteur est fermé, le courant circule dans le bobinage primaire et crée un champ magnétique dans l'enroulement secondaire. C'est la phase induction. A l'ouverture du rupteur, le courant primaire est brusquement coupé, ceci provoque une variation rapide du champ magnétique et la création d'un courant induit à haute tension dans l'enroulement secondaire. L'enroulement secondaire est lié à la bougie qui déclenche l'étincelle désirée. Le condensateur placé en dérivation du rupteur absorbe le courant de self induit dans le primaire lors de la coupure et évite la détérioration des contacts du rupteur.

1.4. DIFFERENTS TYPES D'ALLUMAGE :

On rencontre deux systèmes d'allumage

1. L'allumage autonome par volant magnétique.
2. L'allumage par batterie.

Pour chacun de ces systèmes deux solutions technologiques sont utilisées pour l'ouverture du circuit primaire :

- Ouverture par rupteur mécanique : allumage classique.
- Ouverture par interrupteur électronique : allumage électronique.

1. ALLUMAGE PAR BATTERIE

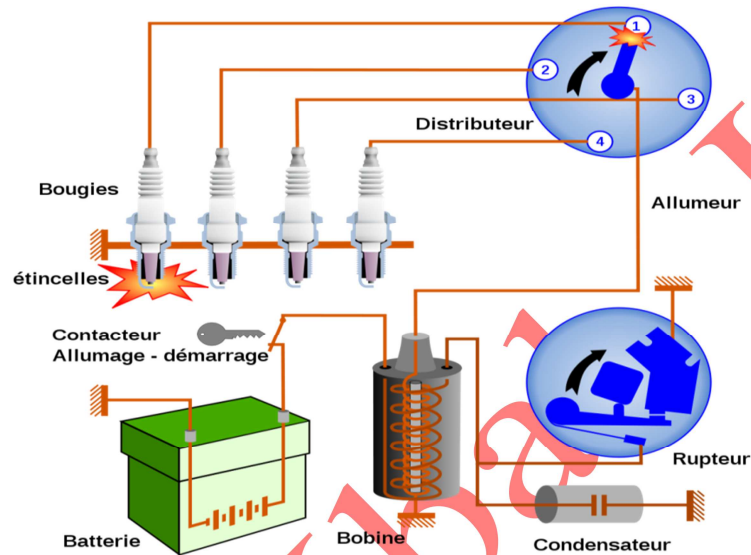
L'allumage par batterie est encore utilisé à l'heure actuelle, mais il est de plus en plus remplacé par l'allumage électronique plus performant et plus fiable.

2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'allumage commandé classique par rupteur, bobine haute tension et batterie se présente sous la forme de la figure ci-dessous. Un enroulement primaire est couplé électro magnétiquement, pour constituer un transformateur de tension appelé bobine, à un enroulement secondaire placé dans un circuit haute tension comportant un entrefer d'éclatement porté généralement par une bougie. Dans le système d'allumage classique, les coupures intermittentes sont réalisées par un rupteur, placé sur

CHAPITRE VIII : ALLUMAGE

la ligne de retour à la masse du bobinage. Son ouverture et sa fermeture sont provoqués par une came. Le rupteur et l'arbre porte-cames sont des éléments de l'allumeur. L'arbre d'allumeur tourne à demi-vitesse du vilebrequin puisqu'il doit se produire une étincelle tous les deux tours de vilebrequin. Au moment où le circuit primaire se ferme au rupteur, le courant s'établit progressivement et lorsqu'il s'ouvre, ce courant se trouve alors dérivé vers le condensateur branché aux bornes du rupteur. Le condensateur va se charger ce courant du self puis se décharge aussitôt. La variation brutale du flux dans le circuit primaire provoque la naissance d'un courant haute tension dans l'enroulement secondaire puis la distribuer vers la bougie intéressée.

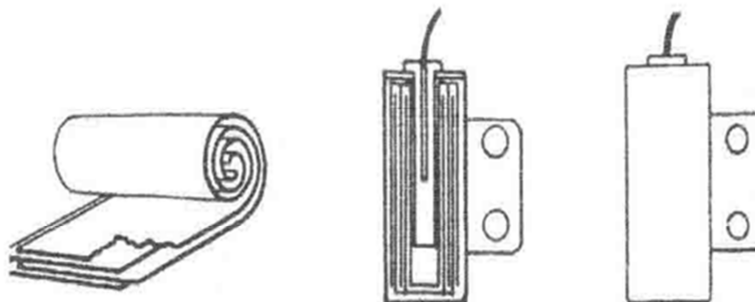


2.2. LES ORGANES DE L'ALLUMAGE CLASSIQUE

La source d'électricité étant la batterie accumulateur, le dispositif d'allumage classique mécanique est constitué de trois organes distincts :

- L'allumeur-distributeur, comprenant lui-même le rupteur, le condensateur, le système d'avance centrifuge et à dépression et enfin le doigt de distributeur (tête de distribution),
- La bobine haute tension,
- La bougie, une par cylindre.

1. LE CONDENSATEUR

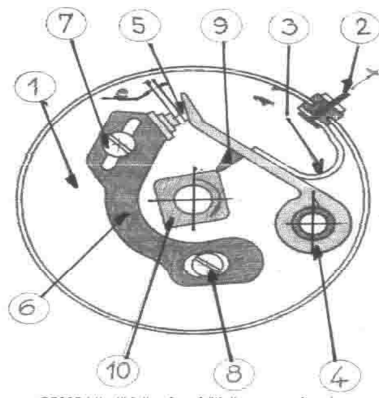


CHAPITRE VIII : ALLUMAGE

Constitution du condensateur Il est constitué de 2 feuilles d'aluminium ou d'étain isolé entre elles par de minces feuilles de papier. Ces feuilles sont roulées sur elles-mêmes et introduite dans un boîtier qui constitue l'une des bornes du condensateur, l'autre borne isolée étant reliée à la borne d'arrivée du courant à l'allumeur. L'isolement intérieur est généralement réalisé à la cire, quelques fois par de l'huile.

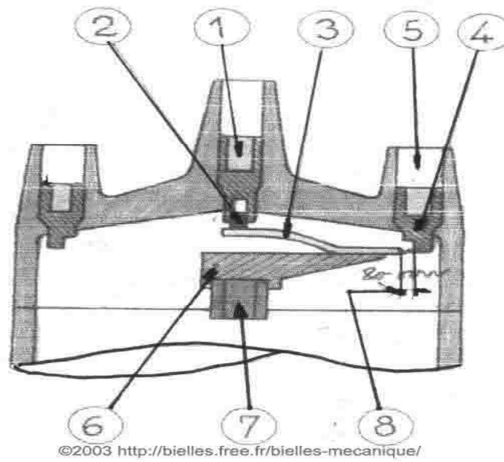
Rôle du condensateur Son rôle est de rendre aussi rapide que possible la rupture du courant primaire pour que la tension secondaire soit maximum. Il absorbe pour cela les courants (dus à la self induction) qui se produisent entre les contacts au moment de la rupture évitant ainsi leur détérioration. Par ailleurs si le condensateur se charge à chaque ouverture, il se décharge à chaque fermeture des contacts renforçant ainsi le courant primaire à son établissement. La capacité du condensateur doit être suffisante pour absorber le courant de self induction. Elle est de l'ordre de 0,2 à 0,3 microfarad si la capacité est insuffisante, cela se traduira par une détérioration rapide. A la fermeture des contacts, il renforce le courant primaire en se déchargeant, réduisant de ce fait le temps de remplissage magnétique de la bobine. A l'ouverture des contacts, il absorbe le courant d'extra rupture dû à l'enroulement primaire, protégeant alors les contacts du rupteur, il réduit le temps de variation de la bobine primaire.

2. DISTRIBUTEUR:



	<u>rupteur</u>
1	plateau porte-rupteurs
2	borne isolée d'entrée aux rupteurs
3	ressort de rappel du linguet
4	linguet mobile isolé sur son axe
5	contact mobile en tungstène solidaire du linguet (grain de contact)
6	contact fixe
7	vis de blocage du contact fixe
8	vis de serrage
9	touchau isolant du linguet
10	arbre porte linguet
E	écartement des contacts (0.40)

CHAPITRE VIII : ALLUMAGE

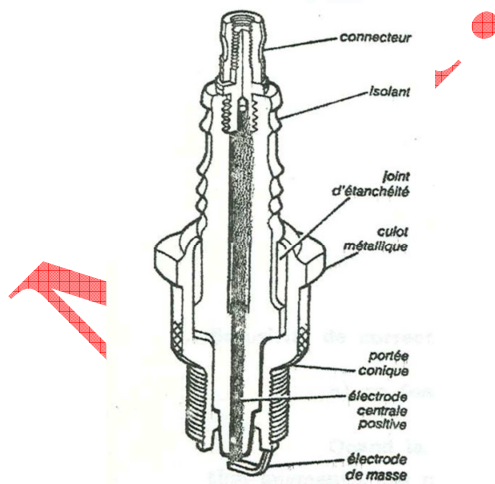


distributeur	
1	entrée courant haute tension (vient de la bobine)
2	charbon conducteur
3	lame conductrice solidaire du doigt
4	plot périphérique isolé
5	sortie courant haute tension, vers les bougies
6	doigt du distributeur
7	entraînement du doigt (arbre porte came)
8	disrupture l'espace compris entre le doigt et le plot périphérique

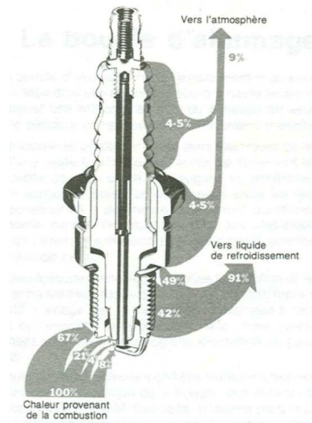
3. LA BOUGIE D'ALLUMAGE

Elle produit l'étincelle dans la chambre de combustion.

La haute tension est amenée par l'électrode centrale, l'arc se produit au passage du courant entre les deux électrodes (écartement des électrodes : 0,5 à 1 mm). La bougie doit être parfaitement isolante et doit évacuer rapidement la chaleur afin d'éviter les phénomènes d'auto-allumage.



Bougie d'allumage



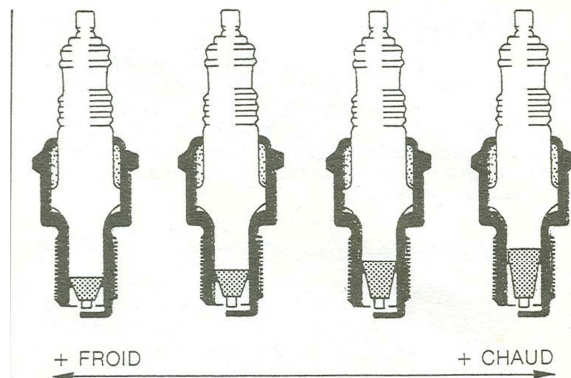
Echanges thermiques entre la bougie et son environnement

On classe les bougies selon leur pouvoir de refroidissement.

Le degré thermique de la bougie caractérise sa capacité de transférer la chaleur du bec de l'isolateur au système de refroidissement du moteur. La bougie "chaude" transmet la chaleur moins rapidement. Son long bec d'isolateur oblige les calories de la pointe à parcourir un long chemin avant d'atteindre

CHAPITRE VIII : ALLUMAGE

la partie de l'isolateur en contact avec le culot, puis la culasse. La bougie "froide" transmet la chaleur plus rapidement grâce à son bec court.



4. ALLUMAGE ELECTRONIQUE

L'allumage classique présente quelques inconvénients essentiellement liés à la rupture mécanique du circuit primaire :

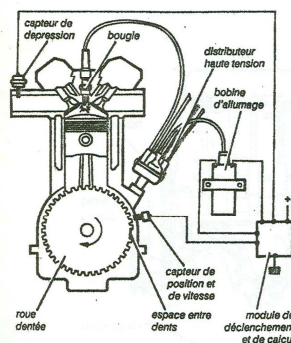
- intensité primaire limitée pour éviter la détérioration des contacts.
- problème de rebondissement du linguet mobile à haute vitesse.
- déréglage du point d'avance lors de l'usure des contacts.

La solution à ces inconvénients est de remplacer le rupteur mécanique par un rupteur électronique commandé par un très faible courant permettant un courant primaire plus important

4.1 : PRINCIPE DE L'ALLUMAGE ELECTRONIQUE

Le système comprend :

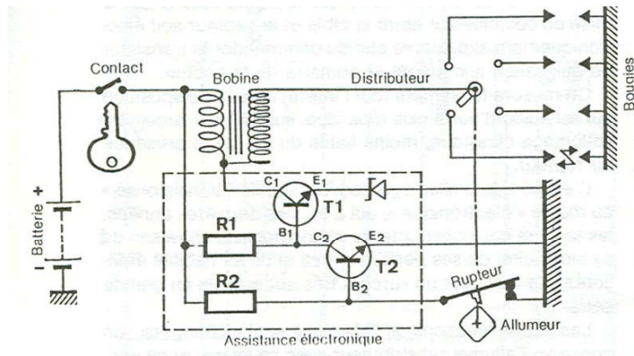
- ✓ Une bobine d'allumage dont les caractéristiques sont :
 - intensité primaire augmentée.
 - rapport du nombre de spires augmenté d'où l'obtention d'une tension secondaire d'environ 50 000 V (meilleure étincelle).
 - ✓ Un distributeur identique à celui d'un allumage classique.
 - ✓ Un boîtier électronique qui amplifie le courant émis par l'impulseur et calcule, en fonction des paramètres de vitesse et de charge, le point d'allumage.
 - ✓ Un capteur de position et de vitesse qui provoque la commande du boîtier électronique et lui fournit le paramètre vitesse de rotation.
 - ✓ Un capteur de dépression qui fournit le paramètre charge du moteur au boîtier électronique.
- Un tel système ne présente plus de pièces mécaniques en contact et ne nécessite aucun réglage



système d'allumage électronique

CHAPITRE VIII : ALLUMAGE

4.2. L'ALLUMAGE A RUPTEUR TRANSISTORISE



Le schéma de principe de la figure ci-contre illustre le fonctionnement d'un allumage à rupteur transistorisé dans lequel l'allumeur-distributeur reste classique. Le rupteur étant fermé, la base du transistor T2 a un potentiel négatif (elle est court-circuitée), ce qui a pour effet de bloquer T2.

Première phase :

A la fermeture du contact, la base de T1 est portée à un potentiel positif, à travers la résistance de polarisation R1. L'établissement du courant base-émetteur débloque le transistor T1 qui devient passant. Le courant collecteur-émetteur (C1- E1) circule et permet l'établissement du courant primaire dans la bobine.

Deuxième phase :

L'ouverture des grains du rupteur jouant le rôle de déclencheur, la base de T2 qui était négative, devient instantanément positive à travers la résistance de polarisation R2. Un courant base-émetteur (B2-E2) s'établit, ce qui a pour effet de débloquent T2. Il devient conducteur. La base de T1 est court-circuitée, c'est-à-dire portée à un potentiel négatif. T1 court-circuité est bloqué et interrompt la circulation du courant dans le primaire de la bobine. Puis les grains se ferment de nouveau, T2 est bloqué. T1 devient passant, le courant circule dans le primaire de la bobine, et le cycle recommence.

4.3. L'ALLUMAGE ELECTRONIQUE INTEGRAL

L'allumage électronique intégral ne comporte aucune pièce en mouvement. Un certain nombre de capteurs émettent des signaux électriques reçus par un calculateur électronique. Après traitement des informations celui-ci transmet au bobinage primaire des variations de courant permettant l'obtention d'une force électromagnétique (f.é.m.) induite élevée au moment le mieux adapté aux conditions instantanées de fonctionnement. Un ou plusieurs capteurs sont fixés dans des positions angulaires précises sur un carter, à proximité immédiate du volant moteur. Un ou plusieurs plots métalliques sont fixés sur les périphéries du volant. Lorsqu'un plot passe sous un capteur, ce dernier émet un signal électrique transmis au calculateur.

La position des capteurs et la valeur des signaux émis permettent de détecter :

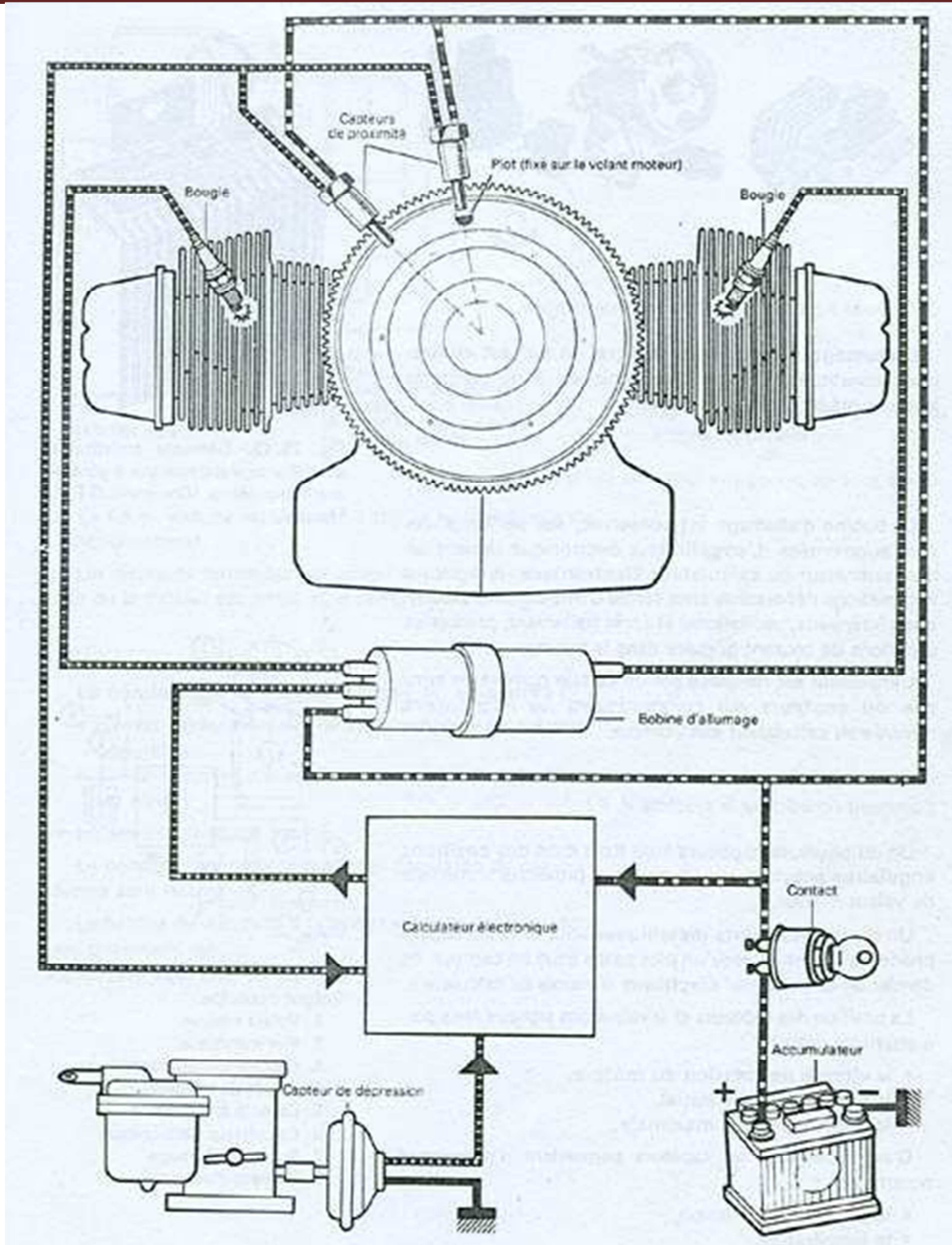
- ✓ La vitesse de rotation du moteur,
- ✓ Le point d'avance initiale,
- ✓ Le point d'avance maximale.

D'autres sondes ou capteurs permettent d'enregistrer notamment :

- ✓ La pression d'admission,
- ✓ La température,
- ✓ Les détonations.

Le calculateur, après analyse des données, détermine avec précision le point d'allumage.

CHAPITRE VIII : ALLUMAGE



CHAPITRE X : **RECHERCHE DE PANNES**

MOTEURS A PISTONS

ORGANISATION DE TRAVAIL DANS UN ATELIER

- Les ateliers de réparation : *sont aménagés pour examiner les moteurs dont le fonctionnement présente des anomalies et de les remettre dans un très bon état.*
- Ils sont organisés différemment suivant leur importance ainsi que leurs effectifs

Les travaux exécutés dans un atelier peuvent être classés en deux catégories:

- **la réparation proprement dite**
- **l'entretien**

1. LA RÉPARATION: Comprend l'échange, le réglage ou la révision de tous les organes mécaniques, l'équipement électrique et couramment aussi certains travaux de tôlerie et de peinture

2. L'ENTRETIEN: Les travaux entrant dans cette catégorie et qui contribuent à maintenir les véhicules en bon état de fonctionnement et on peut citer:

- Control et réglage de certains organes
- Diagnostic concernant l'état de ces organes
- Vidange; lavage; graissage

RÔLE DU MÉCANICIEN

- le rôle varie en fonction mm de l'importance de l'entreprise.
- Les connaissances qu'on exige du mécanicien dans un petit atelier sont plus étendues; (petites compagnies qui ont des ateliers de maintenances; les petits ateliers de véhicules)
- Dans ce cas l'ouvrier est souvent le maître de lui-même
- Il exécute les besognes les plus diverses (lavage, graissage, réparation des organes et réglage des organes les plus délicats)

Il n'en va pas de même dans les grands ateliers, où le travail rationnellement organisé peut être répartie entre spécialistes ayant chacun sa tâche bien définie

ORGANISATION DU TRAVAIL DANS UN ATELIER

Diffère selon la catégorie de l'entreprise, généralement dans un atelier on procède comme suit:

1. Réception où les déclarations des anomalies sont enregistrées
2. Une fiche de travail sera faite, sur laquelle sont consignés les travaux à effectuer et le temps d'exécution correspondant
3. un planning dressé par l'ensemble des postes de travail de l'atelier permet de prévoir la durée de séjour

Un atelier de travail est devisé en plusieurs postes par exemples: AIR Algérie

- ✓ Atelier mécanique, fabrication des pièces
- ✓ Atelier peinture
- ✓ Atelier structure
- ✓ Atelier soudage
- ✓ Atelier CND
- ✓ Atelier des hélices
- ✓ Banc d'essais

Pour les véhicules: on peut trouver à titre d'exemple:

- Atelier pompe à injection
- Atelier tôlerie
- Atelier injecteur
- Atelier carburation
- Allumage

ORGANISATION D'UN ATELIER DE REPARATION

Atelier Moteur: Quand on décide de faire la dépose du moteur, cet atelier généralement est composé de plusieurs postes:

CHAPITRE VV : RECHERCHE DE PANNES DES MOTEURS 4 TEMPS

A. diagnostique du moteur: poste comportant tous les appareils nécessaires pour procéder à l'examen de tous les circuits:

- Circuit d'allumage
- de carburation,
- graissage,
- mécanique (étanchéité par exemple)

Dépose des organes ou des ensembles qui seront ensuite repartis dans les postes spécialisés. après réparation, la remise de ces organes se fera dans le même atelier, sont également réservés à ce poste les travaux de réparation limités qui peuvent s'effectuer sur le véhicule

- ✓ Réfection des soupapes
- ✓ Remplacement d'un joint de culasse
- ✓ Dépose d'un radiateur
- ✓ Réglage de freins
- ✓ Remplacement de suspension, d'amortisseurs ;etc;

Révision du moteur, c'est un poste qui comprend l'outillage et le matériel nécessaire en vue de réviser les moteurs, on procède dans ce poste à :

- ✓ La rectification des vilebrequins
- ✓ La remise en ligne des paliers
- ✓ Réalésage des cylindres et le montage des chemises
- ✓ Démontages des organes ou ensembles
- ✓ Etablissement de devis après examens de ces derniers
- ✓ Remplacement des organes défectueux
- ✓ Montage et réglage du moteur suivant les règles imposées par le constructeur

Dans ce genre de postes on trouve généralement:

- **Un support du moteur:** qui permet de le faire pivoter sur un axe et d'effectuer ainsi des travaux divers dans n'importe quel angle de pivotement.
- **Un support de rangement et classement des pièces:**
- **Un établi de travail:** comporte un étau et un support d'organes (culasse; par exemple)
- **Un chariot spécial:** comportant tout l'outillage spécial au moteur à réviser

RÈGLES GÉNÉRALES DE TRAVAIL

- ✓ assurer la protection interne et externe
- ✓ Se référer strictement aux indications du constructeur
- ✓ Ne jamais admettre les tolérances d'usures excessives
- ✓ Avant de procéder à quelque démontage que se soit, s'efforcer de localiser le défaut dont les manifestations ont été signalés. Procéder à la vérification organe par organe.
- ✓ Contrôler en cours du démontage la conformité du montage, le bon état de chaque pièce.
- ✓ Ne mettre en cause un nouvel organe qu'après avoir vérifié de façon complète et certaine de l'organe en cours.
- ✓ Ne procéder à des essais de mise en marche qu'après avoir remonté complètement et très soigneusement chacun des organes démontés

RECHERCHE METHODIQUE DES CAUSES DE MAUVAIS FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR A PISTONS

Les anomalies qui peuvent être constatées dans un moteur sont

- ✓ Le moteur ne part pas
- ✓ Le moteur marche anormalement
- ✓ Le moteur s'arrête spontanément

Dans tous les cas nos investigations se porteront sur chacune des fonctions suivantes:

- ✓ Carburation
- ✓ Allumage
- ✓ Graissage et refroidissement
- ✓ Fonctions mécaniques

COMMENT DETERMINER RAPIDEMENT UN DEFAUT??

Un défaut peut être détecté facilement s'il représente des caractéristiques. Un moteur entraîné à faibles vitesses ou par saccades peut être due à une faible tension, L'huile épaisse ou quelques avaries mécaniques

Si un essai des phares puis de l'avertisseur s'ajoutent donc il y'a insuffisance il y'a insuffisance de tension

Si aucune manifestation n'oriente le réparateur vers un diagnostic immédiat donc il fera appel :

- Au raisonnement fondé sur les connaissances techniques du réparateur(lui mm)
- Considération d'ordre strictement techniques; son control s'exercera d'abord là où un examen visuel est suffisant, puis, progressivement, sur les organes de moins en moins facilement accessibles
- Son expérience des pannes les plus typiques ou survenant fréquemment

Le moteur ne part pas Si aucune fausse manœuvre n'a été commise. Les opérations de lancement du moteur à chaud et à froid ont été correctement exécutées

Alors:

- ✓ **la carburation:** que le carburateur lui-même ou son système d'alimentation présentent des défauts
- ✓ **L'allumage:** dont la défaillance peut provenir d'une ou de plusieurs bougies, de l'organe d'allumage lui-même, de ses éléments
- ✓ **A l'état mécanique du moteur:** l'étanchéité des cylindres, un organe de commande décalé, mauvais graissage

Le moteur marche anormalement

- Bruits et odeurs anormaux.
- Mauvaise réactions aux accélérations
- Marche par saccades
- Echauffement exagéré avec une baisse de puissance.
- Des accélérations trop lentes
- Excès de consommation
- L'impossibilité de maintenir le ralenti

Ces anomalies peuvent se manifester séparément ou simultanément prouvent qu'une ou plusieurs fonctions sont assurées imparfaitement, à **défaut d'indices nettement caractéristiques**, les mêmes considérations que ci-dessus imposeront l'ordre des investigations. **On songera alors:**

- La combustion du mélange qui ne s'opère pas dans de bonnes conditions, rapidité, qualité, précision à l'inflammation
- Le système de refroidissement fonctionne mal
- On contrôlera le bon fonctionnement du circuit d'allumage
- Enfin l'examen mécanique du moteur

I : L'ETANCHEITE DU MOTEUR

L'imperfection de l'étanchéité a pour effet une diminution de la compression dans les cylindres. Ce défaut se manifeste par des irrégularités dans le fonctionnement du moteur telles que :

- Affaiblissement de la puissance du à la moindre quantité de mélange comprimé
- Elévation importante de la température des cylindres
- Une consommation de l'huile de graissage excessive ; ou la dilution de cette huile
- Des difficultés de mise en marche

Causes et défauts de compression : diverses parties du moteur peuvent être mises en cause :

- ✓ Les bougies d'allumage et leurs joints
- ✓ La culasse et son joint
- ✓ Les soupapes et leurs éléments de montage ou de commande
- ✓ Les segments de piston et les pistons
- ✓ Les cylindres

CHAPITRE VV : RECHERCHE DE PANNES DES MOTEURS 4 TEMPS

Chacun de ces organes peut présenter des défauts dont les symptômes sont caractéristiques mais qui ne revêtent pas tous la même importance au point de vue réparation

A. Les bougies d'allumage et leurs joints :

On peut localiser rapidement, avant toutes autres investigations, ce défaut imputable soit à la mauvaise fixation d'une ou de plusieurs bougies d'allumage par desserrage, absence de joint, ou joint en mauvaise état, soit à la détérioration de la bougie elle-même

B. La culasse et son joint :

Conseils pour dépose : commencer l'opération seulement, quand le moteur est suffisamment refroidi, éviter l'introduction d'outils coupantes entre les plans de joint de la culasse et du bloc-cylindres ou l'emploi d'arraches culasse avec vis prenant appui sur le piston.

Si la culasse est lourde, ou reste fortement appliquée sur son joint, utiliser des supports reliés aux crochets d'un appareil de levage, mais, dans tous les cas, la dépose doit se faire sans coincement contre les gougeons d'assemblage

La mauvaise étanchéité de la culasse peut être due à :

- Un défaut de planéité de surfaces assemblées
- Détérioration du joint de culasse lui-même
- L'assemblage défectueux de la culasse et du cylindre
- La porosité de la culasse ou du cylindre

Les défauts de planéité peuvent être dus à :

Serrage excessif ou inégal des éléments d'assemblage de l'organe. Sa dépose quand elle est chaude surtout lorsque l'organe en cause a une grande surface ou en alliage d'aluminium. Après enlèvement des bavures et nettoyage des plans de joints de l'organe et du cylindre, on vérifie la planéité avec une règle placée en divers sens. On relève les défauts avec un jeu de cales d'épaisseurs en admettant une tolérance n'excédant pas 0,05 mm environ par 250 mm de longueur. Au-delà il faut rectifier en enlevant un minimum de matière, soit à la lime ou au grattoir plat, soit sur machine-outil

C. Joint de culasse :

Un joint usagé, non conforme ou mal situé peut provoquer :

- Soit des troubles dans le circuit de refroidissement par suite de fuite ou de l'obturation des canalisations entre culasse et cylindre
- Soit des bruits anormaux, lorsque le piston vient en contact avec le joint à la PMH
- Soit l'auto-allumage lorsque le joint déborde dans la chambre de combustion et y crée des points chauds

Si le joint est détérioré, le manque de puissance qui en résulte tout d'abord, est rapidement suivie par :

- L'échauffement intense
- Emulsion de l'huile
- Arrêt du moteur
- Impossibilité de remise en marche

Pratiquement on reconnaît qu'un joint est à remplacer d'urgence quand :

- Un bruit anormal, identique à des ratés, qui caractérise une communication entre deux cylindres ou deux soupapes de cylindres différents
- Un dégagement continu de vapeur d'eau qui se traduit par une fumée blanche à l'échappement
- La formation de bulles gazeuses venant crever à la surface de l'eau dans le radiateur

Assemblage de la culasse

Afin d'assurer l'étanchéité, les précautions suivantes devront être prises au cours de l'opération de remontage :

- Veillez à ce que les goujons de fixation soient perpendiculaires au plan de joint du bloc cylindre et à ce que leurs parties filetées soient en bon état
- Serrer les écrous ou les vis de fixation dans l'ordre prescrit, en respectant le couple de serrage indiqué par le constructeur.

D. Les soupapes :

Un défaut d'étanchéité des soupapes peut avoir pour origine :

- Une défectuosité d'une ou de plusieurs soupapes

- Mauvais réglage des jeux
- Un grippage des organes

Symptômes particuliers indiquant une mauvaise étanchéité des soupapes :

- Elévation importante de la température : due à l'appauvrissement du mélange carburé en raison d'une entrée d'air additionnel permise par un jeu excessif entre la tige et le guide de soupape d'admission
- Retour au carburateur : Causé principalement par la déformation de la soupape d'admission ou par le grippage de la soupape d'échappement
- Consommation d'huile excessive : dans le cas où la commande de soupape est en tête, un jeu important entre tiges et guides de soupape permet le passage de l'huile
- Des bruits caractéristiques : d'échappement des gaz, perceptible seulement au ralenti

Le remplacement d'une soupape s'imposera :

- La tête est brûlée, craquée, fendue avec portée déformée ou ayant une surface conique très importante, ce qui contribue à l'affaiblissement la résistance de la soupape et à diminuer la section de passage des gaz
- Si la tige est faussée, s'elle présente des grippages ou une usure prononcée

Réfection des soupapes :

Les soupapes à remettre en état sont rectifiées sur une machine spécialement conçues pour cet usage. Un plateau orientable, permet d'obtenir l'angle voulu, un guide amovible comporte un vé dans lequel on place chaque tige de soupape pour dresser son extrémité.

Le démontage des guides n'est pas toujours nécessaire pour procéder à leur examen. Toutes fois leur remplacement s'impose lorsque celui de la soupape elle-même a été décidé. la même mesure est nécessaire dans le cas d'un jeu diamétral supérieur à 0,15mm, ou si les guides sont cassés, s'ils sont insuffisamment maintenus ou s'ils portent des traces de grippage

E. Les cylindres.

Un défaut d'étanchéité des cylindres peut être du :

- ✓ Leur usure
- ✓ Des rayures accidentelles
- ✓ Une mauvaise portée des segments
- ✓ A une déformation permanente des alésages après montage de la culasse

Symptômes

Outre les symptômes spécifiques des défauts de compression en général, on remarque des vapeurs malodorantes causées par la dilution du lubrifiant, des montées d'huile un bruit de fuites internes vers le carter

Causes d'usure :

L'abrasion : est due à l'inclusion de particules étrangères entre pistons et cylindres

1. La condition des propriétés n'ont pas été respectée
2. L'état de surface était imparfait
3. Des impuretés abrasives se sont introduites dans le mélange carburé ou dans le lubrifiant

L'érosion : due généralement a un graissage insuffisant, peut être aussi la conséquence d'erreurs diverses

- ✓ L'huile en qualité insuffisante ou de mauvaise qualité
- ✓ Carburateur mal réglé
- ✓ Pistons mal appariés
- ✓ Mauvais alignement du vilebrequin
- ✓ Billes mal équerrées
- ✓ Anomalies dans le système de refroidissement
- ✓ Point d'allumage mal réglé
- ✓ Canalisation d'échappement partiellement obstruée
- ✓ Consignes inobservées en période de rodage

CHAPITRE VV : RECHERCHE DE PANNES DES MOTEURS 4 TEMPS

La corrosion : Est liée à la combustion du mélange carburé et au régime de fonctionnement du moteur, elle dépend principalement, en effet, de la température de combustion et de l'action chimique des éléments en présence

Déformation leur importance

Les cylindres subissent des dilatations considérables sous l'effet des températures élevées qui règnent dans les chambres d'explosion. Les déformations qui en résultent sont inégales car, l'épaisseur de la paroi n'étant pas les mêmes en tous les points, la chaleur se disperse plus difficilement dans certaines zones.

L'examen des cylindres après un usage plus au moins long du moteur révèle :

1. Des traces brunes d'écoulement de gaz sur les parois et, souvent, des parties oxydées, la résistance à cet endroit est fortement diminuée
2. Une usure accentuée à l'endroit où le segment de feu achève sa course ascendante, le maximum de l'usure se trouvant dans le sens transversal à l'opposé de la bielle descendante

Causes de variations :

- Au voisinage de PM, la vitesse relativement faible, la pression exercée par les segments est prolongée
- L'huile qui arrive en très petite quantité au segment de feu est altérée par la chaleur intense qui règne à cet endroit
- L'action du piston sur les parois des cylindres est importante au début de la course motrice

Exceptionnellement on peut constater une autre déformation caractéristique lorsque le montage de la chemise a été défectueux, soit par un serrage démesuré de la culasse soit que le dénivèlement « d » a été exagéré

Pratiquement, une ovalisation ou une conicité supérieure ou égale à 0.0018mm par millimètre de diamètre entraînent suivant le cas le réalésage ou le remplacement d'organe

Réfection des cylindres :

1. **Le réalésage** : Cette opération peut s'imposer dans trois cas
 - Pour rattraper l'usure, dans la mesure où cette opération est compatible avec l'épaisseur du cylindre et les caractéristiques du moteur. Le diamètre du piston neuf doit correspondre au nouvel alésage
 - Pour monter des chemises minces, opération nécessaire lorsque la limite de réalésage est atteinte, ou s'il existe des rayures profondes ou si une fêlure localisée ne peut pas être soudée
 - Après emmanchement de chemises épaisses pour remettre celles-ci aux cotes
2. **Chemisage** : le chemisage permet de reconstituer le diamètre initial

II. LA REFECTION ET LE MONTAGE DES BIELLES

Revêtement des surfaces frottantes : **Le réglage** consiste à garnir d'une mince couche d'alliage antifriction les surfaces frottantes des organes tels que : têtes de bielles, coussinets de paliers, articulations de culbuteurs, etc. cette opération nécessite un matériel important, aussi le travail est très souvent confié à un atelier spécialisé Les techniques actuelles conduisent à choisir des coussinets minces ou des bagues roulées ayant un revêtement antifriction de faible épaisseur, en vue d'augmenter la résistance à la fatigue et d'éviter une dilatation importante. L'épaisseur du revêtement est souvent de 0.3 mm pour les demi-coquilles élastiques, elle est parfois inférieure à 0.1mm.

Caractéristiques des alliages antifriction :

Dénommés alliages blancs ou régules, ils renferment de l'étain, du plomb, de l'antimoine et du cuivre en proportions variées, selon leur destination

- Pour les moteurs poussés chargés : des alliages de base d'étain constitué de 75 à 90% d'étain
- Pour les moteurs de type courant : 75% de plomb ; 15 à 20% d'étain, 5 à 10% d'antimoine
- Pour les moteurs de faible charge : teneur en étain comprise entre 25 à 70% ; teneur en cuivre nulle ou inférieure à 5% ; teneur en antimoine inférieure à 15%

La présence du zinc, aluminium, fer et de certains oxydes est nuisible aux qualités de l'alliage parce qu'elle diminue son adhérence et favorise la formation de soufflures

CHAPITRE VV : RECHERCHE DE PANNES DES MOTEURS 4 TEMPS

La température de fusion des alliages antifriction est inférieure à 450 oc ; la densité est comprise entre 7 et 10. Leur résistance à la corrosion et leur conductibilité sont d'autant plus faibles que la teneur en étain est moins élevée.

Ajustement de l'axe dans le pied de la bielle

Utiliser un alésoir extensible à taille hélicoïdale en vue d'obtenir un alésage parfaitement lisse dont les limites de conicité ou d'ovalisation demeureront inférieures à 0.01 mm. Suivant l'importance des diamètres, les jeux compris entre axes et bagues varient de 0.005 à 0.15 mm. Néanmoins, à partir de 0.03 mm par centimètre de diamètre, le jeu s'accroît rapidement et le fonctionnement devient bruyant.

Anomalies due à un montage incorrect des bielles

Chaque bielle doit occuper, par rapport au vilebrequin et au cylindre, une position géométrique définie à chaque instant par celle du piston dans le cylindre :

1. Les axes de symétrie de la tête de la bielle et du pied doivent se confondre
 2. Les axes d'alésage de la tête de bielle et du pied doivent être rigoureusement parallèles dans le plan de rotation du vilebrequin. Ceci doit être vérifié soigneusement lorsqu'on remonte un moteur
- Si les conditions ne sont pas réunies, l'axe des pistons ne se confond plus avec celui des cylindres et il se produit, lors du fonctionnement des pistons dans les cylindres : on constate alors

- ✓ Une tendance du moteur à chauffer exagérément
- ✓ Une consommation d'huile abandonnée
- ✓ Une noble perte de puissance

Ces défauts vont s'accroître rapidement, ceci s'explique par la rupture du film d'huile dans le cylindre et les pertes de compressions qui s'ensuivent. D'autre part le frottement s'accroît et le dégagement de chaleur qui en résulte entraîne le grippage des segments dans leurs gorges, puis, rapidement, le grippage du piston lui-même, le moteur est alors mis hors usage.

Si les bielles sont suffisamment légères et bien équilibrées, on obtient :

1. Des accélérations plus vives
2. Une meilleure tenue des coussinets de bielles et de paliers
3. Une diminution des vibrations et, par suite, un fonctionnement plus silencieux
4. Un accroissement de la puissance du moteur.

II. LE VILEBREQUIN ET LA LIGNE D'ARBRE

Examens du vilebrequin déposé :

Les opérations de contrôle se rapportent :

- Les défauts d'aspect, aucune trace de coup, de rayure ou d'oxydation ne peut être tolérée sur les manetons ou sur les tourillons
- Aux qualités géométriques :
 - a) Concentricité, largeur des portées, toute ovalisation ou conicité doit demeurer inférieure à 0.05mm
 - b) Rectitude de la collerette de fixation du volant ; le voilage ne doit pas dépasser 0.05mm
- A l'alignement des tourillons, c'est à dire à la flèche du vilebrequin ; celle-ci doit rester inférieure à 0.05 mm
- A la position des manetons pour s'assurer que l'organe n'a pas subi de torsion ; tolérance moyenne 0.05 mm
- Aux dispositifs de montage du volant et de la commande de distribution : état des logements de clavettes, partie filetées, pieds de centrage du volant

Rénovation du vilebrequin : Tout défaut d'aspect ou un degré d'usure prononcé entraîne la rénovation du vilebrequin ou son échange standard. Dans e dernier cas, il est livré équipé de ses coussinets et de ses bielles

CHAPITRE VV : RECHERCHE DE PANNES DES MOTEURS 4 TEMPS

Solutions de rénovation : Les travaux de rénovation du vilebrequin sont du ressort d'atelier spécialisés. Le redressage à la presse et la mise au rond par pierrage sont à déconseiller formellement. Seules de légères traces de coups ou de rayures peuvent être enlevées à la pierre abrasive

Rénovation par enlèvement de matière : le travail s'effectue sur machine à rectifier. Le remplacement de coussinet est alors nécessaire, les nouveaux devant être souvent plus larges, puisque les faces latérales des portées auront été retouchées. On ne peut rectifier les vilebrequins qui ont subis des traitements thermiques de faible profondeur. En général, la limite de rectification est de 1 à 2mm au-dessous du diamètre initial.

Rénovation par apport de métal : le dépôt d'une couche métallique permet de ramener à l'organe aux cotes nominales et, dans certains cas, d'augmenter sa résistance. Ce dépôt est obtenu par métallisation au pistolet ou par électrolyse.

La métallisation ou schoopage, s'effectue en plusieurs phases

1. Dégraissage, suivi d'un décapage au jet de sable, afin de créer une base d'accrochage pour les revêtements
2. Projection du métal sur la surface nouvellement préparée
3. Mise à la cote par rectification

Equilibrage du vilebrequin : L'organe ayant été équilibré avant montage par les soins du constructeur, il ne présente aucun balourd. On doit éviter d'enlever les contre poids d'équilibrage, car leur interversion, ou même le remplacement d'un élément d'assemblage par un autre, différent, pourrait engendrer des vibrations anormales. Pour la même raison, il convient de repérer les positions de montage du volant et de l'embrayage

Examen s'une ligne d'arbre : Une ligne d'arbre comporte plusieurs paliers munis de coussinets lisses ; le plus souvent démontables. Il importe que les coussinets soient parfaitement alignés, n'aient subi aucune déformation et que les jeux de fonctionnement soient respectés. Or il arrive que les défauts présentés par les coussinets aient pour origine une mauvaise disposition des paliers eux-mêmes. Lors de la révision d'un moteur, il faut donc procéder systématiquement à l'examen séparé des paliers et des coussinets en vue de remédier aux défauts qu'on pourrait éventuellement constater, car on ne peut introduire des coussinets neufs dans des paliers défectueux

IV : EXAMEN DES PALIER DU CARTER MOTEUR

Défauts possibles :

- a) Déformations dues au limage du plan de jonction des chapeaux de paliers. Cette pratique, non recommandée, utilisée par fois pour rattraper un jeu excessif de fonctionnement, risque, lorsque l'écart à combler est trop grand, de réduire dangereusement la portée des coussinets
- b) Mauvais alignement
- c) Défauts de perpendicularité avec les cylindres
- d) Faux parallélisme avec l'arbre à cames ou mauvais entraxe

L'examen attentif du carter est particulièrement nécessaire lorsque celui-ci subi une modification ou une réparation par soudure.

Rénovation d'une ligne d'arbre : Se fait par alésage en ligne ; en effet ces défauts entraîne un nouvel alésage en ligne des paliers ; le diamètre initial se trouve ainsi augmenté, ce qui exige un remplacement des coussinets aux cotes correspondant à ce nouvel alésage. L'emploi de coussinets mince est souvent rendu impossible. Les meilleurs résultats dans la conduite de cette opération, sont obtenus à l'aide de machines horizontales, rigides, afin d'éliminer tout gauchissement et d'atteindre le degré de précision recherché, ainsi que le meilleur état de surface

V. EXAMENS DES COUSSINETS LISSES

Les coussinets ne peuvent être remis en service s'ils présentent des rayures profondes sur la surface frottantes, des traces de grippage, de fentes, ou fusion partielle ou une mauvaise adhérence de la garniture antifriction. L'ovalisation et la conicité ne doivent pas dépasser la cote initiale de plus de 0.1mm pour les diamètres compris entre 50 et 70mm et de 0.15 à 0.2 mm pour les diamètres supérieurs

CHAPITRE VV : RECHERCHE DE PANNES DES MOTEURS 4 TEMPS

Le jeu longitudinal non réglable, sur les joues, ne doit pas dépasser le double de celui prévu en construction. Sauf quelques cas très rares, accident de montage par exemple, on ne remplace jamais un seul élément : on procède à l'échange ou, s'il y a impossibilité, au réglage de tous les coussinets. De même pour les coussinets de bielle, la valeur des jeux diamétraux dépend de la composition des alliages antifriction et de certaines conceptions de montage. En générale, les jeux peuvent différer de 0.05 mm pour des tourillons de diamètres identiques. Les tolérances des jeux sont :

De 0.07 à 0.15 mm pour diamètres compris entre 50 et 75 mm

De 0.15 à 0.25 mm pour diamètres compris entre 75 et 100mm

Examen de l'arbre à cames : Le contrôle des états de surface et des portées est semblable à celui du vilebrequin. On peut admettre un fond rond limité à 0.10 mm. Éviter de rectifier les cames avec une pierre abrasive quand leurs sommets sont endommagés par usure. Le jeu longitudinal relevé sur le côté d'un coussinet d'extrémité ou de la bride de maintien quand le pignon est assemblé doit être entre 0.05 et 0.15 mm

VI. CARBURATION ET ALIMENTATION

LE MOTEUR NE PART PAS : Pour obtenir les premières explosions, il faut, si l'on exclut toute panne d'allumage, et si l'on suppose les compressions suffisantes, que le mélange carburé réponde aux conditions de dosage et d'homogénéité. Or la qualité du mélange et la quantité introduites dans les cylindres à l'admission sont tributaires de circonstances diverses

- Si la température ambiante est très basse, la vaporisation du carburant est mauvaise, il se produit des condensations sur les parois froides du cylindres et des gouttelettes d'essence non pulvérisées retombent à l'état liquide ; on dit que les cylindres sont « noyés »
- Si le moteur est exagérément chaud, le remplissage des cylindres est insuffisant par suite de l'excessive dilatation des gaz
- Si le carburateur est alimenté incorrectement, par suite d'une défectuosité du carburateur lui-même, ou du circuit d'alimentation entre le réservoir et la pompe, ou entre la pompe et le carburateur

Nous envisagerons successivement les cas suivants :

1. L'essence arrivant au carburateur
 - ✓ Le moteur ne part pas à froid
 - ✓ Le moteur ne part pas à chaud
2. L'essence n'arrive pas au carburateur

Exemples :

- **Le moteur ne part pas à froid (présence de l'essence dans la cube et au gicleur du starter**

Causes possibles	Localisation du défaut
<p>a. Le moteur est entraîné à une vitesse de rotation insuffisante :</p> <p><i>De ce fait, la succion sur le gicleur du stater est trop faible, le débit du gicleur est insuffisant</i></p> <p><i>Conc : le mélange est trop pauvre pour être combustible</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>S'assurer, en faisant tourner le moteur à la manivelle que les résistances passives dues à la viscosité de l'huile ne sont pas en cause</i> - <i>Par grand froid, on peut, à condition de ne pas avoir fait des essais de départ jusqu'à épuisement total de la batterie procéder dans certains cas :</i> <ul style="list-style-type: none"> <i>Au réchauffage des bougies</i> <i>Au réchauffage de l'huile</i> <i>Au réchauffage des cylindres du moteur</i> <p><i>En cas d'insuccès persistant : vérifier :</i> <i>Le circuit d'allumage ; l'état de la batterie,</i></p>

CHAPITRE VV : RECHERCHE DE PANNES DES MOTEURS 4 TEMPS

	<i>la commande du démarreur et le démarreur lui même</i>
<p>b. Le stater n'est en circuit</p> <p><i>De ce fait, le débit du gicleur de starter est nul ou insuffisant</i></p> <p><i>Conc : le mélange est trop pauvre pour être combustible</i></p>	<p>Vérifier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Si un bruit de succion se produit, indice que le starter est en circuit, si non incriminer la mise en circuit du stater soit à la commande manuelle</i>
<p>c. le papillon des gaz n'obture pas suffisamment la chambre de carburation</p> <p><i>de ce fait, la dépression est plus faible en aval du papillon.</i></p> <p><i>Con : le débit du gicleur du stater est insuffisant, le mélange est trop pauvre pour être combustible</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>s'il existe une commande manuelle des gaz, s'assurer de son bon fonctionnement</i> - <i>vérifier le réglage de la vis de butée de fermeture du papillon</i>

➤ le moteur ne part pas à chaud (l'arrivée de l'essence à la cuve a été constatée)

Causes possibles	Localisation du défaut
<p>a. L'air chaud se dilate et la quantité d'air introduite dans les cylindres est insuffisante par rapport à la quantité d'essence : le rapport essence/air est incorrect.</p> <p><i>Con : le mélange est trop riche pour être combustible</i></p>	<p><i>Le défaut provient de l'échauffement excessif du moteur ; les causes de cet échauffement peuvent être :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Normales, suivant les conditions de fonctionnement imposées au moteur (laisser refroidir le moteur)</i> - <i>Ou accidentelles</i>
<p>b. Le moteur est entraîné à une vitesse de rotation insuffisante :</p> <p><i>De ce fait la succion sur le gicleur de ralenti est insuffisante</i></p> <p><i>Con : le mélange est trop pauvre pour être combustible</i></p>	<p>Vérifier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Le circuit de démarrage, l'état de la batterie, la commande du démarreur ou le démarreur lui-même</i> - <i>Evaluer à la manivelle la résistance qui s'oppose à la rotation du moteur : les pistons peuvent serrer dans les cylindres (période de rodage, graissage insuffisant)</i> <p>Mesures à prendre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Laisser refroidir pour tenter de repartir puis, si le serrage persiste, on procédera à l'examen et éventuellement au démontage du moteur</i>
<p>c. L'essence n'arrive pas au gicleur</p> <p><i>Soit du gicleur de ralenti, soit du gicleur de marche</i></p>	<p>Vérifier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>L'ébullition éventuelle de l'essence dans la cuve ou dans les tuyauteries.</i> <p>Remèdes : <i>laisser refroidir le moteur ou refroidir les parties en causes</i></p>

CHAPITRE VV : RECHERCHE DE PANNES DES MOTEURS 4 TEMPS

<p><i>Con : le mélange carburé ne peut être formé dans la chambre de carburation</i></p>	<p>Verifier le réglage du carburateur Verifier l'état des gicleurs (obstruction)</p>
--	---

➤ le moteur ne part pas par défaut d'essence au carburateur (la présence de l'essence dans le réservoir a été constatée)

Causes possible d'anomalies	Localisation du défaut
<p>a. l'essence n'arrive pas à la cuve :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le filtre d'arrivée d'essence est obstrué partiellement ou totalement - la pompe ne débite pas ou son débit est insuffisant - <p><i>con : dans les deux cas, le défaut de carburation est total puisque l'essence n'arrive pas au gicleur ou y arrive en quantité très insuffisante</i></p>	<p>Verifier : le filtre en démontant le raccord d'arrivée d'essence. En actionnant le levier d'amorçage de la pompe on se rendre compte :</p> <ul style="list-style-type: none"> - De l'arrive de l'essence au carburateur - Du débit de la pompe <p><i>Si l'essence arrive sans pénétrer dans la cuve, vérifier le pointeau du carburateur, ainsi que le déplacement du flotteur</i></p> <p>Verifier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le serrage de la cloche, l'état de son joint ; le serrage de la membrane et des clapets d'aspiration et de refoulement
<p>b. L'essence n'arrive pas à la pompe (défaut partiel ou total)</p>	<p>Vérifier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'orifice de mise à l'air libre du tube de remplissage du réservoir - La canalisation du réservoir à la pompe (qui peut être obstrué partiellement ou totalement) en envoyant de l'air sous pression - Les raccords de la canalisation, qui peuvent être desserrés - La canalisation elle-même qui peut être rompue

LE MOTEUR MARCHE ANORMALEMENT

Analyse des perturbations dues à un défaut de carburation)

Causes possibles des anomalies	Localisation du défaut
<p>1. Echauffement exagéré du moteur :</p> <p><i>Si le système de refroidissement peut être mis hors de cause, on dit que le moteur chauffe : Dans ce cas si le moteur est en bon état mécanique, on peut supposer que la combustion est incomplète, que sa durée est trop longue</i></p> <p><i>Con : le rapport essence/air est incorrect, il faut vérifier le réglage de l'état du carburateur</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - A l'échappement : une fumée noire indice d'un léger excès d'essence - A l'échappement, des explosions longues et sourdes, les gaz non brûlés explosent au contact de l'air libre indice d'un excès d'essence important, qu'augmente la durée de combustion et fournit des imbrulés - A l'échappement des explosions courtes et sèches indice d'un manque d'essence - Des retours de flammes au carburateur : le mélange carburé est trop pauvre, la proportion d'essence est trop faible par rapport à l'air
<p>2. On constate que la puissance du moteur diminue</p>	<p><i>Un manque de puissance du moteur quand il gravite une cote :</i></p>

CHAPITRE VV : RECHERCHE DE PANNES DES MOTEURS 4 TEMPS

	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Indice d'un mauvais choix des éléments de réglage : le gicleur de marche et l'ajustage d'automatisme ne permettent pas le dosage correct du mélange, il faut enrichir le mélange aux bas régimes de rotation</i> <p><i>Que le véhicule n'atteint pas sa vitesse maximum normale :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Indice d'un mauvais choix des éléments de réglage : les diamètres du diffuseur et du gicleur de marche sont trop petits</i>
<p>3. On constate un excès de consommation</p> <p><i>Si aucune perte de carburant n'est due à des fuites, c'est que le rendement du moteur a diminué, la consommation spécifique a augmenté</i></p> <p><i>Con : il faut vérifier le carburateur</i></p> <p><i>Si le carburateur est bien réglé ; il faut envisager des causes indépendantes du carburateur</i></p>	<p>Vérifier <i>la qualité de carburation par l'analyse des gaz brûlés ou par l'examen de l'isolant des bougies</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>teinte brune indique une carburation normale</i> - <i>un isolant teinté de noir montre qu'il excède d'essence</i> - <i>isolant teinté en couleur blanche indique que le mélange est pauvre</i> <p>vérifier <i>l'état de réglage du carburateur</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>diamètre des orifices d'essence et de l'air</i> - <i>gicleur de marche et d'accélération</i> - <i>diffuseur</i> <p>vérifier <i>l'état du carburateur</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>fuite d'essence à la cuve, aux supports de gicleurs</i> - <i>dispositifs de réglage du niveau de la cuve, flotteur ; pointeau</i> <p><i>on peut constater</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>coincement du flotteur</i> - <i>des entrées d'air dues au desserrage</i> <p>a. l'état mécanique du véhicule en général</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>le moteur ; l'allumage ; la qualité des compressions</i> - <i>le mécanisme de transmission et d'utilisation</i> <p>b. les conditions d'utilisation du véhicule :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>roulage en ville qui implique des accélérations donc de grandes consommations</i> - <i>les marches à pleines puissances</i> - <i>les conditions atmosphériques</i> - <i>surcharges imposées pour le véhicule</i> - <i>les aptitudes du conducteur</i>
<p>On constate que le fonctionnement du moteur est irrégulier</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>L'alimentation est irrégulière</i> <p><i>Con : il faut vérifier le circuit d'alimentation</i></p>	<p>Vérifier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>la réserve d'essence</i> - <i>le raccord filtre d'arrivée d'essence</i> - <i>la pompe et les tuyauteries</i> <p><i>les mêmes phénomènes, la voiture avançant par saccades, peuvent être dus :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>a de l'auto allumage</i> - <i>a un allumage défectueux</i>

LE MOTEUR S'ARRETE SPONTANEMENT
(Analyse des défauts imputés à la carburation)

Causes possibles d'anomalies	Localisation du défaut
<p>On constate que l'essence arrive irrégulièrement au carburateur</p> <ul style="list-style-type: none"> - De ce fait, le gicleur de marche n'est plus alimenté ou très irrégulièrement, et le moteur cesse de fonctionner. - Si le moteur repart sur la lancée du véhicule, il se produit des à-coups, le véhicule semble freiner par des saccades 	<p>Vérifier :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La réserve d'essence, le niveau étant trop bas - Le gicleur de marche, le filtre d'arrivée d'essence, qui peuvent être obstrués partiellement - Le libre fonctionnement du pointeau et du flotteur, la pompe à essence <p>Son débit ; Sa température</p>
<p>On constate que l'essence n'arrive plus au carburateur</p> <p>De ce fait, le gicleur de marche est complètement hors circuit</p>	<p>Vérifier : la réserve d'essence</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le niveau du liquide est trop bas ; la pompe ne débite plus <p>Vérifier : l'état des canalisations</p> <ul style="list-style-type: none"> - La tuyauterie qui relie la pompe au carburateur peut être rompue <p>Vérifier le carburateur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le gicleur de marche ; le filtre d'arrivée d'essence peuvent être obstrués totalement

VII. L'ALLUMAGE

Le dérèglement du système d'allumage peut se manifester de diverses façons :

1. Des étincelles se produisent bien aux bougies mais ne jaillissent pas à l'instant déterminé, soit que la position d'allumage est mal réglé, soit qu'il existe des courts-circuits dans la distribution du courant H.T
2. Les étincelles se produisent par intermittence aux bougies : c'est que la transformation du courant base tension en courant haute tension se fait elle-même par intermittence. Il existe donc des troubles dans le circuit B.T. rarement l'origine peut être recherchée dans la distribution H.T.
3. Aucune étincelle ne jaillit : dans ce cas, les premières vérifications porteront sur le circuit B.T, puis s'il y a lieu dans le circuit H.T

Les tableaux qui suivent montrent que les défauts : susceptible de survenir dans un système d'allumage : courts circuit ; coupures, mauvais et a des organes ou mauvais réglage provoquent des effets analogues :

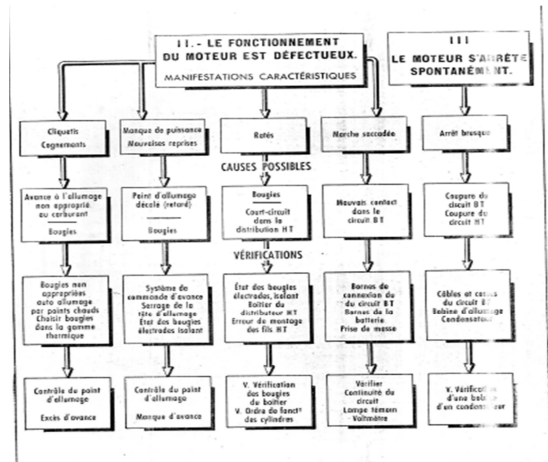
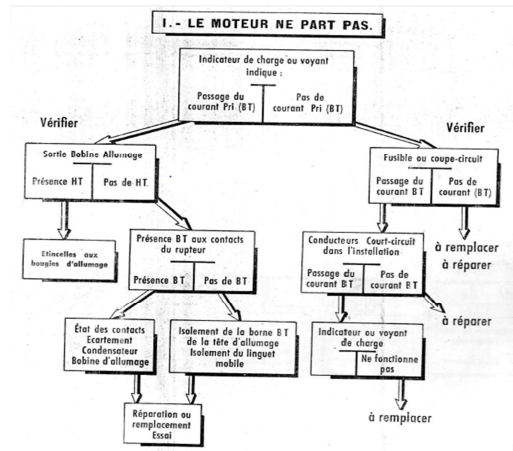
- Difficulté ou impossibilité de mettre le moteur en marche
- Troubles dans le fonctionnement pouvant entraîner l'arrêt spontané du moteur

Il importe donc, lorsqu'on démonte un système d'allumage à l'occasion d'une réparation, de ne pas se borner de remettre en état le seul ou les seuls organes manifestement défectueux, mais aussi de vérifier soigneusement tous les autres et de prendre toutes mesures utiles pour que chacun d'eux remplisse parfaitement son rôle, afin de prévenir d'éventuelles perturbations futures :

Par exemple, on remédiera sur-le-champ à :

CHAPITRE VV : RECHERCHE DE PANNES DES MOTEURS 4 TEMPS

- Une amorce de coupure dans le circuit B.T ; un isolant détérioré, une cosse dessoudée qui auraient vite pour effet de supprimer toute étincelle aux électrodes des bougies
- Une menace de court-circuit (fil dénudé) qui entrainerait soit le défaut total de courant H.T, soit des perturbations intermittentes si le court-circuit et lui-même intermittent
- L'usure des contacts, qui est souvent la cause d'un dérèglement de l'allumage

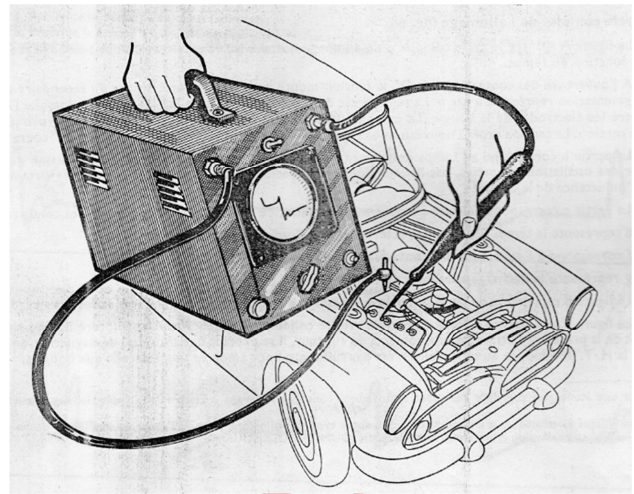
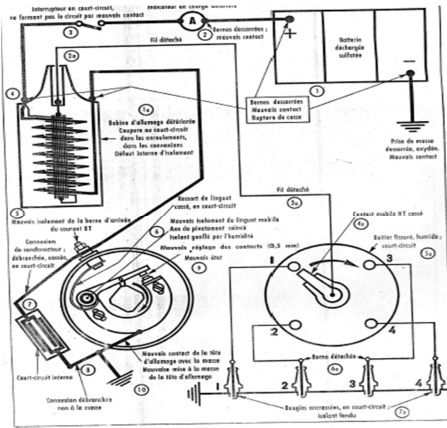


CONTROLE D'UN SYSTEME D'ALLUMAGE : Analyse de la perturbation :

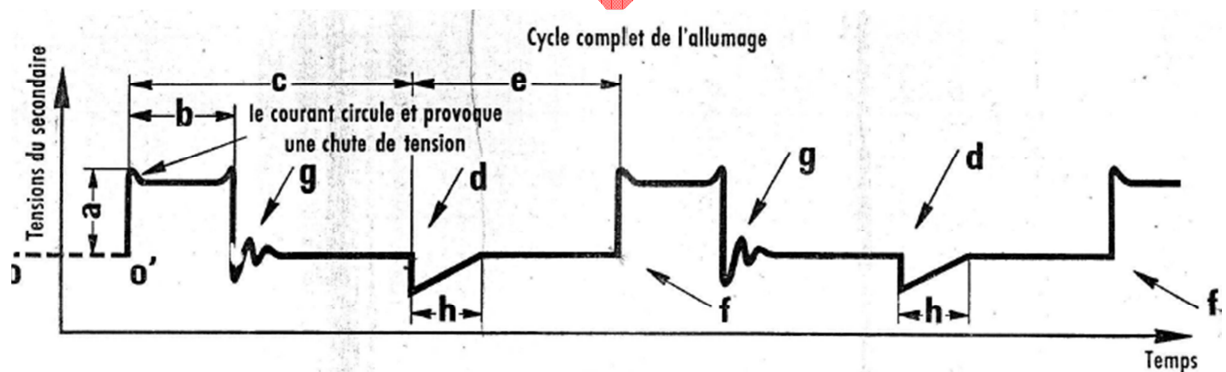
Causes possibles	Effets constatés	Organes à incriminer
Une coupure du circuit BT ; supprime toute étincelles aux bougies	Le moteur ne part pas ou s'arrête spontanément	Conducteur débranché ; cosses cassées, coupure en n'importe quel point du circuit 1-10
Une coupure du circuit HT ; supprime toute étincelle aux bougies	Le moteur ne part pas ou s'arrête spontanément	Fils d'allumage débranchés ; bobine détériorée, coupure de l'enroulement secondaire (1a, 2a, 3a, 4a)
Un court-circuit dans le circuit BT, supprime totalement ou provoque des arrêts dans la production du courant HT	Le moteur ne part pas ou part après plusieurs tentatives, sa marche est saccadée ; le moteur s'arrête	Conducteur dénué ou cosse touchant une partie métallique. points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Condensateur détérioré
Un court-circuit dans la circuit HT. Supprime totalement ou provoque des arrêts dans le passage du courant	Le moteur fait entendre des ratées Il ne part pas Il s'arrête spontanément	Enroulement secondaire de la bobine (fusion de l'isolant), erreur dans le montage des fils d'allumage ; boîtier du distributeur fissuré
Un mauvais contact dans le circuit BT ; provoque un arrêt total ou partiel de la production d'un courant HT	La marche du moteur est saccadée ; il ne part pas ou s'arrête spontanément	Masse de la batterie Bornes de batteries desserrées Connexions du circuit BT : toutes les jonctions ; fixation du condensateur
Un mauvais réglage : trouble la production du courant HT ; ainsi que sa distribution	Départs difficiles ; marches saccadées ; le moteur n'atteint pas sa vitesse de régime ; cliquetis et cognements ; mauvaise reprise	Grains de contact en mauvais état ou écartement mal réglé ; point d'allumage inexact ; excès d'avance d'allumage ; manque d'avance d'allumage

CHAPITRE VV : RECHERCHE DE PANNES DES MOTEURS 4 TEMPS

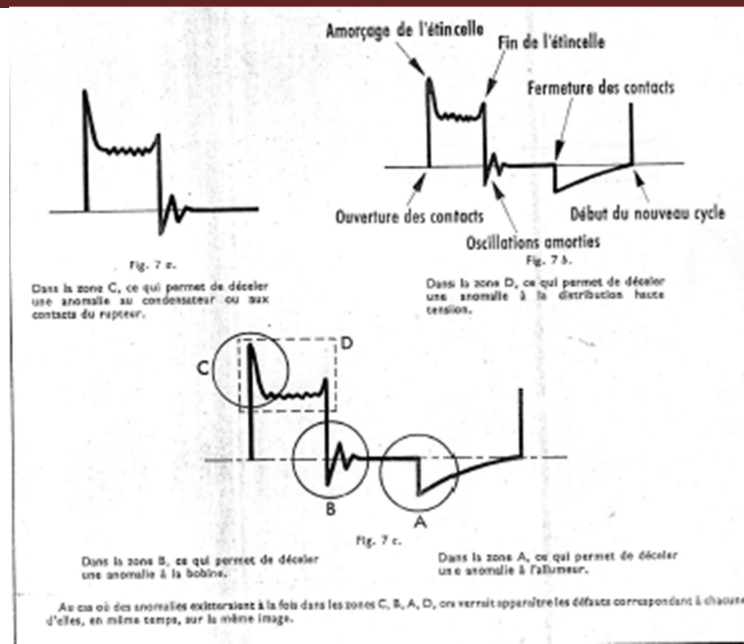
<p>Usure ou détérioration trouble la production du courant HT ou sa distribution</p>	<p>Départs difficiles Manque de puissance Mauvaises reprises</p>	<p>Encrassement des bougies Condensateur détérioré</p>
---	--	--



Examen d'un système d'allumage sur moteur : La méthode moderne de contrôle consiste à examiner le système sur le moteur en fonctionnement, ce qui supprime tout démontage et fournit des informations plus immédiates et plus précises. Cet examen s'effectue à l'aide d'un appareil appelé **oscilloscope cathodique**. Cet appareil permet l'observation, sur écran, de tout phénomène électrique périodique faisant appel à des fréquences comprises entre quelques Hertz et quelques mégahertz par seconde. La figure ci-dessous montre un cycle complet d'un allumage normal, les valeurs de tensions secondaires sont données en fonction du temps, tel que :



- a : montée de la tension résultant de l'ouverture des contacts
- b : temps de passage de l'étincelle aux électrodes de la bougie
- c : temps pendant lequel les contacts sont écartés
- d : fermeture des contacts,
- e : temps pendant lequel les contacts sont fermés
- f : ouverture des contacts
- g : représente la décharge du condensateur
- h : durée de la tension secondaire résultant de la fermeture du circuit primaire. Cette tension est produite parce qu'il a eu variation de flux dans la bobine, variation résultant de la création du courant primaire



MCI: Kbab

H

REFERENCES DU COURS :

1. Technologie de l'automobile, collection « Alternance » G Maillard , Tome1 (4 Temps ; 2 Temps ; Diesel)
2. Technologie de l'automobile, collection « Alternance » G Maillard , Tome2 (Système moteur)
3. Suralimentation des moteurs de véhicules par turbocompresseurs : Aimé Parois, Ingénieur de l'Ecole Nationale des Arts et Métiers et de l'Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs
4. Polycopié de moteurs à combustion interne approfondi, réalisé par Amar Berkache ; université de Msila
5. Modélisation du moteur à allumage par compression.MA03. Polycopié Ecole Militaire Polytechnique
6. Etude du moteur thermique secteur : réparation des engins moteurs. Spécialité : DEEA niveau : technicien spécialisé Maroc, Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail Direction Recherche et Ingénierie Déformation
7. STI2D-EE2-1- Mobilité automobile – Enjeux énergétiques.

SITES INTERNET :

1. www.fiches-auto.fr/articles-auto/fonctionnement-difference-entre-injectiondirecte-et-indirecte.php
2. https://fr.wikipedia.org/wiki/Consommation_de_carburant_par_les_voitures.
3. www.fiches-auto.fr/articles-auto/fonctionnement_soupapes-et-distribution-variablevalvetronic-vtec-vvt-etc.php.
4. <https://theautomobilist.fr/technique/moteur-taux-de-compression-variable-95802>.
5. https://fr.wikipedia.org/wiki/Moteur_MCE-5.
6. http://www.super-soupape.com/moteur_hcci.php.
7. Sites histoire de l'aviations
8. Les figures utilisées dans ce manuscrit sont téléchargées a partir des sites internet