

SERVICES A LA CLIENTELE

D.T.A.V.

**TECHNOLOGIE
DU
MOTEUR DIESEL**

CITROËN 

TECHNOLOGIE DU MOTEUR DIESEL

- * GENERALITES SUR LE MOTEUR DIESEL**Page 1

- * COMBUSTION PARTIES FIXES ET MOBILES**Page 13

- * ALIMENTATION ET INJECTION DIESEL** Page 35

- * LE PRECHAUFFAGE DES MOTEURS DIESEL**Page 45

SOMMAIRE

I. FONCTIONNEMENT THEORIQUE.	Page 2
A. CYCLE THEORIQUE.	
1) Admission	
2) Compression	
3) Injection, combustion et détente	Page 3
4) Echappement	
B. DIAGRAMME THEORIQUE	Page 4
1) Segment AB	
2) Segment de courbe BC	Page 5
3) Segment CD	
4) Segment de courbe DE	
5) Segment EF	
6) Segment FG	
C. COMPARAISON DES FONCTIONNEMENTS DES MOTEURS DIESEL ET DES MOTEURS A EXPLOSION	Page 5
D. CLASSIFICATION DES MOTEURS DIESEL	Page 7
1) Le Diesel pur	
2) Le semi-Diesel	
II. FONCTIONNEMENT PRATIQUE ET REEL	Page 7
A. DIAGRAMME PRATIQUE	
1) Analyse des raisons de différences entre le diagramme pratique et le diagramme théorique	Page 7
a) L'air pur	
b) Le combustible	
c) La durée de l'injection	
d) L'échange de chaleur	
2) Description de la courbe	Page 8
a) Portion de courbe A B C D E	
b) Portion de courbe EG	
c) Portion de courbe GK	
d) Portion de courbe KB	Page 9
B. CYCLE REEL OU CYCLE MIXTE OU CYCLE DE SABATHE	Page 10
III. CARACTERISTIQUES, AVANTAGES ET INCONVENIENTS	Page 11
A. CARACTERISTIQUES	
1) Admission d'air pur en quantité constante et maximum	
2) Compression de cet air	
3) Injection dosée de combustible	
4) L'ordre du rendement thermique	Page 12
5) L'ordre de la consommation spécifique	
6) L'ordre de la vitesse de rotation	
B. AVANTAGES COMPARES A CEUX DU MOTEUR A EXPLOSION	Page 12
C. INCONVENIENTS	Page 12

GENERALITES SUR LE MOTEUR DIESEL

L'appellation courante « moteur DIESEL » est impropre, sa désignation exacte est « moteur à combustion interne fonctionnant suivant le cycle Diesel ».

Le Dr DIESEL était un ingénieur Allemand (1858-1912) qui reprenant des essais et des expériences antérieurs créa le premier moteur « Diesel » en 1897 dans les Usines KRUPP.

Les difficultés rencontrées dans la réalisation de ce type de moteur interdirent pendant longtemps une évolution comparable à celle des moteurs à explosion, de construction plus facile.

Son emploi fut limité à des applications dans lesquelles le poids, la vitesse de rotation n'avaient qu'une importance secondaire (installations fixes, moteurs marins, etc).

Il faut attendre 1928 pour voir sortir le premier moteur de véhicule (SAURER). Depuis la guerre, en raison des progrès faits en métallurgie et en usinage de précision, le moteur DIESEL a évolué considérablement et ses applications se sont multipliées.

L'allègement des moteurs, l'augmentation de vitesse de rotation en particulier ont permis la réalisation de moteurs légers dit : Diesel Routiers ou Diesel rapides.

Ce sont ceux qui vont être étudiés.

*
* *

Il convient d'étudier rapidement le fonctionnement théorique et le fonctionnement réel de ce type de moteur, ses caractéristiques, qualités et inconvénients, avant d'aborder l'étude théorique de chacun de ses constituants sous l'angle de la Réparation.

I. FONCTIONNEMENT THEORIQUE.

A. Cycle théorique (figure 1) :

Considérons un moteur élémentaire composé d'un cylindre obturé à une extrémité par une paroi fixe, que nous appellerons culasse et qui porte trois orifices à ouverture commandée par une soupape d'admission, une soupape d'échappement et un injecteur de combustible.

L'autre extrémité est obturée par un piston mobile attelé à un vilebrequin par une bielle.

Le piston se trouve au P.M.H. au moment où la soupape d'admission s'ouvre.

1°) Admission :

La soupape d'admission s'ouvre : le piston entraîné par le vilebrequin, grâce à la force vive emmagasinée par le volant descend, créant ainsi une dépression. **De l'air pur** est aspiré par cette dépression et remplit le cylindre au fur et à mesure de la descente du piston. Lorsque le piston arrive au P.M.B. la soupape d'admission se ferme.

2°) Compression :

Le piston toujours entraîné par le vilebrequin remonte au P.M.H. en comprimant l'air contenu dans le cylindre. La pression augmente, la température s'élève, à tel point que l'inflammation du combustible se fera spontanément (auto-allumage) lorsque celui-ci sera introduit dans la chambre de combustion.

3°) Injection, combustion et détente :

Au moment où le piston se trouve au P.M.H., l'injecteur commence à introduire le combustible dans le cylindre sous forme d'une pulvérisation de gouttelettes.

Chaque particule de combustible s'enflamme au contact de l'air surchauffé créant ainsi un volume de gaz supérieur au volume d'air, qui a servi à cette combustion partielle. Ce volume de gaz en se détendant repousse le piston vers le P.M.B. Il suffit de régler le débit de l'injecteur pour que l'augmentation de volume dû au déplacement du piston compense le volume des gaz produits.

Ainsi la combustion se fait à **pression constante** grâce à **une injection progressive** du combustible. Donc l'injection et la combustion se poursuivent pendant une partie de la course du piston ; la détente ayant lieu, elle, pendant tout le déplacement du piston vers le P.M.B.

4°) Echappement :

Lorsque le piston arrive au P.M.B. la soupape d'échappement s'ouvre, la pression tombe à la valeur de la pression atmosphérique ; les gaz brûlés s'échappent, repoussés par le piston dans son déplacement vers le P.M.H. La soupape d'échappement se ferme.

Et le cycle recommence.

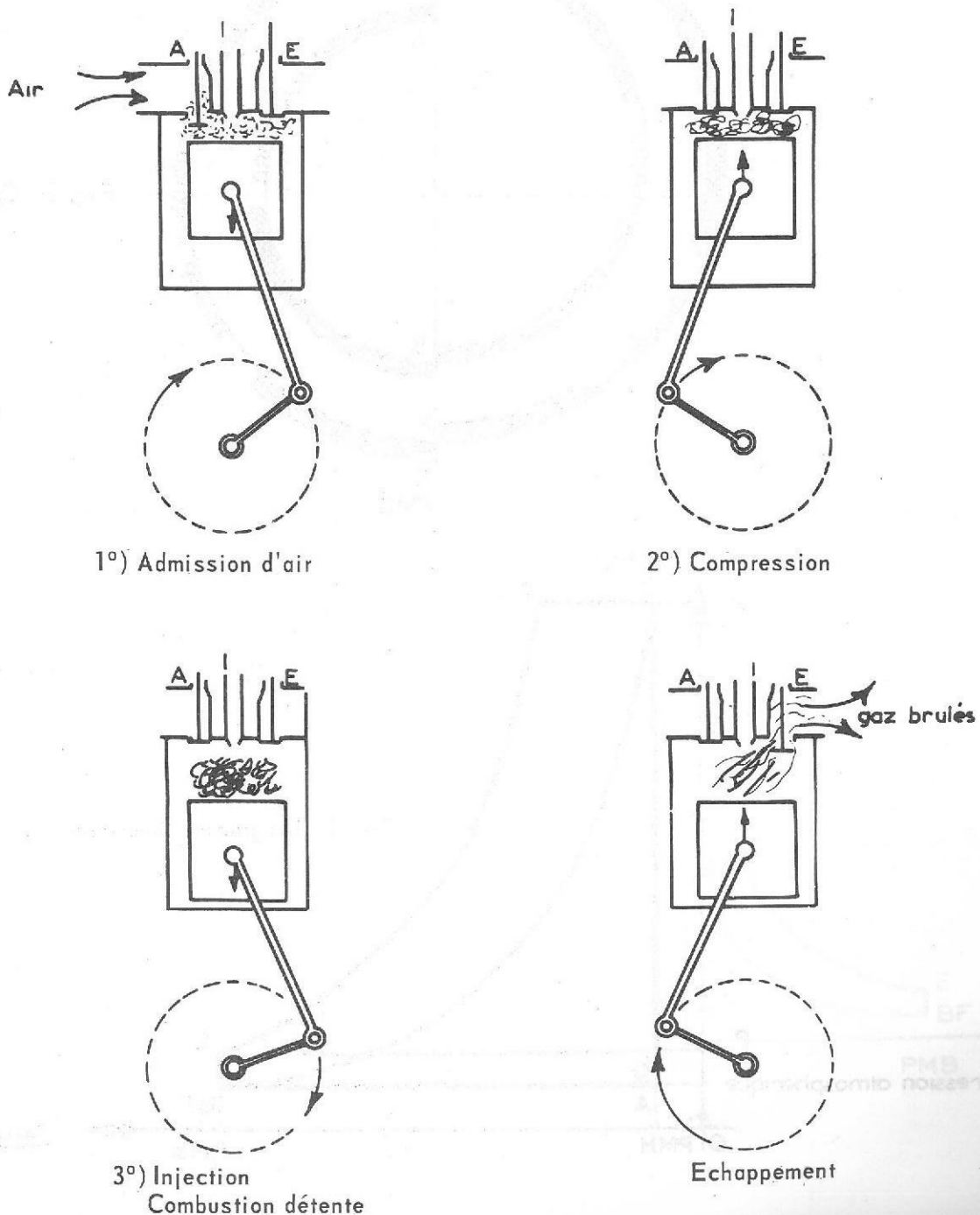


Fig. 1 : Cycle théorique

B. Diagramme théorique (figure 2 et 3) :

Il est possible de représenter ce cycle par une courbe, des volumes et des pressions correspondantes.

Sur un des axes de coordonnées on inscrira les volumes de la chambre suivant le déplacement du piston, sur l'autre les pressions correspondantes.

On construit cette courbe par points puisqu'à chaque volume correspond une pression.

1°) Segment AB :

correspond à l'admission. Le volume augmente mais la pression reste constante.

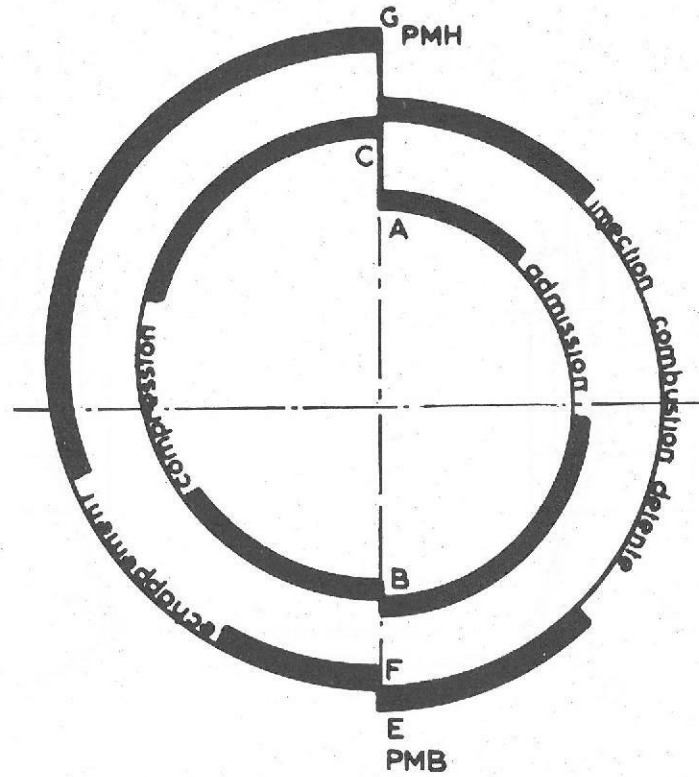


Fig. 2 : Cycle théorique

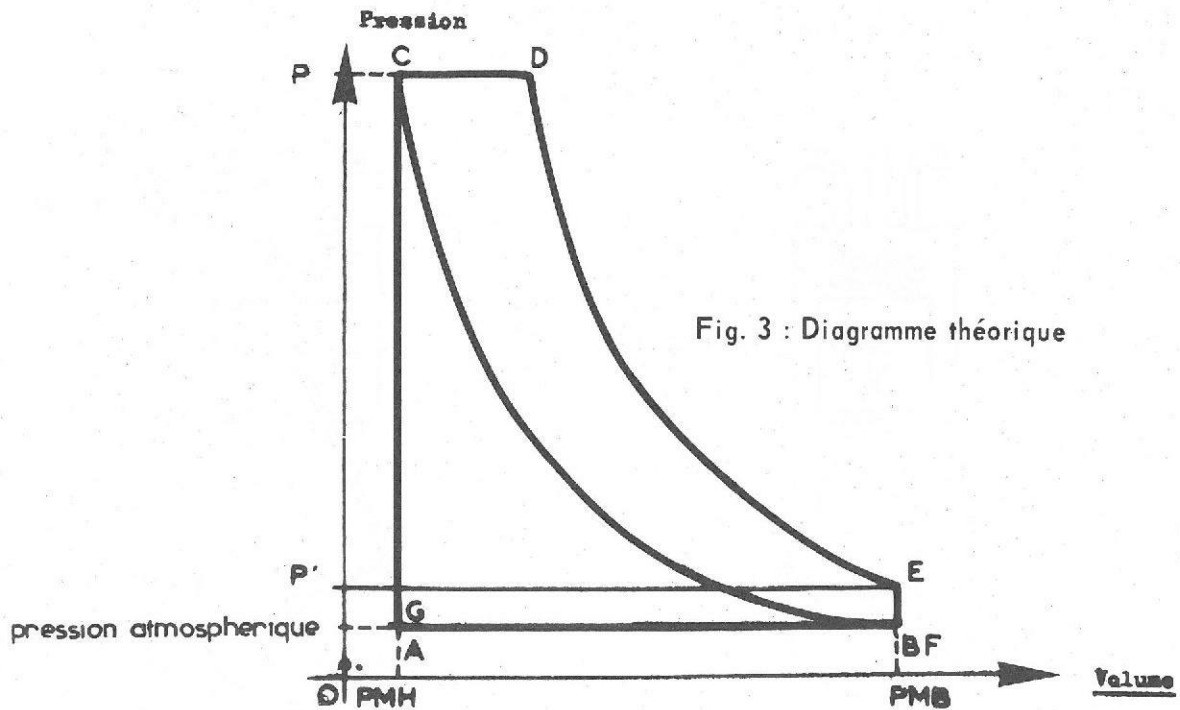


Fig. 3 : Diagramme théorique

2°) Segment de courbe BC :

Correspond à la compression, le volume diminue, la pression augmente jusqu'à une pression P.

3°) Segment CD :

Correspond à l'injection, la combustion et le début de la détente. L'augmentation de volume des gaz est compensé par le déplacement du piston et l'injecteur est réglé pour que cette pression reste constante.

4°) Segment de courbe DE :

Correspond à la détente, la combustion est terminée, les gaz produits repoussent le piston mais au fur et à mesure que le volume s'accroît la pression baisse jusqu'à une valeur P'.

5°) Segment EF :

(F est confondu avec B) représente l'ouverture de la soupape d'échappement, la pression tombe à la valeur de la pression atmosphérique.

6°) Segment FG :

(confondu avec le segment AB) correspond à l'échappement.

C. Comparaison des fonctionnements des moteurs Diesel et des moteurs à explosion :

1°) Il faut rappeler brièvement le cycle et le diagramme du moteur à explosion cycle Beau de Rochas.

- a) Admission d'un certain volume dosé d'air et d'essence mélangés.
- b) Compression de ce mélange.
- c) Inflammation commandée, combustion rapide et détente.
- d) Echappement.

2°) La superposition des deux diagrammes fait apparaître les différences essentielles (figure 4).

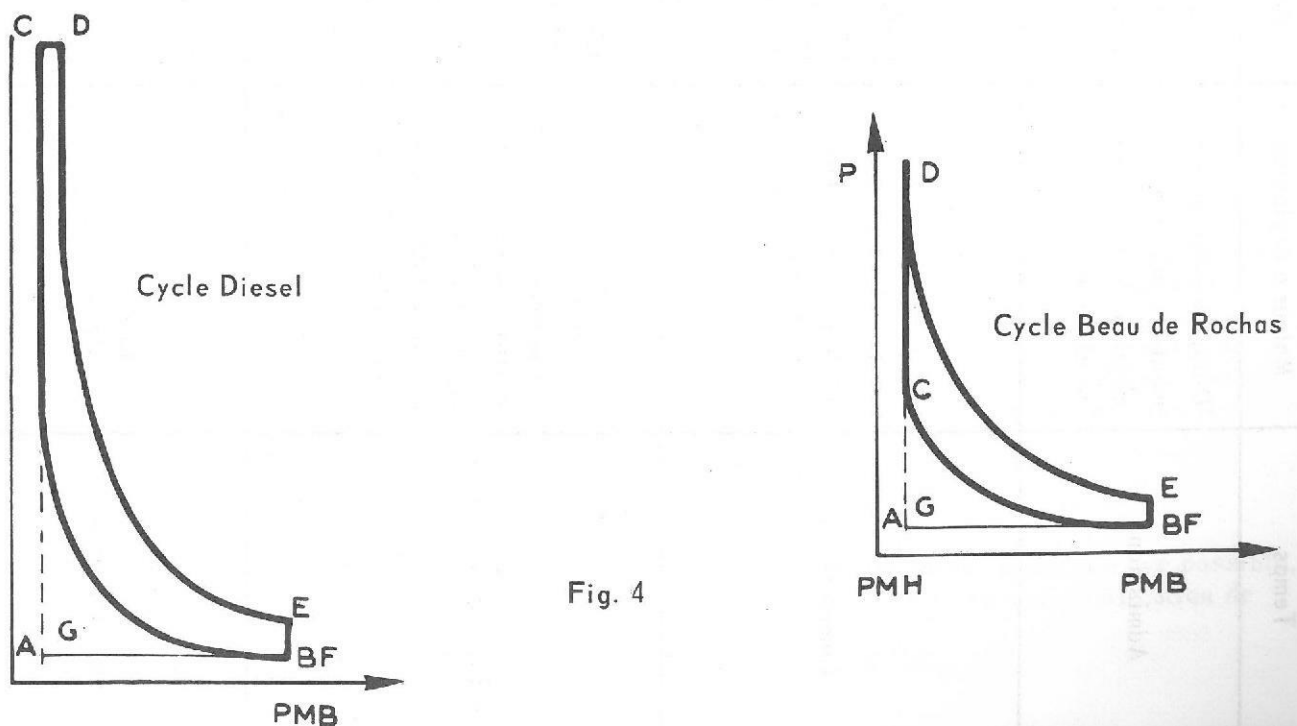


Fig. 4

Ce tableau récapitule ces différences :

Cette comparaison fait ressortir les différences essentielles.

Il en est d'autres secondaires, l'ensemble sera repris ensuite dans le paragraphe « caractéristiques ».

Temps	Moteur à explosion	Moteur Diesel	Différences	Conséquences pour le Diesel
Admission	D'une quantité plus ou moins grande d'un mélange dosé d'air et de carburant	D'une quantité constante d'air pur.	Volume constant d'air pur au lieu d'un volume dosé de mélange air carburant.	Pas de carburateur
Compression	Compression du mélange à une pression d'environ 10 à 20 bars	Compression de l'air pur à une pression d'environ 40 bars	Compression beaucoup plus importante sur le Diesel et donc température plus élevée	Les pressions et les températures sont beaucoup plus fortes donc l'ensemble moteur devra être beaucoup plus résistant donc plus lourd et plus cher. Les systèmes de refroidissement et de graissage demanderont une réalisation plus soignée
Combustion et détente	L'allumage du mélange est commandé. La combustion est extrêmement rapide. La détente se produit pendant tout le déplacement du piston.	L'injection a lieu progressivement . La combustion est spontanée et se poursuit pendant toute l'injection. La détente est progressive	Pour le moteur Beau de Rochas, le volume est constant c'est la pression qui augmente. Dans le moteur Diesel : pression et température restent relativement constantes	Pas de système d'allumage, mais par contre un système d'injection d'une précision parfaite, emploi de carburants très variés. La combustion relativement lente rend plus difficile la réalisation du moteur à vitesse de rotation élevée
Echappement	Les gaz brûlés s'échappent	- dito -	Pas de différence si ce n'est que la pression résiduelle est plus forte dans le Diesel que dans le moteur à essence	

D. Classification des moteurs Diesel :

Comme les moteurs à explosion, les moteurs DIESEL fonctionnent suivant : soit le cycle à quatre temps, soit le cycle à deux temps.

Nous venons de donner une description du cycle à quatre temps théorique DIESEL comparé au cycle à quatre temps moteur à explosion.

Une comparaison analogue peut être faite entre les cycles DIESEL et le moteur à explosion à deux temps.

Par ailleurs, il existe deux grandes classes de moteur Diesel :

1°) **Le Diesel pur.**

2°) **Le semi-Diesel.**

Dont le fonctionnement est intermédiaire entre celui du Diesel et celui du moteur à explosion. Il fonctionne comme un Diesel mais à une pression de compression plus basse, les conditions de température et de pression pour obtenir une inflammation spontanée ne sont pas réunies et il faut **la provoquer**. A cet effet, la paroi de la chambre de combustion est chauffée par un moyen extérieur, de la sorte, l'air comprimé dans le cylindre est porté à une température suffisante pour qu'il y ait inflammation spontanée lorsqu'il y aura injection.

Seul le Diesel à quatre temps sera étudié puisqu'il est le seul utilisé par les Usines Citroën.

II. FONCTIONNEMENT PRATIQUE ET REEL.

A. Diagramme pratique (figure 5) :

Si l'on relève sur un moteur le diagramme à l'aide des appareils enregistreurs classiques, on a une courbe différente du diagramme théorique.

1°) Analyse des raisons de ces différences :

- a) **L'air pur** et les gaz brûlés ont une inertie suffisante pour qu'il n'y ait pas un écoulement immédiat dès l'ouverture d'une soupape.
- b) **Le combustible** ne brûle pas immédiatement, il y a un délai d'inflammation faible mais non négligeable.
- c) **La durée de l'injection** varie suivant le degré d'accélération.

Lorsque le débit est maximum, la combustion a lieu à pression constante, mais si le débit est minimum, le combustible injecté brûle avant le début de détente, c'est à dire pratiquement à volume constant par ailleurs au début de la combustion le volume des gaz produits n'est pas compensé par l'augmentation de volume dû au déplacement du piston, cette augmentation de volume et donc de pression est nécessaire pour vaincre l'inertie de l'attelage mobile et donner l'impulsion motrice, il s'en suit que le début de la combustion se comporte comme dans le cycle Beau de Rochas (le volume constant).

- d) **Il y a échange de chaleur** entre les parois et ceci modifie les pressions donc la courbe.

Pour compenser ces causes précédemment citées et obtenir un rendement aussi bon que possible, il est nécessaire de modifier le réglage de la distribution, ceci entraîne une modification de la courbe.

2°) Description de la courbe : (figures 5 et 6)

a) Portion de courbe ABCDE :

Ceci correspond à l'admission.

Il faut noter les points suivants :

- L'admission commence avant le P.M.H. en raison de l'inertie de l'air à l'entrée du cylindre (environ 10°).
- L'échappement se ferme après le P.M.H. pour bénéficier du balayage par l'air pur des derniers gaz brûlés (environ 10°).
- La pression pendant l'admission est légèrement inférieure à la pression atmosphérique (environ 0,800 à 0,900 bar) en raison de la dépression créée par le déplacement du piston et de l'entrée de l'air.
- L'admission se ferme avec un peu de retard. Ainsi le début de compression équilibre la pression de l'air admis pour qu'il n'y ait pas choc sur la soupape (environ 40°).

b) Portion de courbe EG :

Ceci correspond à la compression.

Il faut noter les points suivants :

- Plus les parois sont chaudes, plus la courbe se déplace vers la droite car l'air est réchauffé, non seulement par la compression, mais aussi par les parois, donc la pression monte plus vite que dans un moteur froid.
- L'injection commence un peu avant le point mort haut, d'une part pour compenser le délai d'inflammation et d'autre part pour utiliser au maximum la détente des gaz (environ 10°).

c) Portion de courbe GK :

Ceci correspond à l'injection, combustion, détente.

Il faut noter les points suivants :

- L'injection a commencé avant le point mort haut en F et se poursuit jusqu'au I.
- La courbe FH a une pente presque verticale. En effet le début de combustion a lieu, des gaz sont produits, mais le piston a encore une vitesse très faible puisqu'il vient de quitter le P.M.H. et donc l'augmentation de volume dû à son déplacement est plus faible que le volume des gaz produits. La combustion entre F et H n'a pas lieu à pression constante mais presque à volume constant (comme dans un moteur à explosion).
- La courbe HI a une pente presque horizontale et ceci correspond à une combustion à pression constante caractéristique du Diesel.
- La combustion cesse en I et la détente **se poursuit jusqu'en K**. Cette portion de courbe entre I et K est liée à l'échange de chaleur entre gaz brûlés et parois. Si les parois sont froides la température des gaz donc la pression exercée sur le piston va être plus faible que la courbe idéale, si les parois sont chaudes cette courbe va se rapprocher de la courbe idéale.

d) Portion de courbe KB :

Ceci correspond à l'échappement.

Il faut noter les points suivants :

- La soupape d'échappement s'ouvre en avance en J.
- Les gaz brûlés ont une certaine inertie ; par ailleurs ils sont encore à une pression de quelques bars à la fin de la détente et ils exerceraient une contre-pression, qui freinerait la remontée du piston si on ne donnait pas une avance suffisante à l'ouverture de l'échappement (environ 40°).
- Cette soupape se ferme après le P.M.H. pour permettre une meilleure évacuation des gaz brûlés.

Fig. 5

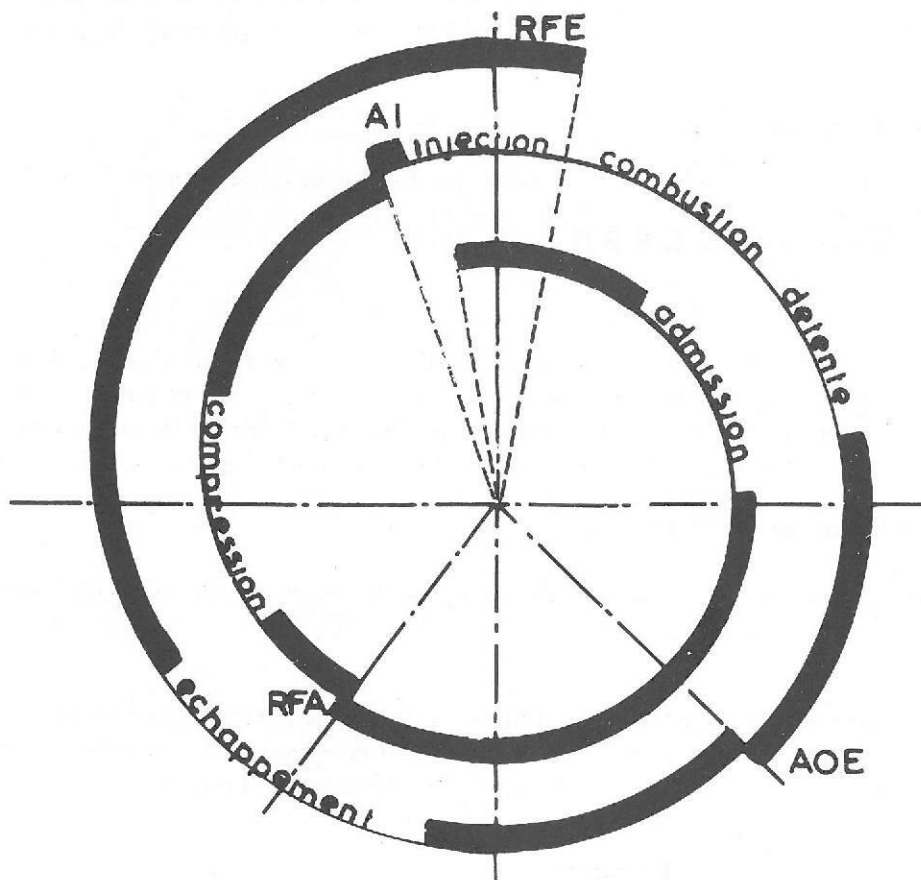
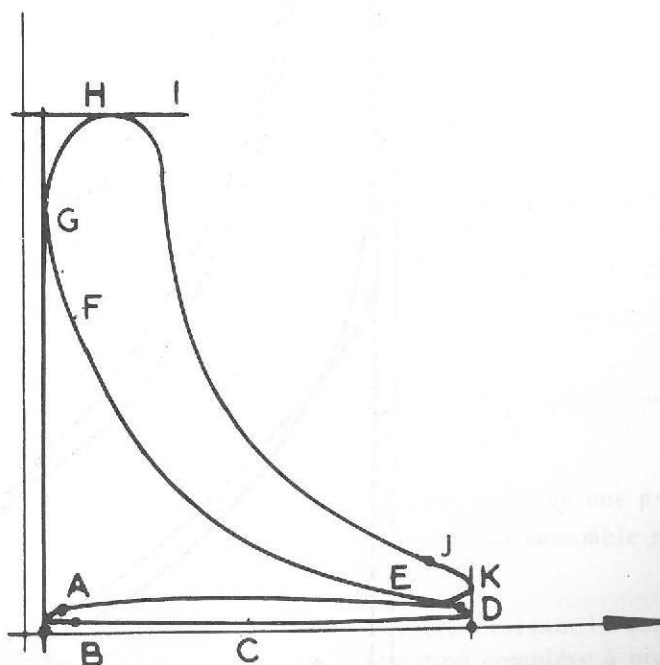


Fig. 6



B. Cycle réel ou cycle mixte ou cycle de Sabathe (figure 7) :

Le diagramme du cycle de moteur rapide est un compromis entre le cycle à pression constante et le cycle à volume constant.

1°) Les raisons pour lesquels ce diagramme est modifié sont les suivantes :

- a) **Plus le moteur tourne vite** plus la durée du cycle et donc la durée de la détente sont courtes. Pour que la détente soit utilisée au maximum, il faut que la combustion cesse suffisamment tôt. Pour qu'elle cesse assez tôt, il faut avancer la fin d'injection, cela s'obtient, soit en réduisant la durée d'injection (augmentation du débit des injecteurs), soit en avançant le début d'injection (avance automatique liée à la vitesse de rotation). De toute façon la combustion se trouve localisée au début du 3ème temps à un moment où la vitesse du piston qui vient de quitter le P.M.H. est faible.

2°) Description de la courbe :

Elle est assez semblable à celle du diagramme pratique sauf dans sa partie haute.

- a) La portion de courbe **A B C D E F G** est semblable.

b) Le point **I** :

Est remonté en direction du point **H** (ceci signifie que la fin d'injection **I** a lieu plus tôt).

La presque totalité de la combustion a lieu au début du déplacement du piston dans le temps moteur et donc elle se fait à volume constant ou presque, seul la position **HI** se faisant à pression constante, puis ensuite la détente (non entretenue par la combustion) se produit beaucoup plus tôt.

- c) Le reste de la courbe est semblable.

- d) Ceci donne à cette courbe une allure qui se rapproche beaucoup de celle d'un moteur à explosion.

C. En conclusion :

Il convient de rappeler que ces diagrammes sont des courbes caractéristiques et qu'il existe d'autres courbes : de puissance, courbe de couple, etc et que toutes servent à la conception d'un moteur, à sa réalisation, aux essais et aux améliorations qui en résultent (figure 8).

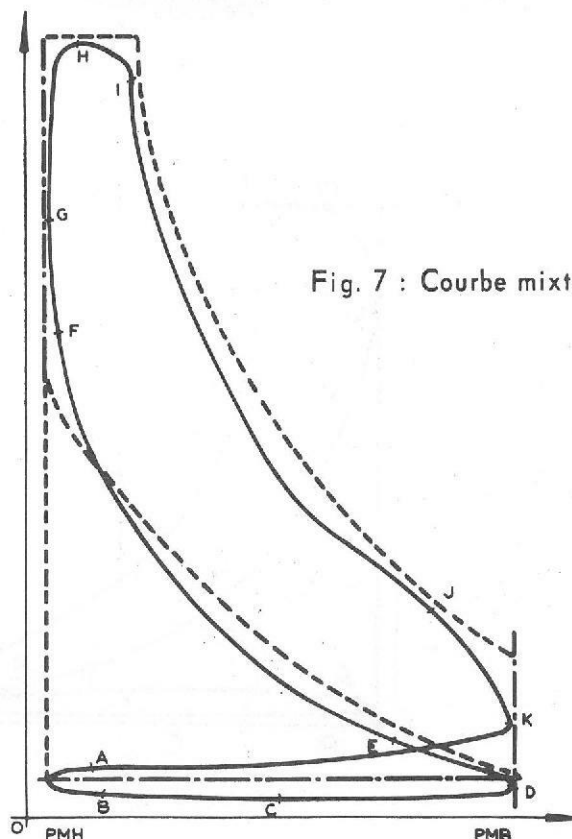


Fig. 7 : Courbe mixte

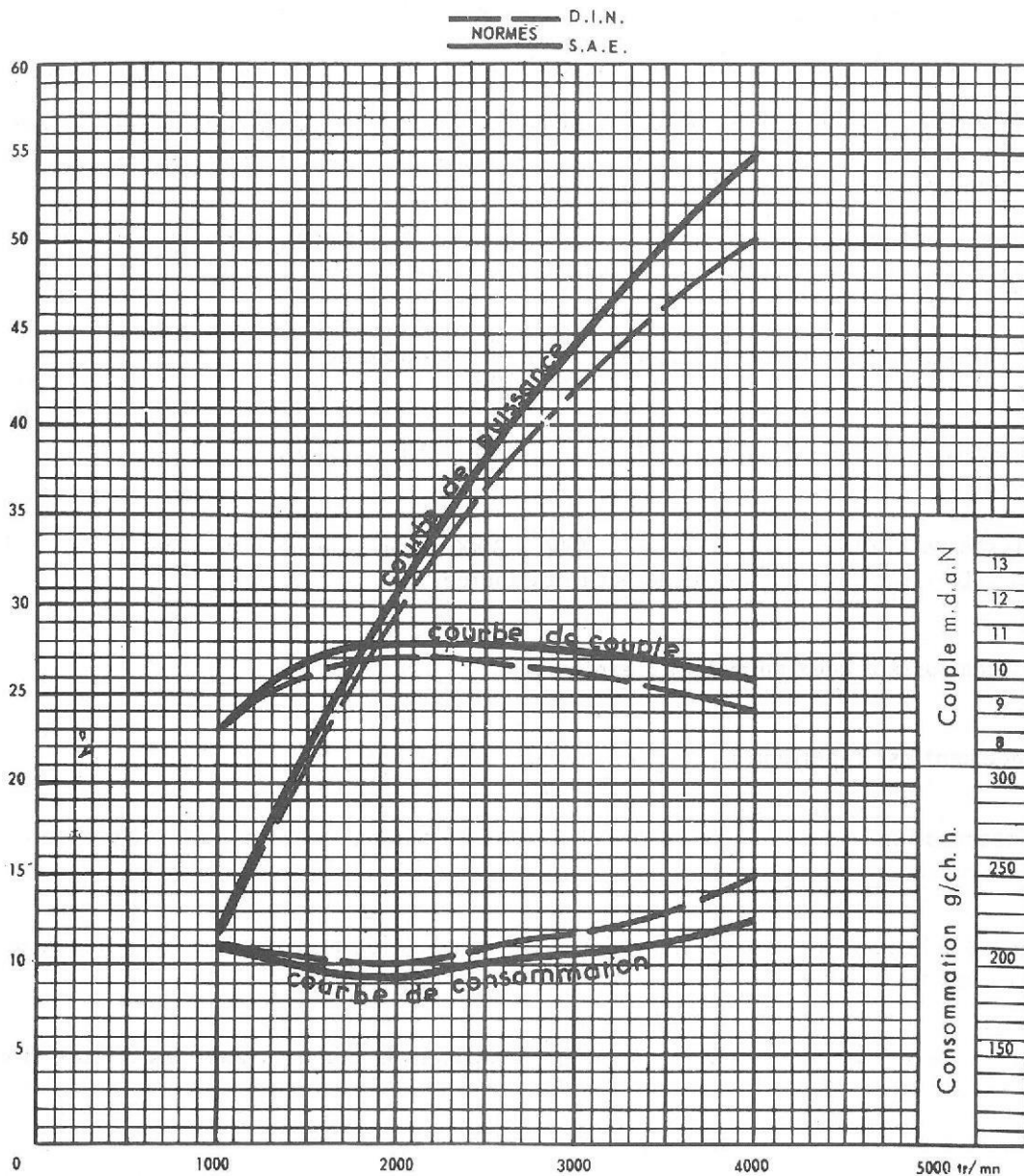


Fig. 8

III. CARACTERISQUES, AVANTAGES ET INCONVENIENTS :

A. Caractéristiques :

1°) Admission d'air pur en quantité constante et maximum :

Sous une pression d'environ 0,800 à 0,900 bar et une température d'environ 60° C pour une ambiance de 15° C cette élévation de température correspond à un échange de chaleur entre les parois du cylindre et l'air admis. Cet excès d'air permettra une combustion complète.

En effet théoriquement il suffit de 16 gr. d'air pour brûler 1gr. de gas oil, en pratique il faut 20 à 30 gr. d'air pour brûler ce gramme de gas oil.

Un excès d'air permet en outre un meilleur brassage air-combustion nécessaire pour enflammer les gouttelettes de gas-oil non mélangées à l'air au moment de l'injection.

2°) Compression de cet air à un taux élevé entre 15 et 22 pour 1, ceci entraîne une pression d'environ 40 bars et de 550 à 600-C en fin de compression. Cela nécessite un ensemble robuste capable de supporter ces pressions et une étanchéité parfaite pour l'obtenir.

3°) Injection dosée de combustible à un moment précis, mais variable (suivant la quantité à injecter la vitesse de rotation etc ...) et ceci pour obtenir une combustion complète à pression constante autant que possible et une détente complète des gaz.

Cette injection se fait sous une pression variant suivant les moteurs de 100 à 200 bars.

Cette combustion se fait relativement lentement environ 1 à 4/1.000 de sec. ce qui correspond à un angle de rotation du volant moteur compris entre 20 et 40°. La pression oscille entre 40 et 60 bars la température monte à environ 1500°.

La détente dure jusqu'à l'ouverture de la soupape d'échappement et les gaz sont encore à une pression de 3 bars et à une température variant entre 600 et 800° C.

4°) Le rendement thermique est de l'ordre : $\frac{35}{100}$ à $\frac{38}{100}$ ou 35 à 38 %.

5°) La consommation spécifique est de l'ordre de 170 à 250 gr./ch/h.

6°) La vitesse de rotation est de l'ordre de 2000 à 3000 t/mn pour un moteur de grosse cylindrée et de 3500 à 5000 t/mn pour un moteur de petite cylindrée.

B. Avantages comparés à ceux du moteur à explosion :

1°) Le rendement est supérieur à celui des moteurs à explosion.

2°) La consommation spécifique est moins élevée, le carburant est moins cher. Il présente moins de danger d'incendie.

3°) Les gaz d'échappement sont moins toxiques (la combustion est complète) ils ne contiennent presque pas d'oxyde de carbone.

4°) Le couple moteur est plus important et reste sensiblement constant pour les faibles vitesses.

5°) Il est plus simple, moins sujet aux pannes.

C. Inconvénients :

1°) Il est plus cher : Il doit être plus solide, plus lourd, mieux construit que le moteur à explosion. En particulier l'étanchéité du cylindre est difficile à réaliser.

2°) Les organes d'injection sont coûteux.

3°) Le graissage et le refroidissement sont à assurer dans des conditions de température et de pression plus dures.

4°) Sa marche est plus bruyante en particulier à certaines allures, le moteur cogne : ceci correspond à des élévations de pression dans le cylindre, la combustion ne se fait plus à pression constante mais à volume constant.

* * *

Ces généralités n'ont pour but que de définir les limites d'une étude qu'il convient d'entreprendre maintenant.

Dans un moteur Diesel, la combustion, l'injection, le graissage, le réchauffage et le refroidissement, posent des problèmes qu'il faut connaître pour comprendre le choix fait par un constructeur entre diverses solutions, les normes de réglages qu'il conseille, les conditions de réparation et de mise en état qu'il impose.

SOMMAIRE

I. GENERALITES SUR LA COMBUSTION	Page 15
A. COMBUSTIBLE.	
1) Caractéristiques physiques principales	Page 15
a) Densité	
b) Volatilité	
c) Viscosité	
d) Pouvoir calorifique	
e) Pureté	
2) Caractéristiques chimiques principales	
a) Indice de Cétane	
b) Teneur en soufre	
c) Teneur en carbone résiduel et en cendres	
B. COMBUSTION	Page 16
1) Processus de la combustion	
a) Définition	
b) Phénomène de la combustion	
2) Qualité de la combustion	Page 17
a) Immédiate	
b) Régulière et progressive	
c) Complète	
3) Facteurs influants sur les qualités de cette combustion	
a) Facteurs relatifs au moteur proprement dit	
b) Facteurs relatifs à l'injection	
c) Facteurs secondaires	
C. UTILISATION DES EFFETS DE LA COMBUSTION	
1) Développement de la force de poussée	
2) Transformation de cette force de poussée	Page 18
3) Autres caractéristiques	Page 19
a) Travail	
b) Puissance	
c) Rendement	Page 20
d) Consommations spécifiques	
II. ORGANISATION DU MOTEUR EN CONSEQUENCE	
A. ORGANISATION DU MOTEUR EN VUE DE LA COMBUSTION	Page 21
1) Culasse	Pages 21-22
a) Matière	
b) Elle contient la chambre de combustion	
c) La culasse contient ou porte un certain nombre d'organes annexes	
d) Qualités demandées à une culasse	
2) Le bloc cylindres	Page 23
3) Le piston	Page 24
a) L'étanchéité	
b) La robustesse et la légèreté	

B. ORGANISATION DU MOTEUR EN VUE DE L'UTILISATION DE LA COMBUSTION	Pages 25-26
1) Bielle	
2) Vilebrequin	
C. ORGANISATION DU MOTEUR, PARTIES ANNEXES	Pages 26-27
1) Arbre à cames	
2) La pignonnerie	
3) La culbuterie est réglable	
III. CORRELATION ENTRE LES PRINCIPES DE FABRICATION ET DE REPARATION	Page 28
A. POUR QUE LA COMBUSTION SE DEROLÉ NORMALEMENT	Pages 28-29
1) L'étanchéité	
a) Entre culasse et bloc	
b) Entre chemise et piston	
c) Culasse	
2) Le remplissage	Page 30
a) L'état du filtre à air	
b) L'obstruction éventuelle d'une tubulure d'admission	
c) Le réglage des culbuteurs	
d) La cote du guide soupape	
e) Du réglage et du calage	
3) Le rapport volumétrique correct	
B. POUR QUE LES EFFETS DE CETTE COMBUSTION SOIENT UTILISES NORMALEMENT	Page 31
1) Equilibrage des pièces en mouvement	
2) Ajustage des pièces en mouvement entre elles	Page 32
3) Ajustage des pièces en mouvement	Page 33
a) Le vilebrequin sur sa ligne d'arbre	
b) Le piston dans sa chemise	
c) La distribution dans son ensemble	

COMBUSTION

PARTIES FIXES ET MOBILES

En simplifiant à l'extrême, on peut considérer que l'ensemble du moteur est organisé essentiellement en vue de permettre le développement parfait de la combustion et d'utiliser au mieux les effets de cette combustion.

Il est nécessaire donc tout d'abord de définir le phénomène de la combustion ; après une brève description des parties fixes et mobiles, d'établir la corrélation entre les principes utilisés dans la fabrication et ceux qui doivent présider à la réparation pour que ce type de moteur fonctionne dans les meilleures conditions.

I. ETUDE THEORIQUE DE LA COMBUSTION.

A. Combustible :

Ce type de moteur peut utiliser une gamme étendue de combustible pourvu qu'ils répondent à certaines normes (définies par ailleurs). Il s'agit du gas-oil, du fuel oil, des huiles de goudron, des huiles végétales. Seul le gas-oil est utilisé dans les Diesels Routiers, il sera donc le seul étudié.

Le gas-oil est un mélange complexe d'hydrocarbures produit par la distillation des pétroles bruts. Sous le vocable de « gas-oil » sont groupés un certain nombre de combustibles qui présentent des différences, mais ils répondent tous approximativement aux critères suivants donnés à titre d'information.

1°) Caractéristiques physiques principales.

- a) **Densité** : en moyenne de 0,850 à 15° C.
- b) **Volatilité** correspond à une distillation qui commence vers 200° C et se termine vers 370° C.
- c) **Viscosité** : la viscosité est l'inverse de la fluidité, cela s'exprime en degrés Engler, c'est tout simplement le temps nécessaire pour l'écoulement d'une quantité déterminée de liquide à travers un orifice calibré à une température précise. Cette viscosité doit être suffisante pour que la pulvérisation ne soit pas trop fine et pas trop élevée pour que l'écoulement puisse se faire, compte tenu des orifices de très faible diamètre du système d'injection.
- d) **Pouvoir calorifique** : sa valeur moyenne est de 10.800 calories par kilogramme de gas-oil.
- e) **Pureté** : Ce combustible doit être exempt de boues, d'eau, en suspension. Ce point est très important et impose une épuration systématique poussée avant utilisation.

2°) Caractéristiques chimiques principales :

- a) **Indice de Cétane** :
Cet indice exprime l'aptitude plus ou moins prompte à l'inflammation spontanée. Cet indice est obtenu en recherchant un mélange de cétane (combustion à très long délai d'inflammation) et de Alpha méthyl naphthalène (combustible à inflammation spontanée) dont le délai d'inflammation est le même que celui du combustible à l'essai. Cet indice s'exprime par le pourcentage de cétane contenu dans une unité de volume de ce mélange. Cet indice de cétane est égal ou supérieur à 50.
- b) **Teneur en soufre** : le gas-oil ne doit pas contenir plus de 0,7 % de soufre. Après la combustion, ce soufre crée des produits qui attaquent les métaux.
- c) **Teneur en carbone résiduel et en cendres** :
Ce carbone résiduel et ces cendres sont obtenus après combustion complète. Ils constituent un abrasif nuisible pour l'ensemble piston, chemise en particulier. Le gas-oil ne doit pas en contenir plus de 0,05 %.

B. Combustion :

Dans un moteur à essence, rappelons-le, la combustion se déroule ainsi : la chambre de combustion est remplie d'un mélange intime comburant-carburant et l'étincelle provoque une combustion qui se propage selon un front de flamme se déplaçant du centre vers la périphérie.

Dans un Diesel le gas-oil est pulvérisé dans l'air comprimé et chaque gouttelette brûle séparément avec l'air qui l'entoure. Au lieu d'un front de flamme, il y a une multitude de petits foyers d'incendie répartis dans la chambre de combustion.

1°) Processus de la combustion :

a) **Définition :** Il convient de définir au préalable certains termes utilisés.

Délai d'injection :

C'est l'intervalle de temps entre le début de compression du gas-oil et la pulvérisation par l'injecteur, cela dépend de la construction de la pompe, de la dilation des tubulures d'injection, du tarage, des injecteurs, etc C'est un délai constant compensé par l'avance à l'injection.

Délai d'allumage :

C'est l'intervalle de temps qui s'écoule entre le début d'injection et le début d'inflammation.

Durée d'injection :

C'est l'intervalle de temps qui s'écoule entre le début et la fin d'injection.

Durée de combustion :

C'est l'intervalle de temps qui s'écoule entre le début et la fin de combustion.

Délai de combustion :

Chaque particule de gas-oil met un certain temps à brûler.

b) **Phénomène de la combustion :**

Pour schématiser davantage, considérons deux gouttelettes A et B.

« A » entre dans la chambre au début de l'injection.

« B » à la fin de l'injection.

Elles ne brûlent pas de la même manière.

« A » pénètre, est réchauffée par l'air à 600° C en fin de compression, elle se vaporise, elle s'oxyde (transformation par l'oxygène) et se transforme en gaz qui sont des « peroxydes ». Ces « peroxydes » brûlent violemment sous forme d'une détonation. La combustion de « A » élève la température et la pression. De cette façon, lorsqu'elle va entrer dans la chambre, « B » sera réchauffée (plus vite) vaporisée (plus vite) et transformée non pas en peroxyde mais en d'autres corps gazeux (hydrocarbures) qui ont la propriété de brûler plus lentement.

« B » brûlera plus lentement que « A » dès que, par le brassage, « B » sera en contact avec de l'air non utilisé. Donc toutes les gouttelettes qui brûlent comme « A » vont provoquer une détonation et une élévation brusque de température et de pression.

Toutes celles qui brûlent comme « B » donneront une élévation de température et de pression **progressive**.

Il est facile de comprendre que si le délai d'inflammation est très court, très peu de gouttelettes « A » auront eu le temps de pénétrer avant l'élévation de température et de pression, la détonation sera faible. Si le délai d'inflammation est long, il y a beaucoup de gouttelettes « A » qui détonneront ensemble, il y aura élévation brusque et importante de température et de pression et c'est ce qui produit le cognement d'un Diesel et ceci correspond à une combustion à volume constant et non à pression constante, et donc à un fonctionnement incorrect du Diesel.

Par ailleurs, il convient de rappeler que cette combustion se fait avec de l'air. Les gouttelettes « A » trouvent l'oxygène immédiatement, mais les gouttelettes « B » pénètrent dans les gaz de combustion produits par « A » ; il n'y a plus d'oxygène. Le brassage permettra de mettre les gouttelettes « B » en contact avec l'air non utilisé.

2°) Qualité de la combustion : une combustion doit être :

- a) **Immédiate :** c'est à dire commencer dès le début de l'injection.
- b) **Régulière et progressive :** sans montée brutale de pression.
- c) **Complète :** sans résidu et en dégageant toute la chaleur dont le carburant est capable.

3°) Facteurs influant sur les qualités de cette combustion :

a) **Facteurs relatifs au moteur proprement dit :**

La combustion se déroule dans la chambre de combustion et le moteur est construit autour de cette chambre de combustion.

b) **Facteurs relatifs à l'injection :**

C'est à dire les pompes, les injecteurs, le combustible, le réglage de l'injection.

c) **Facteurs secondaires :**

Ils ont tous pour objet de faciliter la combustion en maintenant la température du moteur à un niveau optimum, il s'agit du réchauffage (ou pré-chauffage) du graissage et du refroidissement.

C. Utilisation des effets de la combustion :

1°) Développement de la force de poussée :

La combustion d'un certain volume de gas-oil dans l'air comprimé dans le cylindre, produit un volume de gaz supérieur au volume d'air, cela se traduit par une augmentation de température et de pression.

Ces gaz exercent une poussée sur la tête de piston et chasse ce piston vers le P.M.B.

Que tous les gaz soient produits au début de la course du piston ou progressivement pendant une partie de cette course revient à peu près au même au point de vue résultat final.

Dans le premier cas la poussée aura une action brutale sous forme de choc.

Dans le deuxième cas cette action sera progressive, plus douce.

En reprenant la courbe du cycle réel, on constate qu'au début de la combustion, la montée en pression et en température est brusque, puis elle devient régulière. Ceci correspond au fait qu'au début le piston a une vitesse de déplacement faible et le volume des gaz augmente plus vite que le volume créé par le déplacement du piston. Au contraire, lorsque le piston a pris de la vitesse, le volume des gaz croît de la même manière que le volume créé par le déplacement du piston, la poussée est régulière. Lorsque la combustion est terminée, les gaz continuent à pousser le piston, mais de moins en moins fort en se détendant.

Il faut noter les points suivants :

- a) **Si on injecte** peu de gas-oil, il y aura peu de poussée.
Si on injecte beaucoup, la poussée sera maximum.
- b) **Si le débit de l'injecteur** est fort, la combustion aura lieu plus vite et la poussée des gaz sera plus brutale.
- c) **Si le débit de l'injecteur** est faible, on allonge la durée de combustion et les gaz n'auront pas le temps d'exercer complètement leur action avant l'arrivée au P.M.B. Il y aura une mauvaise utilisation de la détente.

Pour fixer les idées, il faut rappeler qu'en fin de compression la température de l'air est environ 550 à 600° C et sa pression entre 35 et 40 bars, que pendant la combustion la température monte à environ 1.000° C - 1.500° C et la pression monte à environ 45 à 65 bars pour se stabiliser ensuite aux environs de 40 à 50 bars, qu'en fin de détente la température des gaz est encore de 600 à 800° C et la pression de 3 à 5 bars.

2°) Transformations de cette force de poussée :

Le piston est attelé au maneton du vilebrequin par une bielle, c'est cette bielle qui transforme le mouvement linéaire du piston en un mouvement rotatif du vilebrequin.

- a) **Le vilebrequin** est donc soumis à une force qui l'oblige à tourner. Cette force engendre, nous le savons un couple. Il est proportionnel à la force qui agit sur le piston. On l'appelle **le couple actif**. Il s'exprime en m.d.a.N.

- b) **Par ailleurs, le vilebrequin** est soumis à un certain nombre de forces qui freinent sa rotation.

- Résistances dues au cycle :

Le piston n'entraîne le vilebrequin que pendant un demi tour de rotation ; pendant un tour et demi, c'est le vilebrequin qui entraîne le piston, or le piston chasse les gaz de combustion, aspire de l'air et enfin le comprime et ceci représente une résistance que le vilebrequin doit vaincre avec une force qu'il aura emmagasiné.

- **Résistances dues aux frottements** du vilebrequin sur ses paliers, des bielles sur les manetons, des pistons dans les cylindres de tous les organes annexes entraînés par le vilebrequin.

- **Inertie** : Pour que le vilebrequin puisse entraîner tous ces organes pendant les trois temps qui ne sont pas moteurs et pour aussi **régulariser** les impulsions de chaque temps moteur, il est muni d'un volant, disque en fonte dont le poids est important et qui entraînera le vilebrequin par sa force vive, c'est à dire la force qu'il aura emmagasiné, mais il faut créer cette force vive, donc le piston dans le temps moteur aura à vaincre une force d'inertie qui se transformera en force vive.

- **Résistances parasites** : d'autres forces encore freinent la rotation du vilebrequin, ce sont celles engendrées en particulier par les vibrations.

Toutes ces forces s'ajoutent et forment ce qu'on appelle un **couple d'inertie**.

c) **Couple moteur, couple moyen :**

Il est facile de comprendre que le couple utilisable en bout de vilebrequin c'est la différence entre le couple actif et le couple d'inertie. On l'appelle le couple moteur ou couple moyen.

La figure 1 représente une courbe de couple.

Cette courbe donne l'évolution du couple en fonction du régime moteur.

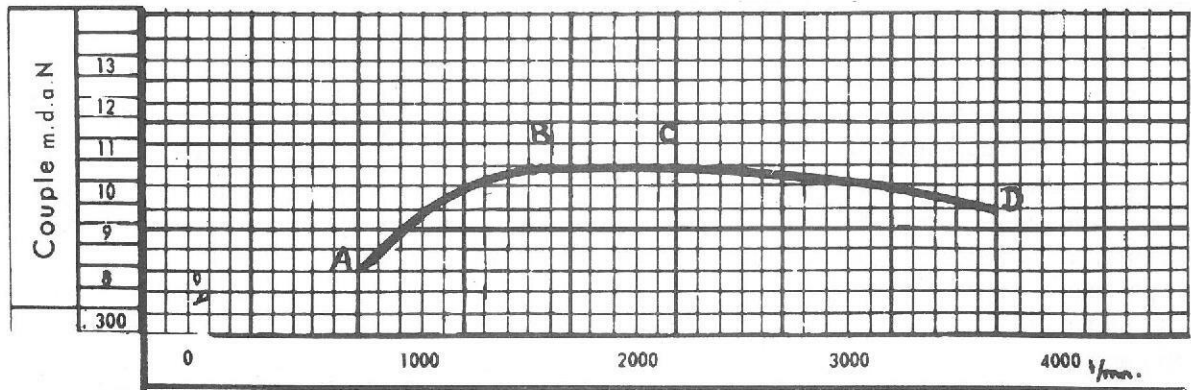


Fig. 1 : Courbe de couple

Le point C représente le couple maximum, il s'obtient pour un nombre de tours/moteur précis. A cette vitesse les conditions de fonctionnement sont les meilleures, le moteur donne le couple maximum.

Entre CD le nombre de tours augmente et le couple diminue, cela correspond au fait que le remplissage se fait moins bien, les frottements, les vibrations augmentent et donc le couple moyen diminue. En D on atteint le régime maximum et le couple a fortement diminué.

En B le couple a une valeur assez proche du maximum c'est une caractéristique du Diesel, sa courbe de couple est plate ceci veut dire qu'il développe un couple important même aux faibles vitesses.

En A le couple disparaît brusquement la vitesse de rotation est trop faible, le couple d'inertie devient plus fort que le couple actif et le moteur cale.

3°) Autres caractéristiques :

- Travail** : Au fur et à mesure que le moteur tourne il fournit un travail qui est proportionnel au couple et à la vitesse de rotation, ce travail s'exprime en kilogramme-mètre.
- Puissance** : La puissance c'est la quantité de travail fourni pendant l'unité de temps. Elle s'exprime en watt ou en cheval vapeur (CV) la figure 2 représente une courbe de puissance, la puissance croît d'une façon régulière jusqu'à un maximum puis décroît ensuite.

Le point C représente la puissance maximale, en effet le nombre de tours/moteur est élevé, le couple n'a pas encore diminué, le produit est maximum ; si on dépasse cette limite, la chute de couple entraîne la chute de puissance.

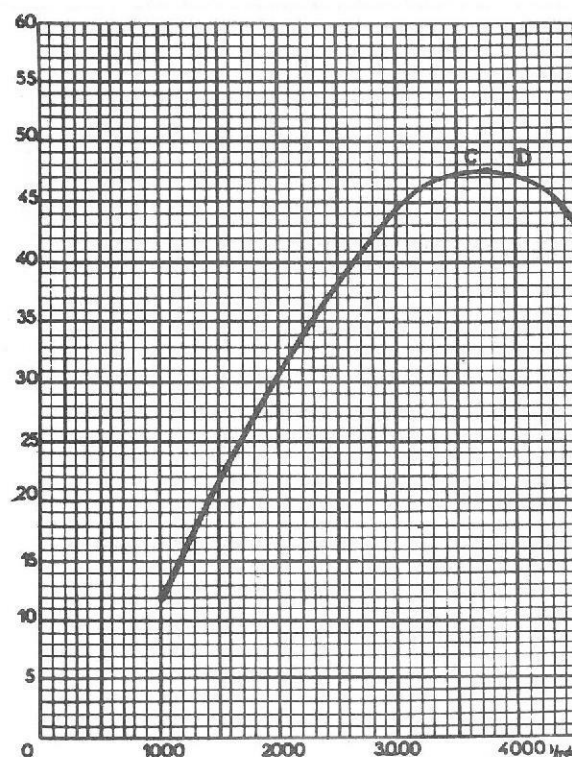


Fig. 2 : Courbe de puissance

c) Rendement :

La combustion produit une énergie qui en déplaçant le piston produit un travail et dans l'unité de temps nous avons une **puissance fournie**. Dans la même unité de temps nous recueillons une **puissance moteur**. Si la puissance fournie et la puissance recueillie étaient les mêmes nous aurions un rendement de 100 % ; or il y a des pertes de puissance, dues aux frottements, à la combustion qui n'est pas parfaitement utilisée, à des pertes de chaleur par rayonnement etc

La puissance recueillie est inférieure à la puissance fournie leur rapport définit le rendement, il est dans un moteur Diesel d'environ 33 à 38 % ce qui représente une valeur supérieure à celle obtenue dans un moteur Beau de Rochas.

d) Consommation spécifique :

C'est la quantité de carburant consommé (en grammes) par cheval heure. Cette consommation est représentée par une courbe (figure 3). Cette consommation assez élevée comparativement à la puissance fournie aux basses vitesses, diminue avec l'augmentation de vitesses, passe par un minimum qui correspond au maximum de couple et augmente au fur et à mesure que la vitesse de rotation s'élève.

Toutes ces courbes sont les caractéristiques du moteur, et un Constructeur s'en sert, rappelons-le, pour améliorer le fonctionnement.

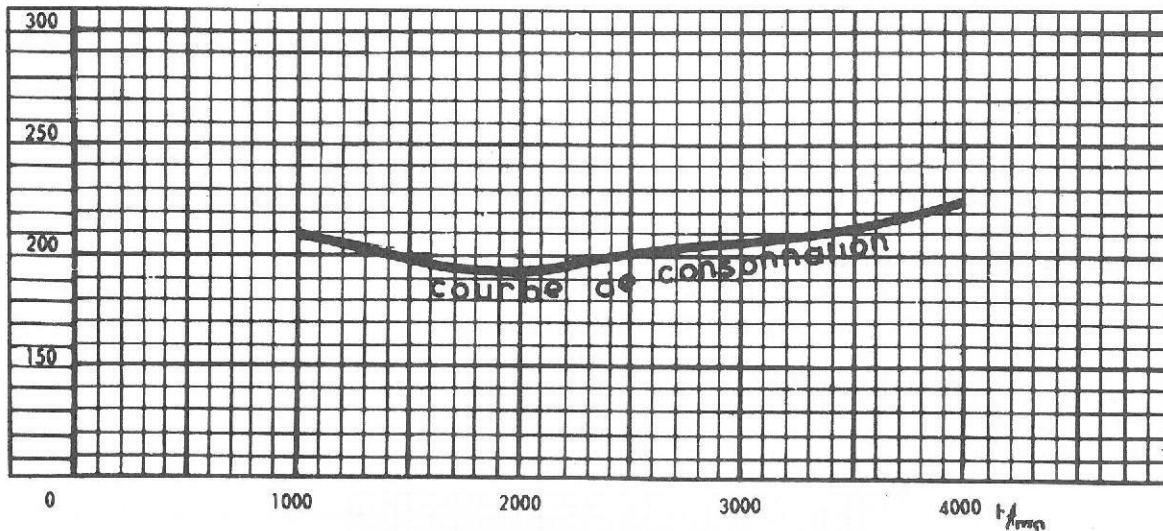


Fig. 3 : Courbe de consommation spécifique

II. ORGANISATION DU MOTEUR EN CONSEQUENCE :

Chaque moteur représente une solution différente de l'ensemble de ces problèmes. Ces solutions sont même très différentes pour plusieurs raisons : Tout d'abord l'utilisation donc les performances exigées sont très variées. Par ailleurs réaliser un moteur suppose un compromis entre des impératifs contradictoires, chaque Constructeur a à répondre à sa manière à ces impératif en faisant un choix.

En se limitant à l'étude des solutions couramment adoptées par l'Usine Citroën il est intéressant de comprendre le choix fait au moment de la conception et de la réalisation d'un moteur pour le respecter dans la réparation.

Les parties fixes et mobiles sont organisées essentiellement pour d'une part permettre la combustion dans les meilleures conditions possibles et d'autre part utiliser les effets de la combustion.

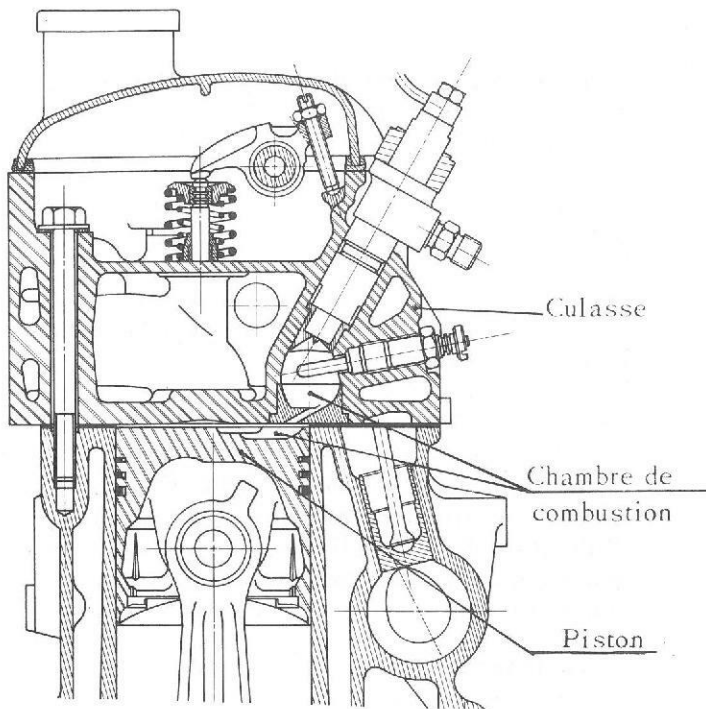


Fig. 4 : Cylindre-piston-culasse

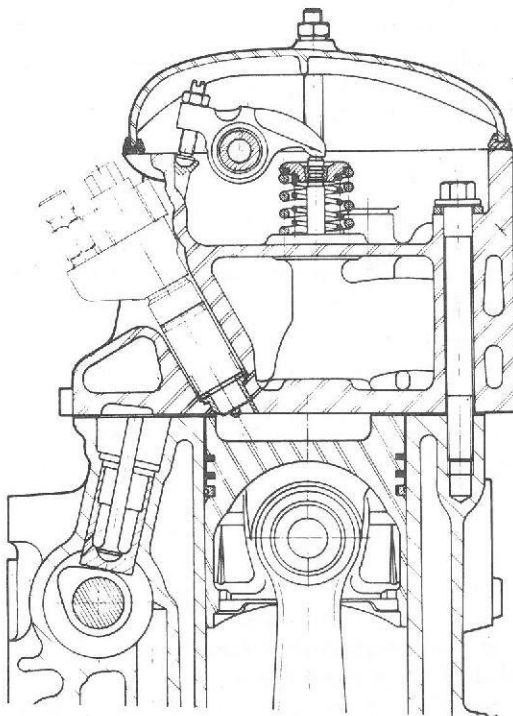


Fig. 5 : Injection directe

A. Organisation du moteur en vue de la combustion:

Il s'agit là de l'ensemble cylindre-piston-culasse (figure 4). L'injection intervient évidemment dans cette combustion mais elle est adaptée au choix fait pour le moteur parmi les diverses solutions.

Cet ensemble cylindre-piston-culasse est défini par un certain nombre de chiffres alésage, course, taux de compression, cylindrée, cet ensemble délimite, lorsque le piston est au P.M.H., un espace appelé espace mort et qui est la chambre de combustion. Le piston au P.M.H. affleure le plan de joint, on peut considérer la chambre de combustion comme faisant partie de la culasse.

1°) Culasse :

a) Matière :

En général, en fonte traitée, quelque fois, dans les moteurs de petite cylindrée, en alliage léger ; en général monobloc et fixée au bloc cylindres par goujons et écrous avec interposition d'un joint de culasse.

b) Elle contient la chambre de combustion :

Il existe de nombreuses formes de chambres.

En étudiant une forme de chambre, un Constructeur cherche à améliorer la combustion ; en assurant un brassage air, combustible, en réduisant le délai d'allumage, en permettant une combustion progressive.

La chambre de combustion permet d'établir une classification des moteurs Diesel.

- Injection directe (figure 5) :

Rapport volumétrique 18 à 20/1

Ce moteur se caractérise par une injection directe de combustible dans la chambre de combustion.

L'injection a lieu dans un milieu relativement calme. Afin que la charge de combustible trouve rapidement l'oxygène nécessaire à sa combustion deux procédés sont utilisés :

- 1) Créer un courant d'air dans la chambre de combustion, soit par une forme spéciale du fond de piston, soit à l'admission par une soupape à déflecteur ou un conduit tangentiel au cylindre.
- 2) Donner à l'injecteur une pression de tarage très élevée afin d'animer les gouttelettes de combustible d'une force de pénétration importante pour assurer leur dispersion dans l'air comprimé.

- Avantages :

Rendement thermique élevé
Consommation spécifique 180 à 200 g/CV/h
Pas de système de préchauffage.

- Inconvénients :

Emploi d'injecteur à trous.
Pression de tarage très élevées 175 à 250 bars
Fonctionnement bruyant.

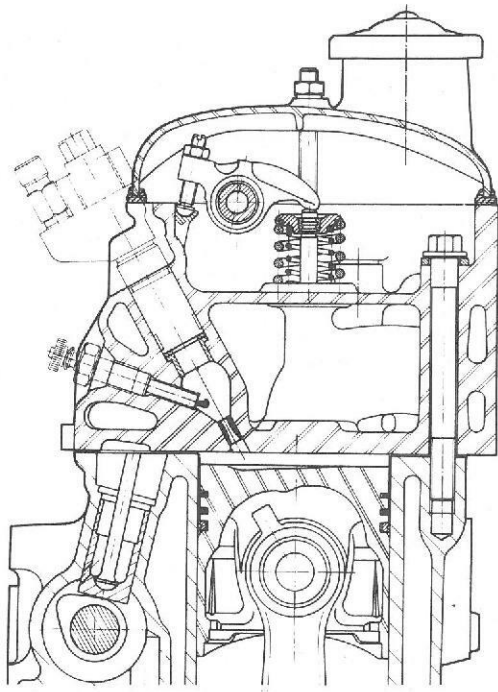


Fig. 6 : Chambre de pré-combustion

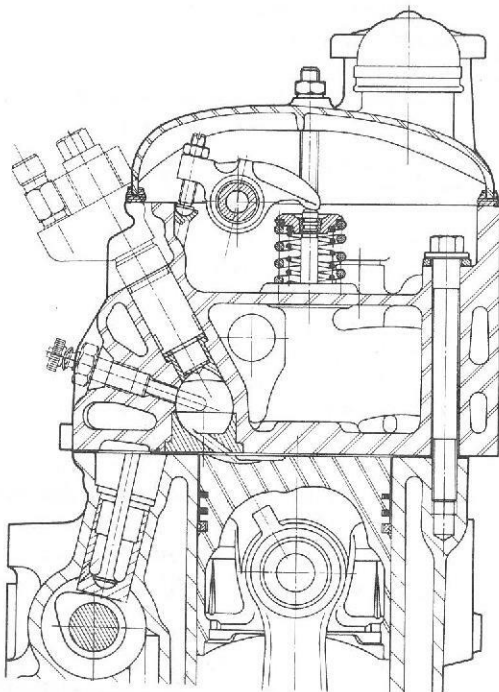


Fig. 7 : Chambre de turbulence

- **Chambre de précombustion (figure 6) :**

Rapport volumétrique 15 à 18/1

Le moteur à chambre de précombustion ne doit pas être confondu avec le moteur à chambre de turbulence avec lequel il présente certaine analogie.

En effet, dans les deux cas, la chambre de combustion est partagée en deux parties, une dans la culasse où est injecté le combustible, l'autre dans le cylindre.

La chambre de précombustion représente environ 1/3 du volume total en fin de compression. Elle communique avec le cylindre par un petit orifice formant tuyère. On cherche par cet artifice à produire la pression d'injection dans le cylindre par la combustion quasi instantanée d'une petite partie de la charge injectée dans l'axe de cette préchambre.

- **Avantages :**

Faible pression d'injection 100 à 150 bars.

Fonctionnement souple et silencieux.

Faible rapport volumétrique 15 à 18/1.

- **Inconvénients :**

Nécessité d'un système de préchauffage.

Consommation spécifique élevée : 220 à 240 g/CV/h.

- **Chambre de turbulence (figure 7) :**

Rapport volumétrique 18 à 22/1

L'injecteur débite dans une chambre sensiblement sphérique logée dans la culasse et dont le volume représente environ 3/4 du volume total en fin de compression.

Un conduit tangentiel à la chambre communique avec le cylindre.

Pendant la compression, l'air est refoulé vers la chambre de turbulence où il se produit un tourbillonnement intense au fur et à mesure que le piston approche le point mort haut.

Le combustible est injecté.

La combustion commence, la pression dans la chambre augmente, l'air, les gaz brûlés et le combustible non consommé sont chassés vers le cylindre et arrivent sur une empreinte en forme de trèfle creusée sur le piston.

Cette dernière a pour but de créer une double turbulence dans le cylindre.

- **Avantages :**

Faible pression d'injection 100 à 130 bars.

Brassage du combustible très efficace.

Possibilité de régime élevé.

Consommation spécifique 200 à 220 g/CV/h.

- **Inconvénients :**

Nécessité d'un système de préchauffage.

Rapport volumétrique élevé.

c) **La culasse contient ou porte un certain nombre d'organes annexes :**

- **La soupaperie** comprend les soupapes, leurs sièges, leurs culbuteurs, ces derniers sont montés sur un ou deux axes.

- Les conduits d'admission et d'échappement.
- Les cavités où circule l'eau de refroidissement.

d) Donc la culasse doit :

- être robuste, pour résister aux pressions ; cela s'obtient soit par augmentation de matière et donc de poids, soit par utilisation d'alliage léger, mais dans ce cas le prix est plus élevé et les précautions à prendre sont plus importantes en raison des déformations possibles.
- être étanche : d'où le soin tout particulier apporté au positionnement de chambre, à la fixation des injecteurs et des bougies de réchauffage, à l'étanchéité de la soupaperie (soupapes, sièges de soupapes, guides soupapes).
- être étudiée pour permettre un écoulement correct de l'air et des gaz brûlés.
- être étudiée pour permettre l'évacuation correcte de l'excédent de calories nuisibles à la conservation des organes (conduits du système de refroidissement).

2°) Le bloc cylindres (figure 8) :

Généralement en fonte avec chemises rapportées soit humides, soit sèches.

Ces chemises sont parfois placées en contrainte, parfois libres, suivant le choix fait par le Constructeur. Elles sont amovibles et très souvent le Constructeur conseille l'échange plutôt que le réalésage. Le bloc sert, par ailleurs, de support à de nombreux organes annexes (distribution, vilebrequin etc).

Les pressions, les températures et les forces appliquées à l'attelage mobile, imposent une grande robustesse à ce bloc cylindres, cela s'obtient soit par une augmentation de matière, soit par des profils de nervures, de renforts, très étudiés, un refroidissement et un graissage bien adaptés.

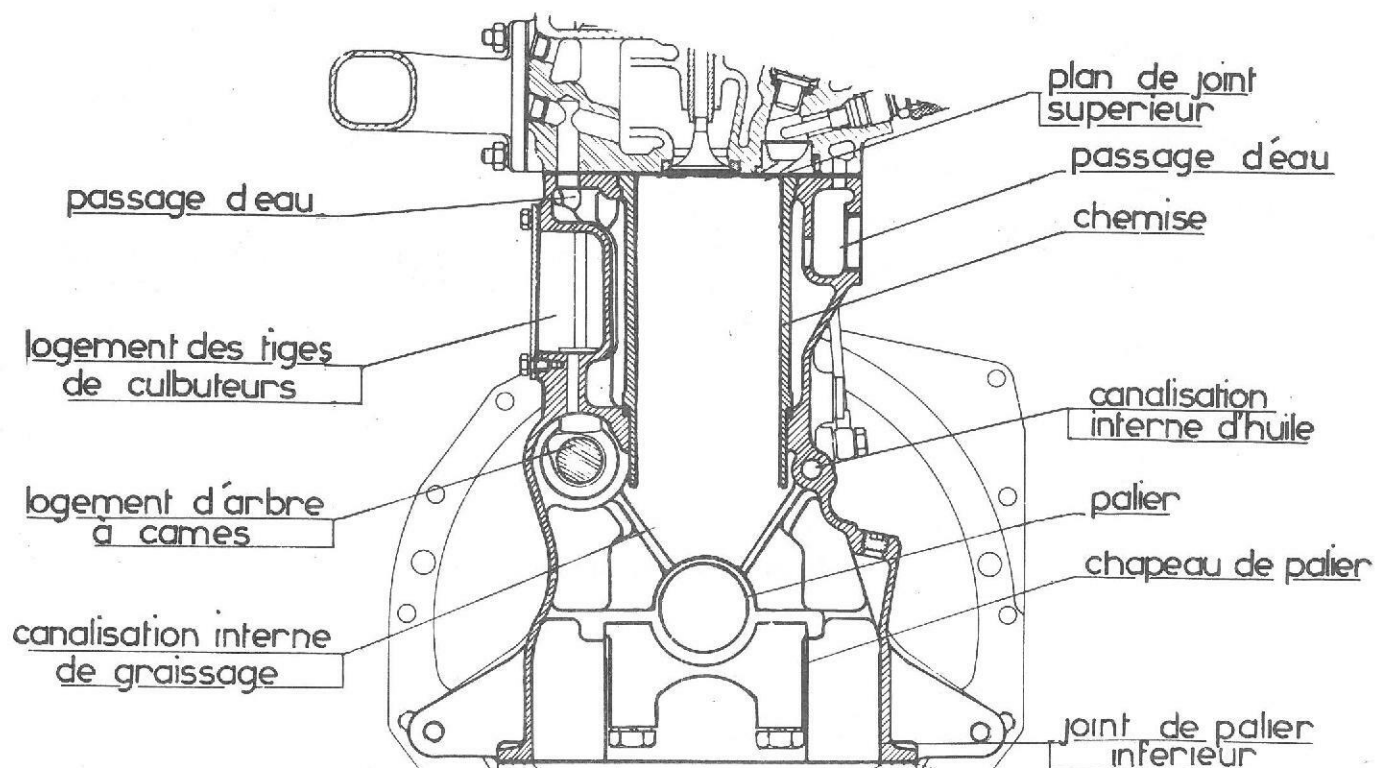


Fig. 8 : Coupe du bloc

3°) Le piston (figure 9) :

En général en alliage léger.

La tête est soit plane, soit creusée d'alvéoles de turbulence, soit creusé d'une chambre réserve d'air, Il porte au minimum quatre segments souvent cinq (un segment de feu, deux segments d'étanchéité et deux segments racleurs). Il est attelé à la bielle par un axe placé dans deux bossages de la jupe.

Souvent le Constructeur prévoit plusieurs classes de pistons pour une adaptation aussi parfaite que possible des pistons entre eux et des pistons avec les chemises.

Le piston pose de nombreux problèmes que l'on peut classer en trois catégories principales.

a) L'étanchéité :

Le diamètre du piston à chaud et à froid doit être sensiblement le même : il se pose donc un problème de dilatation des métaux et de maintien à température convenable (par graissage et diffusion de la chaleur par contact). Par ailleurs le choix de la forme des segments, de leur positionnement, de leur débattement dans les gorges, leur usure aussi, interviennent dans cette étanchéité.

b) La robustesse et la légèreté :

Les pressions et les températures en jeu exigent une grande robustesse, par ailleurs il faut que ce piston soit le plus léger possible pour diminuer les effets des forces d'inertie qui viennent freiner la rotation du vilebrequin lorsque le piston arrive au P.M.H. ou au P.M.B.

Cela se traduit par l'emploi d'alliage léger, par l'étayage du fond de piston (voute, nervures, bossages étudiés).

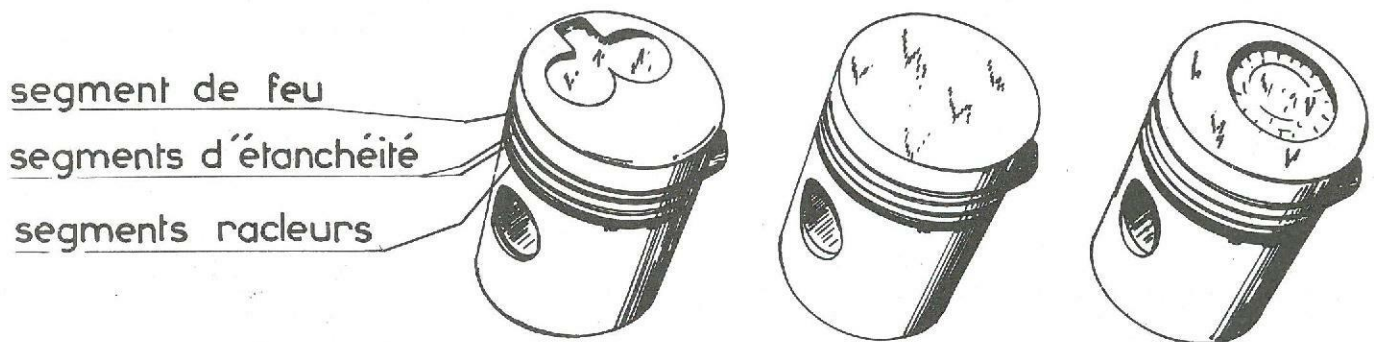


Fig. 9 : Différentes formes de tête de piston

B. Organisation du moteur en vue de l'utilisation de la combustion :

Il s'agit là de l'ensemble bielles-vilebrequin.

Le Constructeur a eu à faire face à des problèmes de solidité d'une part et d'autre part d'équilibrage et d'ajustage.

1°) Bielle (figure 10) :

En acier spécial forgé ou matricé de profil en I ou en H, le pied reçoit l'axe de piston avec une bague en alliage de bronze, plomb etc

La tête est en deux parties liées par boulons. Le chapeau de bielle est apparié et orienté par rapport à la bielle, entre bielle et vilebrequin sont placés des coussinets en alliage (en général bronze ou plomb).

La solidité se traduit par un profil étudié de larges dimensions compatibles avec un poids raisonnable.

L'équilibrage se traduit par une orientation correcte du chapeau de bielle par rapport à la bielle et de la bielle par rapport au moteur, il se traduit également par des tolérances de poids étroites entre bielles.

L'ajustage se traduit par l'emploi de coussinets aux cotes précises qu'il est impossible de retoucher et par un alésage précis de la bague de pied de bielle.

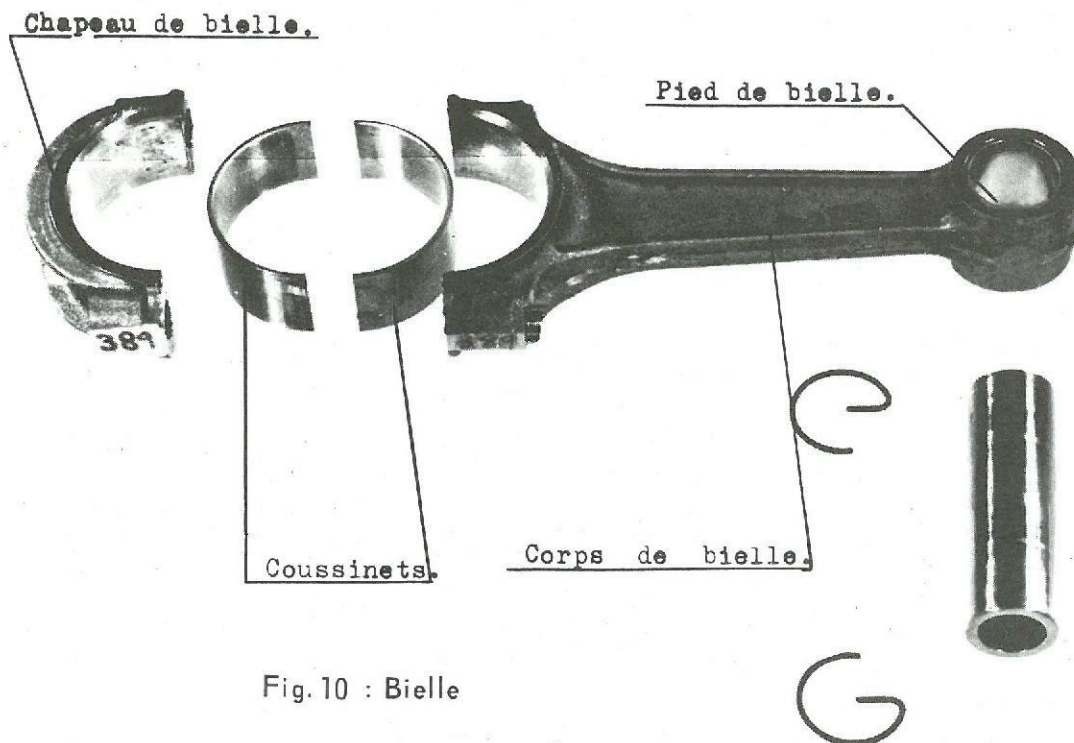


Fig. 10 : Bielle

2°) Vilebrequin (figure 11) :

En général en acier spécial forgé porté pour un quatre cylindres par cinq paliers et pour un six cylindres par sept paliers pour diminuer les effets de torsion ou de flexion dûs aux pressions élevées et aux forces d'inertie. Ces paliers sont équipés de coussinets en alliage cupro-plomb. Le vilebrequin est équilibré statiquement et dynamiquement en usine, il est rarement équilibré par masses rapportées.

Un volant en fonte régularise sa rotation et il est parfois muni d'un damper pour absorber les vibrations. La solidité se traduit par des dimensions importantes, sa rectification n'est pas toujours autorisée par le Constructeur. Si elle l'est, les cotes de rectifications sont très précises et on prévoit l'emploi de coussinets, cote réparation. Le rayon des portées doit être respecté pour éviter une rupture.

L'équilibrage est réalisé en usine pour être aussi parfait que possible.

L'ajustage a une grande importance : en particulier la reprise de la ligne d'arbre n'est que très rarement tolérée par le Constructeur. Le serrage des écrous au couple est impératif.

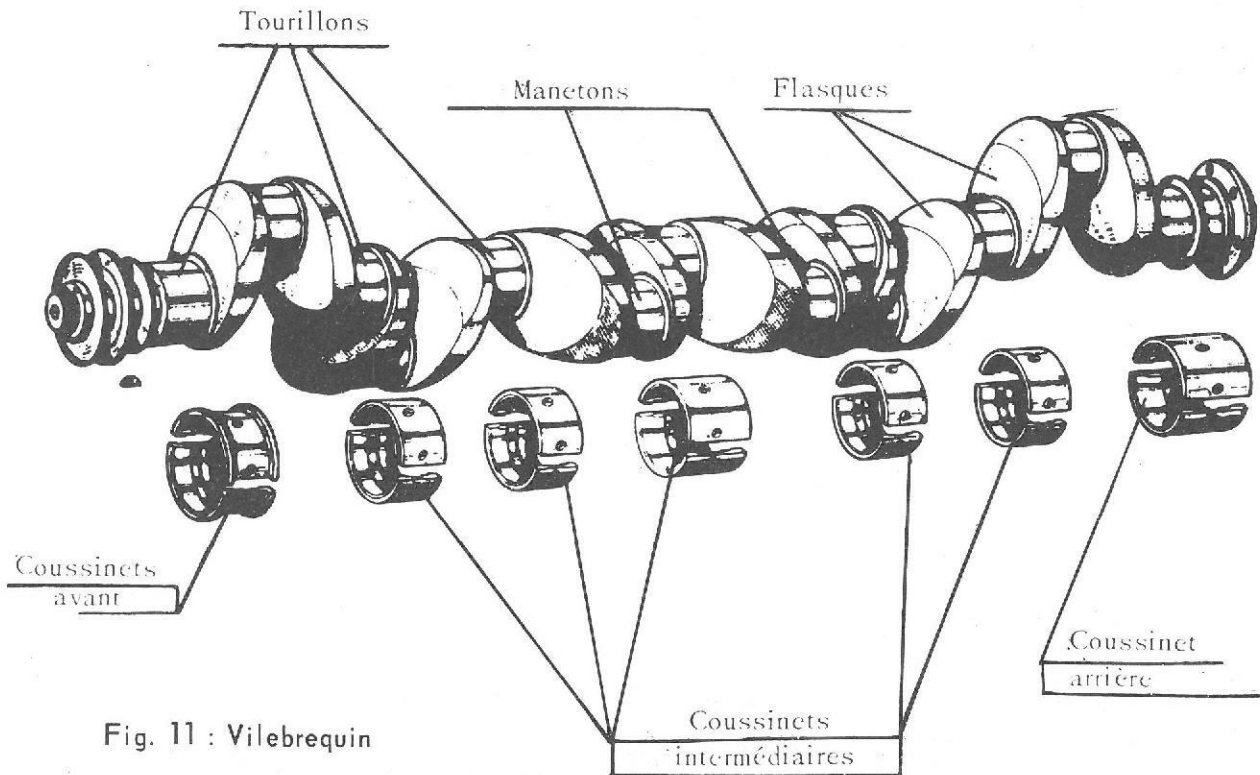


Fig. 11 : Vilebrequin

C. Organisation du moteur, parties annexes :

Il s'agit là de l'ensemble distribution, de l'alimentation et de l'injection, du graissage, du refroidissement et du réchauffage, toutes les autres parties annexes ont un rôle à jouer pour faciliter la combustion, toutes sauf la distribution font l'objet d'un chapitre particulier.

La distribution a pour rôle de provoquer en temps utile la commande des organes du moteur.

Elle comprend un arbre à cames, une culbuterie (figure 12) (poussoirs, tiges culbuteurs, soupapes), une pignonnerie de commande (figure 13). L'ensemble de cette distribution se caractérise par la solidité et la précision pour prévenir toute cause de déformation ou d'usure qui modifierait les conditions de fonctionnement du moteur.

1°) L'arbre à cames (figure 14) est en acier ou en fonte traitée, le profil des cames, l'état de surface des cames et des portées etc sont usinés avec précision.

2°) La pignonnerie :

En général en fonte traitée, parfois en acier, nécessite des réglages de latéral et un calage précis et pré-déterminé pour éviter toute cause d'erreur.

3°) La culbuterie :

Les soupapes sont traitées pour éviter toute détérioration nuisible au fonctionnement du moteur (elles sont en général stellitées).

- Culbuteur
- Axe de culbuteur
- Ressort
- Guide de soupape
- Soupape
- Tige de culbuteur
- Poussoir
- Arbre à cames

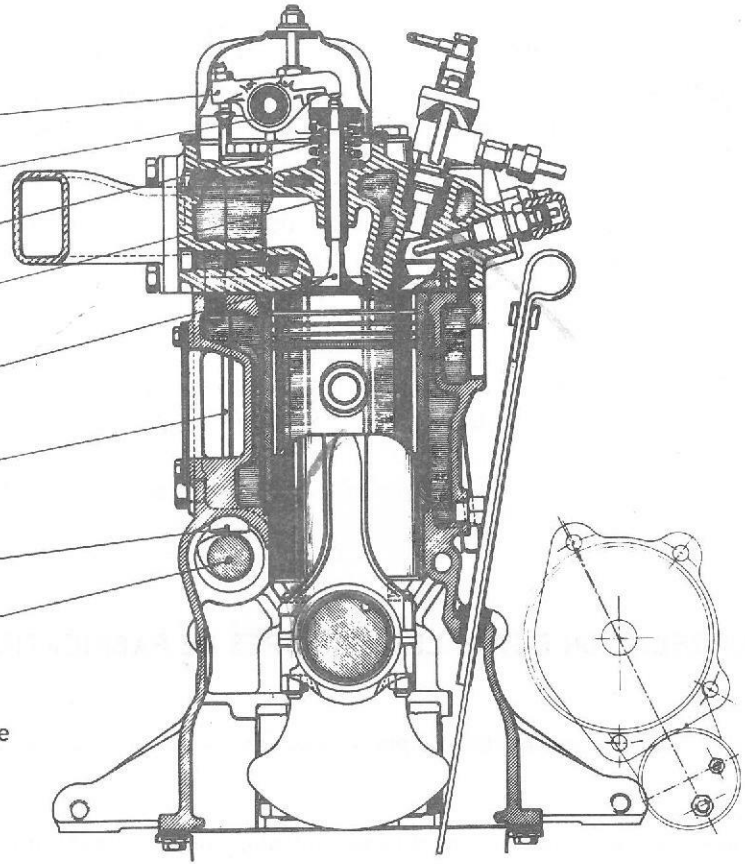


Fig. 12 : Culbuterie

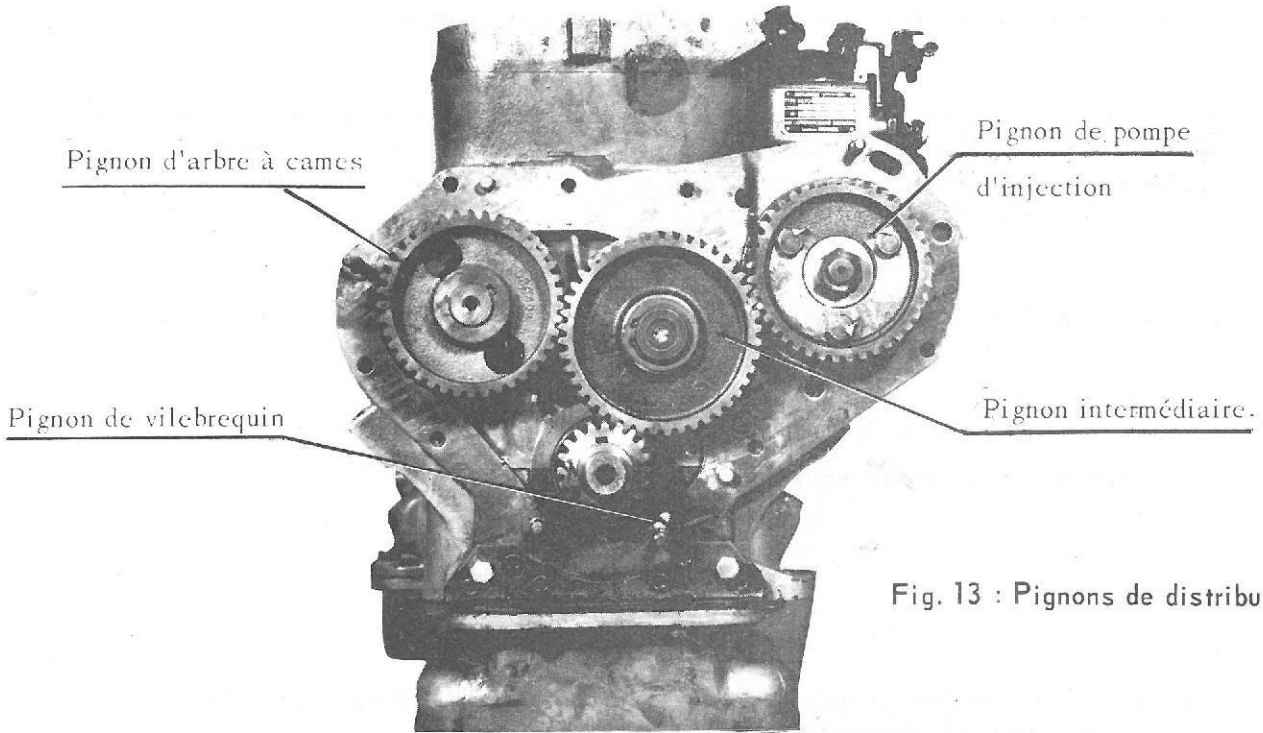


Fig. 13 : Pignons de distribution

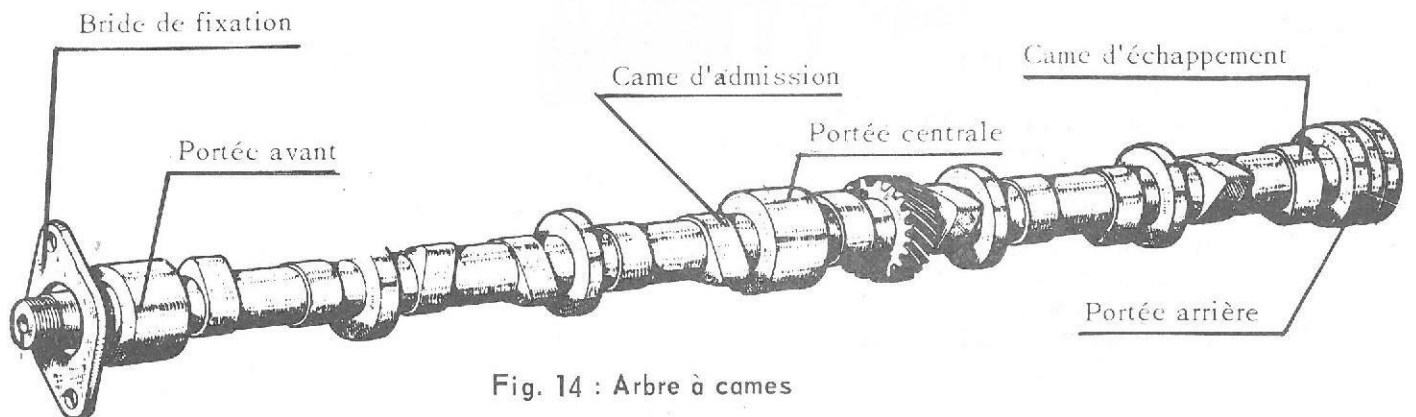


Fig. 14 : Arbre à cames

En résumé compte tenu des performances exigées d'un type de moteur (vitesse de rotation, courbe de couple, courbe de puissance, consommation spécifique),

Compte tenu d'un choix fait pour adapter la combustion à ces exigences, un Constructeur doit allier : robustesse, légèreté, traitements spéciaux et finition des états de surface, précision dans l'usinage et tolérances étroites dans les jeux.

Il importe donc en réparation de suivre exactement les conseils donnés par le Constructeur pour que ce moteur reste dans des conditions de fonctionnement aussi semblables que possible à celles prévues en neuf.

III. CORRELATION ENTRE LES PRINCIPES DE FABRICATION ET DE REPARATION.

Cette corrélation se traduit par les conseils du Constructeur.

D'une part pour les opérations périodiques de vérification d'entretien et de réglage.

D'autre part pour les opérations occasionnelles de réparation et de remise en état.

Ces conseils découlent du choix fait pour la fabrication (exemple : pour obtenir un rapport volumétrique correspondant au taux de compression choisi, le Constructeur détermine un dépassement ou un retrait du piston par rapport au plan de joint du bloc au P.M.H. En réparation, si on change ce piston, il faut retoucher la tête pour retrouver la même cote).

Ces conseils ont deux objets : permettre le développement de la combustion, en assurer l'utilisation dans des conditions normales.

A. Pour que la combustion se déroule normalement :

En ce qui concerne les parties fixes et mobiles (l'injection, le refroidissement, le graissage étant supposés normaux).

Il faut que la compression soit normale : le réparateur doit surveiller trois points principaux : l'étanchéité, le remplissage, le rapport volumétrique.

1°) L'étanchéité (figure 15) :

a) Entre culasse (figure 15) :

Cette étanchéité dépend :

- De l'état du joint
- Du plan de joint de culasse
- Du plan de joint de bloc
- Du dépassement ou retrait des chemises
- Du serrage au couple et dans l'ordre prévus des goujons ou des vis de culasse.

- b) **Entre chemise et piston cette étanchéité dépend de l'état du piston, de la segmentation** (orientation des chanfreins, disposition des segments, tension, liberté dans les gorges, jeu à la coupe).

De l'état de la chemise :
(ovalisation état de surface).

c) **Culasse :**

Cette étanchéité dépend :

- **De l'état du joint** et du serrage de la chambre de combustion si elle est rapportée.
- **De l'état du joint** et du serrage du porte-injecteur.
- **De l'état du joint** et du serrage de la bougie de réchauffage, le cas échéant.
- **De la tension des ressorts de soupapes.**
- **De l'étanchéité des soupapes.**
- Angles, portées, état de surface de la soupape et du siège.
- Guidage de la soupape.
- Réglage des culbuteurs, un jeu insuffisant se traduirait par une fermeture incomplète des soupapes.

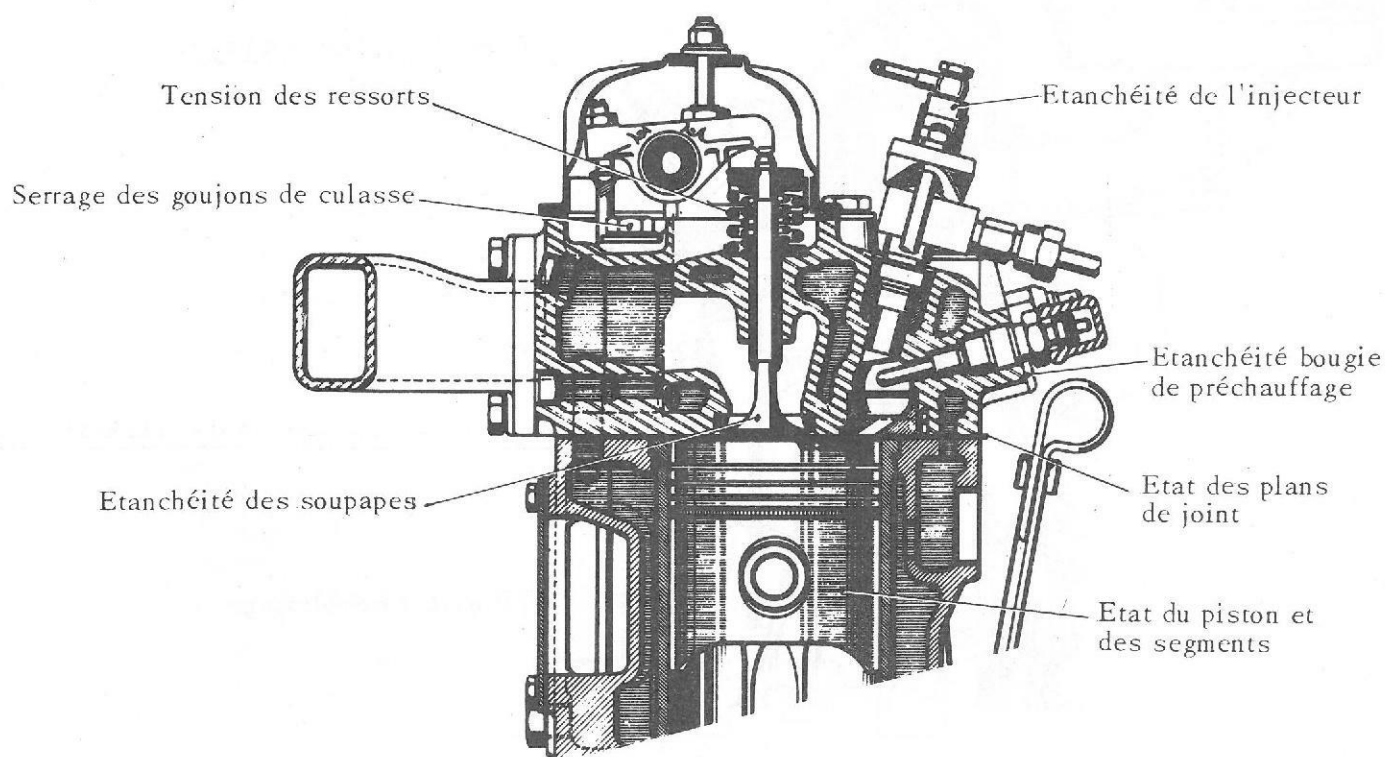


Fig. 15 : Etanchéité de l'ensemble cylindre-piston-culasse

2°) Le remplissage (figure 16) : le volume d'air doit être suffisant, il faut donc surveiller :

- a) **L'état du filtre à air :**
Qui ne doit pas être colmaté.
- b) **L'obstruction éventuelle** d'une tubulure d'admission.
- c) **Le réglage des culbuteurs :** un jeu excessif du culbuteur peut ne pas provoquer une levée suffisante de la soupape.
- d) **La cote du guide soupape** qui, mal positionné, peut gêner le débattement de la soupape.
- e) **Du réglage et du calage** de la distribution et de l'état de la pignonerie et de l'arbre à cames (usure vrillage etc).

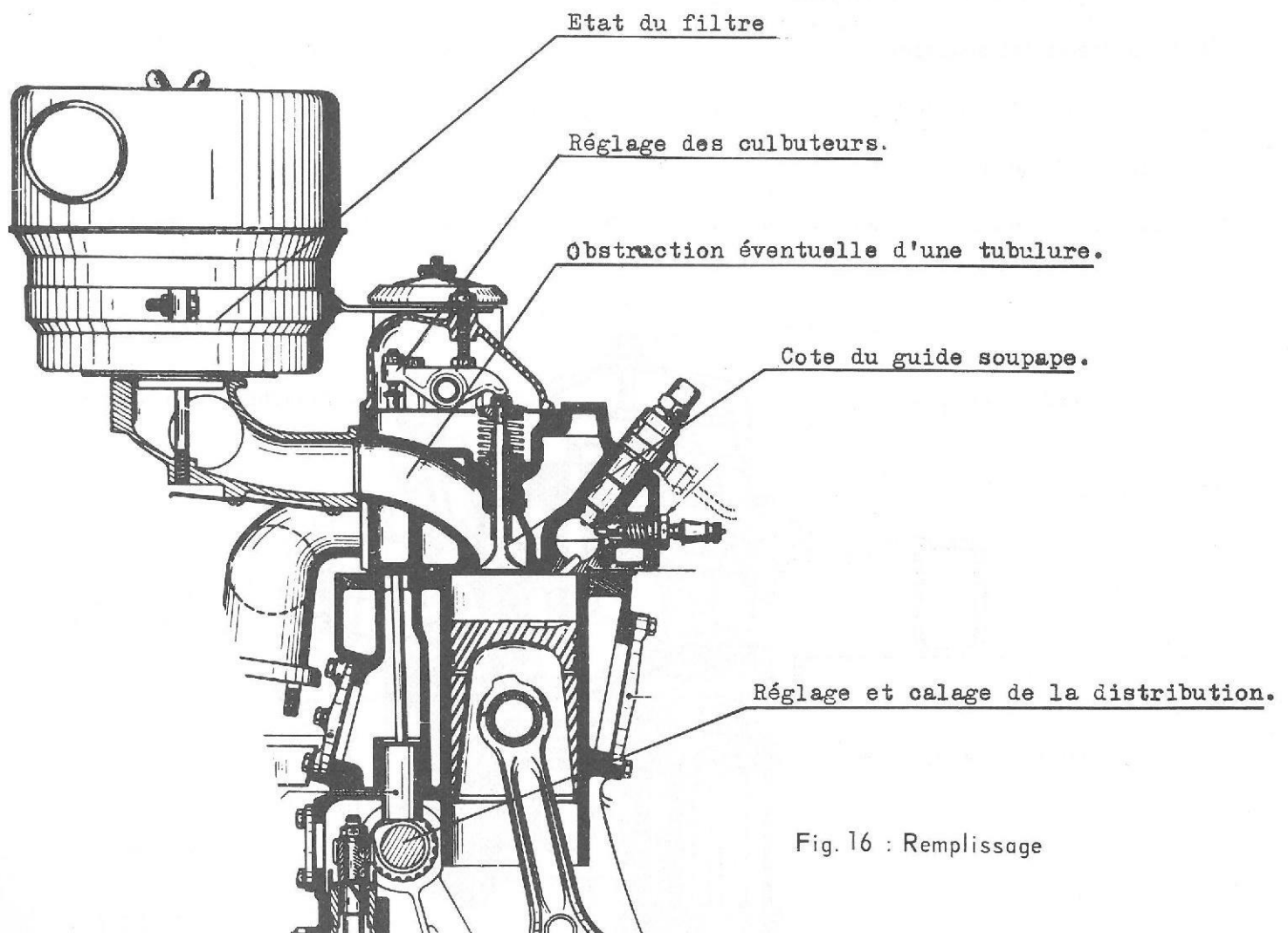


Fig. 16 : Remplissage

3°) Le rapport volumétrique correct dépend : (figure 17)

- a) De la hauteur de piston en P.M.H.
- b) Du retrait ou du dépassement prévu pour les sièges de soupape.
- c) De positionnement éventuel d'une chambre de turbulence ou de combustion.

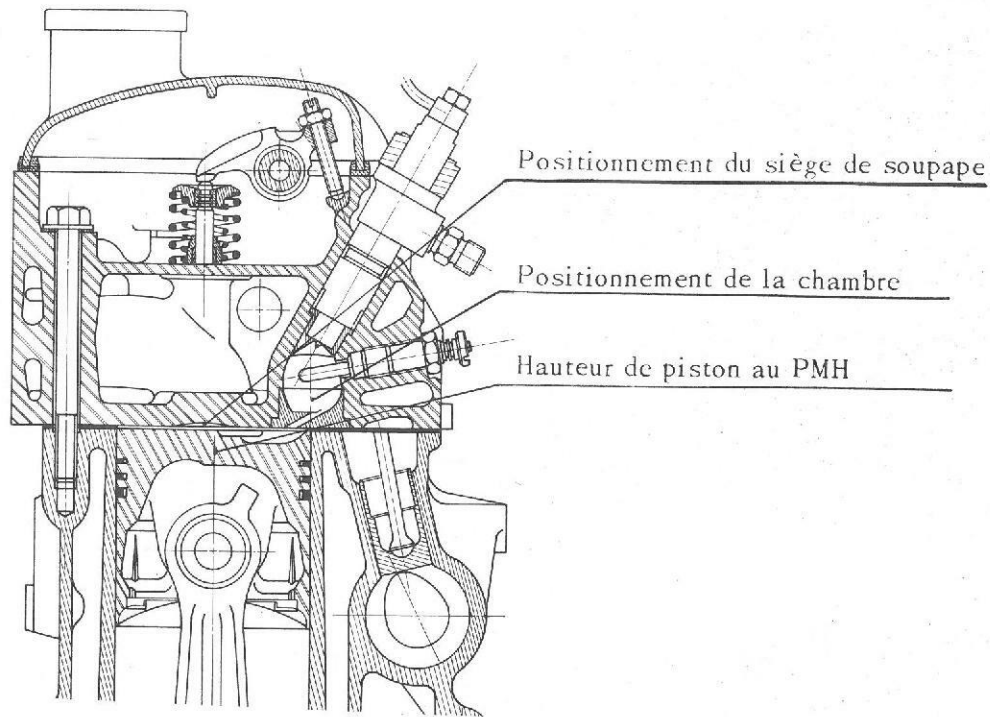


Fig. 17 : Rapport volumétrique

B. Pour que les effets de cette combustion soient utilisés normalement, il faut maintenir l'équilibrage des pièces en mouvement, leur ajustage entre elles et l'ajustage des pièces en mouvement par rapport aux parties fixes.

1°) Equilibrage des pièces en mouvement (figure 18) :

Cela dépend :

- a) Des tolérances de poids des pistons entre eux.
- b) Des tolérances de poids des bielles entre elles.
- c) De l'équerrage et du vrillage éventuel des bielles.
- d) De l'équilibrage statique et dynamique du vilebrequin

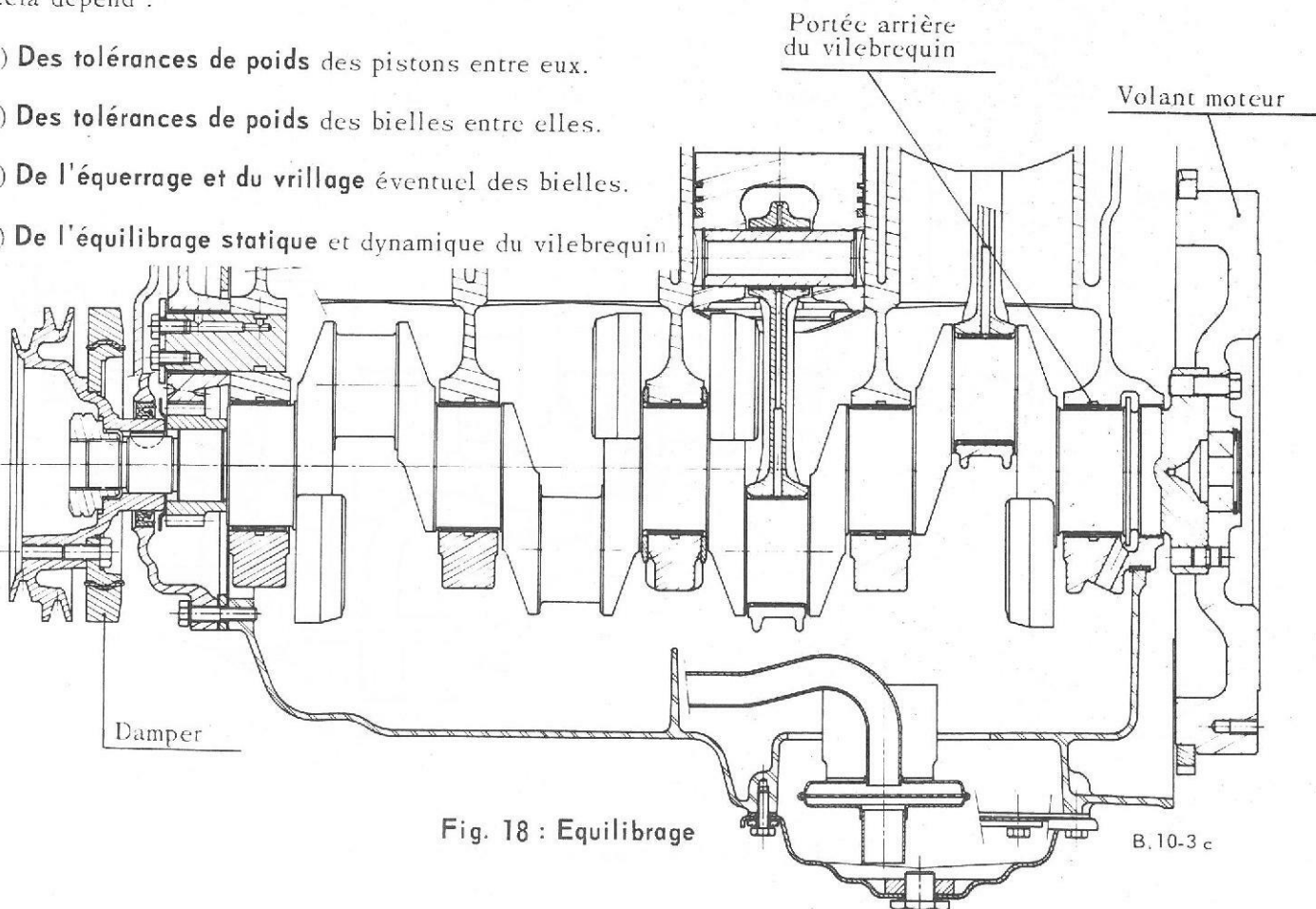


Fig. 18 : Equilibrage

B.10-3 c

2°) Ajustage des pièces en mouvement entre elles :

Cela dépend : (figure 19)

- a) Des jeux entre axes de piston, pied de bielle et piston.
- b) Des jeux entre bielle et vilebrequin.
- c) Du serrage au couple, des vis de bielles, des vis de volant, de d'ampèr éventuellement.

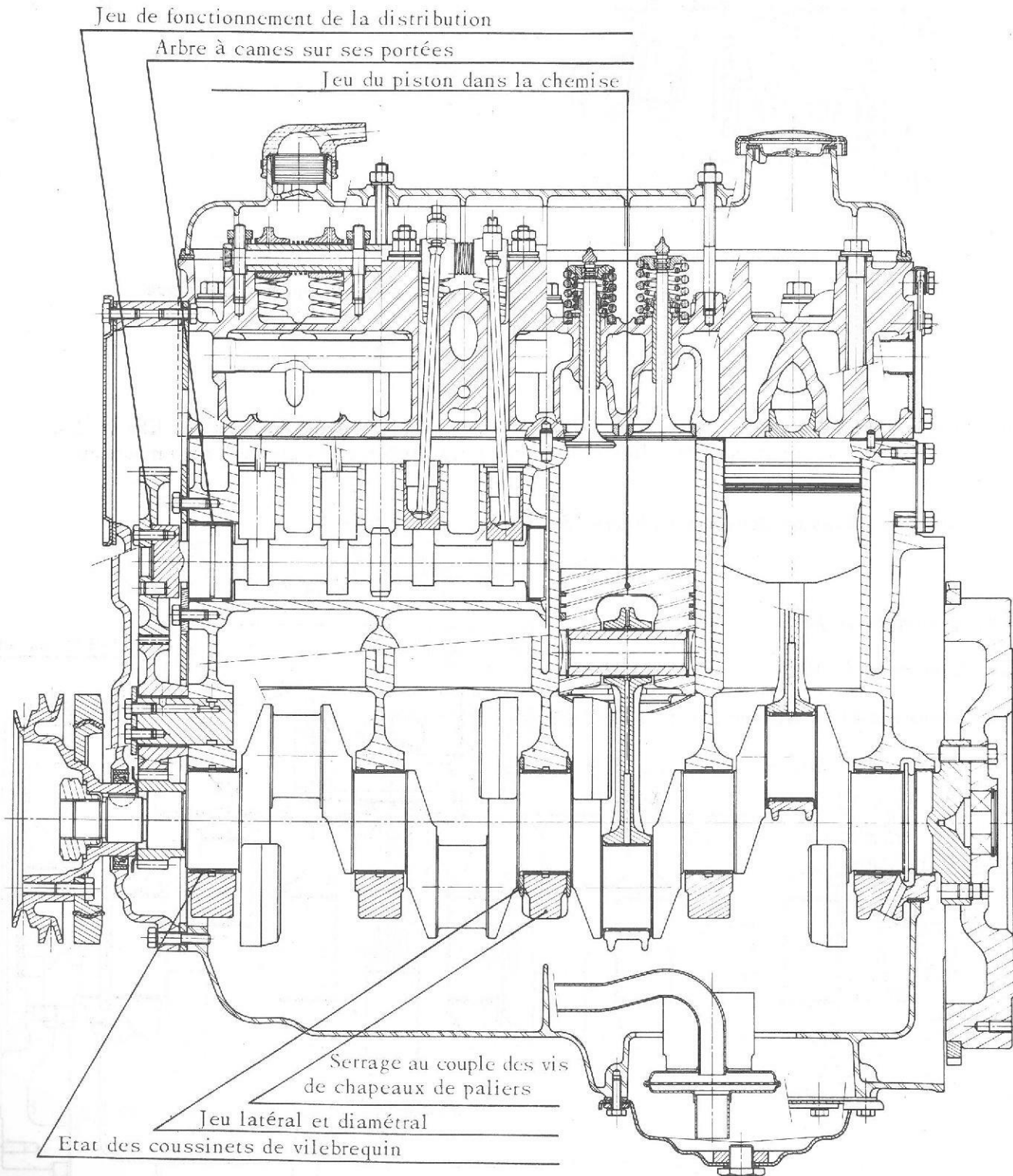


Fig. 19 : Ajustage des pièces en mouvement

3°) Ajustage des pièces en mouvement : (figure 20)

Par rapport aux parties fixes. Cela concerne :

a) Le vilebrequin sur sa ligne d'arbre :

- Etat des coussinets.
- Jeux latéral et diamétral.
- Etat de la ligne d'arbre.
- Serrage au couple prévu des chapeaux de paliers.

b) Le piston dans sa chemise :

Ceci est surtout intéressant lorsque le Constructeur a prévu plusieurs classes de chemises et pistons qui doivent être appariés tant au démontage qu'à l'échange.

c) La distribution dans son ensemble par rapport au carter, jeux latéraux et diamétraux des pignons sur leurs axes, arbre à cames sur ses portées etc

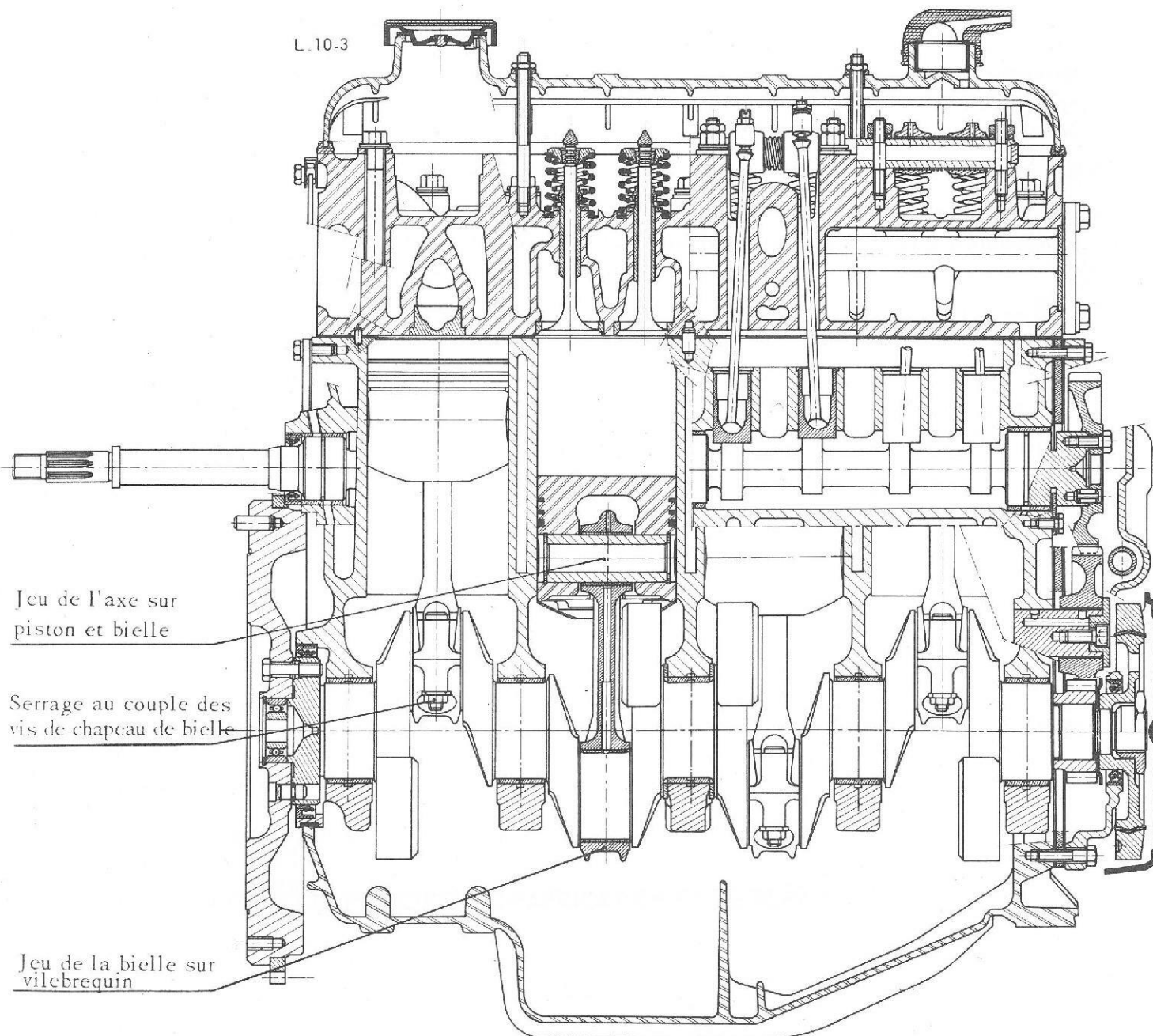


Fig. 20 : Ajustage des pièces en mouvement

C. Par ailleurs le **Constructeur** conseille ou déconseille certaines opérations, soit de réglage, soit de réparation ou de remise en état et ceci dépend de la conception même du moteur.

Par exemple, certaines autorisent l'échange de sièges de soupapes, d'autres ne l'ont pas prévu, certaines autorisent la rectification du vilebrequin, d'autres la déconseillent.

Ces indications sont naturellement à suivre scrupuleusement.

*
* *

Maintenir en état un moteur Diesel exige autant que possible une connaissance exacte de son fonctionnement **particulier** et une **observance stricte** des prescriptions du Constructeur, car ses conseils découlent de la conception même de ce moteur.

C'est important pour les parties fixes et mobiles, mais ce l'est autant pour l'alimentation, le réchauffage, le refroidissement et la graissage qui ont une incidence importante sur le déroulement de la combustion.

SOMMAIRE

I. ETUDE THEORIQUE DE L'ALIMENTATION ET DE L'INJECTION	Page 36
A. DEROULEMENT SOMMAIRE DU PHENOMENE	
1) Alimentation en air	
2) Alimentation en gas-oil	
3) Injection	
B. FACTEURS DETERMINANT CETTE INJECTION.	
1) Dosage et répartition	
2) Pression d'injection	Page 37
3) Pulvérisation	
4) Le gas-oil doit être sans air et sans impureté	Page 38
II. REALISATIONS PRATIQUES DU SYSTEME D'INJECTION ET D'ALIMENTATION	Page 38
A. INJECTEUR.	
1) Principe de fonctionnement	
2) Emplacement, fixation, nombre	Page 39
B. POMPE D'INJECTION.	Page 40
1) Classement	
2) Element essentiel :	
a) Element de pompage par injecteur	Page 41
b) Elément de pompage unique	
3) Commande d'accélérateur	Page 41
a) Manuelle	
b) Automatique	
4) Avance	Page 42
5) Commande de pompe	Page 43
6) Fixation	
7) Graissage	
C. POMPE D'ALIMENTATION.	Page 43
D. FILTRE.	
E. LES TUBULURES.	
1) Tubulures d'alimentation	
2) Tubulures d'injecteurs	
3) Les raccords	
F. PIPE D'ADMISSION.	
G. SYSTEME D'ECHAPPEMENT.	
III. CORRELATION ENTRE LES PRINCIPES DE FABRICATION ET DE REPARATION	Page 44
A. LE SYSTEME D'INJECTION.	
B. CONSEILS DU CONSTRUCTEUR SUR LES REGLAGES.	
1) Injecteur	
2) Pompe d'injection	

ALIMENTATION ET INJECTION

Dans le chapitre combustion, parties fixes et mobiles, le phénomène de la combustion a été étudié à partir du moment où le gas-oil est injecté dans l'air comprimé en fin du temps compression.

Il convient maintenant de définir comment le moteur Diesel est alimenté en air et en gas-oil et comment le gas-oil est injecté dans la chambre de combustion.

Après cette étude théorique sommaire et l'énoncé des principes de réalisation, il sera nécessaire d'établir une corrélation entre les principes qui ont servi de base à la conception et à la fabrication d'un tel système et ceux, qui doivent guider la Réparation.

I. ETUDE THEORIQUE DE L'ALIMENTATION ET DE L'INJECTION.

A. Déroulement sommaire du phénomène :

1°) Alimentation en air :

De l'air pur (débarassé des poussières de l'atmosphère) est aspiré par le piston au temps admission en quantité pratiquement constante.

2°) Alimentation au gas-oil :

Du gas-oil aspiré dans un réservoir par une pompe d'alimentation est fourni en quantité suffisante au système d'injection après épuration par filtre.

3°) Injection :

Une quantité déterminée de gas-oil est dosée et mise sous pression d'injection par une pompe d'injection. Cette pompe est reliée à un injecteur par une tubulure, le gas-oil pénètre dans l'injecteur, comprime le ressort de fermeture, ce qui permet à l'aiguille de l'injecteur d'ouvrir les trous d'injection et le gas-oil est pulvérisé en fines gouttelettes qui pénètrent dans la chambre de combustion.

B. Facteurs déterminant cette injection :

Il convient tout d'abord de souligner la dépendance étroite qui existe entre l'injection et la combustion en particulier la forme de la chambre, la pression de compression, le degrés de turbulence, la vitesse de rotation, déterminent le choix du système d'injection.

Il faut rappeler également qu'une combustion doit être immédiate, régulière, progressive et complète, et bien entendu la quantité de combustible à brûler est proportionnelle à la puissance attendue du moteur.

Il faut donc que le gas-oil soit dosé, soumis à une pression déterminée, pulvérisé dans des conditions précises (finesse, vitesse, pénétration, forme du jet, répartition, durée d'injection, moment du début d'injection par rapport au cycle).

1°) Dosage et répartition :

Pour fixer les idées, un moteur quatre temps, quatre cylindres développant 40 CV à 3.500t/mn, consomme 10 litres à l'heure. Ceci revient à dire que la quantité injectée à chaque injection est de 0,024 centilitre. Cette quantité est très petite, elle varie par ailleurs en fonction, d'une part de la vitesse de rotation désirée pour une charge déterminée constante et d'autre part de la charge imposée au moteur, pour une vitesse, qui doit rester constante.

Ce dosage varie donc dans de grandes proportions et comme la quantité à injecter reste très faible, ce dosage doit être très précis.

Par ailleurs, chaque cylindre du moteur doit recevoir à un moment donné la même dose de carburant. La répartition doit donc être rigoureusement égale pour obtenir la régularité de fonctionnement du moteur.

2°) Pression d'injection :

Elle est constante pour un moteur et très variable d'un moteur à l'autre suivant le mode de combustion choisi.

La pression d'injection est de l'ordre de 200 bars et plus pour une injection directe : de 85 à 100 bars pour une injection à chambre de pré-combustion : de 100 bars pour une injection à chambre de turbulence etc

Cette pression d'injection est nécessaire pour assurer la pulvérisation et la pénétration du gas-oil.

3°) Pulvérisation dans des conditions précises, déterminées par le mode de combustion choisi.

a) Finesse, pénétration et vitesse :

Le gas-oil doit être divisé en gouttelettes suffisamment fines pour être vaporisées rapidement et suffisamment lourdes pour aller jusqu'au fond de la chambre de combustion et animées d'une vitesse instantanée suffisante pour que, malgré le freinage de l'air comprimé, elles suivent leurs trajectoires jusqu'au bout, sinon la combustion pourrait être incomplète par accumulation de gas-oil dans une zone sans oxygène (gaz brûlés).

b) Forme du jet et répartition dans la chambre :

On appelle jet ou cône de diffusion, le cône déterminé par la trajectoire des gouttelettes extérieures : plus la pression est forte, plus le cône est étroit. Dans certains types d'injection, le gas-oil est réparti en plusieurs jets pour atteindre simultanément différentes zones de la chambre de combustion.

c) Durée et débit d'injection :

Le débit de l'injecteur est constant, la durée sera donc fonction de la quantité à injecter.

Par ailleurs, pour obtenir que la combustion soit terminée suffisamment tôt, même si la quantité de gas-oil est maximum, le débit de l'injecteur sera réglé en conséquence et comme au ralenti la quantité injectée est très faible, un fort débit d'injecteur risquerait de provoquer une combustion sous forme de détonation (péroxydes).

Il faut donc établir un compromis entre ces deux débits extrêmes et parfois on utilise un artifice : l'injection se fait en deux temps, d'abord une petite quantité est injectée qui amorce la combustion et ensuite le jet principal.

d) Moment du début d'injection :

Il faut compenser le délai d'inflammation, il faut compenser également la durée totale de combustion ; donc pour que la combustion soit complète et terminée suffisamment tôt, il est nécessaire d'avancer l'injection en fonction de la quantité à injecter.

4°) Par ailleurs le gas-oil doit être fourni pur, c'est à dire sans air et sans impureté.

a) Sans air :

L'air étant compressible, la pompe d'injection se désarmorcerait.

b) Sans impureté :

Etant donné la finesse des canalisations et des orifices tant dans la pompe que dans l'injecteur la moindre impureté risque de les obstruer.

Par ailleurs, les précisions en jeu excluent, pour assurer l'étanchéité, l'emploi de joints.

Cette étanchéité est obtenue par un ajustage très précis de l'ordre du 0,001 m/m voire 0,0001 m/m. La moindre impureté peut créer une détérioration nuisible ensuite au fonctionnement du système.

II. REALISATIONS PRATIQUES DU SYSTEME D'INJECTION ET D'ALIMENTATION.

En se limitant aux solutions courantes et adoptées par l'Usine Citroën, il convient de donner le principe de fonctionnement de chaque organe.

A. Injecteur (figure 1) :

Il y a deux sortes d'injecteurs : injecteur ouvert et injecteur fermé. Seul l'injecteur fermé sera étudié.

1°) Principe de fonctionnement :

L'injecteur est composé d'un porte-aiguille et d'une aiguille, cette aiguille au repos obture un orifice (trou de l'injecteur) ; le gas-oil pénètre dans une chambre qui entoure la pointe de cette aiguille. Sous la pression, l'aiguille est refoulée et découvre l'orifice. La pointe de cette aiguille, la forme du trou, détermine la forme du jet. L'injecteur est vissé sur un porte-injecteur.

A l'intérieur, un ressort dont le tarage est réglable, agit par l'intermédiaire d'un poussoir sur l'aiguille et la repousse sur son siège.

La pression doit contrebalancer la tension de ce ressort pour que l'injecteur débite.

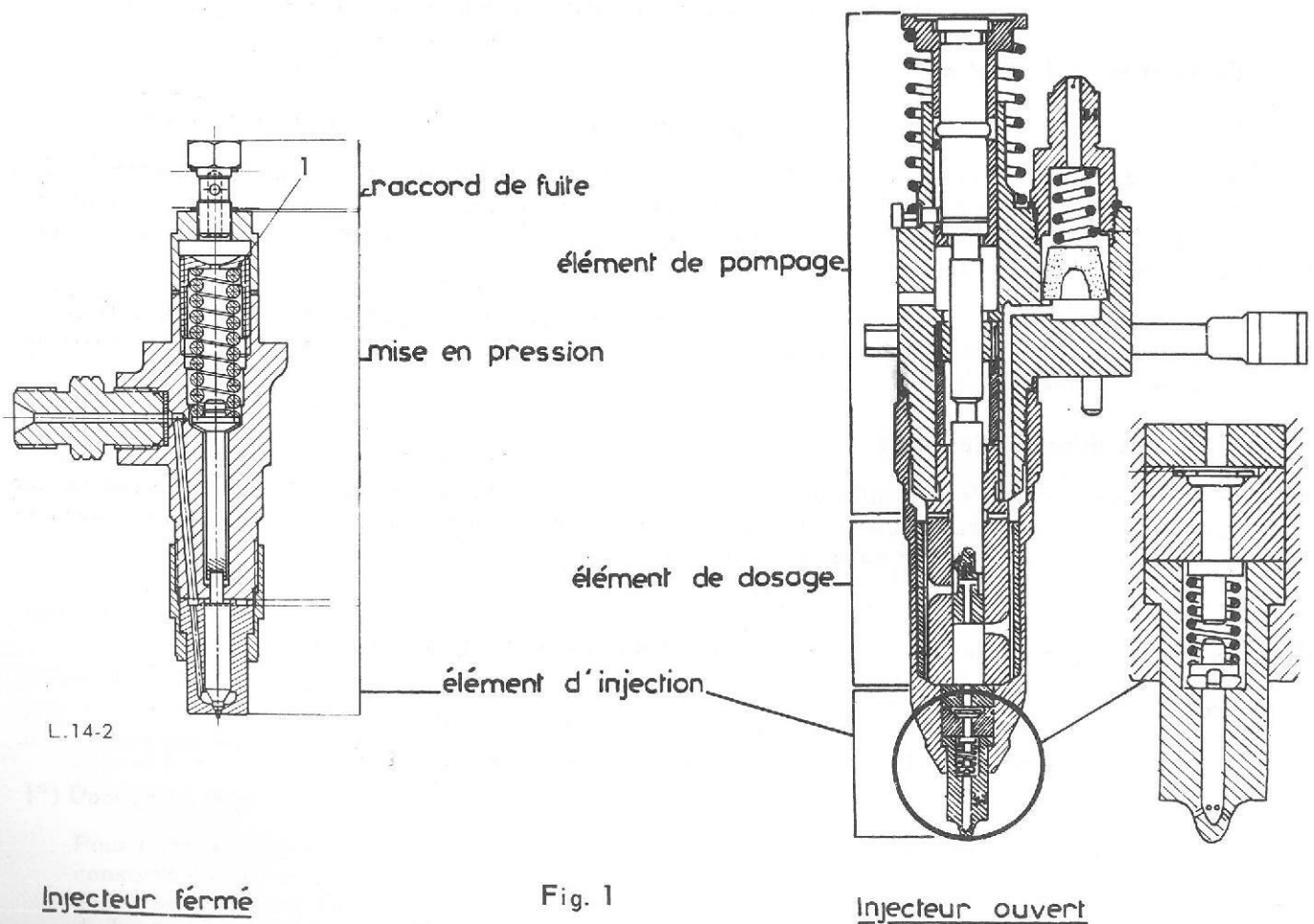


Fig. 1

L'extrémité du porte-aiguille s'appelle le nez d'injecteur (figure 2), il a une forme variable selon les types, il est percé d'un trou ou de plusieurs, orientés différemment suivant les caractéristiques de la chambre de combustion, (exemple injection directe : plusieurs jets répartissent le gas-oil ; pré-combustion : un jet étroit dirigé vers le fond de la chambre etc).

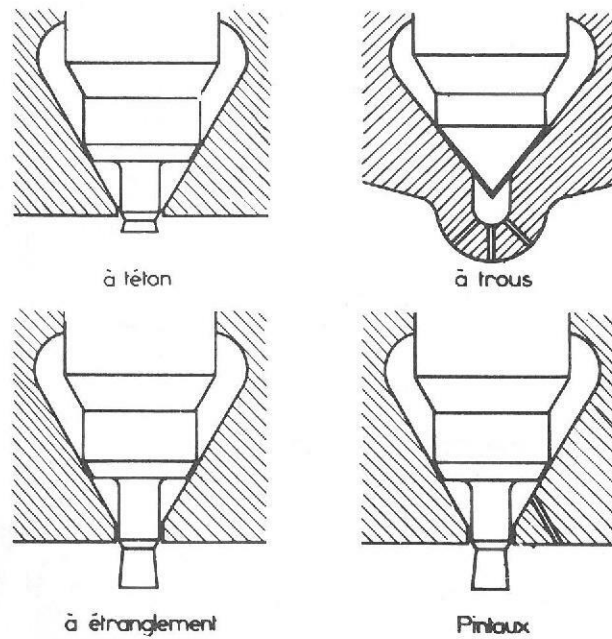


Fig. 2 : Nez d'injecteur

2°) Emplacement, fixation, nombre : (figure 3)

En général, il y a un injecteur par cylindre.

Il est placé sur la culasse et débouche, soit dans la chambre de combustion (injection directe et réserve d'air), soit dans la chambre de pré-combustion (pré-combustion ou turbulence).

Il est vissé dans le porte-injecteur et celui-ci est fixé par bride, goujons, et écrous sur la culasse.

L. 14-1

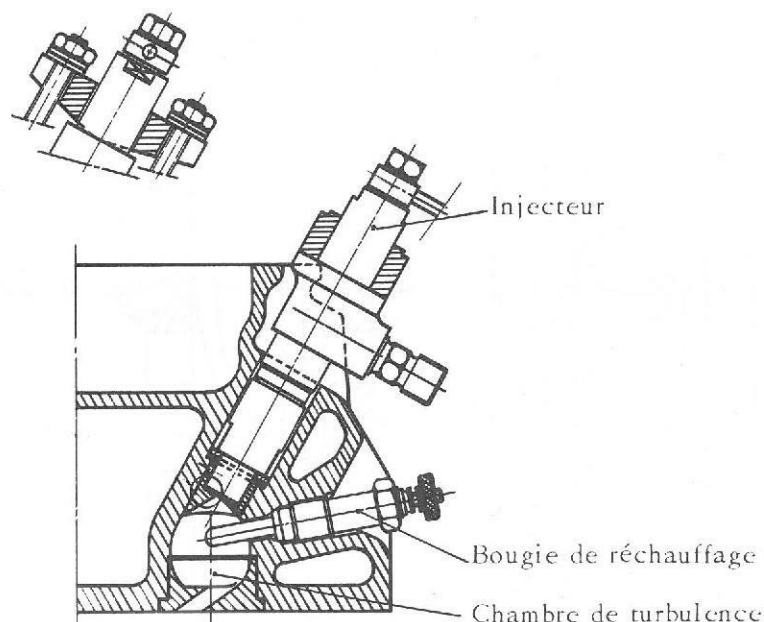


Fig. 3 : Emplacement d'injecteurs

B. Pompe d'injection :

Dans l'étude de chaque moteur, la pompe d'injection est étudiée en détail. Ici, donc ne seront données que des idées très générales.

1° Classement :

On peut les classer en deux catégories :

Les pompes à élément de pompage unique desservant successivement les différents injecteurs et les pompes groupant autant d'éléments de pompage qu'il y a d'injecteurs (figure 4).

2° Élément essentiel :

L'élément de pompage.

Il a un triple rôle : celui de doser la quantité de combustible, celui de soumettre à une pression déterminée cette « charge » de combustible et enfin celui de la diriger vers l'injecteur. Cet élément de pompage est donc soumis à deux ou trois commandes suivant le cas.

Il est constitué d'un piston coulissant dans un cylindre obturant et découvrant successivement des orifices d'arrivée et de départ du gas-oil.

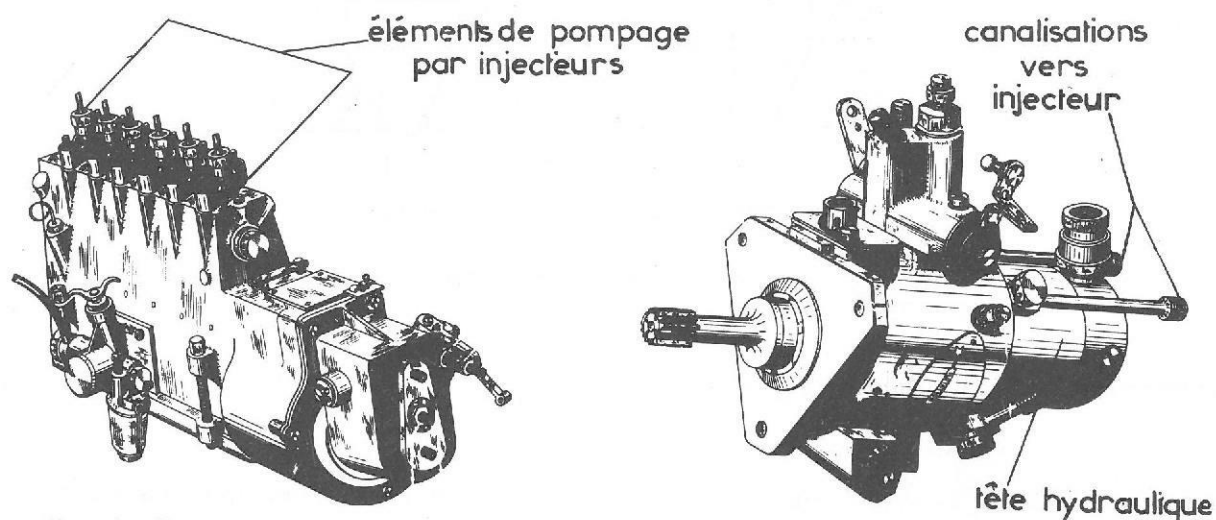


Fig. 4 : Pompe à éléments de pompage multiples - Pompe à élément de pompage unique

a) Élément de pompage par injecteur (figure 5) :

Deux commandes agissent : celle de l'accélérateur qui augmente ou diminue la dose et celle d'une came de poussée qui agit sur le piston et comprime le gas-oil. L'accélérateur agit à la fois sur tous les éléments de pompage pour un dosage identique.

Les cames de poussée sont groupées sur un arbre de commande, entraîné par le moteur à demi vitesse de rotation (une injection tous les deux tours). Ces cames sont réparties sur l'arbre pour commander successivement les éléments de pompage.

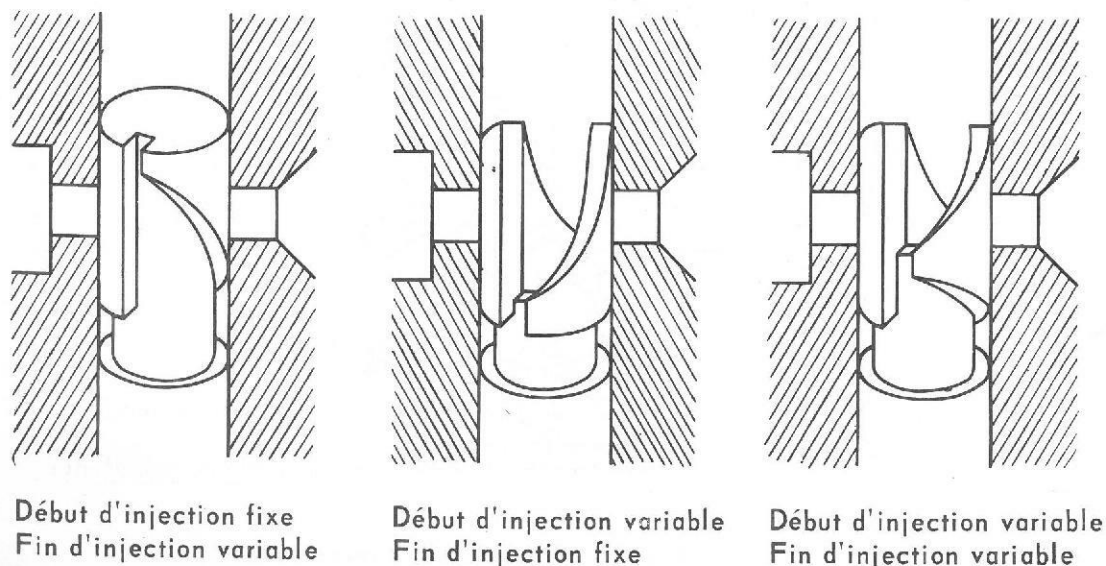


Fig. 5 : Élément de pompage par injecteur (types divers)

b) Élément de pompage unique (figure 6) :

Il est soumis à trois commandes : celle de l'accélérateur qui dose la quantité de combustible, celle d'une série de cames qui commandent le piston et qui sont entraînées par un arbre de commande lui-même entraîné par le moteur (à 1/2 vitesse), et enfin celle d'un distributeur qui fait coïncider l'orifice de sortie de l'élément de pompage avec une tubulure d'injecteur. Ce distributeur est lui-même commandé par l'arbre de commande de pompe pour obtenir un synchronisme parfait.

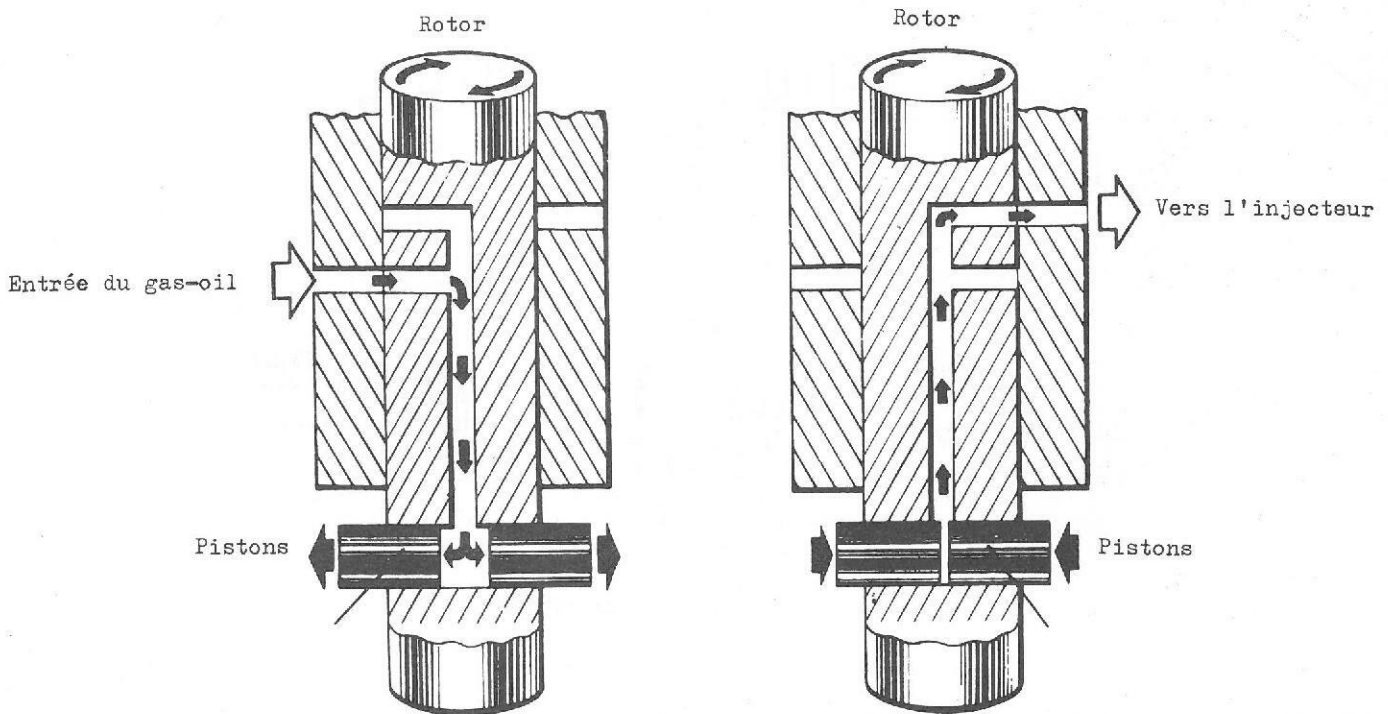


Fig. 6 : Élément de pompage unique

3°) Commande d'accélérateur :

Elle est double, manuelle et automatique.

a) **Manuelle** : Le conducteur impose un dosage en fonction de la vitesse de rotation, qu'il veut obtenir pour une charge déterminée. Cette commande va donc imposer en outre :

- Un dosage nul, c'est le stop.
- Un dosage minimum, c'est le ralenti.
- Un dosage maximum, vitesse de rotation maximum.
- Un surdébit nécessaire au moment du démarrage pour provoquer l'inflammation spontanée d'une quantité de gas-oil suffisante pour agir sur le piston du moteur et vaincre le couple d'inertie par un couple actif suffisant. Ce surdébit est coupé dès le démarrage, soit manuellement, soit automatiquement.

b) **Automatique** :

Si l'accélérateur agissait seul, le régime du moteur ne serait pas constant : en effet, la charge diminuant ou augmentant sans cesse (cote, descente, état du terrain etc) le moteur s'emballerait ou aurait tendance à caler. Il faut régulariser le régime et l'accélérateur, outre l'action du conducteur, est soumis à l'action d'un régulateur.

Il y a deux sortes de régulateurs : les coupures mini-maxi qui n'interviennent que pour stabiliser le ralenti et couper l'injection à la vitesse maximum et les « régulateurs toutes vitesses » qui interviennent sur toute la plage des vitesses.

Ils fonctionnent de trois manières :

- **Régulateur pneumatique (figure 7) :**
Commandé par la dépression régnant dans la tubulure d'admission.
- **Régulateur mécanique (figure 8) :**
Basé sur la force centrifuge.
- **Régulateur hydraulique (figure 9) :**
Commandé par la pression du gas-oil alimentant la pompe d'injection.

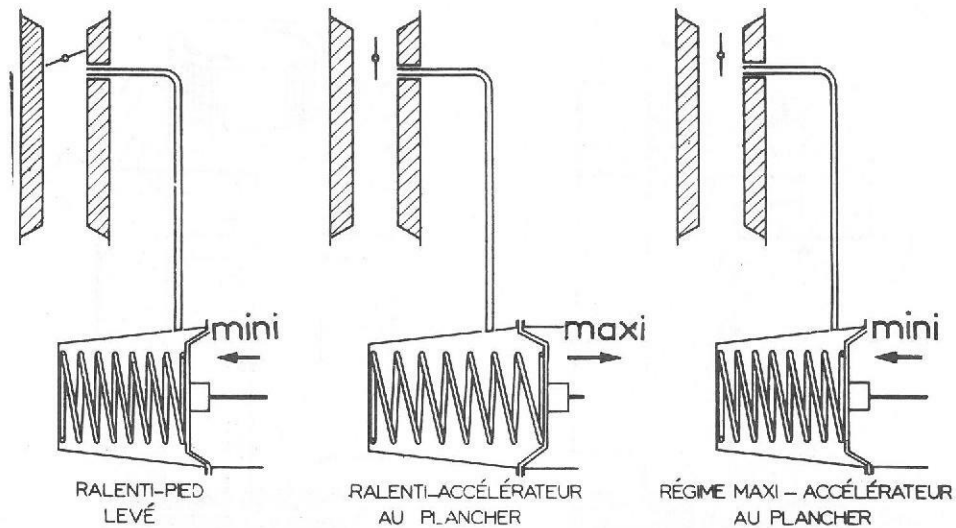


Fig. 7 : Régulateur pneumatique

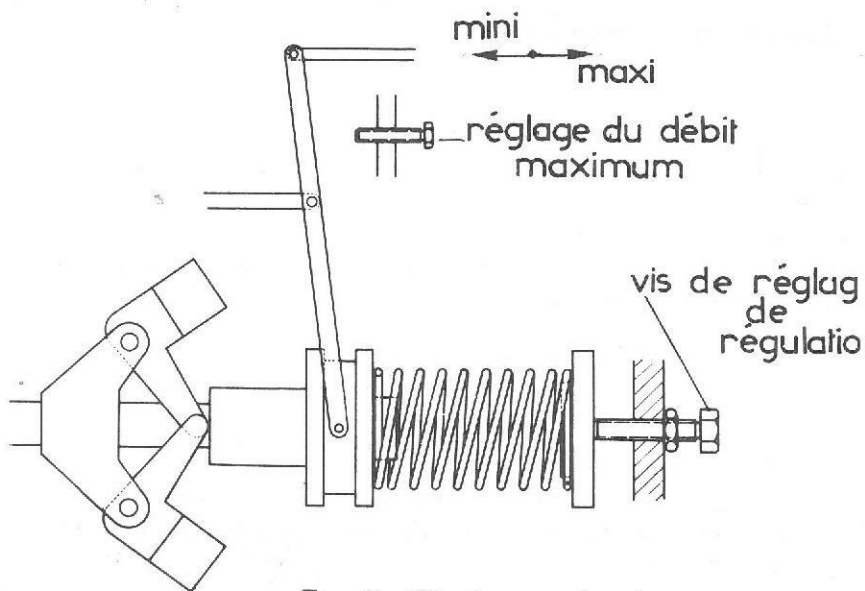


Fig. 8 : Régulateur mécanique

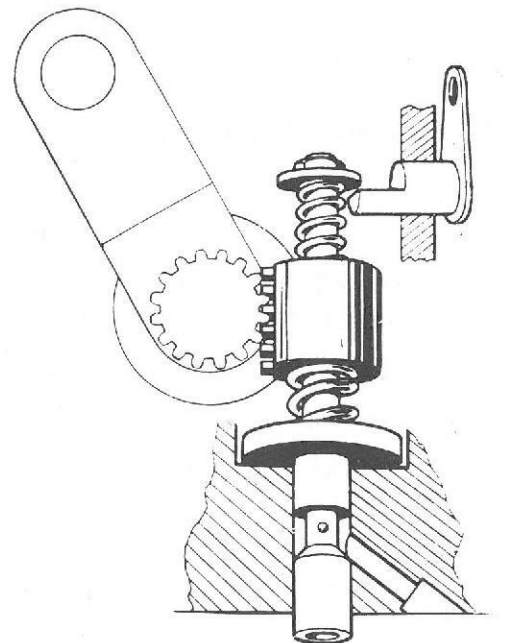


Fig. 9 : Régulateur hydraulique

4°) Avance :

L'arbre de commande de pompe est calé sur la distribution avec un décalage angulaire correspondant à l'avance désirée.

Sur les moteurs tournant à plus de 2.500/3.000 t/mn, il faut augmenter cette avance en fonction de la vitesse de rotation. L'arbre de commande est décalé automatiquement par un système commandé par la pression du gas-oil alimentant la pompe ; cette pression augmentant avec la vitesse de rotation.

5°) Commande de pompe (figure 10) :

La pompe est toujours entraînée par la distribution grâce à un pignon d'un nombre de dents double de celui du pignon de vilebrequin.

6°) Elle est fixée d'une façon rigide au bloc moteur ; cette fixation est orientable pour le calage de la pompe.

7°) **Graissage** : deux modes de graissage sont utilisés : soit le graissage par barbotage dans l'huile, soit le graissage par les fuites de gas-oil.

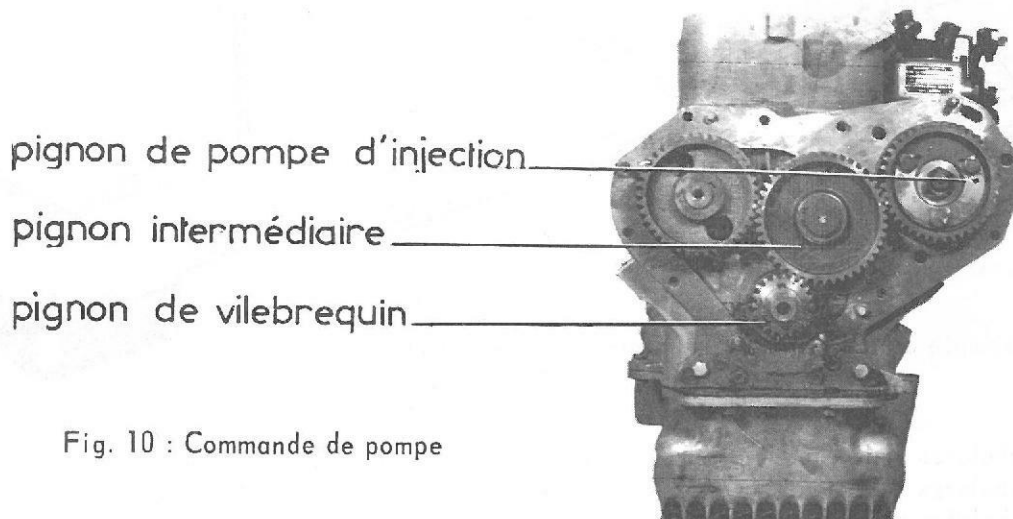


Fig. 10 : Commande de pompe

C. Pompe d'alimentation : Le gas-oil doit être fourni en permanence, en quantité suffisante, quelque soit la demande et sous une légère pression, c'est le rôle de la pompe d'alimentation. C'est une pompe classique soit à membrane, soit à piston, commandée, soit par l'arbre à cames moteur, soit par l'arbre de commande de pompe (figure 11).

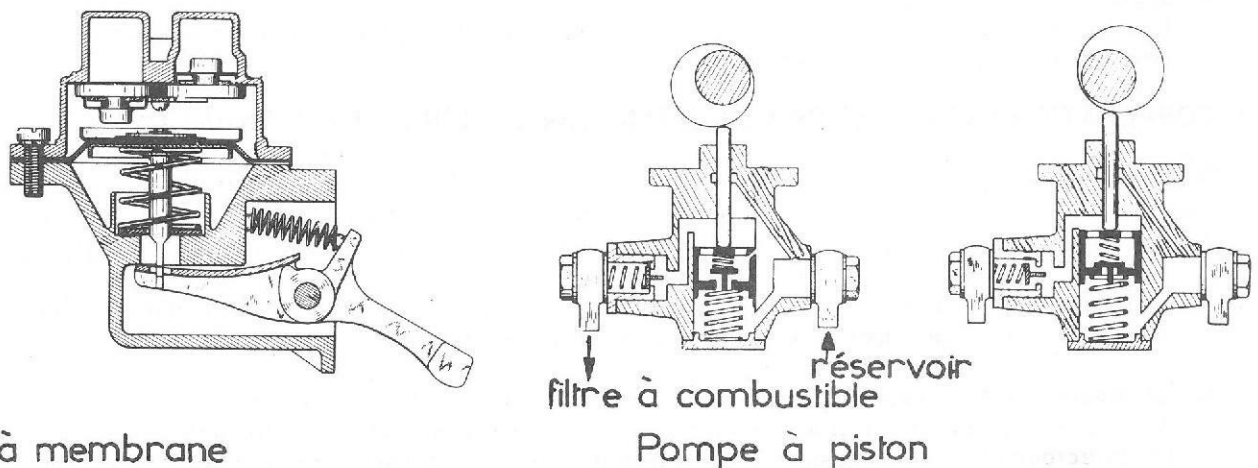


Fig. 11 : Pompe d'alimentation (Divers types)

D. Filtres : Une épuration soignée est nécessaire. A cet effet, le circuit est complété par un décanteur, un ou deux filtres et par des tamis à l'entrée des organes, tous ces éléments sont classiques (figure 12).

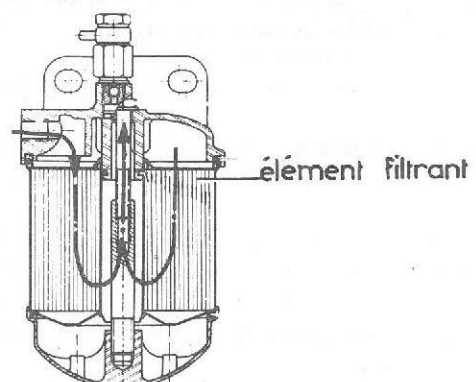
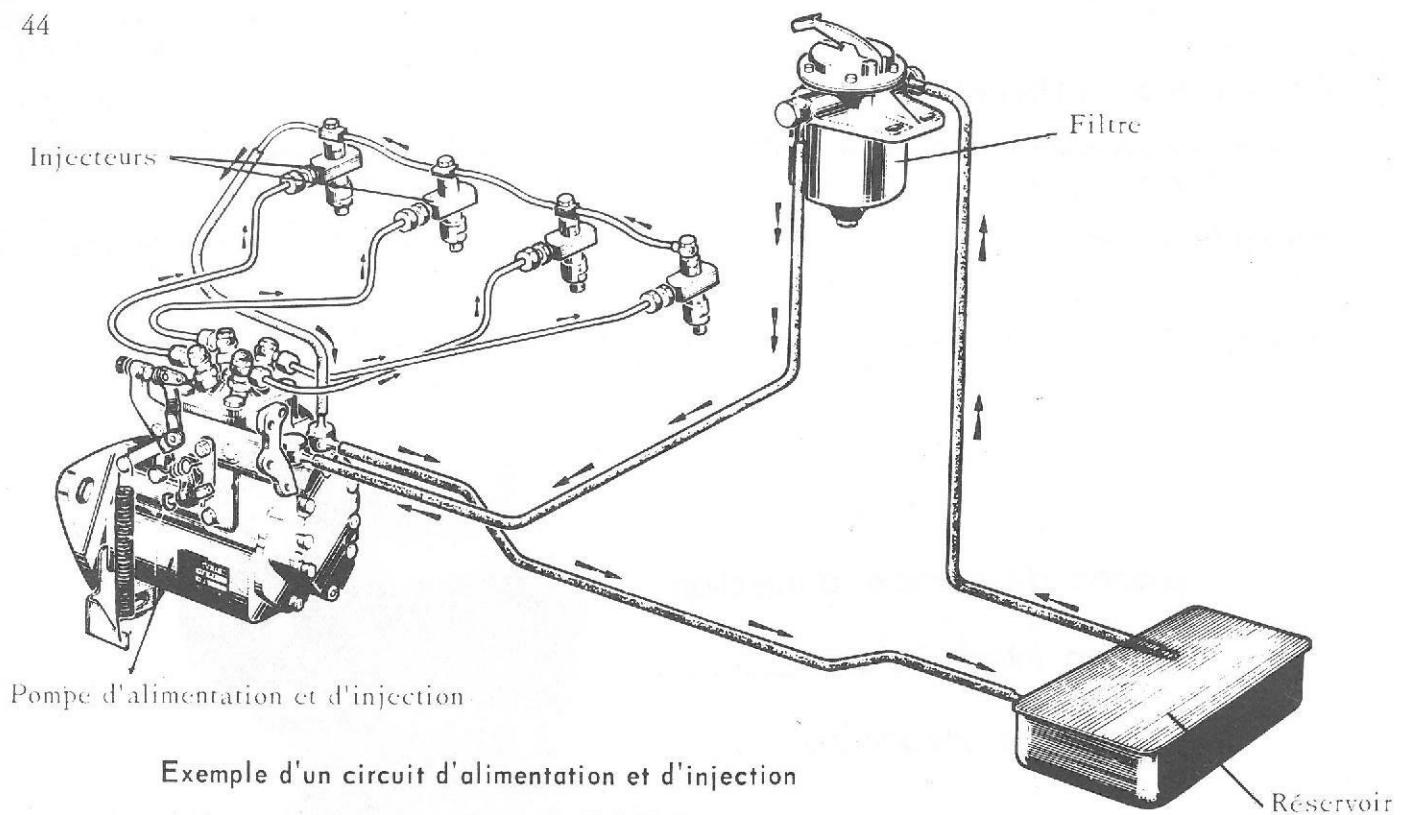


Fig. 12 : Filtre à combustible



Exemple d'un circuit d'alimentation et d'injection

E. **Les tubulures** relient ces différents organes, elles sont de deux sortes :

- 1°) **Tubulures d'alimentation** et de retour, en général en caoutchouc protégé.
- 2°) **Tubulures d'injecteurs** en acier avec un diamètre et une épaisseur imposée en raison des dilatations et de l'écoulement.
- 3°) **Les raccords** sont étudiés pour assurer une étanchéité parfaite.

F. **Pipe d'admission :**

L'air pénètre dans le cylindre par une pipe d'admission fixée à la culasse, il est épuré dans un filtre classique mais dont la construction est soignée pour obtenir une épuration parfaite.

G. **Système d'échappement :**

Les gaz brûlés sont évacués, à travers la culasse, par une pipe d'échappement, reliée à l'extérieur par une tuyauterie et un pot d'échappement classique.

III. CORRELATION ENTRE LES PRINCIPES DE FABRICATION ET DE REPARATION.

Pour faire face aux exigences de l'injection, le Constructeur a dû réaliser un système adapté au moteur considéré. Ce système est délicat, d'une très grande précision d'usinage, d'un calage difficile, il convient donc en réparation d'appliquer les principes suivants :

A. **Le système d'injection** d'un moteur déterminé est cohérent, ceci entraîne l'échange obligatoire d'un organe par un organe **identique** même marque et mêmes spécifications.

B. **Le réparateur doit respecter** scrupuleusement les conseils du Constructeur et n'entreprendre aucun démontage, aucune réparation non autorisée, en général les seuls réglages autorisés sont les suivants :

- 1°) **Injecteur** : tarage du ressort à condition de posséder le banc d'essai nécessaire.
- 2°) **Pompe d'injection** :
 - a) Le calage sur la distribution.
 - b) Le réglage du ralenti.
 - c) La purge.

Tout autre intervention ne peut être faite qu'en atelier spécialisé.

C. **Le réparateur** doit assurer l'entretien et les vérifications suivant les conseils du Constructeur, veiller à l'étanchéité et à la fixation des organes.

En résumé, le soin apporté à la construction d'un système d'injection assure un fonctionnement satisfaisant en toute circonstance, la seule cause réelle de mauvais fonctionnement ne peut être dû qu'à une épuration incomplète du gas-oil, l'usure et le dérèglement des organes d'injection (pompe et injecteur) ne seront une cause de mauvais fonctionnement qu'à la longue, et peuvent être évités par des vérifications périodiques.

SOMMAIRE

I. GENERALITESPage 46

II. REALISATIONS PRATIQUES DE CE PRECHAUFFAGE.

A. PRECHAUFFAGE DE L'AIR AVANT COMPRESSION.

B. PRECHAUFFAGE DE L'AIR A LA FIN DE LA COMPRESSIONPage 47

III. INCIDENCES SUR LA REPARATIONPage 49

A. ETAT DE LA BOUGIE OU DU BRULEUR.

1) Bougie.

2) Le brûleur

B. ETAT DE LA BATTERIE, ETAT ET FIXATION DES CONNEXIONS.

LE PRECHAUFFAGE DES MOTEURS DIESEL

I. GENERALITES.

Entraîné par le système de démarrage, un moteur Diesel aspire de l'air, le comprime, et lorsque l'injection a lieu, le gas-oil s'enflamme spontanément parce que les conditions de température et de pression sont réunies.

En effet, le rapport volumétrique est tel que, bien que le moteur soit froid, température et pression sont élevées à une valeur suffisante pour ne pas entraver la combustion, malgré l'absorption de calories par les parois froides.

Ceci est vrai dans le moteur Diesel à injection directe (rapport volumétrique moyen $1/18$ à $1/20$).

Ce n'est plus vrai dans un moteur Diesel à injection indirecte, en effet le rapport volumétrique est moindre (valeur moyenne entre $1/15$ à $1/22$), l'air en fin de compression est en contact avec une surface métallique plus importante que dans l'injection directe et donc l'air, dont la température est déjà moins forte, se refroidira encore davantage par échange de calories avec les parois froides. Les conditions de température et donc de pression ne seront plus réunies, il faut préchauffer ce moteur pour qu'il puisse démarrer. C'est le but du préchauffage.

Il consiste à réchauffer l'air au moment de la compression, soit avant (dans la pipe d'admission), soit après (dans la chambre de combustion, de pré-combustion ou de turbulence).

Une fois le moteur démarré, ce système de préchauffage est interrompu et le Diesel à injection indirecte fonctionne comme un Diesel à injection directe.

II. REALISATIONS PRATIQUES DE CE PRECHAUFFAGE.

A. Préchauffage de l'air avant compression (figure 1) :

Il y a plusieurs systèmes. Le plus répandu consiste à brûler du gas-oil dans la tubulure d'admission, ce gas-oil réchauffe l'air aspiré dans le cylindre, température et pression en fin de compression sont d'autant plus élevées et atteignent les valeurs pour lesquelles le gas-oil s'enflamme spontanément.

Le principe en est simple, une résistance est mise en circuit et vaporise du gas-oil. Ce gas-oil au contact de l'air aspiré et de la résistance portée au rouge s'enflamme et chauffe l'air aspiré dans un cylindre. Le gas-oil provient d'une petite cuve généralement placée en charge par rapport à la tubulure d'admission, son écoulement est commandé, soit par électro-vanne, soit par pointeau. Une fois le moteur démarré, le système est mis hors-circuit automatiquement.

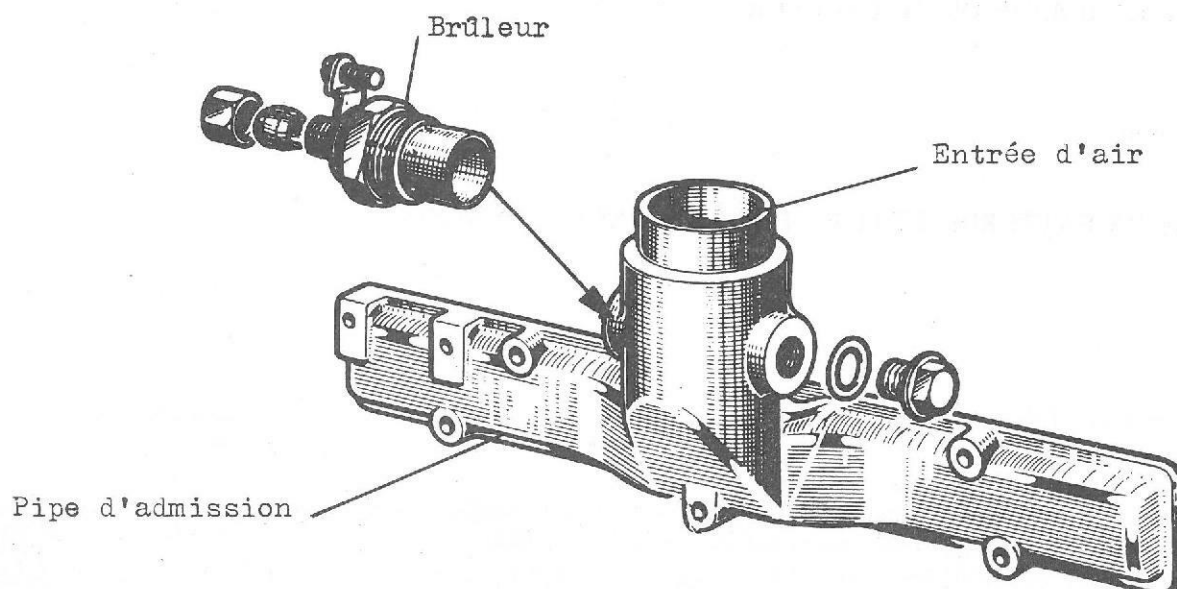


Fig. 1 : Préchauffage avant admission

B. Préchauffage de l'air à la fin de la compression (figure 2) :

Ce système consiste à placer dans la chambre de pré-combustion ou de turbulence une bougie (simple résistance). Cette bougie, mise en circuit, réchauffe l'atmosphère contenue dans la chambre et par conséquent les parois de cette chambre.

A la première compression, l'air comprimé est en contact non pas avec des parois froides mais avec des parois déjà chaudes.

La déperdition de chaleur est par conséquent faible, le moteur atteint rapidement sa température de fonctionnement.

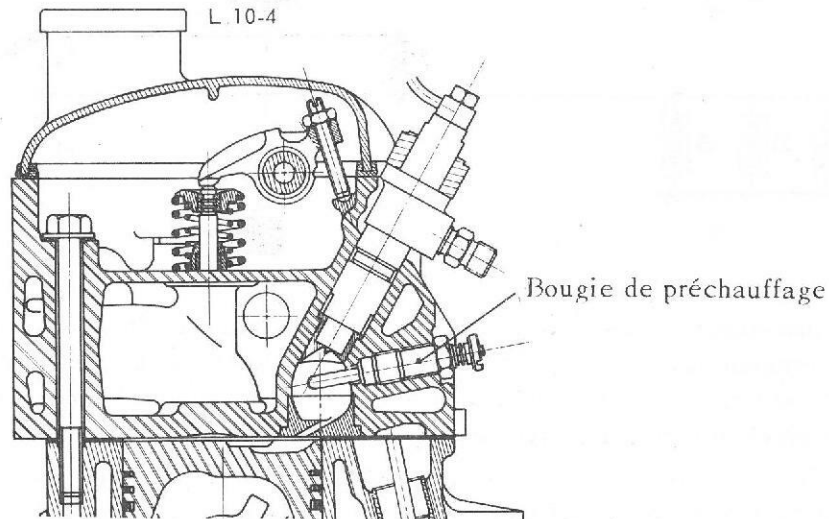


Fig. 2 : Préchauffage après admission

Les bougies sont de types légèrement différentes (figure 3). La résistance est parfois à nu, parfois enrobée dans un crayon. Leur alimentation selon les moteurs se fait parfois en série, parfois en parallèle.

La commande est parfois indépendante du démarreur, et nécessite une mise hors circuit volontaire du conducteur (figure 4). Elle est parfois automatique (figure 5) et les bougies sont hors circuit dès que l'action du démarreur cesse. De toute façon, Il convient de les mettre en circuit avant d'actionner le démarreur (environ 60 à 120 secondes) pour que l'air contenu dans la chambre soit effectivement réchauffé.

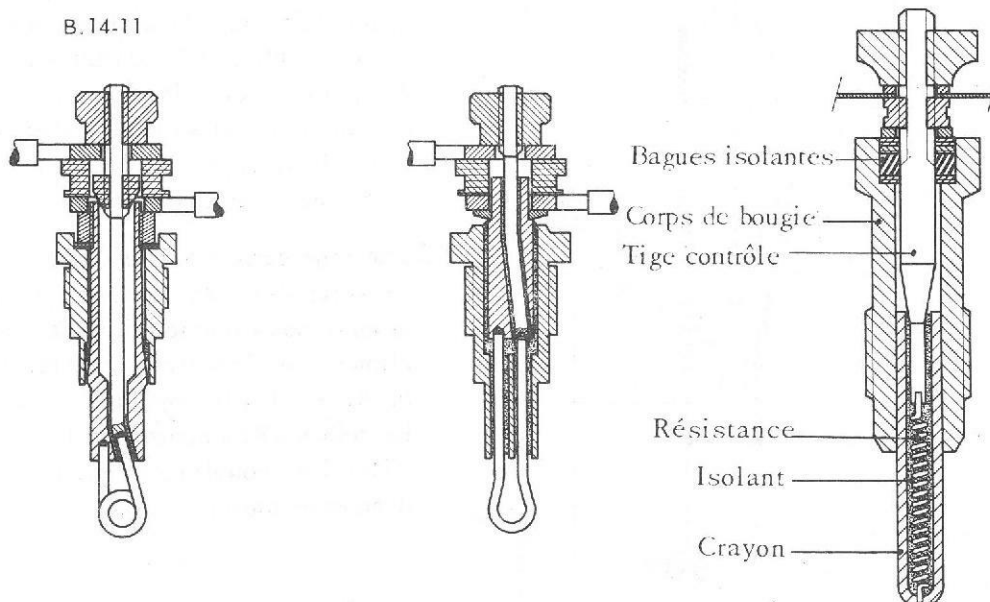
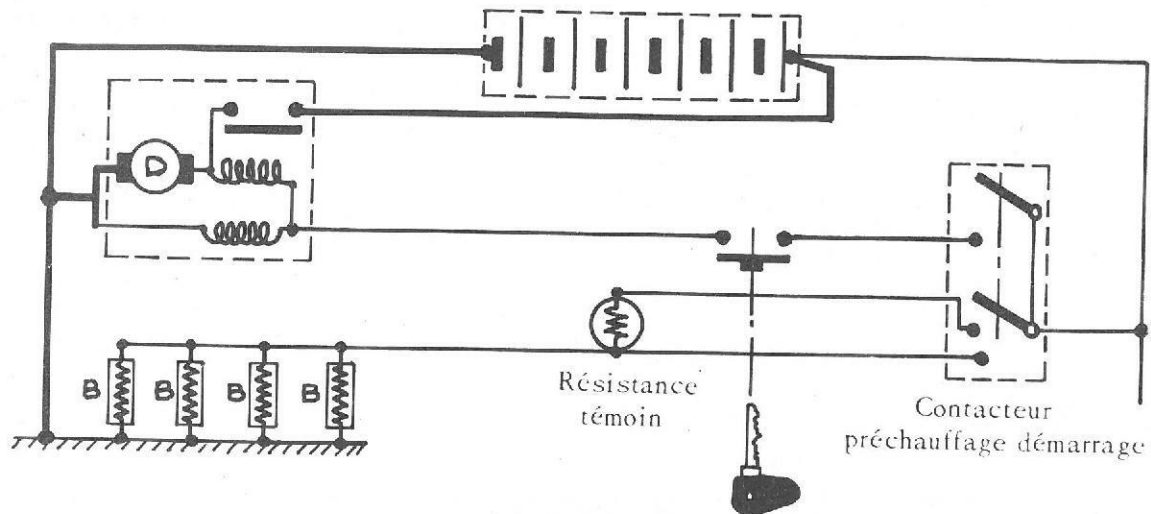


Fig. 3 : Bougies de préchauffage

Figure 4 - Commande manuelle des bougies de préchauffage :

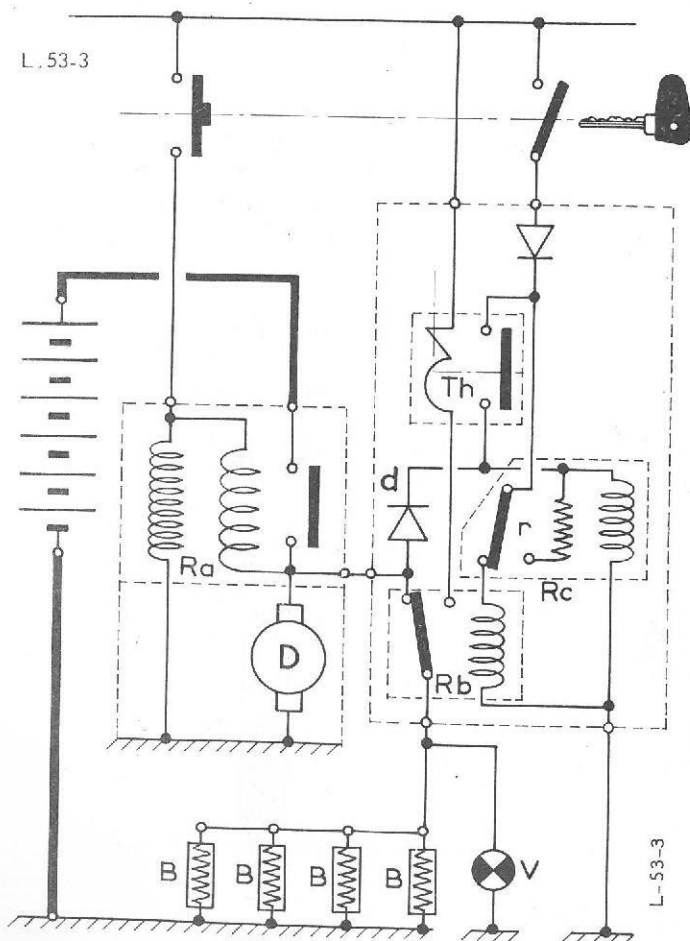


Lorsqu'on alimente le démarreur, la résistance témoin est court-circuitée. En effet lorsque le démarreur fonctionne la chute de tension aux bornes de la batterie est importante. Pour conserver une intensité suffisante aux bougies, il est nécessaire de diminuer la résistance de l'ensemble du circuit de préchauffage. Dans ce but le contact préchauffage démarrage se fait en deux temps.

1er temps : Les bougies sont alimentées en passant par le voyant de préchauffage.

2ème temps : Le relais du démarreur est alimenté ainsi que les bougies de préchauffage mais cette fois-ci en court-circuitant le voyant de préchauffage.

Figure 5 - Commande automatique des bougies de préchauffage :



Démarrage avec préchauffage :

- Mettre le contact.

La bobine du relais «Rb» alimentée, établit le courant dans les bougies B à travers la bilame «Th»; le voyant V s'allume.

Après un temps variable de chauffage en fonction de la température ambiante (40 à 70 s à 20° C, 90 à 120 s à - 15° C), la bilame «Th» ferme son contact; la bobine du relais «Rc» alimentée coupe celle du relais «Rb»; les bougies ne chauffent plus et le voyant s'éteint.

- Actionner la clé «Position démarrage».

Le solénoïde «Ra» excité alimente le démarreur et les bougies de préchauffage.

Le voyant s'allume de nouveau.

Démarrage sans préchauffage :

Le solénoïde «Ra» excité immédiatement après la mise sous tension du boîtier de préchauffage alimente le démarreur et le relais «Rc» à travers la diode «d»; le voyant V s'allume.

Le relais «Rc» neutralise la temporisation de «Th». Les bougies chauffent que lorsque le démarreur tourne.

III. INCIDENCES SUR LA REPARATIONS.

Le Constructeur a fait un choix déterminé par la forme de la chambre, la forme du jet de l'injecteur (qui ne doit pas toucher la bougie), le taux de compression etc Le rôle du Réparateur consiste essentiellement à maintenir en état ce système.

A. Etat de la bougie ou du bruleur :

1°) Bougie :

La bougie peut être grillée ou en court-circuit. Les spires peuvent être déformées par choc au montage.

2°) Le brûleur :

Peut avoir la résistance grillée ou le système d'écoulement de gas-oil qui débite en permanence.

Le rôle du Réparateur consiste à constater la panne et la plupart du temps à faire un échange.

B. Etat de la batterie, état et fixation des connexions qui doivent assurer une alimentation en courant électrique suffisante. Etat du ou des démarreurs, qui doivent entraîner suffisamment vite le moteur.

Le rôle du Réparateur se borne donc à vérifier le bon état général du circuit électrique.

Le mauvais fonctionnement du préchauffage a une incidence sur le démarrage du moteur et peut entraîner en particulier une fatigue excessive de la batterie et surtout un lavage des cylindres. Son maintien en condition est facile.

NOTES PERSONNELLES

D. T. A. V.

E. M. A. C.

Cours Diesel

CARACTERISTIQUES DES MOTEURS

DIESEL CITROEN C 35 - C 35 L D - C X

<u>MOTEUR</u> :	<u>C 35</u>	<u>C 35 LD</u>	<u>C X</u> <u>2 500</u>
Type	B 22/615	B 25/637	M 25/629
Alésage	90 mm	93 mm	93 mm
Course	85,5 mm	92 mm	92 mm
Cylindrée	2,175 l	2,5 l	2,5 l
Rapport volumétrique .....	...	22,25/1	...
Puissance fiscale	7 CV	8 CV	10 CV
Puissance maxi (DIN)	45,1 KW à 4500t/mn	50 KW à 4000t/mn	55,2 KW à 4250t/mn
Couple maxi (DIN)	12,8 m.Kg à 2250t/mn	15,7m.Kg à 2000t/mn	15,3m.Kg à 2000t/mn
Sens de rotation (vu côté volant)	à droite (SH)		à gauche (SIH)
Régime de ralenti	725 ± 25 t/mn		800 ± 25t/mn

DISTRIBUTION :

Type .....	... arbre à cames latéral entraînement par pignons ...		
Jeu aux culbuteurs à froid .....	... admission 0,30 mm	échappement 0,20 mm ...	
Epure de distribution avec jeu théorique 1 mm	R O A 2° 52'	R F A 33° 08'	A O E 37° 48' A F E 4° 12'

INJECTION :

Ordre d'injection .....	...	1 - 3 - 4 - 2	...
Sens de rotation des pompes (vu côté entraînement) .....	... à droite SH	...	à gauche (SIH)

.../...

Equipement BOSCH :

C 35

Cartouche (échange tous les 10.000 km)	CP 30 ADK C 112
Pompe d'injection	VA-4/9 H 2250 CR 171/2
Avance initiale à l'injection	12° soit 1,19mm avant le PMH pour une levée de piston de pompe de 0,45 mm
Porte injecteur type	KB 50S 592/13
Injecteur à téton type	DNOS D 189
Pression de tarage	120 + 8 bars - 0

Equipement ROTO-DIESEL :

C 35

C 35 LD

CX 2500

Filtre ROTO-DIESEL type	...	F A S	...
Cartouche (échange tous les 10.000 km)	...	7 111/296	...
Pompe d'injection type	B F 200 R 34 43 090	B F 220 R 34 43 610	M A 220 R 34 43 430
Avance initiale à l'injection	18° soit 2,66 mm avant le PMH	21° soit 3,94 mm avant le PMH	24° soit 5,12 mm avant le PMH
Porte injecteur type	RKB 45 SD 5373	RKB 45 DS 5422	RKB 45 SD 5413
Injecteur type	...	RDN OS DC 6577	...
Pression de tarage	...	112 + 5 bars	...
Avance dynamique à 800 t/mn, t° huile 80°C			4 + 1 avant PMH - 0

BOUGIES DE PRECHAUFFAGE :

Bougies à crayon	9,5 V ø 14	... 11 V ø 12	...
------------------	------------	---------------	-----

GRAISSAGE :

Toutes saisons	SUPER DIESEL 20W40 TOTAL RUBIA S 30 RUBIA K 30	TOTAL SUPER DIESEL 20 W 40
En hiver de 0°C à -15°C	TOTAL SUPER DIESEL 10W30 RUBIA S 20 W 20 RUBIA K 20 W 20	TOTAL SUPER DIESEL 10 W 30

.../...

	<u>C 35</u>	<u>C 35 LD</u>	<u>CX 2500</u>
Capacité après vidange :			
sans échange cartouche	4,5 l	...
avec échange cartouche	4,7 l	...
entre mini et maxi	1,5 l	...
Cartouche filtrante	PURFLUX LS 105	...
Echange		tous les 10.000 km	
Pression d'huile (T : 95 à 105° C) :			
à 1000 t/mn	1 bar mini	...
à 3500 t/mn		3,7 à 4,5 bars	...

REFROIDISSEMENT :

Liquide .....	...	Mélange eau+antigel... protégeant le circuit	...
	- 15°C jusqu'à	- 35° C	- 15° C
Capacité	11,4 l	...	12,5 l
Pression du circuit	10/77, 0,3 bar 10/77, 0,5 bar	0,5 bar	10/78, 0,5 bar 10/78, 1 bar
L'INVERSION DES BOUCHONS EST PROHIBEE			

EMBRAYAGE :

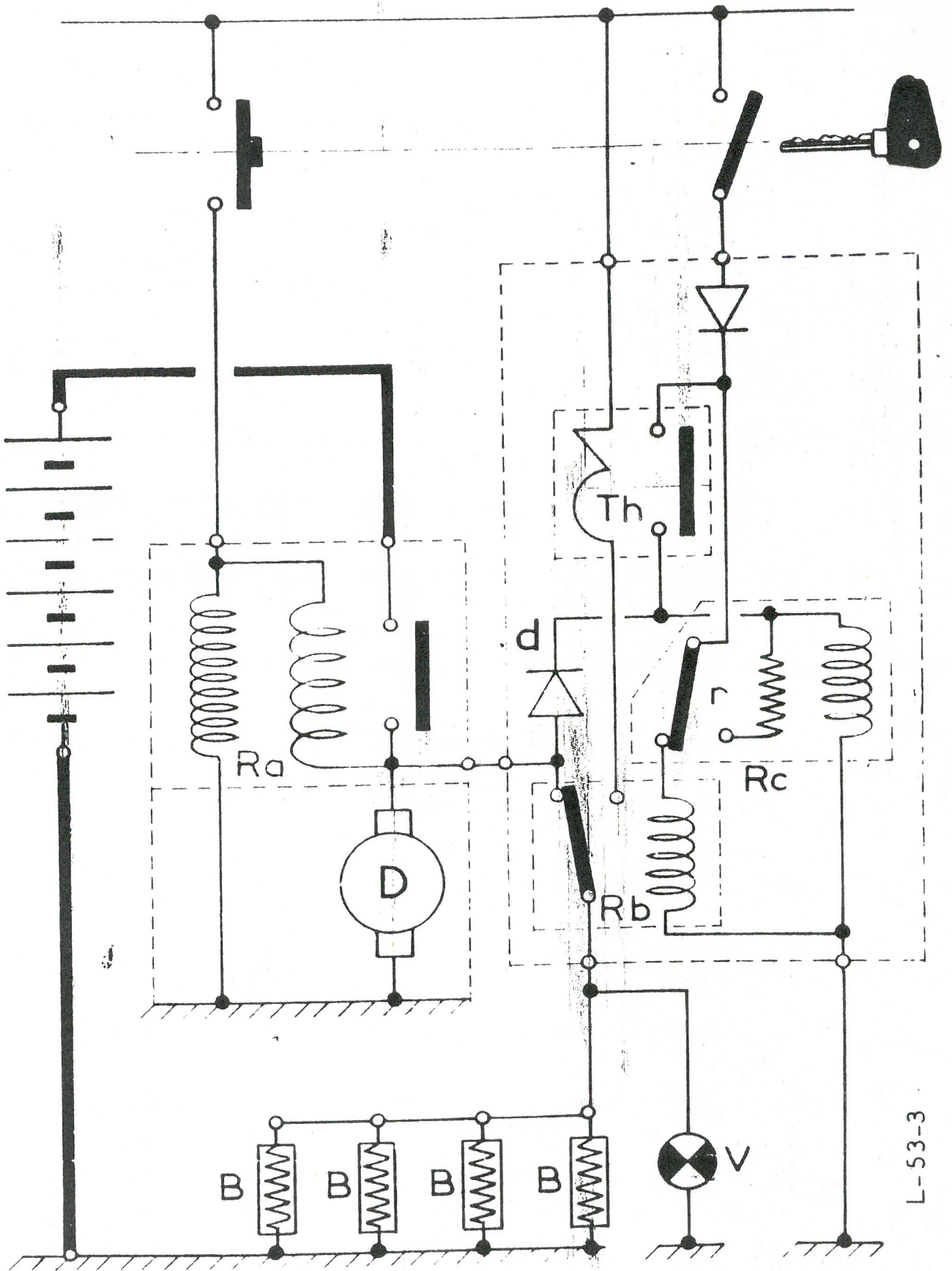
Type		Mono-disque à sec	...
Mécanisme à diaphragme		Verto 235 DBRI	Verto 235 DBR 41
Disque à moyeu amortisseur .....	...	...	M 44 BBY
Ø extérieur de la garniture .....	...	228,6 mm	...

DEMARREUR :

Puissance	1,4 kw	2,75 kw	PARIS-ROHNE 2,9 kw ou DUCCELLIER 2,3 kw
-----------------	--------	---------	--

ALTERNATEUR :

Débit maxi	50 A	50 A	BV4 72 A BV5 80 A
------------------	------	------	----------------------



L-53-3

CX Diesel 7 / 1979 →

