

3868

AGRHYMET

CILSS - OMM - PNUD

CENTRE REGIONAL DE FORMATION ET D'APPLICATION EN  
AGROMETEOROLOGIE ET HYDROLOGIE OPERATIONNELLE

# **LE MOTEUR DIESEL**

vol.1

REDIGE PAR

G.C. DEROO

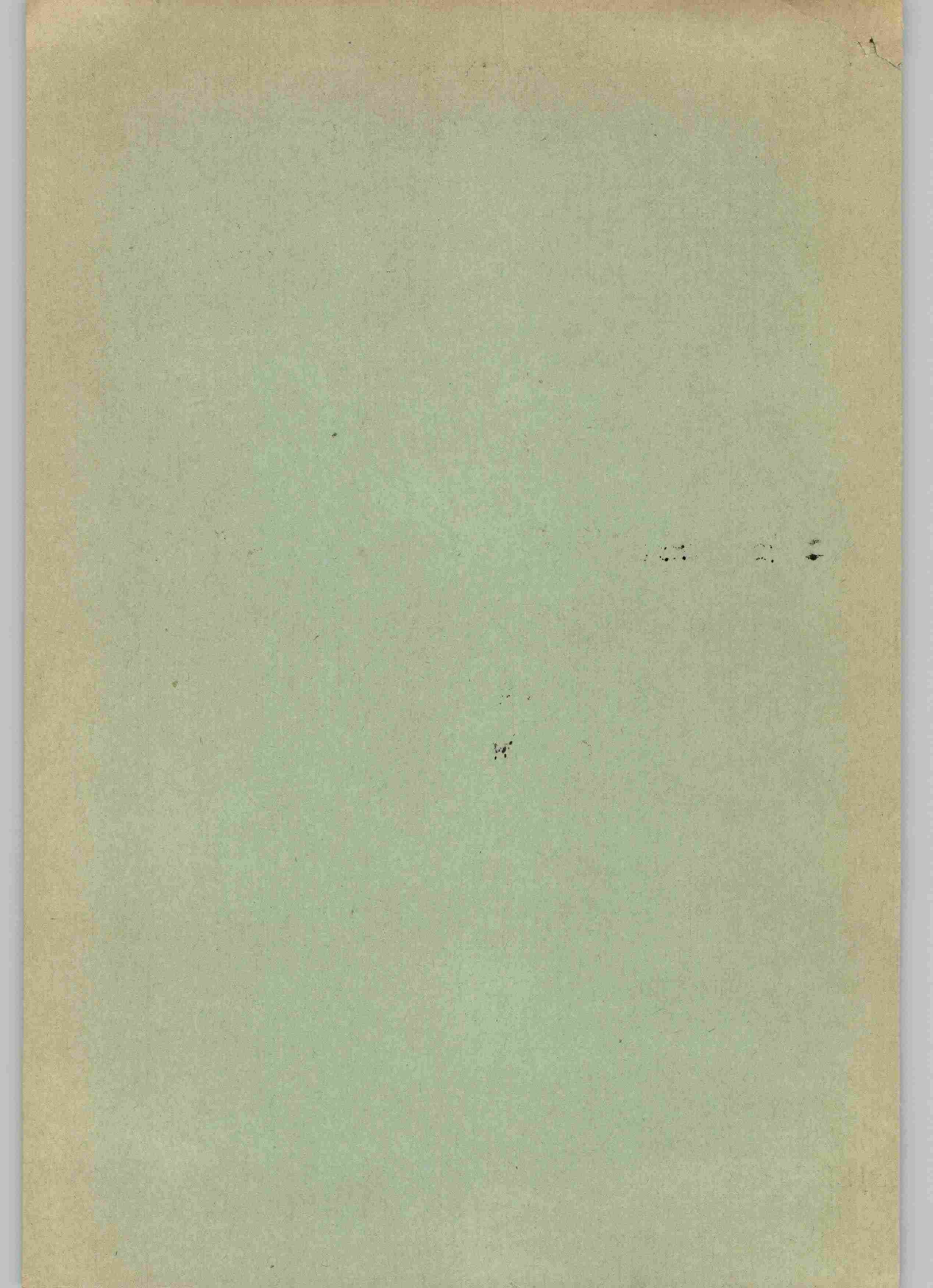
N° 155

NIAMEY

JUIN 1983

01980





**AGRHYMET**

**CILSS - OMM - PNUD**

**CENTRE REGIONAL DE FORMATION ET D'APPLICATION EN  
AGROMETEOROLOGIE ET HYDROLOGIE OPERATIONNELLE**

# **LE MOTEUR DIESEL**

**vol.1**

REDIGE PAR

**G.C. DEROO**

**N° 155**

**NIAMEY**

**JUIN 1983**

01980

AGRHYMET

CLISS - OMM - PNUD

CENTRE REGIONAL DE FORMATION ET D'APPLICATION EN  
AGROMETEOROLOGIE ET HYDROLOGIE OPERATIONNELLE

# LE MOTEUR DIESEL

vol. I

PROF. HAD

G.C. DEROD

N. 132

1981-1982

ANTANAY

03/10



PAGE

- 1 1ère ligne - lire: diesel/air a.l.d. gas-oil/essence.
- 2 4ème ligne - lire: des vapeurs.
- 5 26ème ligne - lire: 720° a.l.d. 720° C.
- 15 2ème ligne - lire: est égal.
- 23ème ligne - lire: tours a.l.d. trous.
- 21 30ème ligne - lire: poussée a.l.d. poussée.
- 22 13ème ligne - lire: haute résistance.
- 25 11ème ligne - lire: est généralement.
- 23ème ligne - lire: Assurer un maximum.
- 27 21ème ligne - lire: des poussoirs.
- 28 7ème ligne - lire: La soupape d'admission.
- 30 28ème ligne - lire: les moteurs.
- 34 22ème ligne - lire: être disposé.
- 36 9ème ligne - lire: oxygène.
- 38 24ème ligne - lire: Done au point 2 a.l.d. point 1.
- 40 21ème ligne - lire: pulvérisation.
- 41 3ème ligne - lire: pénétration.
- 9-10ème " - lire: moteur.
- 51 5ème ligne - lire: des conduites.
- 56 9ème ligne - lire: avant contre-écrou.
- 15ème ligne - lire: empêcher.
- 17ème ligne - lire: dépasser.
- 20ème ligne - lire: D: Le ressort de rappel.
- 26ème ligne - lire: E: Les cylindres.
- 58 7ème ligne - lire: I: Les clapets.
- 22ème ligne - lire: 5.2.2. Fonctionnement.
- 23ème ligne - lire: Le piston . . . . gorge cir-
- 24ème ligne - lire: culaire (1), une arête droite (B)
- 25ème ligne - lire: raffure verticale formée....

1. The first of the three

is the one which is

the most common and

is the one which is

the most common and

is the most common and

# LE MOTEUR D I E S E L

|                     | <u>TABLE DE MATIERE</u>  | <u>Page</u> |
|---------------------|--|-------------|
| <u>Chapitre I</u>   | <u>- INTRODUCTION</u>  |             |
| 1.1                 | Généralités  | 1           |
| 1.2                 | Avantages et inconvénients   | 1           |
| 1.3                 | Rappel de physique   | 3           |
| 1.4                 | Etude du cycle de Carnot   | 5           |
| 1.5                 | Cycle à quatre temps   | 5           |
| 1.6                 | Cycle Diesel Théorique   | 7           |
| 1.7                 | Cycle Diesel Pratique ou réel  | 7           |
| 1.8                 | Cycle à pression constante   | 10          |
| 1.9                 | Cycle à volume constant  | 11          |
| 1.10                | Cycle mixte  | 11          |
| 1.11                | Définitions  | 13          |
| <u>Chapitre II</u>  | <u>- DESCRIPTION ORGANIQUE</u>   |             |
| 2.1                 | Groupe cylindre  | 19          |
| 2.2                 | Carter inférieur   | 21          |
| 2.3                 | Ligne d'arbre  | 21          |
| 2.4                 | Vilebrequin  | 22          |
| 2.5                 | Le Dumper  | 23          |
| 2.6                 | Bielles  | 25          |
| 2.7                 | Pistons  | 25          |
| 2.8                 | Segments   | 27          |
| 2.9                 | Distribution   | 27          |
| 2.10                | Les soupapes   | 28          |
| 2.11                | La culasse   | 30          |
| 2.12                | Tubulure d'admission et collecteur d'échappement                                 | 30          |
| 2.13                | Le refroidissement   | 30          |
| 2.14                | Le graissage   |             |
| <u>Chapitre III</u> | <u>- CLASSIFICATION DES MOTEURS DIESEL</u>                                       |             |
| 3.1                 | Moteur à chambre de précombustion  | 34          |
| <u>Chapitre IV</u>  | <u>- LE CIRCUIT D'ALIMENTATION EN COMBUSTIBLE</u>                                |             |
| 4.1                 | Quelques définitions   | 37          |
| 4.2                 | Représentation graphique des pressions   | 38          |
| 4.3                 | Influence du réglage du début de l'injection                                     | 40          |
| 4.4                 | Influence de l'injection et de la pulvérisation sur l'évolution de la combustion | 40          |
| 4.5                 | Le circuit d'alimentation  | 41          |



TABIE DE MATIERE

CHAPITRE I - DESCRIPTION

|      |                            |
|------|----------------------------|
| 1.1  | Définitions                |
| 1.2  | Cycle à pression constante |
| 1.3  | Cycle à volume constant    |
| 1.4  | Cycle à pression constante |
| 1.5  | Cycle à volume constant    |
| 1.6  | Cycle à pression constante |
| 1.7  | Cycle à volume constant    |
| 1.8  | Cycle à pression constante |
| 1.9  | Cycle à volume constant    |
| 1.10 | Cycle à pression constante |
| 1.11 | Cycle à volume constant    |

CHAPITRE II - DESCRIPTION ORGANIQUE

|      |   |
|------|---|
| 2.1  | Grande cylindre                               |
| 2.2  | Carter inférieur                              |
| 2.3  | Pignon d'arbre                                |
| 2.4  | Vilebrequin                                   |
| 2.5  | Le pignon                                     |
| 2.6  | Bielles                                       |
| 2.7  | Pistons                                       |
| 2.8  | Semelles                                      |
| 2.9  | Distributeur                                  |
| 2.10 | Les soupapes                                  |
| 2.11 | Le moteur                                     |
| 2.12 | Tournevis d'entretien et collage de démontage |
| 2.13 | Le pistonnement                               |
| 2.14 | Le pistonnement                               |

CHAPITRE III - CLASSIFICATION DES MOTEURS DIESEL

|     |                            |
|-----|----------------------------|
| 3.1 | Moteur à chapeau de piston |
|-----|----------------------------|

CHAPITRE IV - LE CIRCUIT D'ALIMENTATION EN COMBUSTIBLE

|     |                           |
|-----|---------------------------|
| 4.1 | Circuit d'alimentation    |
| 4.2 | Le circuit d'alimentation |
| 4.3 | Le circuit d'alimentation |
| 4.4 | Le circuit d'alimentation |
| 4.5 | Le circuit d'alimentation |

Table de matière - 2

Chapitre V - LE SYSTEME D'INJECTION ET DE REGULATION DES  
MOTEURS DIESEL

|     |                                 |    |
|-----|---------------------------------|----|
| 5.1 | La pompe d'injection            | 51 |
| 5.2 | Etude du cylindre et du piston  | 53 |
| 5.3 | Les injecteurs                  | 62 |
| 5.4 | Le porte-injecteur              | 64 |
| 5.5 | Le corps d'injecteur ou buse    | 64 |
| 5.6 | L'aiguille d'injection          | 64 |
| 5.7 | Le ressort et la vis de réglage | 66 |
| 5.8 | Injecteurs à téton              | 66 |

Chapitre VI - LES REGULATEURS

|     |                                      |    |
|-----|--------------------------------------|----|
| 6.1 | But et rôle                          | 69 |
| 6.2 | Fonctions assurées par le régulateur | 69 |

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*

\*

LE SYSTÈME D'INJECTION ET DE REGULATION DES

MOTEURS DIESEL

|    |                             |
|----|-----------------------------|
| 12 | Le pompe d'injection        |
| 13 | Le distributeur             |
| 14 | Le injecteur                |
| 15 | Le système d'injection      |
| 16 | Le système de régulation    |
| 17 | Le système de commande      |
| 18 | Le système de lubrification |

LES REGULATEURS

|    |                          |
|----|--------------------------|
| 20 | Le régulateur            |
| 21 | Le régulateur de vitesse |

TABLE DES MATIERES



# LE MOTEUR DIESEL

## CHAPITRE I

### I.1. Généralités

Dans un moteur Diesel, le mélange gas - oil / essence se fait dans le cylindre, l'air étant aspiré et le combustible injecté ensuite à l'aide d'un "injecteur" alimenté par une "pompe d'injection" qui lui communique une pression supérieure à celle régnant dans le cylindre en fin de compression pour permettre son introduction. L'air seul est aspiré et on peut le comprimer sans inconvénient à la pression de 30 à 45 Kg/cm<sup>2</sup>.

Sous l'effet de cette compression la température augmente pour atteindre 600°C environ. C'est au contact de cet air comprimé que le combustible alors injecté s'enflamme.

Le moteur Diesel ne possède ni carburateur, ni système d'allumage, mais chaque cylindre a un système d'alimentation propre qui comprend:

- un injecteur
- un élément de la pompe d'injection.

Le moteur Diesel est un moteur à combustion interne.

### I.2. Avantages et inconvénients du moteur Diesel

#### Avantages

Le moteur Diesel fournit de l'énergie mécanique meilleur marché que le moteur à essence pour les raisons suivantes:

1. Le rendement est élevé. La consommation moyenne en combustible est voisine de 190 g/ch/h au lieu de 230 pour le moteur à essence (ce rendement se conserve à toutes les vitesses puisque la pression en fin de compression est constante).
2. Le combustible pour les moteurs Diesel est relativement



2.

bon marché et les gaz d'échappement sont moins toxiques que celles de l'essence.

3. Les dangers d'incendie sont réduits.

En effet, le gas - oil ne produit des vapeurs inflammables que chauffé aux environs de 80°C, soit à une température nettement supérieure à celle de l'été.

### Inconvénients

1. Les organes du moteur sont soumis à des pressions élevées donc à des efforts considérables, si bien que la construction de ces moteurs pose des problèmes mécaniques plus complexes que ceux des moteurs à explosion.

Les hautes températures sont indispensables pour enflammer spontanément le carburant injecté, ce qui nécessite des matériaux ayant une bonne tenue aux températures élevées.

2. Les pressions en cours de combustion normale sont voisines de  $5 \cdot 10^6$  à  $8 \cdot 10^6$  Pascal (50 à 80 Kg/cm<sup>2</sup>) mais ces valeurs sont dépassées s'il se produit des "ratés d'inflammation". En effet, au combustible non brûlé à la sortie de l'injecteur, s'ajoute le combustible injecté au cycle suivant, l'inflammation s'accompagne alors d'une élévation de pression considérable, qui peut atteindre  $10^7$  à  $2 \cdot 10^7$  Pascal (100 à 200 Kg/cm<sup>2</sup>).

### En conséquence

- Les pièces doivent être largement calculées.
- La construction est donc lourde.
- L'étanchéité entre piston et cylindre est difficile à réaliser, d'où une obligation de disposer sur les pistons cinq à six segments.

Une température constante assez élevée est indispensable pour obtenir une bonne combustion. Il faut donc prévoir



and many of the other things that have been done

the way of the world.

It is not the way of the world.

and all

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

### Conclusion

It is not the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

### References

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

the way of the world.

un refroidissement correct du moteur.

- L'entretien des organes de précision tels que les injecteurs ou la pompe d'injection nécessite l'intervention de spécialistes qualifiés.
- Le graissage est délicat en raisons des pressions élevées transmises par le piston à tout l'équipage mobile.

Des facteurs à considérer sont:

- le delai d'allumage, c.a.d. l'intervalle de temps qui s'écoule entre le début de l'injection et le début de la combustion.
- le delai d'injection. Pour des raisons mécaniques, il s'écoule un certain temps entre la levée de la soupape de débit de la pompe et l'instant où le combustible jaillit de l'injecteur.

### I.3. Rappel de physique

Loi de Mariotte: - A température constante le produit de la pression d'une masse donnée de gaz par son volume, est constant

$$P \times V = K$$

- A température constante, la pression d'une masse donnée de gaz est inversement proportionnelle à son volume.

Exemple: Un gaz occupe un volume de 1 litre à la pression de  $10^5$  Pascals ( $\pm 1 \text{ Kg/cm}^2$ ), on porte sa pression à  $10^6$  Pascals ( $10 \text{ Kg/cm}^2$ ) en réduisant son volume à 0,1 litre.

- A volume constant, la pression est proportionnelle à la température absolue. Si la température augmente, la pression augmente également. Nous avons donc les deux expressions

$$P \times V = K \text{ (si la température est constante)}$$

$$\frac{P}{T} = K' \text{ ( si le volume est constant)}$$

Ces lois régissent les gaz dits "parfaits"

Les gaz utilisés dans les moteurs Diesel ne sont pas des

On voit que les courbes de la figure 1  
sont des courbes de la même famille que  
celles de la figure 2. Elles sont  
donc des courbes de la même famille que  
celles de la figure 3.

On voit que les courbes de la figure 1  
sont des courbes de la même famille que  
celles de la figure 2. Elles sont  
donc des courbes de la même famille que  
celles de la figure 3.

On voit que les courbes de la figure 1  
sont des courbes de la même famille que  
celles de la figure 2. Elles sont  
donc des courbes de la même famille que  
celles de la figure 3.

On voit que les courbes de la figure 1  
sont des courbes de la même famille que  
celles de la figure 2. Elles sont  
donc des courbes de la même famille que  
celles de la figure 3.

On voit que les courbes de la figure 1  
sont des courbes de la même famille que  
celles de la figure 2. Elles sont  
donc des courbes de la même famille que  
celles de la figure 3.



gaz parfaits mais suivent sensiblement les lois des gaz parfaits.

Isotherme - On appelle compression ou détente isotherme, une compression ou une détente qui se fait à température constante.

Si nous considérons un cycle, la compression provoque une augmentation de température, la détente une baisse de température, il faut donc, si on veut réaliser une compression ou détente isothermique, soit:

- Enlever au gaz une quantité de chaleur équivalente à celle engendrée par la compression
- Apporter une quantité de chaleur équivalente à celle disparue lors de la détente.

Adiabatique - On appelle compression ou détente adiabatique, une compression ou détente qui se fait sans perte ni apport de chaleur.

Pour obtenir une compression adiabatique il est donc nécessaire que la chambre de compression (paroi du cylindre, piston et fond du cylindre) reste à une température constante, c.à.d. que la température du régime de l'ensemble une fois atteinte, doit être conservée, ce qui nécessite un refroidissement judicieux permettant la stabilisation de la température.

MAIS: A aucun moment du cycle pratique ou réel du moteur on ne trouve des variations qui soient exactement isothermes ou adiabatiques. On dit alors qu'elles sont polytropiques.

Isobare - Signifie pression constante. Une ligne isobare représente une partie du cycle pendant laquelle la pression reste constante et le volume variable. On la rencontre dans les moteurs à cycle lent.

Les points de la courbe sont les points de la courbe.

On appelle compression adiabatique la compression qui se fait sans échange de chaleur avec le milieu extérieur.

On appelle détente adiabatique la détente qui se fait sans échange de chaleur avec le milieu extérieur.

On appelle compression isotherme la compression qui se fait à température constante.

On appelle détente isotherme la détente qui se fait à température constante.

On appelle compression polytropique la compression qui se fait avec échange de chaleur avec le milieu extérieur.

On appelle détente polytropique la détente qui se fait avec échange de chaleur avec le milieu extérieur.

On appelle compression isochore la compression qui se fait à volume constant.

#### I.4. Etude du cycle de Carnot (fig. I)

D'après Diesel, l'injection progressive devait permettre la réalisation du cycle de Carnot en assurant la compression isotherme pendant le début de la course motrice du piston.

Pour réaliser la détente isotherme, Diesel injectait le combustible de façon progressive. La température se maintenait à  $800^{\circ}\text{C}$  alors que l'augmentation de volume entraînait une chute de pression allant jusqu'à  $9.10^6$  Pascals ( $90 \text{ Kg/cm}^2$ ).

A la fin de la combustion commençait la détente adiabatique avec diminution de la température et chute de la pression de  $9.10^6$  Pascals à  $10^5$  Pascals ( $90$  à  $1,033 \text{ Kg/cm}^2$ ) valeur de la pression atmosphérique.

Le cycle théorique de Carnot possède un excellent rendement qui ne fut jamais atteint. En pratique le rendement est égal à  $0,727$ .

Ce cycle comprend les phases suivantes:

AB = compression isotherme

BC = " adiabatique

CD = détente isotherme

DA = " adiabatique

#### I.5. Cycle à quatre temps (fig. 2)

##### Définition du cycle

C'est l'ensemble des évolutions qui subit une même masse de mélange depuis son entrée dans le cylindre jusqu'à sa sortie dans l'atmosphère, avec variation de volume, de pression et de température.

Les quatre temps correspondent à une rotation de vilebrequin égale à  $720^{\circ}\text{C}$ , soit deux tours.

Dans ce cycle nous avons les phases suivantes:

##### 1<sup>er</sup> temps: Admission

La soupape d'admission étant ouverte, la course descendante du piston créant une aspiration, de l'air pénètre dans le cylindre.





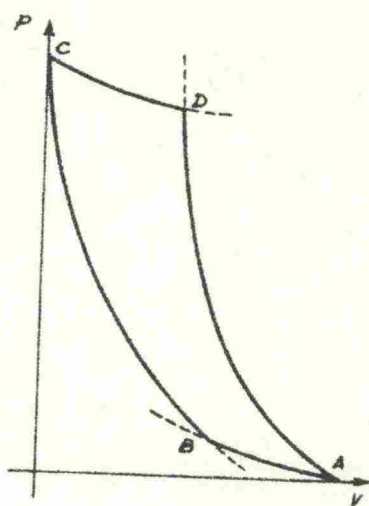


FIG. 1

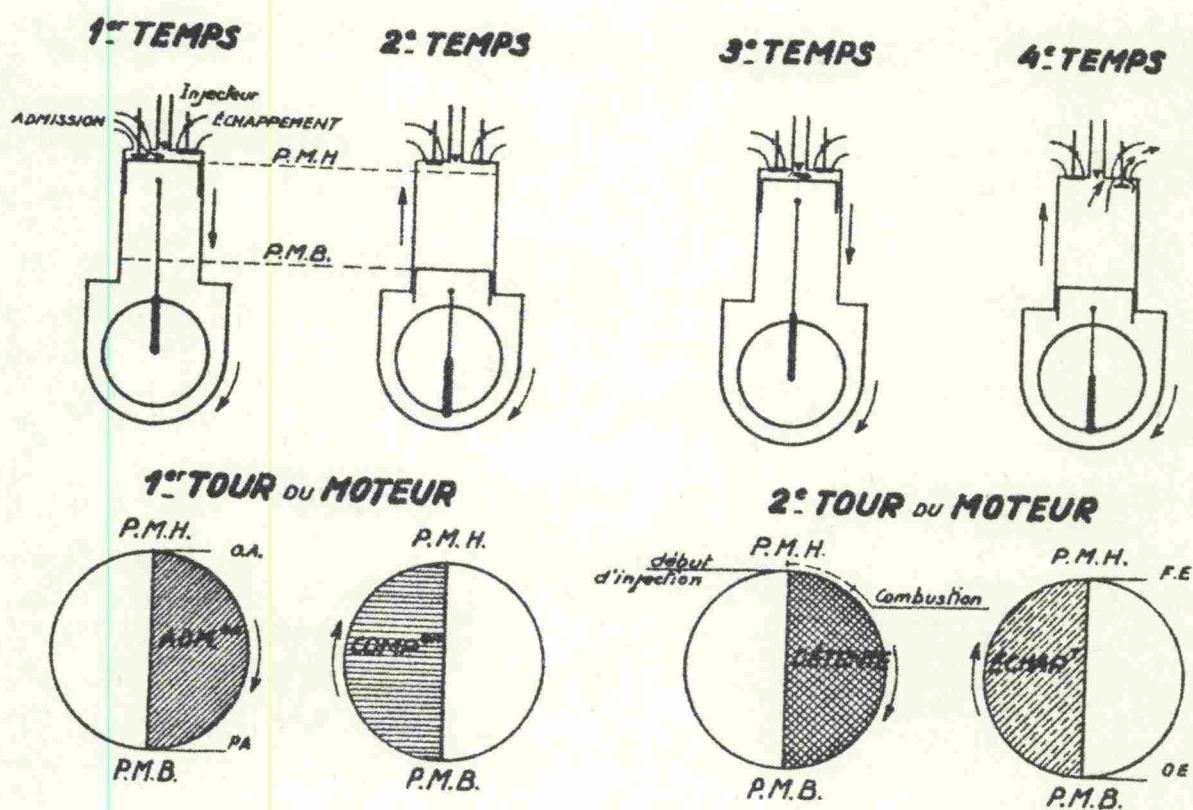


FIG. 2



FIG. 1

1<sup>er</sup> TEMPS



2<sup>es</sup> TEMPS



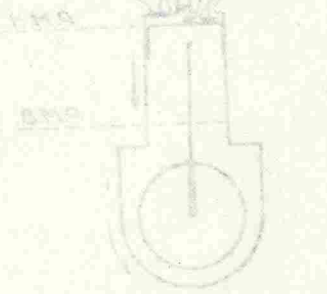
3<sup>es</sup> TEMPS



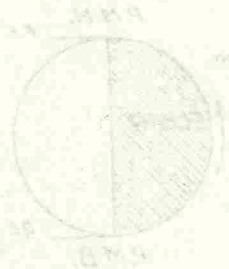
4<sup>es</sup> TEMPS



1<sup>er</sup> TEMPS



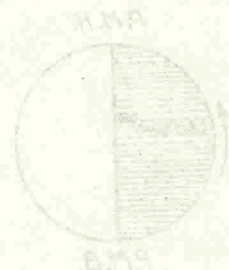
2<sup>es</sup> TEMPS



3<sup>es</sup> TEMPS



4<sup>es</sup> TEMPS



1<sup>er</sup> TEMPS



FIG. 2

## 2<sup>e</sup> temps: Compression

La soupape d'admission se referme. Dans sa course ascendante le piston comprime l'air à une pression de l'ordre de  $3.10^6$  à  $4.10^6$  Pascals. Cette compression brutale de l'air engendre une augmentation de température, environ  $600^{\circ}\text{C}$ .

## 3<sup>e</sup> temps: Injection, combustion, détente

Lorsque le piston arrive au voisinage du point mort (P.M.H.) en fin de compression, on injecte le combustible pulvérisé (pompe à injection) dans la chambre de combustion. La pression d'injection doit naturellement être supérieure à la pression régnant alors dans le cylindre pour permettre l'introduction du combustible (elle est de l'ordre de  $10.10^6$  à  $17.10^6$  Pascals).

Au contact de l'air comprimé à température élevée, le combustible s'enflamme de lui-même. La température d'inflammation du gaz - oil étant voisine de  $300^{\circ}\text{C}$ , donc bien inférieure à celle de l'air contenu dans le cylindre.

Il s'enflamme spontanément à mesure qu'il est injecté.

Néanmoins un certain temps mesurable s'écoule entre le début de l'injection et le début de la combustion. Cet intervalle est connu sous le nom de "délai allumage" que nous étudierons plus loin.

Les gaz augmentent très rapidement de volume, leur détente chasse le piston vers le bas, au point mort bas (P.M.B.). Le vilebrequin reçoit de l'énergie durant toute cette course: c'est le temps moteur.

Au moment de la combustion la pression atteint  $5.10^6$  à  $10^7$  Pascals et la température est de l'ordre de  $1800$  à  $2000^{\circ}\text{C}$ .

## 4<sup>e</sup> temps: Echappement

La soupape d'échappement s'ouvre, les gaz sont chassés par le piston qui remonte. Pour la distribution nous trouvons des avances et des retards à l'ouverture ou à la fermeture des soupapes.

2. General Description

The purpose of this study is to determine the effect of the proposed project on the environment. The study is being conducted in the area of the proposed project. The study is being conducted in the area of the proposed project.

3. Study Area

The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project.

The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project.

The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project. The study area is located in the area of the proposed project.

4. Methodology

The methodology used in this study is the following: The methodology used in this study is the following: The methodology used in this study is the following: The methodology used in this study is the following: The methodology used in this study is the following:

5. Results and Discussion

The results of the study are as follows: The results of the study are as follows: The results of the study are as follows: The results of the study are as follows: The results of the study are as follows:



### I.6. Cycle Diesel théorique (fig. 3)

Le diagramme se compose ainsi:

1<sup>er</sup> temps - Aspiration d'air AB

2<sup>e</sup> temps - Compression isothermique BC jusqu'à  $3 \cdot 10^5$  Pascals environ, avec injection d'eau pour éviter l'augmentation de température.

Puis compression adiabatique CD jusqu'à  $2,5 \cdot 10^7$  Pa, la température montant à plus de  $800^\circ\text{C}$ .

3<sup>e</sup> temps - Injection prolongée de combustible pour obtenir une combustion isotherme. La descente du piston s'accompagnant d'une baisse de température et de pression jusqu'à  $9 \cdot 10^6$  Pa, donc détente isotherme DE, puis détente adiabatique EF après cessation de l'injection.

4<sup>e</sup> temps - Chute de pression FB, puis échappement BA.

Ce cycle théorique ne peut être réalisé en raison de la trop forte compression demandée.

### I.7. Cycle Diesel pratique ou réel (fig. 4)

Pour obtenir un fonctionnement correct du moteur Diesel, les modifications suivantes ont été apportées au cycle théorique.

#### I.7.1. Avance Ouverture Admission (A O A)

Pour permettre une meilleure évacuation des gaz brûlés, on donne de l'avance à l'ouverture de la soupape d'admission, de façon à ce que l'air aspiré dans le cylindre chasse les gaz brûlés.

#### I.7.2. Retard Fermeture Admission (R F A)

On donne du retard à la fermeture de la soupape d'admission pour obtenir un meilleur remplissage.

En effet l'air ayant acquis une certaine vitesse durant la course descendante du piston, continue de pénétrer dans le cylindre pendant le temps mort du piston au P M B .

#### I.7.3. Avance Ouverture Echappement (A O E)

A la fin du cycle de détente, il est bon d'avoir de l'avance

1. The purpose of the study is to

to determine the effect of the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

2. The purpose of the study is to

of the study is to determine the

of the study is to determine the

3. The purpose of the study is to

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

4. The purpose of the study is to

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

of the study is to determine the

5. The purpose of the study is to

of the study is to determine the

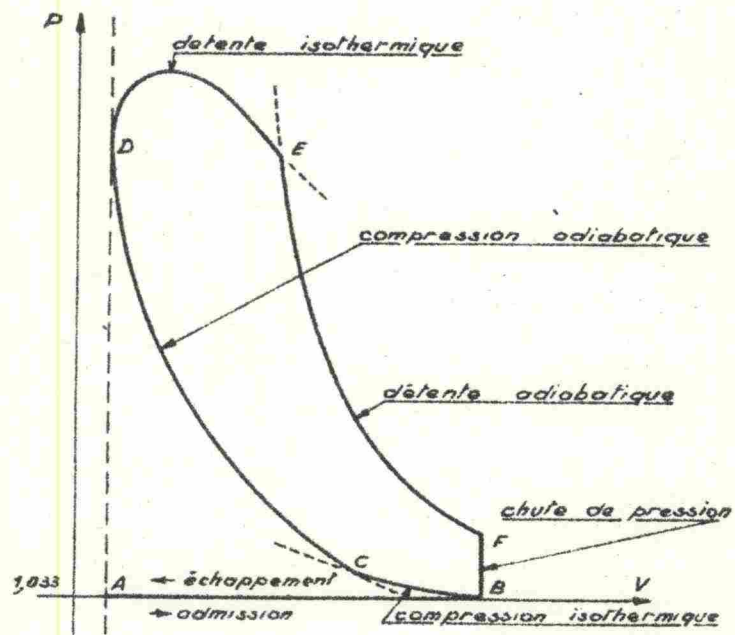


FIG. 3

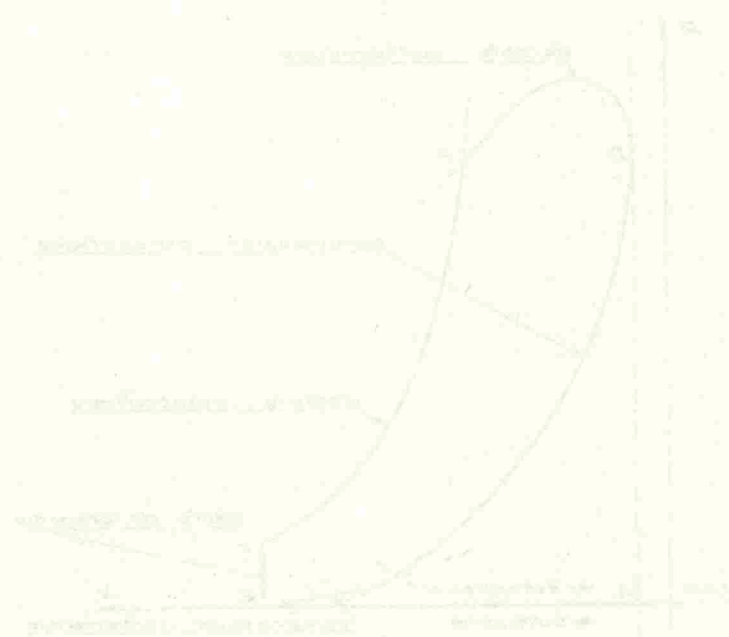


Fig. 1

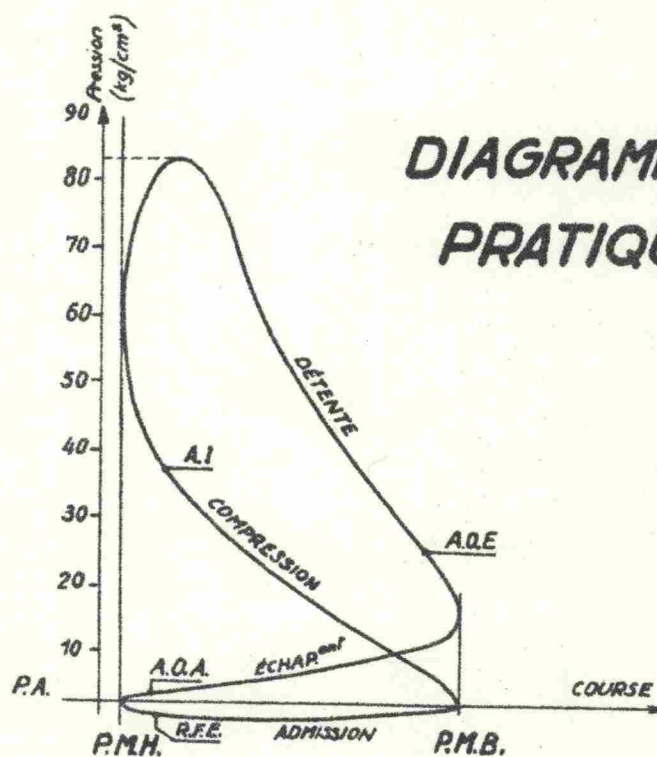
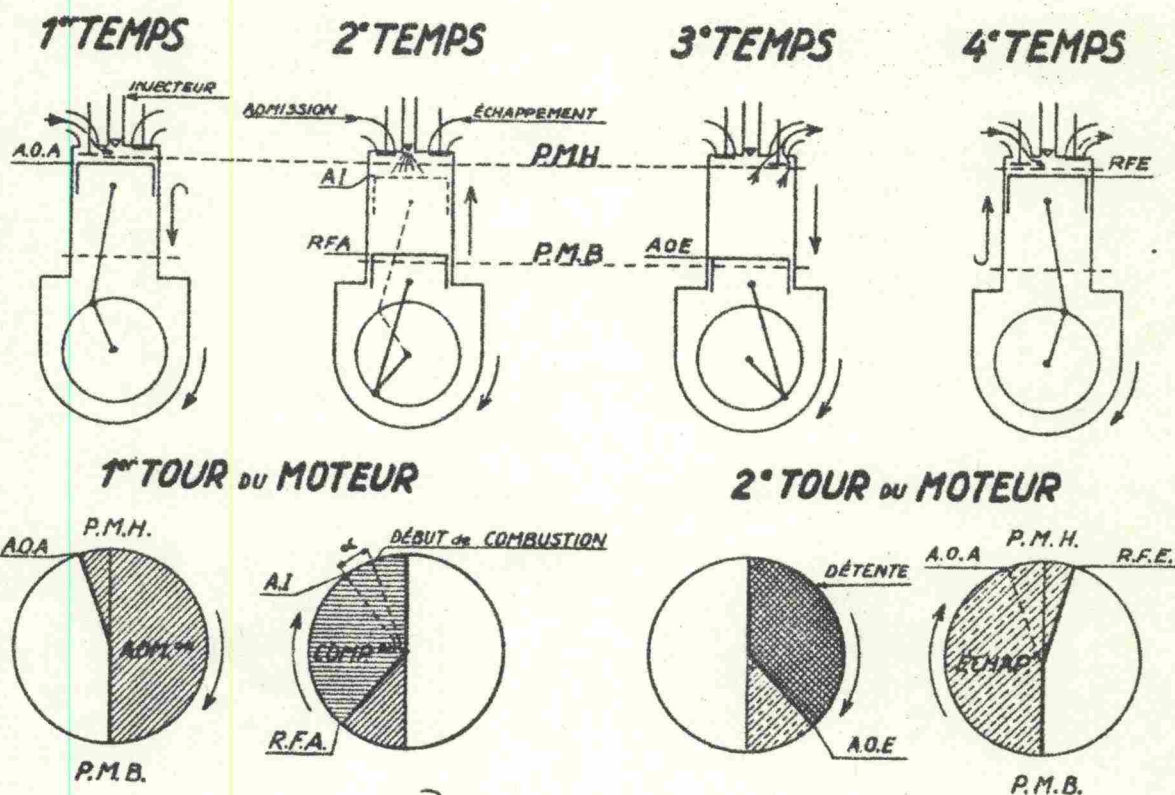


FIG. 4



4 TEMPS



3 TEMPS



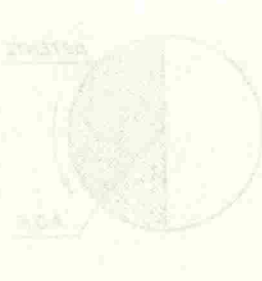
2 TEMPS



1 TEMPS



5. TOUR de MOTEUR



7. TOUR de MOTEUR



DIAGRAMME  
PRATIQUE

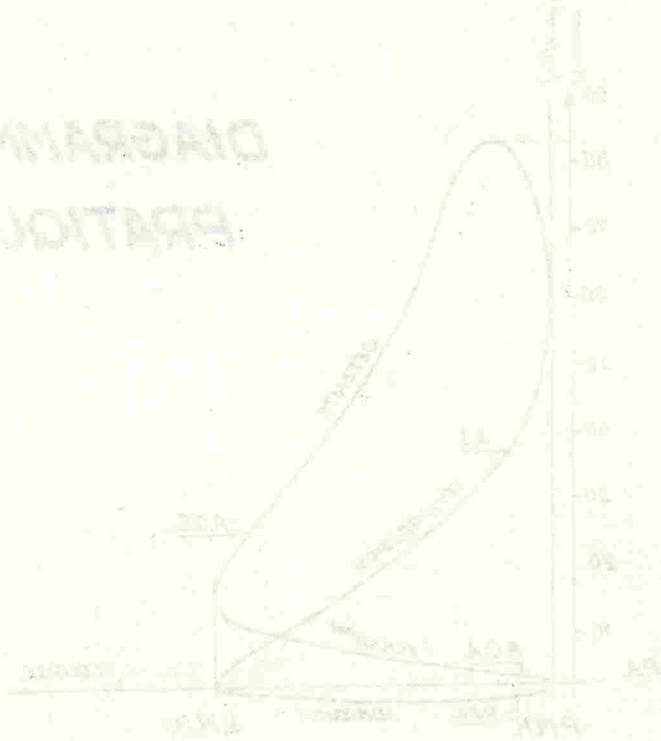


FIG. 1

à l'ouverture de la soupape d'échappement pour permettre une meilleure évacuation des gaz brûlés.

#### I.7.4. Retard Fermeture Echappement (R F E)

Ce retard correspond à quelque chose près à l'avance à l'ouverture de la soupape d'admission. En effet, les gaz frais pénétrant dans le cylindre chassent les gaz brûlés.

Nous verrons dans les prochains chapitres que ceci est important dans le moteur Diesel fonctionnant suivant le cycle à deux temps.

#### I.7.5. Avance à l'injection (A. I.)

Comme un certain temps s'écoule entre le début de l'injection et le début de la combustion, représenté par l'angle  $\alpha$  sur la figure, il faut de l'avance à l'injection pour faire coïncider le début de la combustion avec la position du piston au P.M.H. C'est pour cette raison que durant la compression on injecte le combustible avant que le piston soit exactement au P.M.H.

Il ne faut négliger cette avance, mais ne pas exagérer sous peine d'entraîner de graves inconvénients.

#### I.8. Cycle à pression constante (fig. 5)

Le diagramme du cycle Diesel à pression constante comprend les phases suivantes:

1<sup>er</sup> temps - Admission d'air AB

2<sup>e</sup> temps - Compression adiabatique BC

3<sup>e</sup> temps - Injection et combustion isobare CD

La pression reste constante, le volume augmente.

Puis détente adiabatique DE; la pression baisse progressivement car le volume augmente par suite du déplacement du piston.

4<sup>e</sup> temps - Echappement

Le piston étant au P.M.B. la soupape d'échappement s'ouvre. Chute brusque de pression EB. De B en A les gaz sont repoussés par le piston qui remonte.

La pression d'injection ayant une valeur très élevée

1. The purpose of this study is to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

1.1. The first part of the study is a pilot study to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

1.2. The second part of the study is a main study to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

1.3. The third part of the study is a follow-up study to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

1.4. The fourth part of the study is a conclusion to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

1.5. The fifth part of the study is a discussion to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

1.6. The sixth part of the study is a conclusion to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

1.7. The seventh part of the study is a conclusion to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

1.8. The eighth part of the study is a conclusion to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

1.9. The ninth part of the study is a conclusion to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

1.10. The tenth part of the study is a conclusion to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

1.11. The eleventh part of the study is a conclusion to determine the effect of the treatment on the response of the subjects.

nécessite des compresseurs d'air à plusieurs étages très coûteux. En outre, le jet d'air et de combustible enflammé brûle les têtes de piston qui doivent être refroidis à l'huile pour éviter une détérioration trop rapide.

Cependant l'air d'injection assure une pulvérisation parfaite du combustible et un fonctionnement sans fumée ce qui n'est pas négligeable dans certains cas. Applicable qu'aux gros Diesel (550 à 1500 chevaux)

#### I.9. Cycle à volume constant (fig. 6)

Le diagramme comprend les phases suivantes:

1<sup>er</sup> temps - Admission d'air AB

2<sup>e</sup> temps - Compression adiabatique BC

3<sup>e</sup> temps - Injection automatique du combustible qui s'enflamme spontanément.

La combustion étant très rapide, la pression augmente brusquement, donc combustion à volume constant et pression variable CD suivi de la détente adiabatique DE avec baisse de pression progressive.

4<sup>e</sup> temps - Echappement

D'abord chute de pression EB, puis évacuation des gaz brûlés qui se trouvent alors sensiblement à la pression atmosphérique en BA.

Le cycle à volume constant est difficile à réaliser parce qu'il conduit à des pressions élevées et qu'il suppose une combustion instantanée impossible à obtenir en pratique.

#### I.10. Cycle mixte (fig. 7)

On réalise une combinaison de deux cycles précédents.

- Combustion à volume constant et pression variable.

- " à pression constante et volume variable

Le diagramme comprend les phases suivantes:

1<sup>er</sup> temps - Admission d'air AB





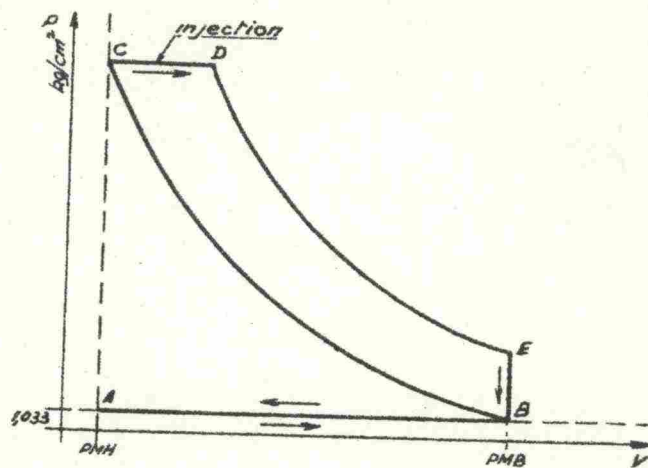


FIG. 5

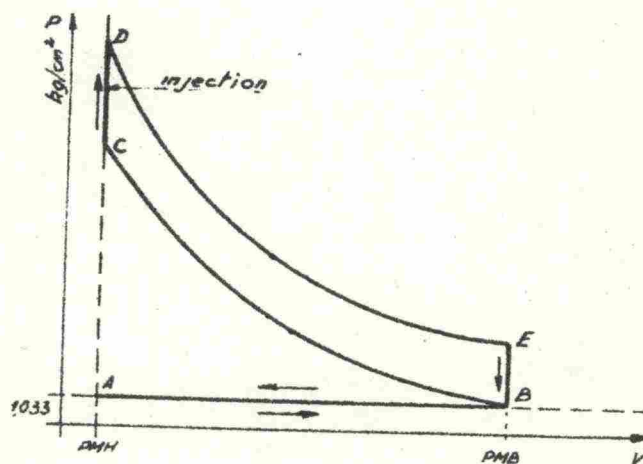


FIG. 6

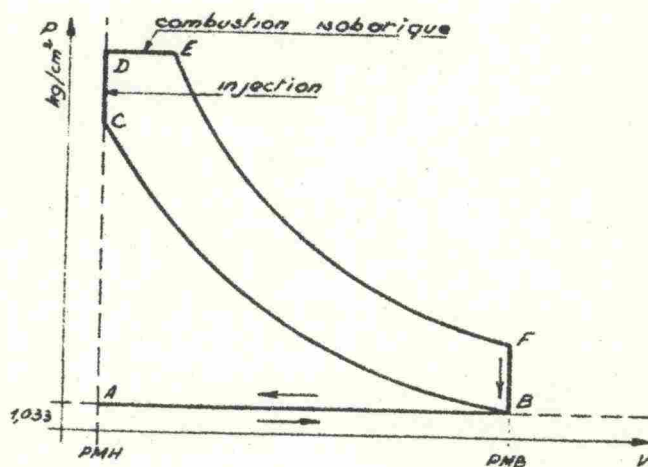


FIG. 7

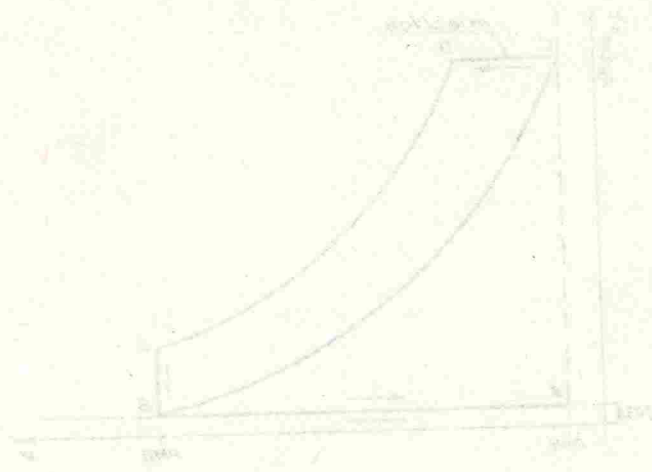


Figure 2

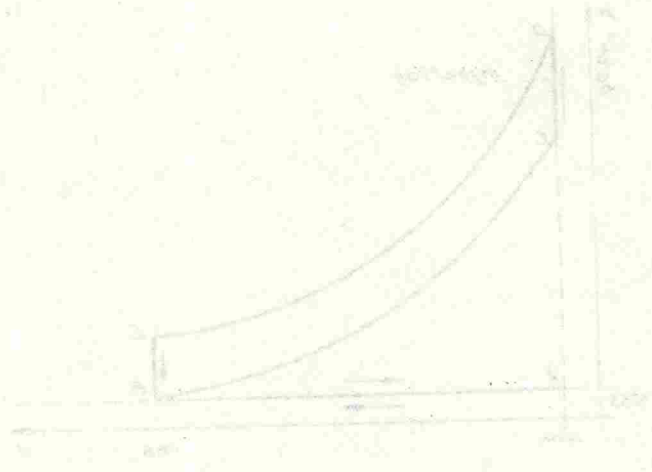


Figure 3

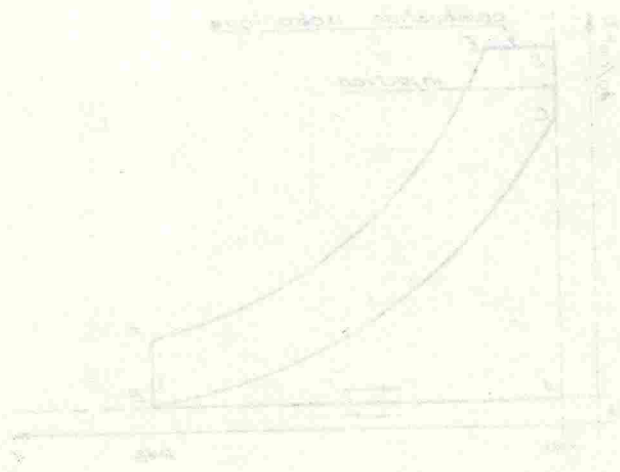


Figure 4

2<sup>e</sup> temps - Compression adiabatique BC

3<sup>e</sup> temps - Injection et combustion à volume constant et pression variable CD.

Combustion isobare (pression constante, volume variable) DE. Détente adiabatique EF.

4<sup>e</sup> temps - Echappement

Chute de pression FB, puis évacuation des gaz brûlés BA.

Quel que soit le réglage, le rendement du cycle théorique n'est jamais atteint pour les raisons suivantes:

1. Une bonne partie de la chaleur est absorbée par les parois du cylindre.
2. Le cylindre ne se remplit jamais complètement par suite du freinage provoqué par le passage de l'air et des gaz brûlés dans les canalisations.
3. Il se produit un certain retard à l'inflammation.
4. Le freinage des gaz brûlés à l'échappement oblige à avancer leur évacuation, d'où perte de travail.
5. Les frottements mécaniques sont généralement la cause d'une perte de travail atteignant parfois 15%.

## I.II. Définitions

### I.II.I. La cylindrée

La cylindrée est représentée par le volume du cylindre engendré par le déplacement du piston entre le point mort haut (P.M.H.) et le point mort bas (P.M.B.)

Pour calculer la cylindrée unitaire il faut appliquer la formule:

$$V_u = \frac{\pi D^2 \times C}{4}$$

où D est le diamètre du piston

et C la course du piston

Cylindrée totale  $V_t = V_u \times n$  où n est le nombre de cylindres.

1. Introduction - L'objectif de ce rapport est d'analyser les données recueillies lors de l'enquête menée en 1998. Les données sont présentées sous forme de tableaux et de graphiques. Les conclusions sont tirées de l'analyse des données. Les recommandations sont formulées en fonction des conclusions.

2. Données - Les données sont présentées sous forme de tableaux et de graphiques. Les conclusions sont tirées de l'analyse des données. Les recommandations sont formulées en fonction des conclusions.

3. Conclusion - Les conclusions sont tirées de l'analyse des données. Les recommandations sont formulées en fonction des conclusions.

4. Annexes - Les annexes sont présentées sous forme de tableaux et de graphiques. Les conclusions sont tirées de l'analyse des données. Les recommandations sont formulées en fonction des conclusions.



**Exemple:**

Pour obtenir une cylindrée en litres il faut convertir les millimètres en décimètres.

Un moteur de quatre cylindres de 120 mm. d'alesage et de 180 mm. de course a pour cylindrée totale:

$$V_t = \frac{3,14 \times (1,2)^2 \times 1,8}{4} \times 4 = 8,14 \text{ litres}$$

**I.II.2. Le taux de compression ou rapport volumétrique (fig. 8)**

Il s'exprime par la lettre P.

Le taux de compression est le rapport entre le volume V de la cylindrée unitaire augmentée de volume v de la chambre de combustion divisée par ce volume v.

Si le volume V aspiré par le piston sur la figure représente 80 cm<sup>3</sup> et que le volume de la chambre de compression v soit 10 cm<sup>3</sup>, on peut dire que le taux de compression est égal à 9 puisque:

$$V = 80 \text{ cm}^3 \quad \text{et} \quad v = 10 \text{ cm}^3$$

$$P = \frac{V + v}{v} = \frac{80 + 10}{10} = 9$$

Ici nous avons V qui représente la cylindrée unitaire (V<sub>u</sub>) et v qui représente le volume de la chambre de combustion c.à.d. le volume existant au dessus du piston lorsqu'il est au P.M.H.

Il faut remarquer cependant que le volume v comprend celui de la chambre de combustion en tenant compte de l'épaisseur du joint de culasse, celui de la chambre auxiliaire si elle existe, desquels il faut déduire le volume des têtes de soupapes, l'extrémité dépassant de l'injecteur et de la bougie de chauffage s'il y a lieu.

**I.II.3. Travail utile**

Le travail utile recueilli sur l'arbre du moteur se



mesure au moyen du frein de PRONY, du frein de FROUDE et du frein électrique. Le travail utile est égal au travail indiqué moins les pertes dues au frottement; il représente environ 80% de celui-ci.

#### II.4. Couple moteur

Un couple est un système de deux forces égales, parallèles et de sens contraire. Il est caractérisé par la grandeur des forces mises en jeu et par la distance entre les points d'application de ces forces, c.à.d. la longueur du bras du levier.

L'effort exercé sur le piston par la combustion est une pression c.à.d. une force par unité de surface. Chaque piston est soumis à une force qui s'exerce dans la direction de son déplacement et qui est appliquée aux manetons créant ainsi un couple moteur qui se transmet au vilebrequin.

On peut calculer le couple moteur en fonction de la puissance sur la relation  $P = C \omega$

La puissance est exprimée en watts. Le couple  $C$  en mN (mètre-Newton),  $\omega$  la vitesse angulaire en radians/sec.

Désignons par  $F_t$  l'effort tangentiel en newtons

$R$  le rayon du volant en mètres.

On a:  $C = F_t \times R$

Si on appelle  $n$  le nombre de tours par minute:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Puissance en watts:

$$P = \frac{2\pi n}{60} \times F_t \times R$$

Un cheval vapeur vaut 736 watts

$$\text{Puissance en ch: } P = \frac{2\pi n}{60 \times 736} \times F_t \times R$$

$$\text{En réduisant } \frac{736 \times 60}{2\pi} = 7031,8$$

mesure au moyen du train de THOMAS, du train de THOMAS et du train de THOMAS. Le travail utile est égal au travail utile que nous les avons mesuré au travail; il représente ainsi son rôle de travail.

## II. Les forces motrices

Le travail est un système de deux forces égales, les forces de la terre et la force de la terre. Il est représenté par la force de la terre mise en jeu par la distance entre les points d'application de ces forces, c'est-à-dire la distance de la terre à la terre.

Effort exercé sur la terre par la combustion d'une pression de 1,5 kg par unité de surface. Chaque piston est soumis à une force qui s'exerce dans la direction de son déplacement et qui est appliquée aux manivelles d'axe de rotation. Les forces de la terre qui se transmettent au vilebrequin.

On peut calculer la couple moteur en fonction de la puissance et la relation  $P = C \cdot \omega$ .

La puissance est exprimée en Watts. Le couple  $C$  en Nm (Newton-mètre),  $\omega$  la vitesse angulaire en rad/s.

Le couple  $C$  est la somme des couples des manivelles. Le couple  $C$  est la somme des couples des manivelles.

On a  $C = \sum C_i$  et  $\omega = \sum \omega_i$ . Si on appelle  $n$  le nombre de tours par minute:

$$C = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi n}$$

Relation en Watts:

$$P = \frac{2\pi n}{60} \cdot C = \frac{2\pi n}{60} \cdot \frac{P}{2\pi n}$$

On trouve ainsi  $P = 100$  Watts.

$$P = \frac{2\pi n}{60} \cdot C = \frac{2\pi n}{60} \cdot \frac{P}{2\pi n}$$

$$P = \frac{2\pi n}{60} \cdot C = \frac{2\pi n}{60} \cdot \frac{P}{2\pi n}$$



On obtient : 
$$P = \frac{n \times F_t \times R}{7031,8} \text{ ch}$$

Et l'on tire : 
$$C = \frac{P \times 7031,8}{n}$$

Exemple

Un moteur développe sur son arbre une puissance de 80 chevaux à 3500 tr/mn. Calculez son couple moteur.

$$C = \frac{P \times 7031,8}{n} = \frac{80 \times 7031,8}{3500} = 160,72 \text{ mN}$$

Un couple de I mN est représenté par une force de I newton agissant à l'extrémité d'un bras de levier de I mètre.

$$\begin{aligned} \text{of which: } & A = 1 \times 10^{11} \text{ g} \\ & B = 1 \times 10^{11} \text{ g} \\ & C = 1 \times 10^{11} \text{ g} \end{aligned}$$

Example

Of these three, only A and B are present in the  
 chemical 1000, which is the only one  
 of the three.  $A = 1 \times 10^{11} \text{ g}$ ,  $B = 1 \times 10^{11} \text{ g}$   
 1000

Of these three, only A and B are present in the  
 chemical 1000, which is the only one

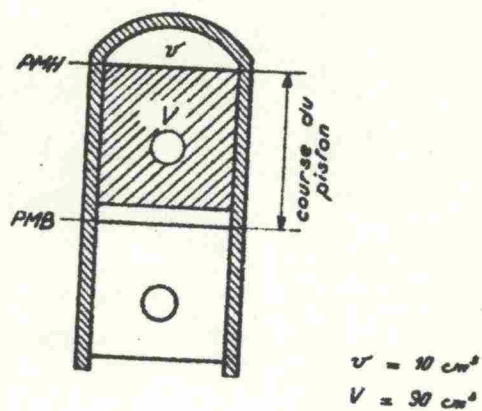


FIG. 8

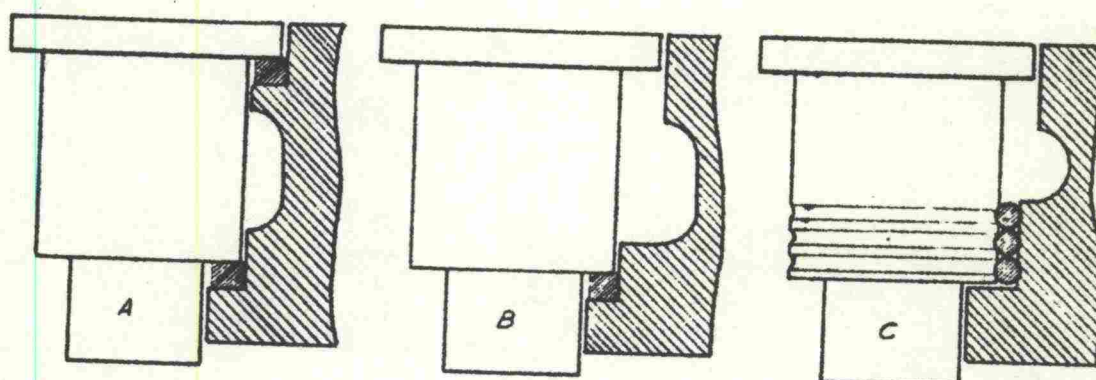


FIG. 9

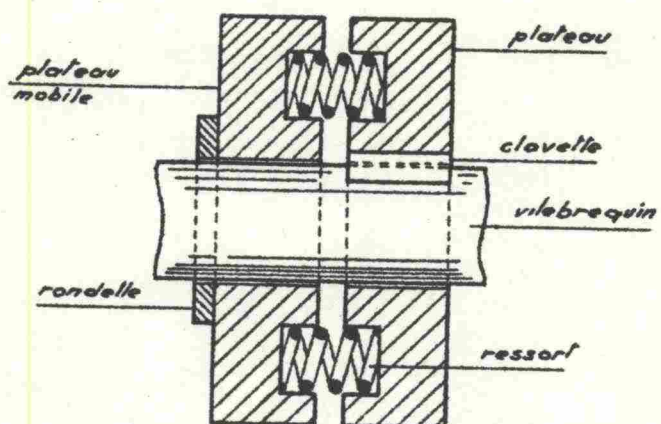
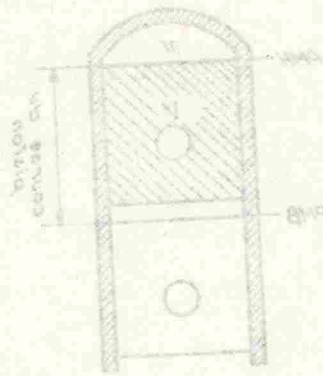


FIG. 10



$1/2 = 2$   
 $1/2 = 2$

FIG. 8

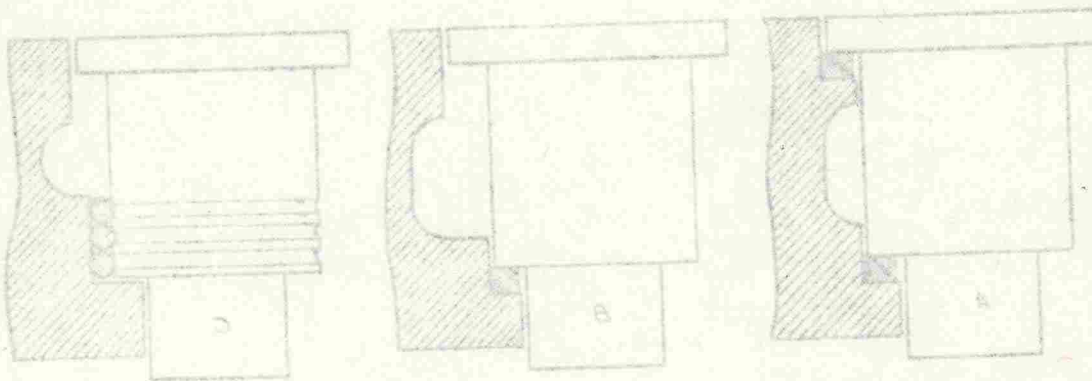


FIG. 9

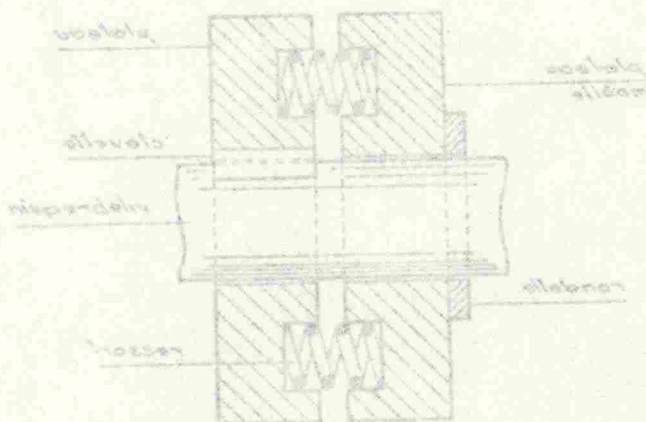


FIG. 10

## CHAPITRE II

### DESCRIPTION ORGANIQUE

La structure générale du moteur Diesel diffère peu de celle du moteur à allumage commandé. Il comporte des organes analogues sauf en ce qui concerne l'alimentation et l'allumage.

Les moteurs Diesel ne diffèrent pratiquement des moteurs à allumage commandé que par la culasse et la forme du piston.

#### 2.1. Groupe cylindre

Il peut être formé d'un seul élément venu de fonderie, et dans ce cas il est en fonte grise, mais il peut également être formé de plusieurs éléments.

Malgré leur prix élevés, l'emploi d'alliage légers tend à se généraliser. Ce sont des alliages spéciaux de fonte au chrome, au vanadium ou au nickel.

En effet, si la fonte ordinaire résiste bien à la compression, elle résiste mal aux efforts de traction.

Les cylindres proprement dits comportent souvent des chemises rapportées, montées "humides", c.à.d. noyées dans le groupe, et dans ce cas l'étanchéité est assurée par les joints, ou montées sèches, l'étanchéité étant assurée alors par la dilatation du métal.

#### Montage des chemises humides (fig. 9)

Selon les montages, l'étanchéité est assurée:

- I. Par un joint de cuivre rouge déformable à l'écrasement placé à la partie supérieure sans la collerette de la chemise et par un joint à la partie inférieure sous l'épaulement (A).
2. Par un joint d'émbase sous l'épaulement de la chemise (B).
3. Par des joints en caoutchouc placés dans des gorges circulaires usinées dans la paroi extérieure de la chemise et venant prendre appui contre la paroi intérieure du groupe-cylindre (C).



EXTRAIT  
DE LA LOI

La loi a pour objet de réglementer le service des  
travailleurs agricoles, et de leur garantir les  
conditions de travail les plus favorables.  
Elle a pour but de protéger les intérêts des  
travailleurs agricoles, et de leur assurer  
une existence matérielle et morale satisfaisante.

ART. 1.

Il est créé une commission chargée d'étudier  
les questions relatives au travail agricole,  
et de proposer des mesures pour améliorer  
les conditions de travail.

La commission est composée de représentants  
des pouvoirs publics, des travailleurs agricoles,  
et des experts compétents.

Elle a pour mission de faire rapport au  
gouvernement sur les questions qui lui sont  
renvoyées.

Le gouvernement est tenu de prendre  
les mesures nécessaires pour améliorer  
les conditions de travail des travailleurs  
agricoles, et de leur assurer une existence  
matérielle et morale satisfaisante.

ART. 2.

Les lois relatives au travail agricole

doivent être conformes aux principes  
généraux de la loi.

La loi a pour objet de réglementer le service des

travailleurs agricoles, et de leur garantir les

conditions de travail les plus favorables.

Elle a pour but de protéger les intérêts des

travailleurs agricoles, et de leur assurer

Ces chemises ont une bonne épaisseur, ce qui leur permet de résister aux fortes pressions.

Cette solution présente l'avantage d'éviter les travaux de rectification très précis du diamètre extérieur de la chemise, étant donné que le bloc ne comporte alors que des aléages de centrage. De plus le refroidissement est meilleur puisque la chemise est en contact direct avec l'eau.

Les chemises sont fabriquées en fonte spéciale dont la dureté Brinell se situe entre 220 et 260.

L'alliage de fonte comporte souvent du graphite lamellaire qui contribue à la lubrification et du phosphore qui favorise la bonne tenue de la chemise.

Les chemises humides sont livrées, alésage et diamètre extérieur terminés. Leur emmanchement se fait pratiquement à la main, le jeu, permettant le glissement, est prévu sur la chemise.

Les groupes des moteurs Diesel, qui comportent des chemises humides sont le plus souvent coulés d'un seul bloc d'où leur nom général de groupe-cylindre.

#### Montage des chemises sèches

Les chemises sèches sont toujours emmanchées à frottement dur. La mise en place se fait, soit à la presse avec frottement sur toute la longueur de la chemise, soit après avoir plongé la chemise dans un gaz liquide tel que l'azote dont la température d'évaporation atteint  $-180^{\circ}\text{C}$  à la pression atmosphérique. Ceci provoque une concentration suffisante du métal pour que la chemise puisse entrer librement dans le groupe. Il est parfois nécessaire, après mise en place de rectifier le "fût", c.à.d. la paroi intérieure de la chemise, pour supprimer les déformations dues au serrage dans le groupe.



## 2.2. Carter inférieur

Il est en tôle emboutie ou en alliage léger muni de nervures extérieures jouant le rôle d'ailettes de refroidissement.

A l'intérieur de ce carter se trouve le "tamis" ou "crépine" de filtrage ainsi que la ou les pompes à huile, selon le type du moteur.

Dans le cas de deux pompes, l'une servira à l'aspiration et l'autre au refoulement.

Un tube de ventilation de grande section, appelé "reniflard", est prévu pour éviter les surpressions dans le carter et pour éliminer les vapeurs dont la condensation entraînerait la dilution de l'huile de graissage.

## 2.3. Ligne d'arbre

Les pressions sur les paliers du moteur atteignent facilement le double de celles que l'on peut enregistrer dans le cas d'un moteur à allumage commandé.

Pour assurer le maximum de rigidité au bloc et éviter le fléchissement du vilebrequin on dispose toujours un palier de plus que le nombre de cylindres du moteur.

De ce fait et pour éviter de donner au moteur des dimensions trop importantes, on diminue la largeur de ces paliers, ainsi que la largeur des manetons de bielles. Ces diminutions sont compensées par une augmentation de diamètre, afin de conserver une surface de contact suffisante pour supporter les fortes pressions auxquelles sont soumis les paliers.

Pour supporter les poussées latérales du vilebrequin, un des paliers possède une "butée". A cet effet le coussinet est muni de joues, de grandes dimensions, réglées ou sur lesquelles on a rapporté une plaque de bronze.

La surface circulaire présentée par la joue peut alors supporter aisement la pousée latérale sous une faible pression.

Le jeu latéral du vilebrequin recommandé par le constructeur varie de 10 à 40/100 mm.







L'étanchéité aux paliers AR est assurée par des joints ou par les dispositifs suivants:

1. turbine de rejet d'huile rapportée sur le vilebrequin,
2. filetage usiné ou rapporté sur le vilebrequin,
3. par de points de feutre ou une bague antifuite.

L'étanchéité au palier avant est souvent assurée par un joint placé dans le couvercle de distribution; l'huile peut alors sans inconvénient s'écouler dans ce carter et servir au graissage des pignons ou de la chaîne de distribution. Un trou de communication dans le carter inférieur du moteur permet le retour de l'huile.

#### 2.4. Vilebrequin (fig. II)

Le vilebrequin est obtenu par forgeage. Il est en acier au nickel-chrome ou au nickel-chrome-molybdène à très haute résistance.

Après usinage les portées des tourillons et manetons subissent un traitement thermique de durcissement, cémentation, nitruration.

Après le vilebrequin est rectifié à l'aide de machines de haute précision (rectifieuses).

Avant la rectification les vilebrequins sont percés de trous mettant en communication la portée des tourillons avec la portée des manetons. Pour éviter les vibrations on élimine le "balourd" du vilebrequin en l'équilibrant statiquement et dynamiquement.

L'équilibrage statique consiste à conserver fixe le centre de gravité du vilebrequin pour toutes les positions correspondant à un déplacement angulaire de celui-ci.

L'équilibrage dynamique consiste à conserver fixe le centre de gravité du vilebrequin lorsque celui-ci est animé d'un mouvement de rotation. Il faut bien remarquer que sous l'effet de la rotation les différentes parties du vilebrequin sont soumises à la force centrifuge dont la valeur et le sens varient le long de l'axe, ce qui crée des efforts tendant à déplacer le centre de gravité si la rigidité de l'ensemble vilebrequin palier n'est pas suffisante.

1. The following are the results of the survey on the

the following are the results of the survey on the

1. The following are the results of the survey on the

2. The following are the results of the survey on the

3. The following are the results of the survey on the

4. The following are the results of the survey on the

5. The following are the results of the survey on the

6. The following are the results of the survey on the

7. The following are the results of the survey on the

8. The following are the results of the survey on the

#### 2.1. The following are the results of the survey on the

1. The following are the results of the survey on the

2. The following are the results of the survey on the

3. The following are the results of the survey on the

4. The following are the results of the survey on the

5. The following are the results of the survey on the

6. The following are the results of the survey on the

7. The following are the results of the survey on the

8. The following are the results of the survey on the

9. The following are the results of the survey on the

10. The following are the results of the survey on the

11. The following are the results of the survey on the

12. The following are the results of the survey on the

13. The following are the results of the survey on the

14. The following are the results of the survey on the

15. The following are the results of the survey on the

16. The following are the results of the survey on the

17. The following are the results of the survey on the

18. The following are the results of the survey on the

19. The following are the results of the survey on the

20. The following are the results of the survey on the

Le poids de chaque attelage bielle-manivelle est sans importance pour l'équilibrage du moteur, mais il est indispensable que ce poids soit rigoureusement le même pour chaque bielle.

#### 2.5. Le Damper (fig. 10)

Le vilebrequin est souvent muni d'un amortisseur de vibration que l'on nomme DAMPER.

Pendant la rotation correspondant à un tour de vilebrequin, l'effort exercé sur les bielles est constamment variable. Il est au maximum lors de la détente et décroît jusqu'à devenir nul à la fin de celle-ci. Il s'ensuit que les efforts de flexion et les couples de torsion sont constamment variables, ce qui engendre des vibrations dont la fréquence varie avec la vitesse.

Pour éviter ces phénomènes on monte en bout du vilebrequin un damper pour amortir l'amplitude des vibrations. Il est constitué par un plateau rendu solidaire du vilebrequin au moyen d'une clavette et d'un autre plateau mobile autour de son axe.

Ce deuxième plateau est poussée sur la butée par des ressorts qui permettent aussi un léger déplacement angulaire du plateau mobile par rapport au plateau fixe. Ce léger déplacement suffit à absorber les amorces de vibrations résultant de la variations de l'effort de torsion.

Le premier de ces points est la question de la répartition des pouvoirs entre les différents départements de l'administration. Il s'agit de déterminer les attributions de chaque service, de manière à éviter les conflits et les redoublements.

Le second point est la question de la formation du personnel. Il faut s'assurer que les fonctionnaires sont recrutés sur la base de leurs mérites et de leurs capacités. Cela implique la mise en place d'un système de concours et de promotions régulières.

Le troisième point est la question de la formation du personnel. Il faut s'assurer que les fonctionnaires sont recrutés sur la base de leurs mérites et de leurs capacités. Cela implique la mise en place d'un système de concours et de promotions régulières.

Le quatrième point est la question de la formation du personnel. Il faut s'assurer que les fonctionnaires sont recrutés sur la base de leurs mérites et de leurs capacités. Cela implique la mise en place d'un système de concours et de promotions régulières.

Le cinquième point est la question de la formation du personnel. Il faut s'assurer que les fonctionnaires sont recrutés sur la base de leurs mérites et de leurs capacités. Cela implique la mise en place d'un système de concours et de promotions régulières.

Le sixième point est la question de la formation du personnel. Il faut s'assurer que les fonctionnaires sont recrutés sur la base de leurs mérites et de leurs capacités. Cela implique la mise en place d'un système de concours et de promotions régulières.

Le septième point est la question de la formation du personnel. Il faut s'assurer que les fonctionnaires sont recrutés sur la base de leurs mérites et de leurs capacités. Cela implique la mise en place d'un système de concours et de promotions régulières.

Le huitième point est la question de la formation du personnel. Il faut s'assurer que les fonctionnaires sont recrutés sur la base de leurs mérites et de leurs capacités. Cela implique la mise en place d'un système de concours et de promotions régulières.

Le neuvième point est la question de la formation du personnel. Il faut s'assurer que les fonctionnaires sont recrutés sur la base de leurs mérites et de leurs capacités. Cela implique la mise en place d'un système de concours et de promotions régulières.

Le dixième point est la question de la formation du personnel. Il faut s'assurer que les fonctionnaires sont recrutés sur la base de leurs mérites et de leurs capacités. Cela implique la mise en place d'un système de concours et de promotions régulières.



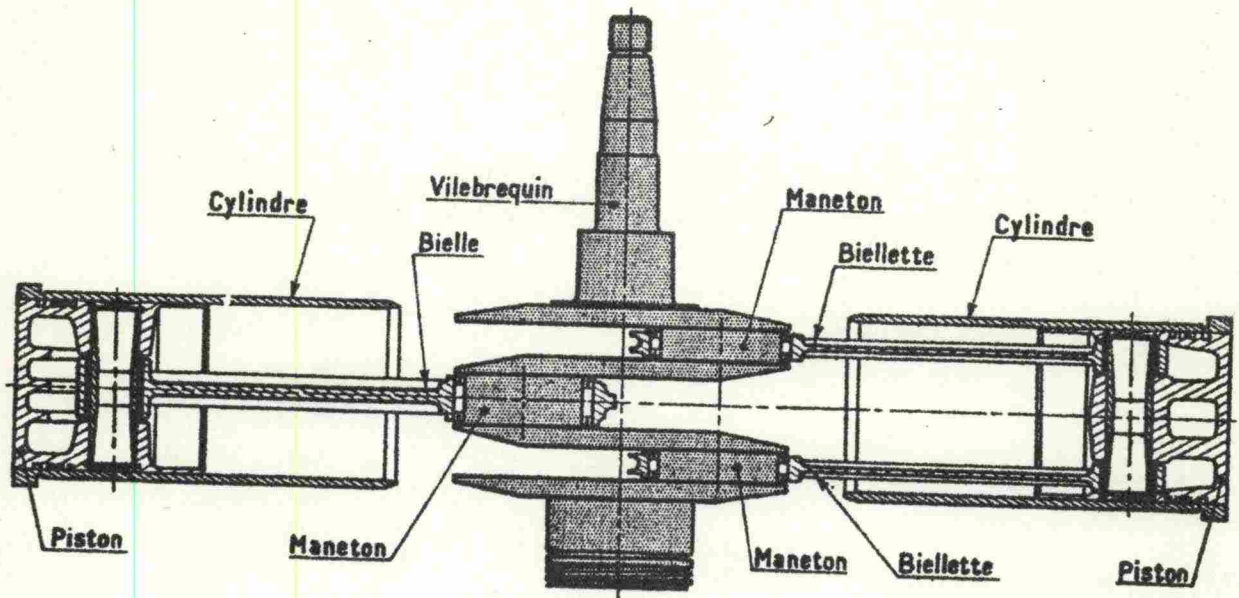


FIG. 11

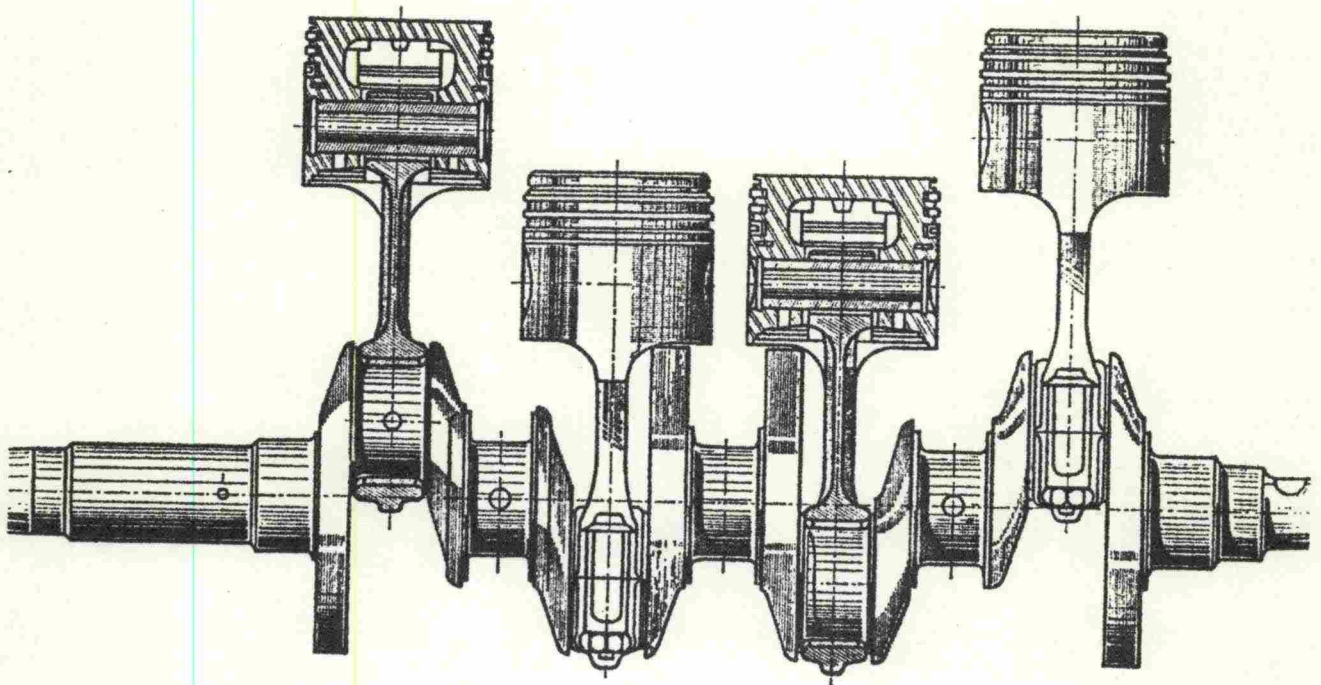


FIG. 12





## 2.6. Bielles (fig. I2)

Les bielles sont les organes de liaison entre les pistons et le vilebrequin. Elles transforment le mouvement rectiligne du piston, en un mouvement de rotation du vilebrequin.

Une bielle comprend trois parties essentielles:

1. Un pied de bielle bagué et alésé si l'axe de piston doit pivoter dans le pied de bielle.
2. Un corps de bielle généralement en forme de I.
3. Une tête de bielle et son chapeau maintenu en place par un boulon en acier à haute résistance à la traction.

Le plan de contact entre la bielle et son chapeau et généralement perpendiculaire à l'axe du corps de bielle. Cependant on peut trouver des bielles dont l'axe est oblique sur le plan-joint.

## 2.7. Pistons (fig. I3)

Le rôle du piston est de recevoir l'effort moteur exercé par la dilatation des gaz de combustion, d'aspirer l'air extérieur, de le comprimer et d'évacuer les gaz brûlés. Dans un moteur à quatre temps le piston ne fournit qu'un seul temps moteur lors de la détente. Pendant les trois autres temps (aspiration, compression, échappement), il absorbe une partie de la puissance fournie par un autre piston pendant son temps moteur.

Il doit remplir quatre fonctions importantes:

1. Assurer les maximum d'étanchéité de <sup>la</sup> chambre de combustion par l'intermédiaire des segments.
2. Transmettre à la bielle l'effort produit par la combustion.
3. Servir de guide au pied de bielle.
4. Transmettre la chaleur aux parois du cylindre afin de l'évacuer.

De plus, le piston doit supporter:

1. La pression des gaz enflammés pendant le temps moteur.
2. L'effort d'inertie dû à son mouvement de va-et-vient.

2.2. Plaque (Fig. 12)

Les plaques sont les organes de fixation entre les plaques et les vis. Elles sont généralement rectangulaires et placées en un point de fixation au vis-à-vis.

Une plaque comporte trois parties essentielles :

1. Un état de surface plane et lisse au niveau de la zone de fixation.

2. Une zone de fixation à la vis.

3. Une zone de fixation à la vis.

4. Une zone de fixation à la vis.

5. Une zone de fixation à la vis.

Le plan de contact entre la plaque et non seulement et généralement

perpendiculaire à l'axe de la vis. Cependant on peut trouver

des plaques dont l'axe est oblique au plan de la vis.

2.3. Plaque (Fig. 13)

La plaque est un organe de fixation à la vis. Elle est généralement rectangulaire et placée en un point de fixation au vis-à-vis.

6. Une zone de fixation à la vis.

7. Une zone de fixation à la vis.

8. Une zone de fixation à la vis.

9. Une zone de fixation à la vis.

10. Une zone de fixation à la vis.

11. Une zone de fixation à la vis.

12. Une zone de fixation à la vis.

13. Une zone de fixation à la vis.

14. Une zone de fixation à la vis.

15. Une zone de fixation à la vis.

16. Une zone de fixation à la vis.

17. Une zone de fixation à la vis.

18. Une zone de fixation à la vis.

19. Une zone de fixation à la vis.

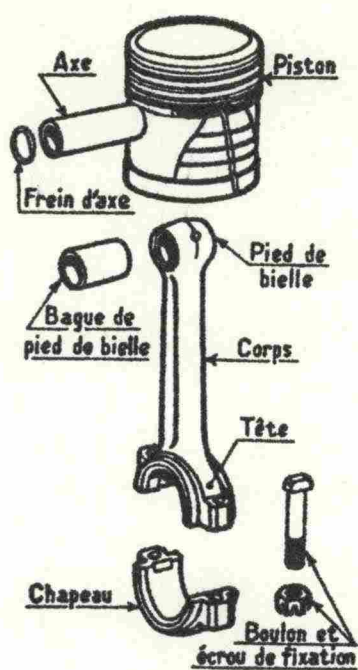


FIG. 12

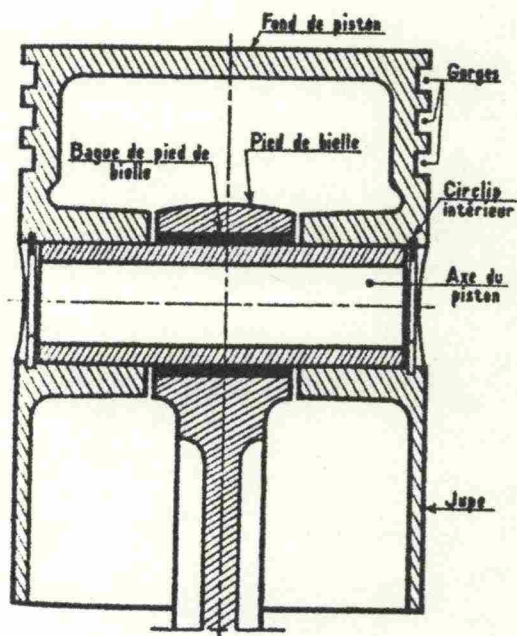
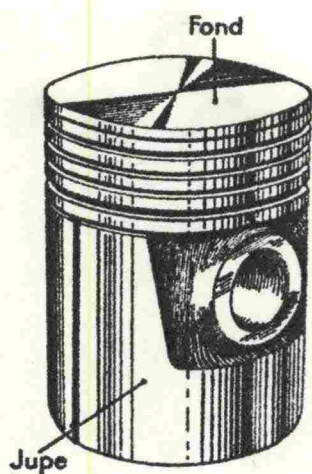


FIG. 13





## 2.8. Segments

Les segments assurent l'étanchéité de la chambre de combustion. De plus ils contribuent au refroidissement du piston du fait de leur bon contact avec le cylindre. Enfin ils empêchent les remontées de huile et participent au guidage correct du piston dans le cylindre.

On distingue trois types principaux de segments:

- le segment "coup de feu", qui a une haute résistance à la chaleur. Il est placé dans la gorge supérieure du piston.
- Les segments de compression, au nombre de deux assurent l'étanchéité.
- Les segments racleurs, qui empêchent les remontées d'huile vers la chambre de combustion en raclant l'huile sur la paroi intérieure du cylindre pour la laisser échapper dans le carter par les trous placés au fond de leur gorge, et communiquant avec l'intérieur du piston.

Le segment "coup de feu" est en général plus large que les autres, ce qui améliore son refroidissement.

## 2.9. Distribution

Les moteurs fonctionnant suivant le cycle à quatre temps sont pratiquement toujours à soupapes en "tête".

L'arbre à cames commande de poussoirs qui transmettent leur mouvement à des tiges de culbuteurs, ces derniers commandent la levée des soupapes.

1. L'arbre à cames repose dans des paliers souvent bagués en bronze et reçoit le mouvement de rotation du vilebrequin par l'intermédiaire de pignons. il tourne toujours à  $1/2$  vitesse de rotation du vilebrequin, et les cames sont rectifiées après usinage.
2. Les poussoirs coulissent dans des alésages prévus dans le bloc cylindre.
3. Les tiges de culbuteurs portent côté poussoir une rotule sphérique et à l'autre extrémité une cuvette hémisphérique,

The first part of the report is devoted to a description of the work done during the year. It is divided into two main sections: the first dealing with the work done in the laboratory and the second dealing with the work done in the field.

The second part of the report is devoted to a description of the results of the work done during the year. It is divided into two main sections: the first dealing with the results of the work done in the laboratory and the second dealing with the results of the work done in the field.

The third part of the report is devoted to a description of the conclusions drawn from the work done during the year. It is divided into two main sections: the first dealing with the conclusions drawn from the work done in the laboratory and the second dealing with the conclusions drawn from the work done in the field.

The fourth part of the report is devoted to a description of the recommendations made by the committee. It is divided into two main sections: the first dealing with the recommendations made by the committee in the laboratory and the second dealing with the recommendations made by the committee in the field.

The fifth part of the report is devoted to a description of the conclusions drawn from the work done during the year. It is divided into two main sections: the first dealing with the conclusions drawn from the work done in the laboratory and the second dealing with the conclusions drawn from the work done in the field.

The sixth part of the report is devoted to a description of the recommendations made by the committee. It is divided into two main sections: the first dealing with the recommendations made by the committee in the laboratory and the second dealing with the recommendations made by the committee in the field.

The seventh part of the report is devoted to a description of the conclusions drawn from the work done during the year. It is divided into two main sections: the first dealing with the conclusions drawn from the work done in the laboratory and the second dealing with the conclusions drawn from the work done in the field.

The eighth part of the report is devoted to a description of the recommendations made by the committee. It is divided into two main sections: the first dealing with the recommendations made by the committee in the laboratory and the second dealing with the recommendations made by the committee in the field.

The ninth part of the report is devoted to a description of the conclusions drawn from the work done during the year. It is divided into two main sections: the first dealing with the conclusions drawn from the work done in the laboratory and the second dealing with the conclusions drawn from the work done in the field.

The tenth part of the report is devoted to a description of the recommendations made by the committee. It is divided into two main sections: the first dealing with the recommendations made by the committee in the laboratory and the second dealing with the recommendations made by the committee in the field.

dans laquelle vient se loger la vis de réglage du culbuteur.

4. Les culbuteurs sont bagués, alésés et montés sur une rampe creuse servant au graissage. Cette rampe est fixée par l'intermédiaire de paliers, à la culasse.

#### 2.10. Les soupapes (fig. 14)

On a les soupapes d'admission et d'échappement.

La soupape d'admission peut être munie d'un déflecteur circulaire pour diriger l'air dans un sens déterminé et lui donner un mouvement tourbillonnaire afin d'obtenir un mélange carburant-comburant plus homogène.

Les guides de soupapes sont amovibles. Ils ont une forme différente pour l'admission et l'échappement et sont montés à la presse dans la culasse.

Les ressorts de rappel sont le plus souvent au nombre de deux, dont l'un extérieur fortement taré et l'autre plus faible à l'intérieur du premier.

La commande d'ouverture des soupapes est commandée par les culbuteurs.



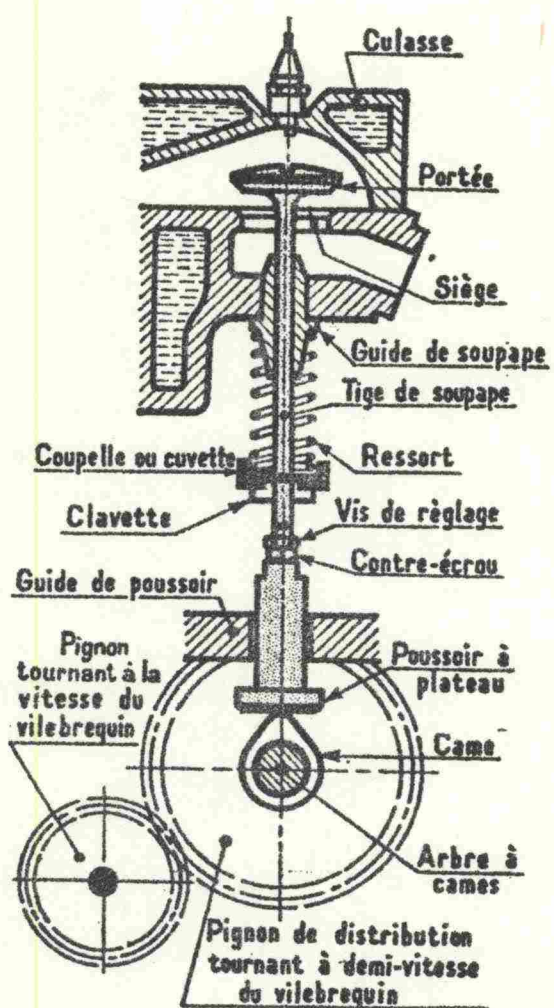
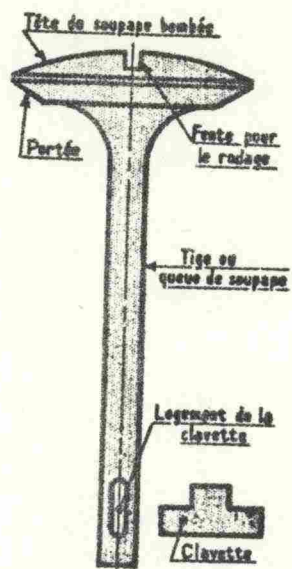


FIG. 14





## 2.II. La culasse (fig. I5)

La culasse est généralement en fonte, le plan de joint étant surfacé avec une grande précision. Elle comprend de nombreux passages d'eau pour permettre un refroidissement correct. Sur le rôle de la culasse peut être prévu un bouchon de décompression.

La forme et le volume de la chambre de compression, l'emplacement de l'injecteur dépendent du type de moteur.

Certaines culasses sont montées avec des joints métal-plastiques ou des joints en cuivre rouge; d'autres avec un cordon d'amiante placé dans une gorge circulaire; mais, il existe aussi des culasses montées sans joints. Dans ce cas la culasse doit avoir le même coefficient de dilatation que le groupe moteur.

## 2.I2. Tubulure d'admission et collecteur d'échappement

Suivant les moteurs, la tubulure d'admission peut être d'une seule pièce ou constituée de plusieurs éléments, par exemple, un par cylindre avec un filtre d'air également par cylindre. En principe elle est placée du même côté que le collecteur d'échappement et comporte quelquefois, soit un dispositif de chauffage électrique, ou un robinet pour verser du "Start pilot" (liquide à base d'éther) ou encore un autre dispositif particulier facilitant la mise en route lorsque le moteur est froid.

Le collecteur d'échappement est souvent en plusieurs pièces afin de lui donner une plus grande élasticité; cela permet aussi de limiter les déformations dues à l'échauffement.

La mise en place du collecteur est alors plus aisée.

## 2.I3. Le refroidissement

Dans le moteur la température n'est pas uniforme; elle varie de 75°C à 90°C et parfois 120°C dans les moteurs refroidis par air.

Dans les moteurs refroidis par air, on utilise le plus souvent une turbine avec un carénage approprié qui permet de diriger l'air

The first of these is the fact that the  
the system is not a simple one. It is a  
complex one, and it is not a simple one.

The second of these is the fact that the  
the system is not a simple one. It is a  
complex one, and it is not a simple one.

The third of these is the fact that the  
the system is not a simple one. It is a  
complex one, and it is not a simple one.

The fourth of these is the fact that the  
the system is not a simple one. It is a  
complex one, and it is not a simple one.

The fifth of these is the fact that the  
the system is not a simple one. It is a  
complex one, and it is not a simple one.

The sixth of these is the fact that the  
the system is not a simple one. It is a  
complex one, and it is not a simple one.

The seventh of these is the fact that the  
the system is not a simple one. It is a  
complex one, and it is not a simple one.

The eighth of these is the fact that the  
the system is not a simple one. It is a  
complex one, and it is not a simple one.

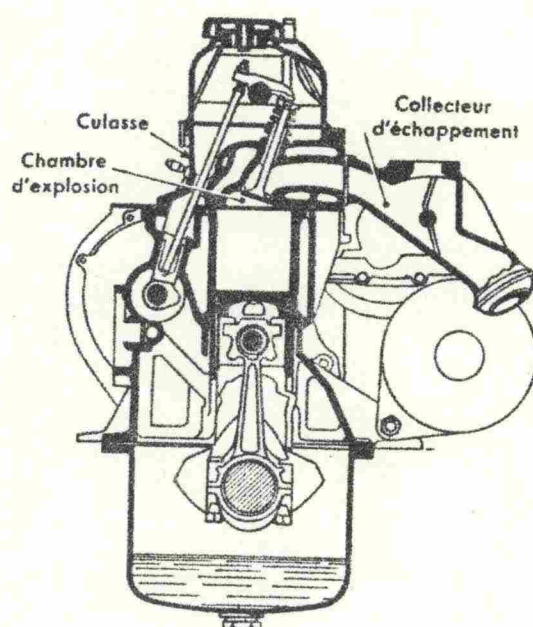
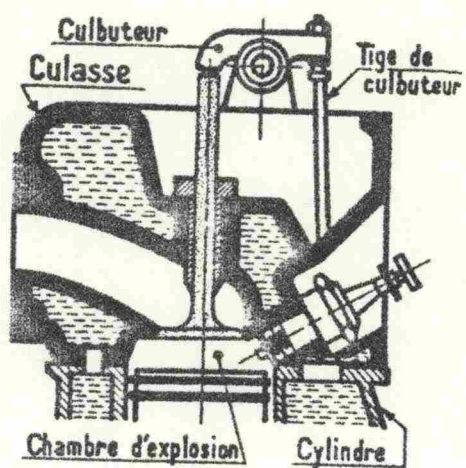


FIG. 15

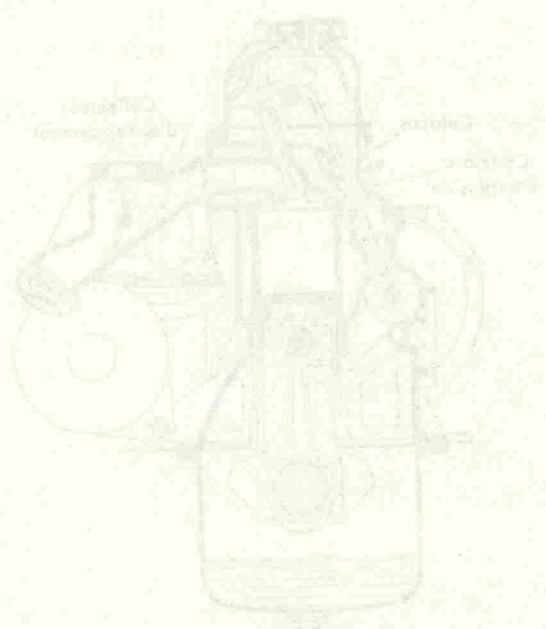


Fig. 12



vers les organes à refroidir. Dans ce cas, les moteurs sont munis d'ailettes faisant corps avec le bloc cylindre et la culasse.

#### 2.14. Le graissage (fig. I6)

Le graissage s'effectue toujours sous pression, au moyen d'une pompe à engrenages ou à palettes, souvent noyées dans l'huile du carter moteur.

Il peut y avoir deux pompes à huile:

- Une pompe basse pression aspirant l'huile dans le carter et la refoulant dans une réserve d'huile.
- Une pompe haute pression qui aspire l'huile du réservoir pour permettre le graissage de la ligne d'arbre, de l'arbre à cames et de la rampe des culbuteurs.

Un clapet de décharge est prévu sur le circuit afin de limiter la pression de refoulement à une valeur acceptable.

Un clapet bypass est prévu sur le circuit lorsque l'installation comporte un filtre, pour éviter des pressions trop importantes, en particulier lorsque le filtre est encrassé, ce qui risquerait de détériorer l'élément filtrant et les raccords des canalisations. (fig. I7)



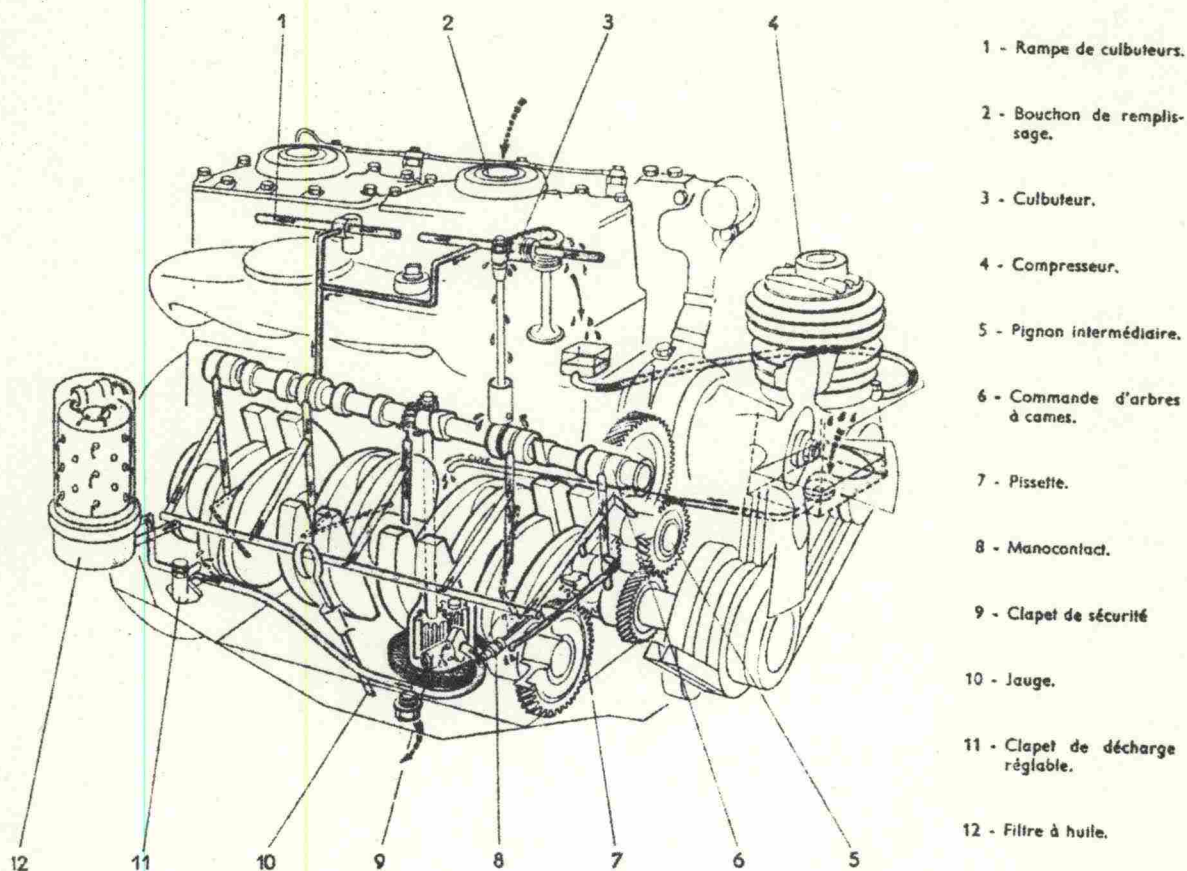
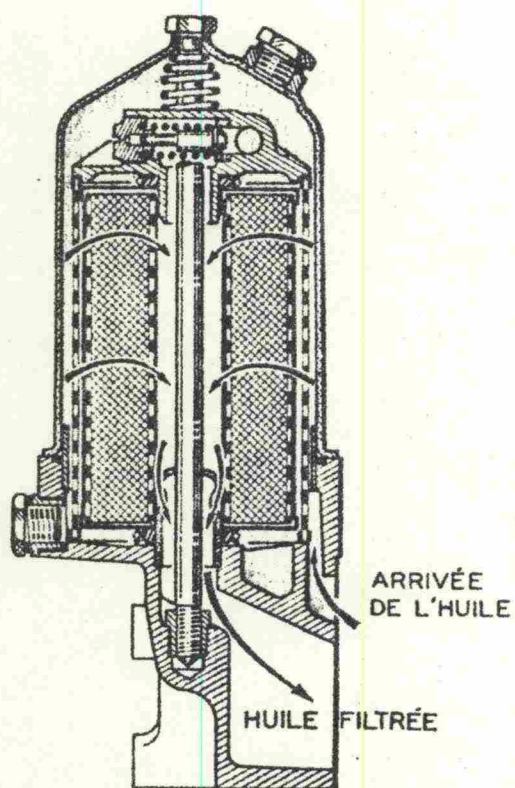
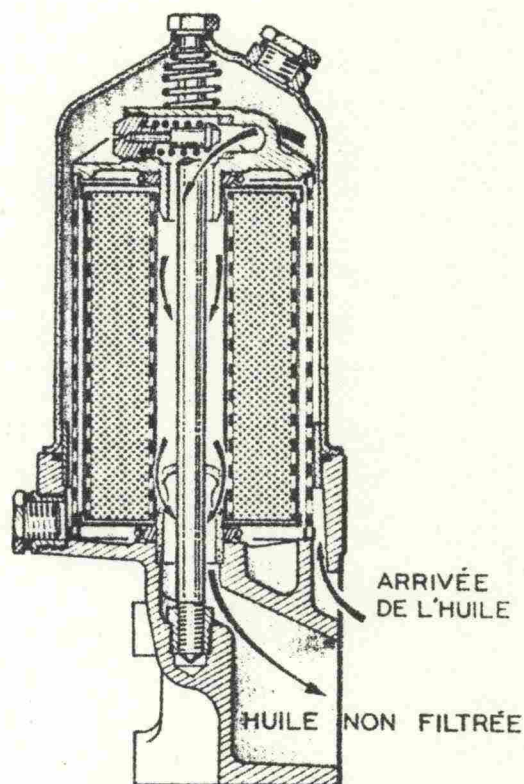


FIG. 16

Document SAVIEM

**Fonctionnement normal**

Les clapets situés à la partie supérieure du filtre restent fermés. L'huile passe à travers les ÉLÉMENTS FILTRANTS qui retiennent les impuretés.

**Filtres encrassés**

La pression fait ouvrir les clapets. L'huile NE PASSE PLUS par les éléments filtrants. Les impuretés restent dans le circuit de graissage peuvent provoquer de graves incidents au moteur.

FIG. 17

FIG. 1

FIG. 2

FIG. 3

FIG. 4

FIG. 5

FIG. 6

FIG. 7

FIG. 8

FIG. 9

FIG. 10

FIG. 11

FIG. 12

FIG. 13

FIG. 14

FIG. 15

FIG. 16

FIG. 17

FIG. 18

FIG. 19

FIG. 20

FIG. 21

FIG. 22

FIG. 23

FIG. 24

FIG. 25

FIG. 26

FIG. 27

FIG. 28

FIG. 29

FIG. 30

FIG. 31

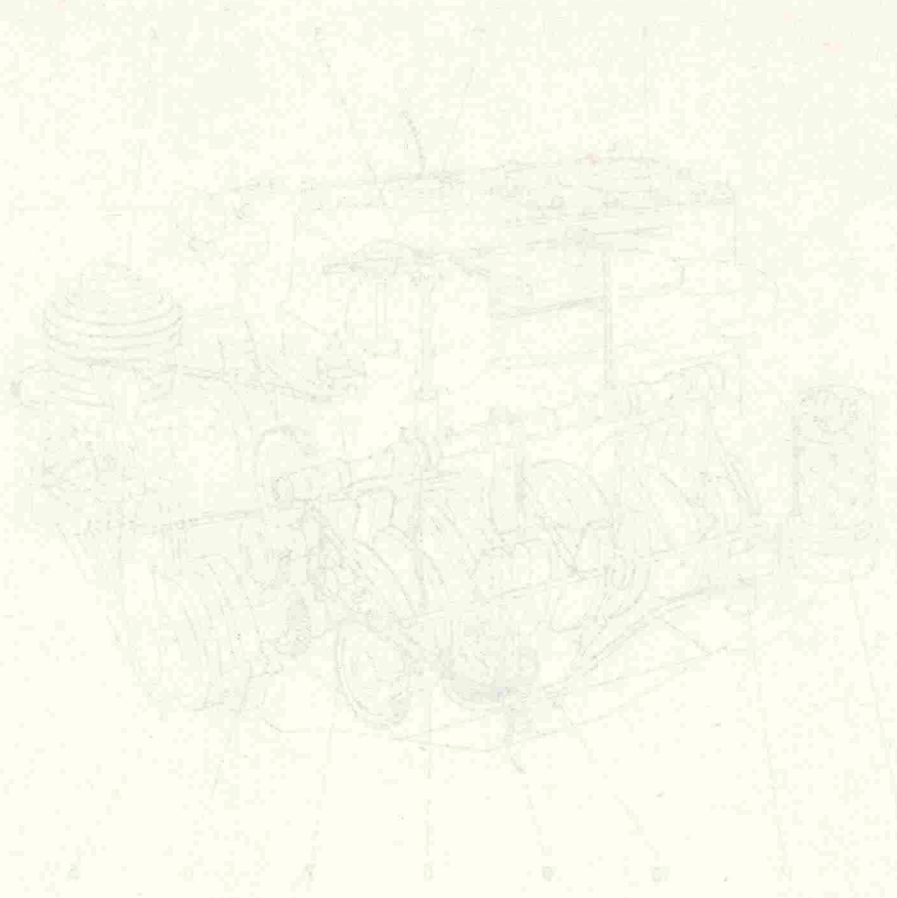


FIG. 1

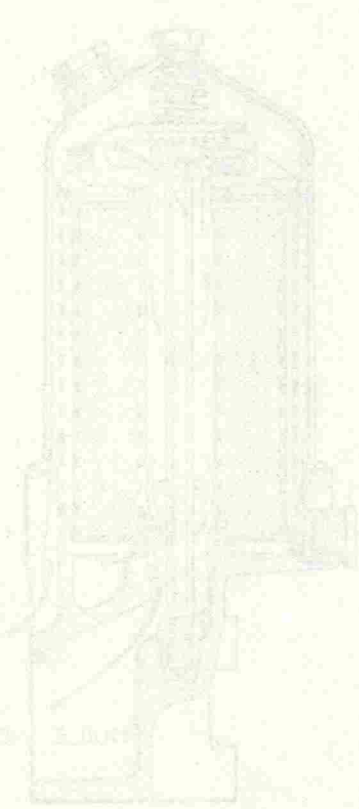


FIG. 2

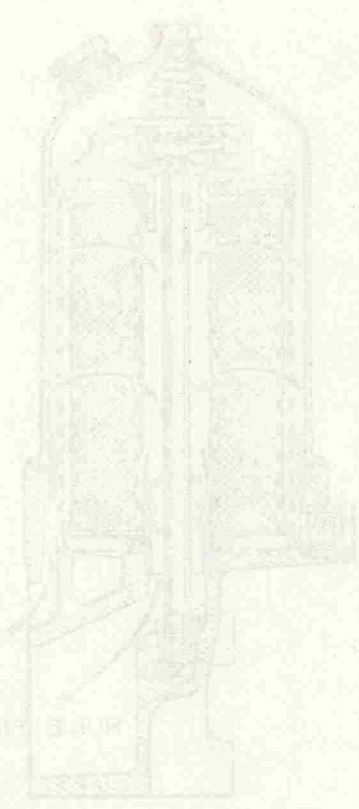


FIG. 3

FIG. 4

FIG. 5

FIG. 6



### CHAPITRE III

#### Classification des moteurs Diesel

Suivant la forme de la chambre de combustion et la forme des pistons, on peut classer les moteurs Diesel en plusieurs catégories:

- Les moteurs à injection directe.
- Les moteurs à chambre de précombustion.
- Les moteurs à chambre de réserve d'air.
- Les moteurs semi-Diesel.

Dans ce chapitre, on explique seulement les moteurs à chambre de précombustion (système utilisé dans les moteurs ONAN).

#### 3.1. Moteur à chambre de précombustion (fig. 18)

Ce procédé de combustion réduit la valeur de la compression et abaisse la pression d'injection pour obtenir un fonctionnement plus souple, facilitant les reprises à bas régime et permettant des vitesses de rotation élevées (4000 à 5000 tr/mn).

Pour obtenir néanmoins une combustion aussi parfaite que possible on facilite au maximum le phénomène de turbulence en utilisant deux chambres.

La chambre principale est constitué par le cylindre lui-même et la chambre secondaire (antichambre) par un espace aménagé dans la culasse et communiquant avec le cylindre par un ou plusieurs orifices étroits de formes variées.

Cet espace aménagé dans la culasse que l'on appelle "chambre de combustion" peut être disposé de différentes façons par rapport à l'axe du cylindre; elle peut être verticale, horizontale, oblique, selon l'emplacement des soupapes, ou encore être accolée à la partie supérieure du groupe cylindre.

Le volume de cette chambre représente environ le  $1/3$  du volume du cylindre, quelquefois moins. Le combustible passe dans cette chambre. Le jet de l'injecteur vient heurter le sommet de la chambre afin





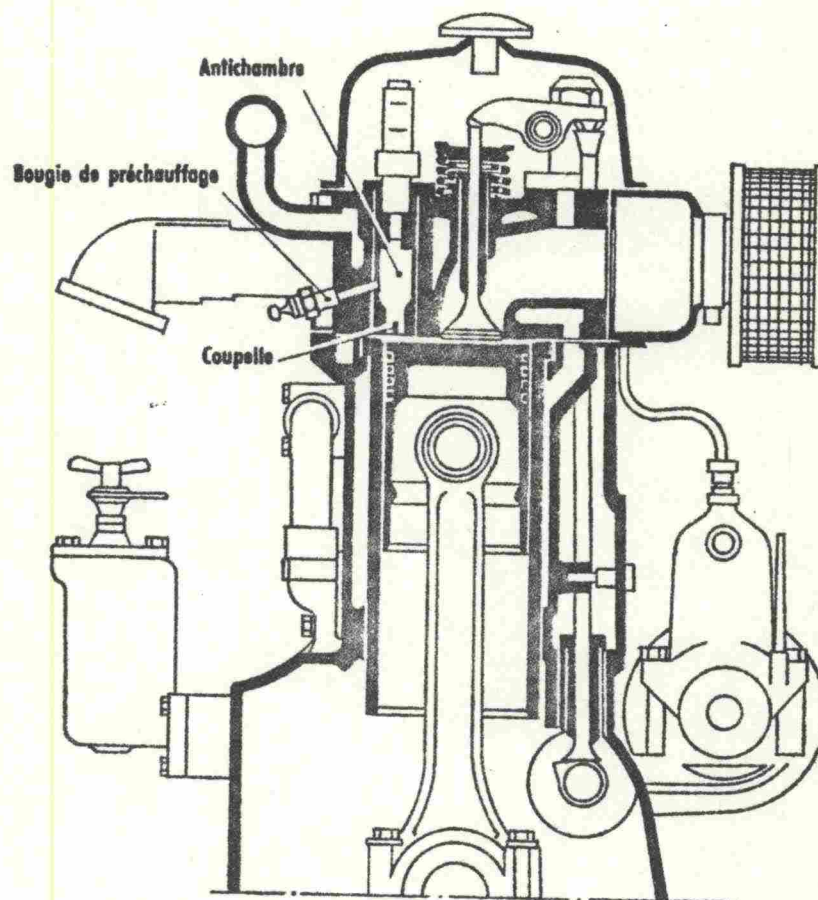
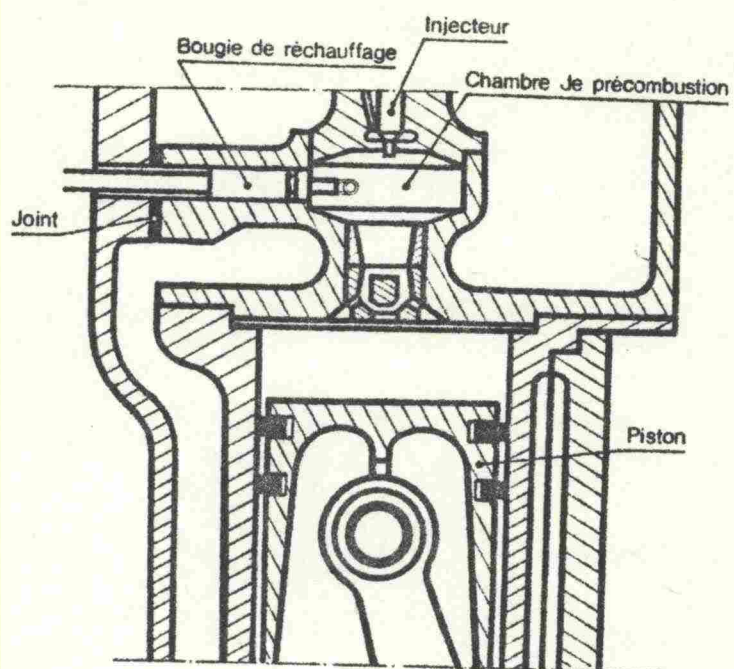
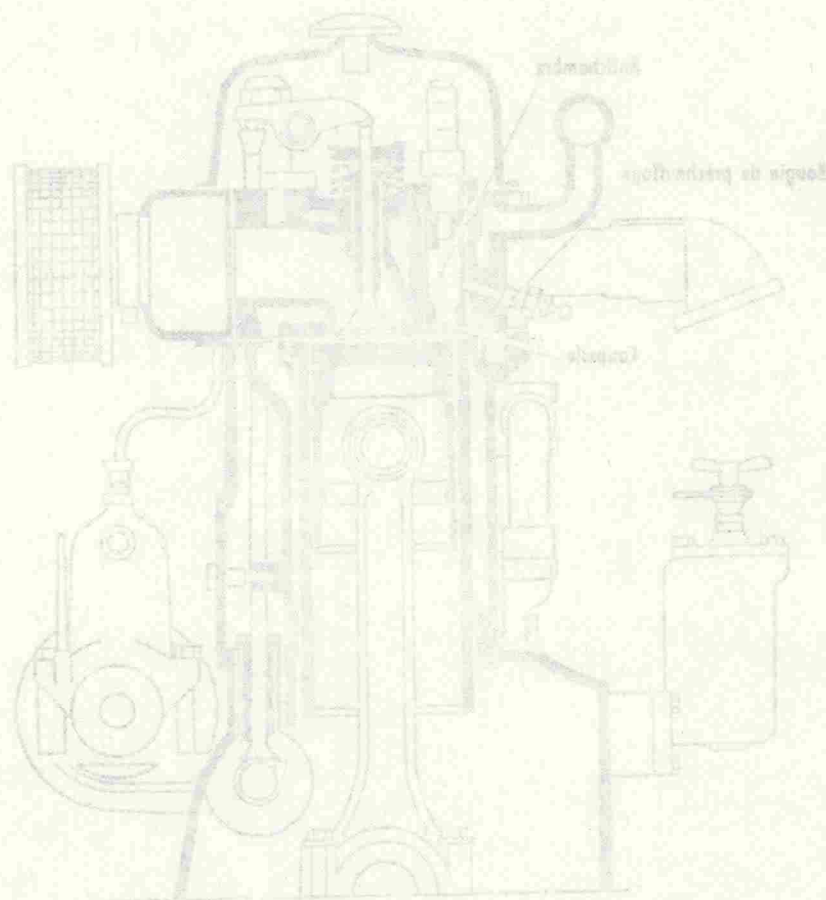
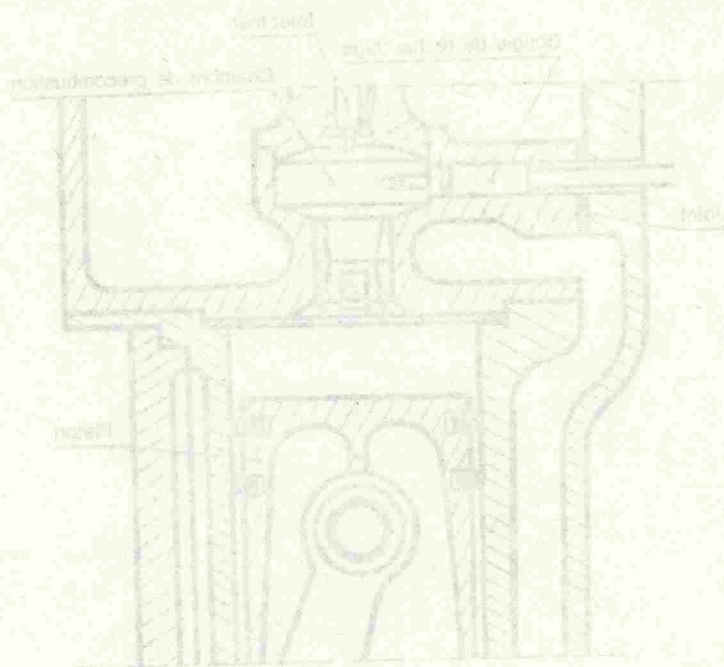


FIG. 18



d'assurer une bonne homogénéité carburant-comburant. En principe une petite partie du jet est injectée directement vers les orifices de communication entre le cylindre et la chambre de précombustion.

### 3.1.1. Fonctionnement

Pendant la combustion une partie de l'air comburant est refoulé dans la chambre de précombustion, par les orifices de la coupelle et acquiert un mouvement de turbulence: le combustible injecté dans l'air fortement chauffé s'enflamme mais ne peut brûler qu'en partie, car l'oxygène ne se trouve pas en quantité suffisante.

Sous l'effet de cette combustion partielle il se produit dans la chambre de précombustion une surpression qui provoque l'expulsion des gaz brûlés, le combustible en excédent passe l'orifice communiquant avec la chambre principale. Le combustible brûle alors au sein de vives turbulences au contact de l'air comprimé dans le cylindre. La combustion est complète, ainsi les moteurs à chambre de précombustion à turbulence, ne dégagent pratiquement pas de fumée. En outre ce moteur ne demande pas un excès d'air important.

La combustion est très complète et la montée en pression pas rapide, d'où un fonctionnement plus silencieux et chocs moins importants sur l'équipage mobile.

Cependant la consommation en combustible est plus élevée, les départs à froid difficiles, sans source auxiliaire de chaleur. A cet effet un dispositif de chauffage approprié, réalisé au moyen de résistances électriques, placées sur la pipe d'admission ou dans le filtre à air. Le plus souvent on les rencontre sous forme de bougies de préchauffage, placées sur la culasse et qui sont d'ailleurs la source de pannes fréquentes, ces bougies étant en contact permanent avec l'air porté à haute température.







## CHAPITRE IV

### Le circuit d'alimentation en combustible

#### 4.I. Quelques définitions

##### 4.I.1. Délai d'injection

C'est le temps très court qui s'écoule entre l'ouverture du clapet de refoulement de la pompe et le début de l'injection à la sortie de l'injecteur.

Il faut en effet tenir compte de la faible dilatation du tube d'amenée du combustible et d'une certaine compressibilité du liquide.

##### 4.I.2. Délai d'allumage

Le temps très court qui sépare le début de l'injection du début de l'inflammation du combustible est appelé "délai d'allumage". Ce délai qui fait intervenir certains phénomènes physiques et chimiques liés à la nature du combustible, se décompose en:

- délai physique
- délai chimique

##### LE DELAI PHYSIQUE

C'est le temps pendant lequel les fines goutelettes de gas-oil s'échauffent au contact de l'air jusqu'à leur vaporisation.

##### LE DELAI CHIMIQUE

Pendant ce temps, qui précède l'inflammation, se réalise l'oxydation du gas-oil (mélange du combustible avec l'oxygène). En principe ce délai varie entre 0,001 et 0,002 secondes; pendant ce temps, le vilebrequin balaye un angle de 10 à 20° suivant la vitesse du moteur.

Ainsi toute la quantité de combustible admise dans le cylindre pendant ce délai s'enflamme brusquement; il en résulte une élévation de la température et de la pression causes du "cogement".

L'injection se poursuivant, le combustible continue à brûler progressivement comme dans un moteur à carburateur, mais avec des pressions plus élevées, donnant ainsi un rendement meilleur.



## CONCLUSIONS

Pour obtenir des bonnes conditions de fonctionnement, il est nécessaire d'utiliser un combustible qui s'enflamme le plus rapidement possible, c.à.d. qui présente le plus court délai d'allumage.

On cherche à provoquer l'auto-allumage le plus rapidement possible; s'il se produit avec du retard, une trop grande quantité de combustible s'accumule pendant le délai d'allumage et provoque un cognement excessif au moment de l'inflammation.

On remarque que si le taux de compression est élevé, le phénomène de détonation s'atténue alors que, dans le cas du moteur à essence, ce phénomène serait favorisé.

### 4.2. Représentation graphique des pressions (fig. I9)

Evolution de la pression dans un moteur Diesel en fonction de la position du piston.

On porte en abscisse les angles de rotation du vilebrequin correspondant à une partie des courses de compression et de détente et, en ordonnée, les pressions développées dans la chambre de combustion.

S'il n'y a pas d'injection de combustible, les courses de compression et de détente sont symétriques par rapport à l'axe qui représente le P.M.H. (courbe A).

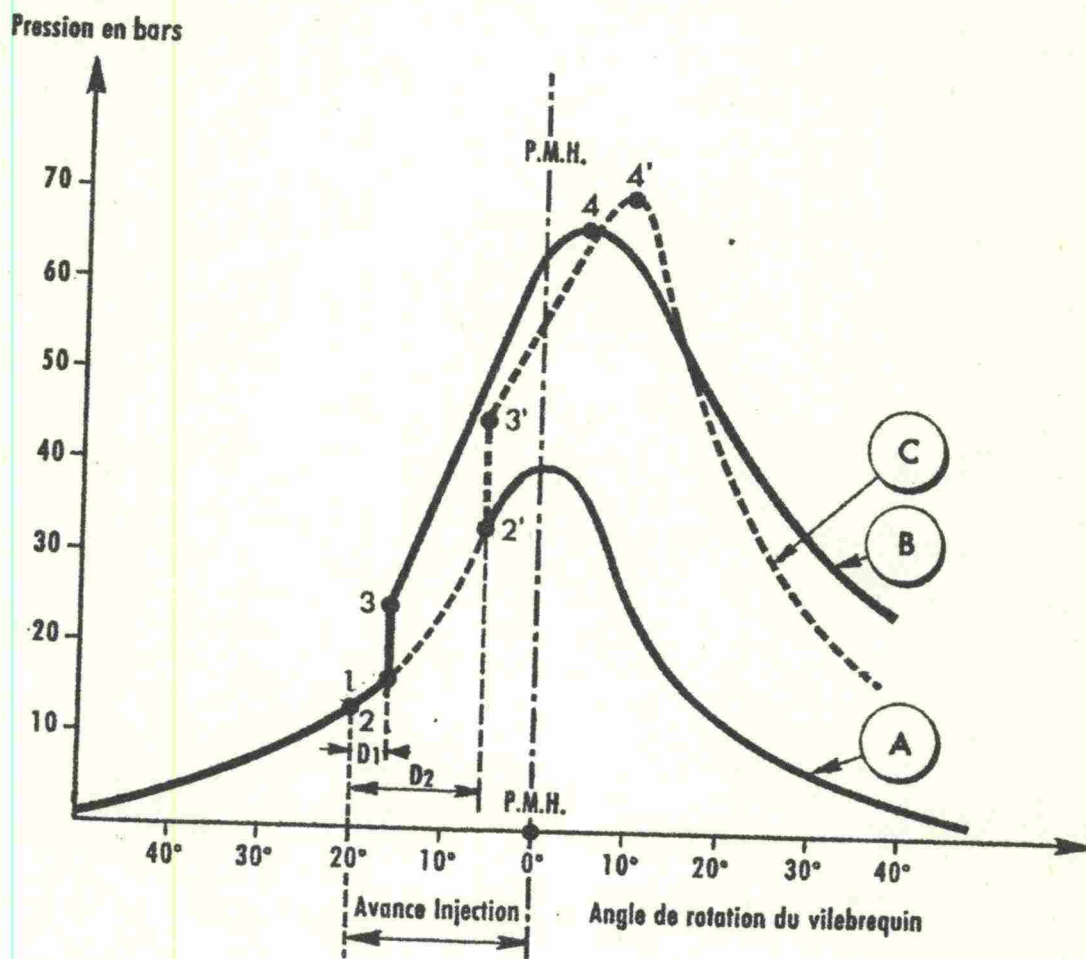
Si l'injection de combustible commence au point I de la courbe de compression avec une certaine avance par rapport au P.M.H., le délai d'allumage est représenté par la partie I - 2 de la courbe (D I). Donc au point D commence l'inflammation de la charge qui prend une allure détonante (partie 2 - 3 de la courbe).

A partir du point 3, la combustion se poursuit progressivement et la pression maximale est atteinte au point 4 peu après le P.M.H. (courbe B).

Si le délai d'allumage est plus long I - 2' (D<sup>2</sup>), la charge prend une allure beaucoup plus détonante (partie 2' - 3' de la courbe).



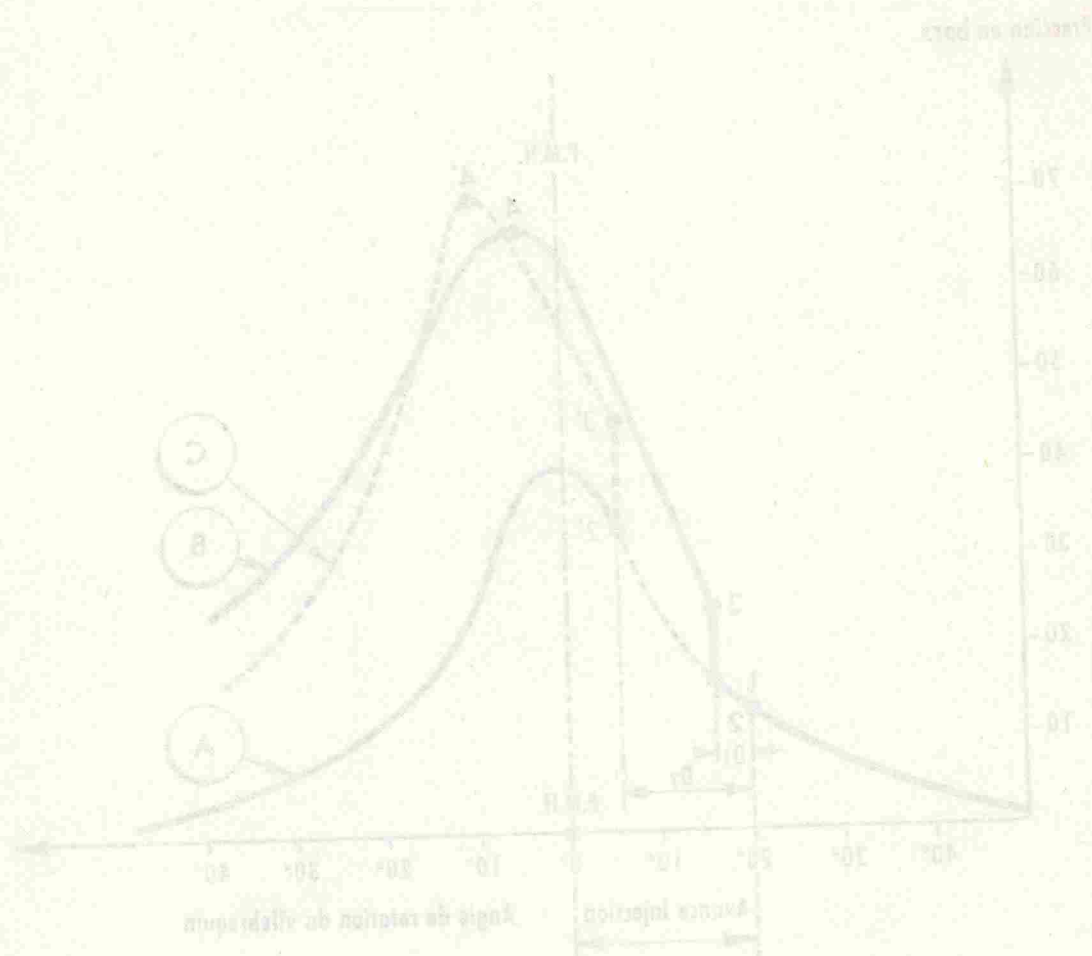




- $D_1$  = délai d'allumage court  
 $D_2$  = délai d'allumage long  
 A = courbe sans Injection  
 B = Courbe avec délai d'allumage court  
 C = Courbe avec délai d'allumage long.

FIG. 19





- A — Courbe sans injection  
 B — Courbe avec 0,1% d'alcool  
 C — Courbe avec 0,2% d'alcool

La combustion est généralement plus brutale et atteint la pression maximale en 4', cette pression diminue ensuite (courbe C).

La surface comprise entre la courbe ainsi établie et la courbe A représente le travail fourni pendant la course de détente.

#### 4.3. Influence du réglage du début de l'injection sur le délai d'allumage.

C'est un facteur important car si l'avance à l'injection est trop grande, l'injection a lieu alors que l'air n'a pas encore atteint la température nécessaire à l'inflammation du carburant.

Le délai d'allumage devient trop grand car les échanges de chaleur entre le combustible et l'air sont lents.

Une avance trop faible provoque le début de la combustion après le P.M.H., en phase de détente. En effet la température a déjà baissé, ce qui augmente le délai d'allumage.

Certains facteurs influent également sur le délai d'allumage; ce sont:

- le taux de compression
- la pression et la température de l'air admis dans les cylindres
- la température des parois des chambres, fonction du refroidissement.

#### 4.4. Influence de l'injection et de la pulvérisation sur l'évolution de la combustion

Ces facteurs dépendent:

- a) des propriétés physiques du combustible (densité, viscosité)
- b) du milieu dans lequel a lieu l'injection (pression, température et turbulence de l'air)
- c) des caractéristiques de l'injection (pression du combustible, durée de la décharge)

La combustion est généralement plus brève et atteint la pression maximale en 4', cette pression diminue ensuite (courbe 2).  
 Les surfaces comprimées entre la course et la course de détente.  
 A représenter le travail fourni pendant la course de détente.

#### 4.3. Influence du régime de l'injection sur le délai d'allumage.

C'est un facteur important car si l'avance à l'injection est trop grande, l'injection a lieu alors que l'air n'a pas encore atteint la température nécessaire à l'inflammation du carburant.  
 Le délai d'allumage devient trop grand car les courbes de compression et de combustion se déplacent l'une par rapport à l'autre.  
 Une avance trop faible provoque le début de la combustion après le P.M.H., en phase de détente. En outre la température a déjà baissé, ce qui augmente le délai d'allumage.

Certains facteurs influent également sur le délai d'allumage :

ce sont :

- la température de compression
- la pression et la température de l'air admis dans les cylindres
- la température des parois des chambres, l'état de l'écoulement.

#### 4.4. Influence de l'injection et de la turbulence sur l'évolution de la combustion

Ces facteurs agissent :

- sur les propriétés physiques du combustible (densité, viscosité)
- du milieu dans lequel a lieu l'injection (pression, température et turbulence de l'air)
- des caractéristiques de l'injection (pression de combustion, durée de la détente)

- d) de la nature des canalisations (section, longueur, élasticité)
- e) de l'injecteur lui-même (longueur, forme, pression, vitesse de pénétration du jet, section de l'orifice du pulvérisation, nombre de ces orifices).

#### 4.5. Le circuit d'alimentation (fig. 20 a et b)

Il permet d'amener à chaque cylindre une quantité déterminée de combustible parfaitement filtré, sous une pression donnée.

##### 4.5.I. Canalisation

Dans toute installation d'alimentation en combustible pour moteur Diesel, il existe deux circuits qui sont: un circuit basse pression qui se compose des canalisations reliant le réservoir à la pompe d'injection, ainsi que les canalisations de retour des fuites, et un circuit haute pression reliant la pompe d'injection aux injecteurs.

##### Circuit basse pression

Du réservoir à combustible, à la pompe d'injection, il comprend:

- le réservoir (généralement non en charge)
- la pompe d'alimentation et le préfiltre.
- le filtre à combustible principal avec les canalisations correspondantes.

Si l'alimentation se fait en charge (moteurs fixes) on laissera au moins 25 cm. de différence entre le fond du réservoir et le filtre placé avant l'entrée de la pompe d'injection. De cette manière on n'aura pas d'irrégularités à craindre dans l'arrivée du combustible.

##### Circuit à haute pression

De la pompe d'injection aux chambres de combustion, il comprend:

- la pompe d'injection
- les injecteurs
- les tubes d'injection.



- d) de la nature des canalisations (section, longueur, élasticité)
- e) de l'injection (longueur, forme, pression, vitesse)
- de réajustement du jet, section de l'entrée du réajustement, nombre de ces orifices.

4.3. le circuit d'alimentation (fig. 20 a et b)

Il permet d'amener à chaque cylindre une quantité déterminée de combustible parfaitement filtré, sous une pression donnée.

4.3.1. Formulation

Dans toute installation d'alimentation en combustible pour moteurs Diesel, il existe deux circuits qui sont : un circuit basse pression qui est la source des canalisations reliant le réservoir à la pompe d'injection, ainsi que les canalisations de retour des lubrifiants, et un circuit haute pression reliant la pompe d'injection aux injecteurs.

Circuit basse pression

- Le réservoir à combustible, à la pompe d'injection, il comprend :
- le réservoir (généralement non en cuivre)
  - la pompe d'alimentation et la filtration
  - le filtre à combustible principal avec les canalisations correspondantes.

La filtration se fait en deux (deux fois) en deux sens : une première entre la pompe et le réservoir et la seconde entre le réservoir et la pompe d'injection. De cette manière on évite tout risque de contamination de l'entrée de la pompe d'injection.

Circuit à haute pression

- De la pompe d'injection aux injecteurs, il comprend :
- la pompe d'injection
  - les injecteurs
  - les tubes d'injection.



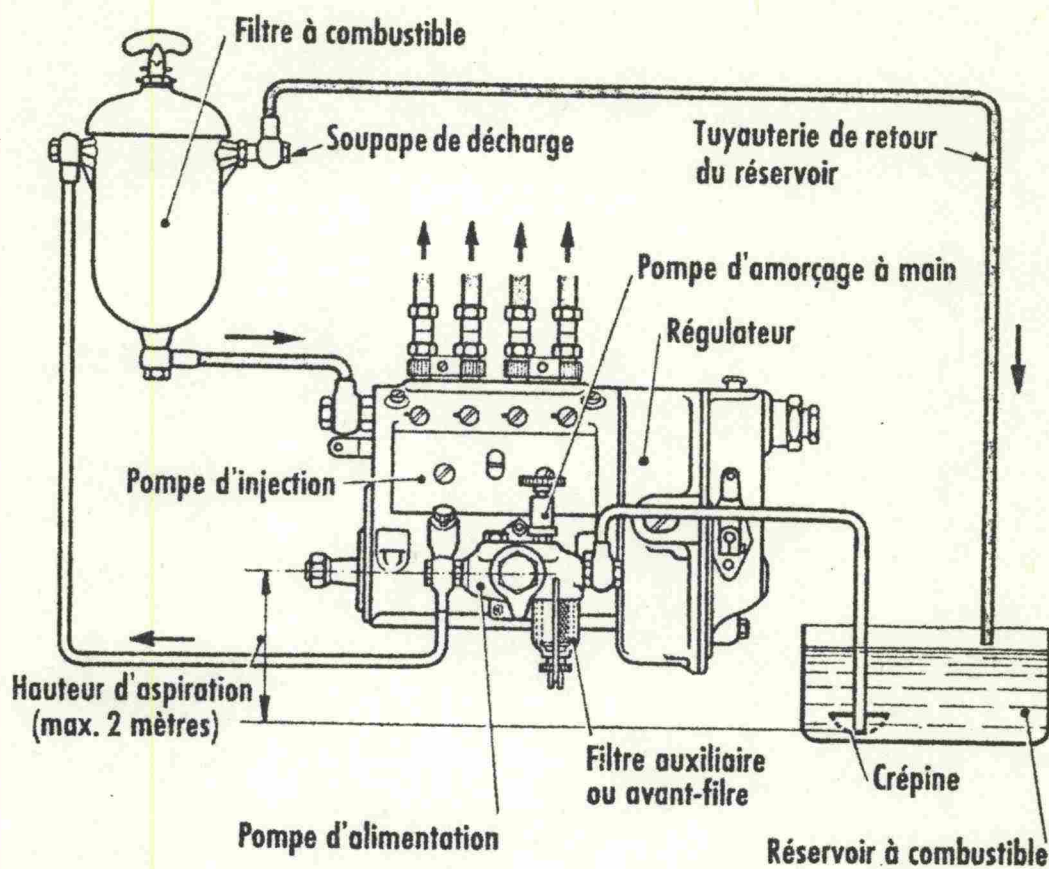


FIG. 20 A

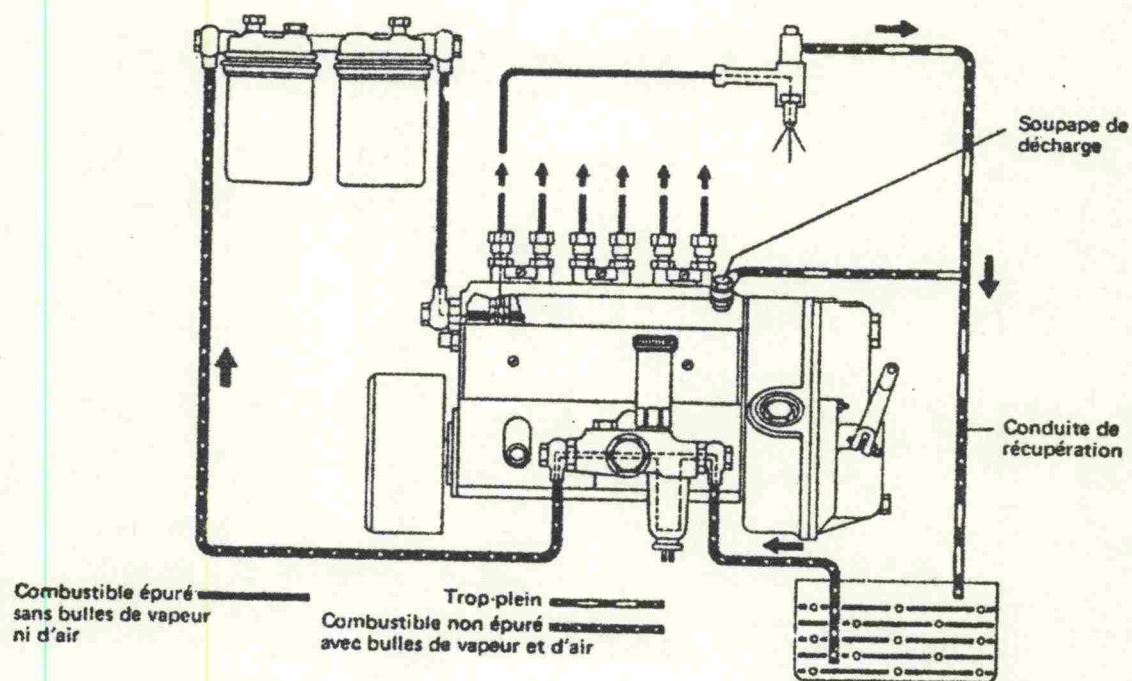
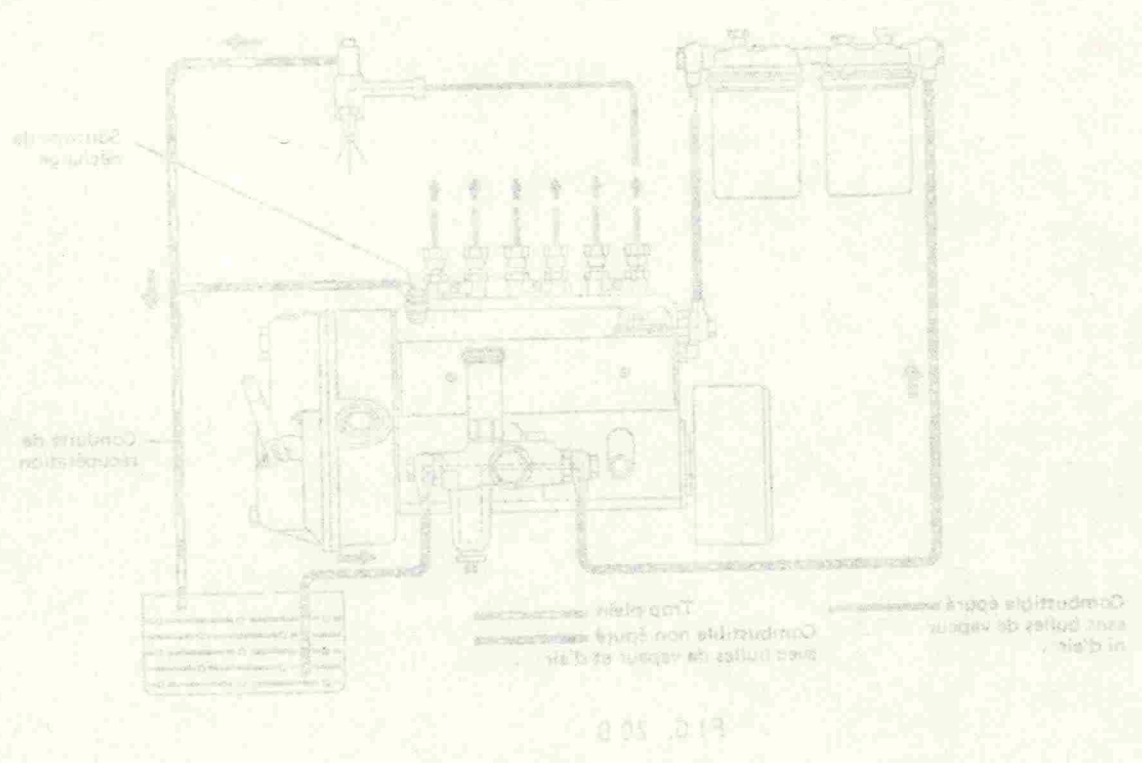
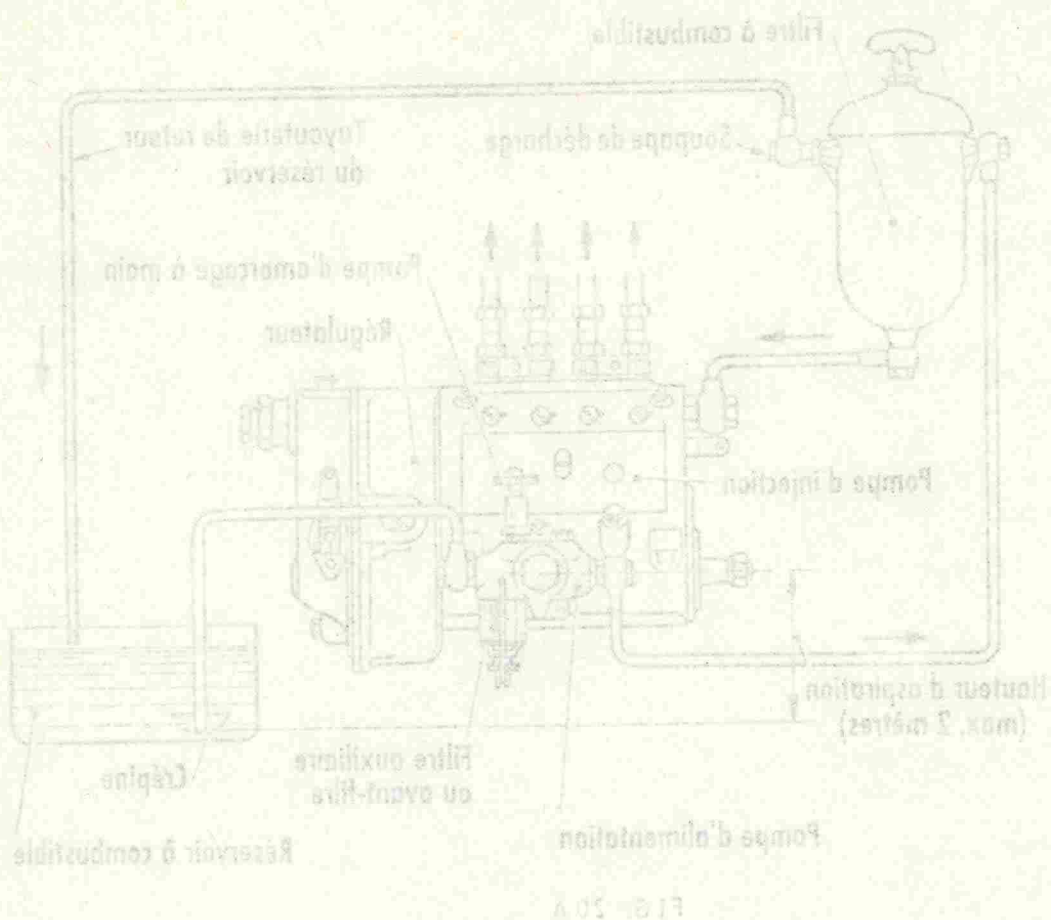


FIG. 20 B



#### 4.5.2. La pompe d'alimentation (fig. 21)

La pression du combustible qui alimente les pompes d'injection est d'environ 1 bar, sinon l'écoulement de l'alimentation vers ces pompes serait trop faible.

De plus cette pression bien que légère, interdit toute autre entrée d'air dans la pompe d'injection et évite ainsi le désamorçage de cette dernière.

En conséquence, il faut que le combustible soit aspiré du réservoir et refoulé vers la pompe d'injection.

#### Pompes à membrane (fig. 22)

Elles sont à commande mécanique. La pompe est montée sur le moteur et elle est commandée à l'aide d'un levier. La pompe aspire l'essence du réservoir et la refoule au filtre à combustible par déformation d'une membrane en tissu imperméable aux combustibles.

La chaleur dégagée par le moteur en fonctionnement et la température extérieure peuvent amener un échauffement exagéré de la pompe et provoquer l'arrêt de son fonctionnement par formation de bouchons de vapeur. Pour remédier à cet inconvénient, on peut isoler la pompe derrière un écran en amiante.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

RECEIVED

1950

FROM

DR. J. H. DILLON

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

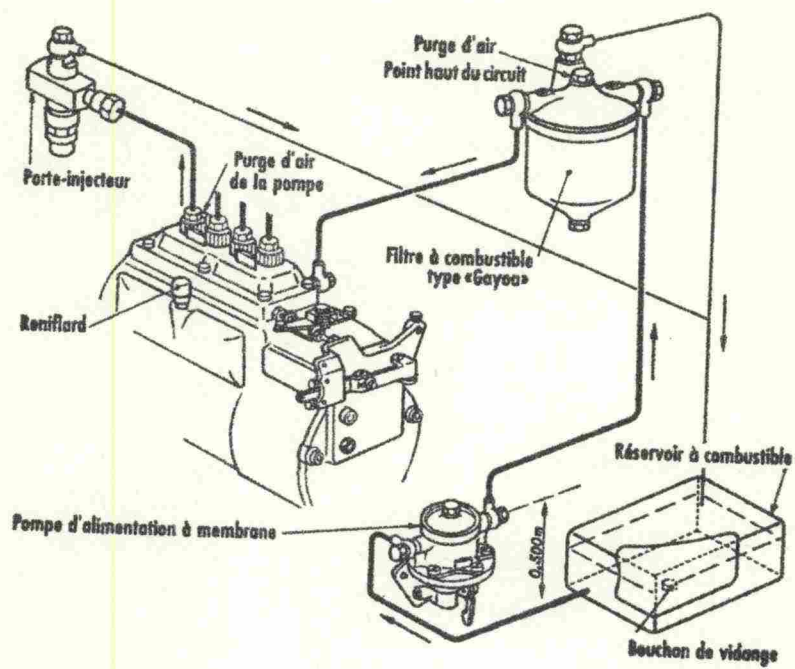
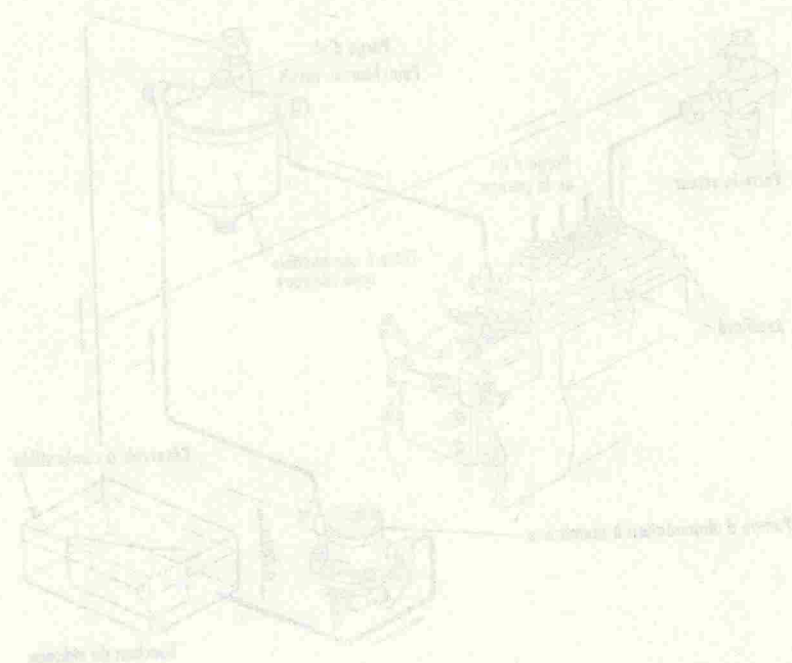


FIG. 21





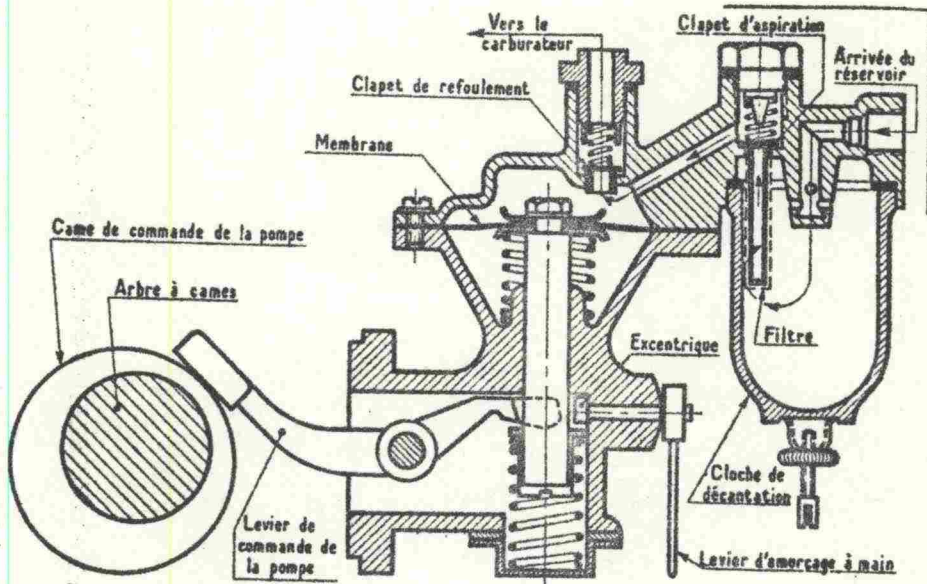
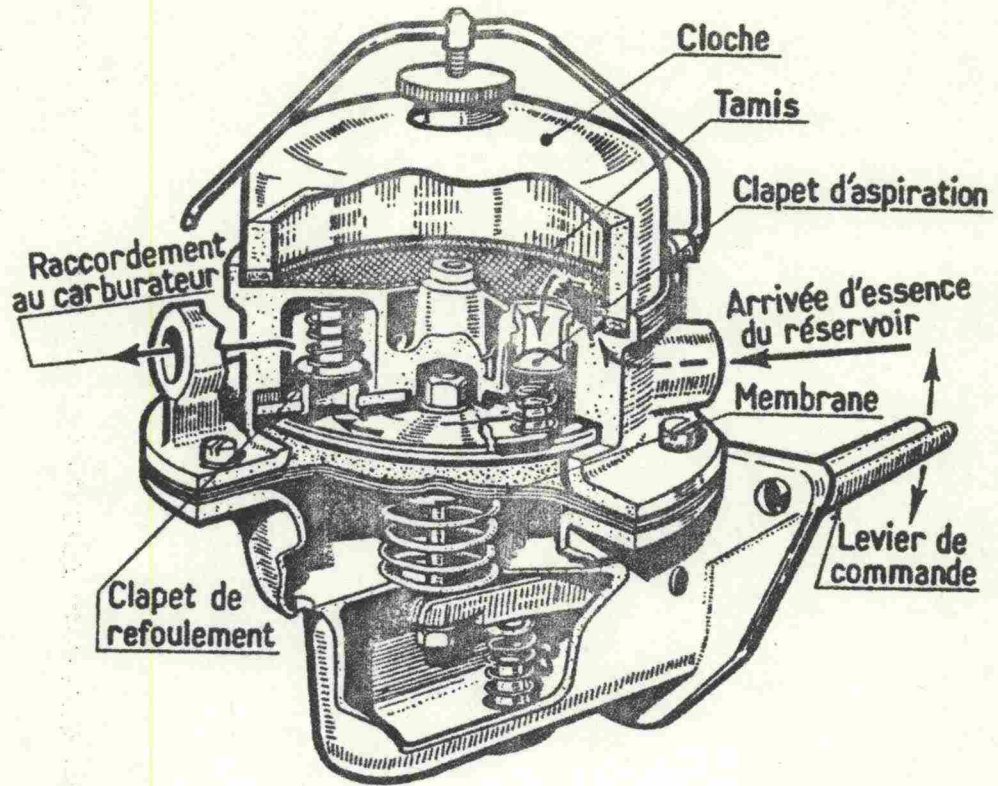
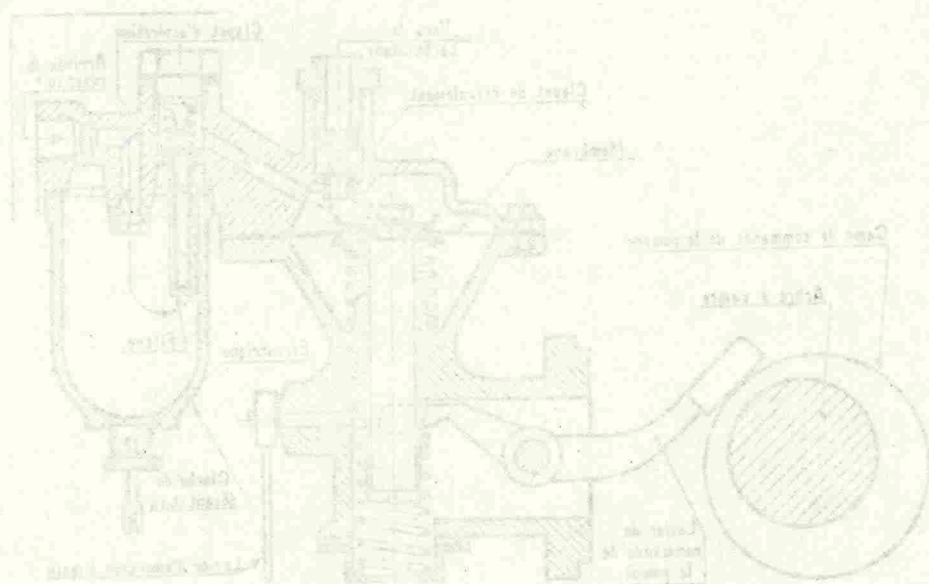
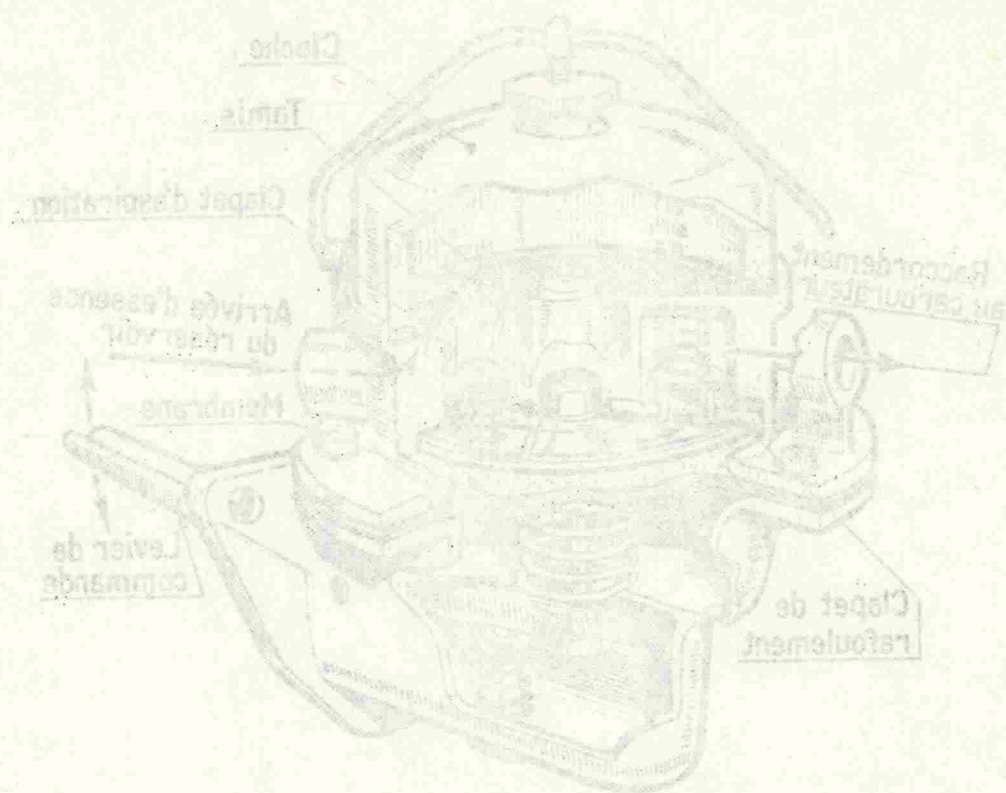


FIG. 22





#### 4.5.3. Nécessité du filtrage du combustible(fig. 23)

Les moteurs Diesel ont un fonctionnement très régulier et très sûr: les pannes proviennent le plus souvent d'un défaut de propreté du combustible ou encore de sa mauvaise qualité.

En raison de la grande précision d'usinage réalisée entre le cylindre et le piston de la pompe d'injection, ~~en~~ raison aussi de celle exigée des injecteurs, il est nécessaire d'éliminer par un filtrage étagé les plus fines particules de poussière et de matière abrasive incorporées dans le circuit. Il est incontestable que la sûreté de fonctionnement et la durée de service des organes d'injection dépendent surtout de la qualité du filtrage.

#### 4.5.4. Les filtres à combustible (fig. 24)

Aucune condition de bon fonctionnement n'est plus importante que celle de la pureté du combustible. Malgré un filtrage dans les raffinages les particules siliceuses très dures ne sont pas complètement éliminées. Ces particules de 1/1000 de mm., qui est égal aux tolérances d'usinage des pompes d'injection, peuvent venir se loger entre les pistons et cylindres des pompes et entraîner une usure rapide de ces organes.

En outre l'entrée dans le corps de l'injecteur de la plus petite poussière peut provoquer le colmatage de l'aiguille ou la rayure du siège, d'où une mauvaise étanchéité entraînant une marche irrégulière du moteur.

Il faut donc filtrer très soigneusement le combustible avant son entrée dans la pompe d'injection; aussi prescrit-on l'emploi de réservoirs à combustible résistant à la rouille. De plus, on place entre le réservoir et la pompe d'injection, un ou plusieurs filtres et des purgeurs d'eau et d'air montés sur ces filtres et sur la pompe d'injection.





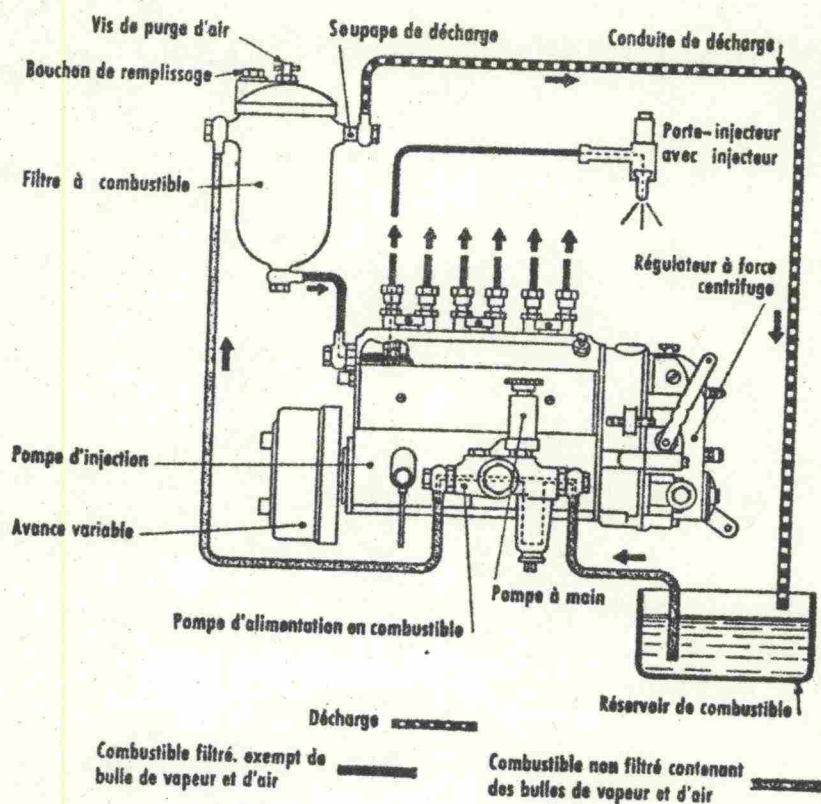


FIG. 23

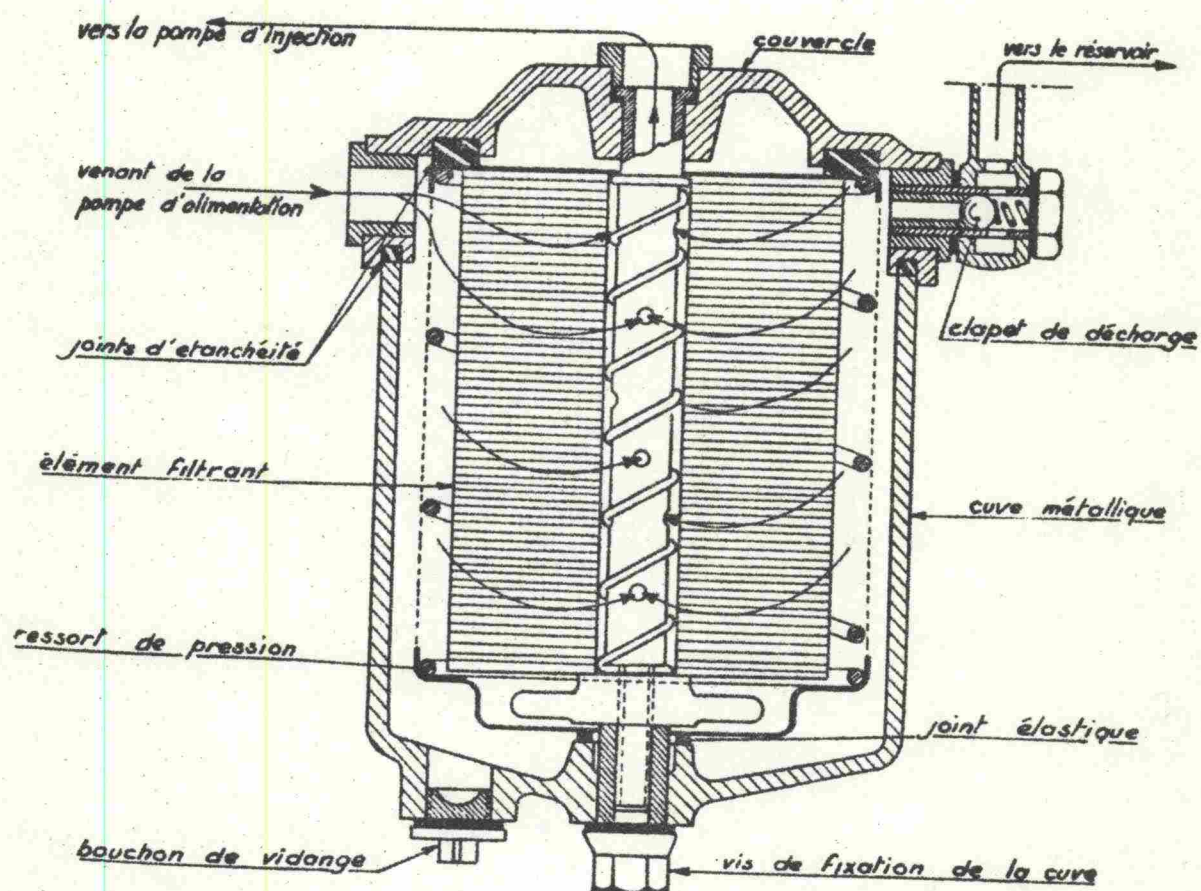


FIG. 24



La pompe d'alimentation doit être également protégée des corps étrangers pouvant provoquer le désamorçage, d'où la présence d'un pré-filtre monté sur l'aspiration et servant à arrêter la majeure partie des impuretés en suspension dans le liquide.

#### Filtre principal

Le modèle le plus pratique comprend une cartouche filtrante, interchangeable, qu'il suffit de remplacer ou de nettoyer après un certain temps.

Ce filtre principal appelé également "filtre nourrice" doit toujours être monté entre le réservoir et la pompe à injection, de préférence après la pompe d'alimentation.

Cet organe principal de protection de pompes et des injecteurs doit satisfaire à deux conditions:

- I. il doit avant tout être efficace, ce qui impose:
  - a) une matière filtrante principale très serrée
  - b) une faible pression de filtrage (0,02 à 0,5 bar)
  - c) une très grande surface de filtrage sous un petit volume
2. il doit durer longtemps et avec le minimum d'interventions

En principe le filtre principal comprend:

- une cuve métallique renfermant un élément filtrant interchangeable correspondant à la marque du filtre. L'eau et les sédiments divers se déposent à la partie inférieure de cette cuve.
- un couvercle avec un raccord d'arrivée et de sortie du combustible.
- Un bouchon de vidange pour le démontage et le nettoyage
- Un écrou de fixation.
- Des joints d'étanchéité
- Un ressort de pression assurant une parfaite adhérence de l'élément filtrant dans la cuve
- Un clapet de décharge logé dans le couvercle assurant le retour du combustible dans le réservoir, lors des suppressions d'alimentation.





Filtre Duo - Bosch (fig. 25)

Le filtre à combustible "Duo Bosch" est une combinaison de deux filtres créée par Bosch. Il comprend un filtre à gaine de feutre cylindrique et sans coupure. Ce filtre joue le rôle de préfiltre puisque c'est à travers ce filtre que le combustible passe en premier lieu.

Le deuxième est un filtre à toile et à cellules qui retient les impuretés que le premier n'a pas pu retenir. Ce filtre a une grande surface filtrante, l'écoulement du combustible se fait au ralenti et la capacité ou le pouvoir filtrant est très élevé.

Les deux filtres sont juxtaposés et fonctionnent donc en série.





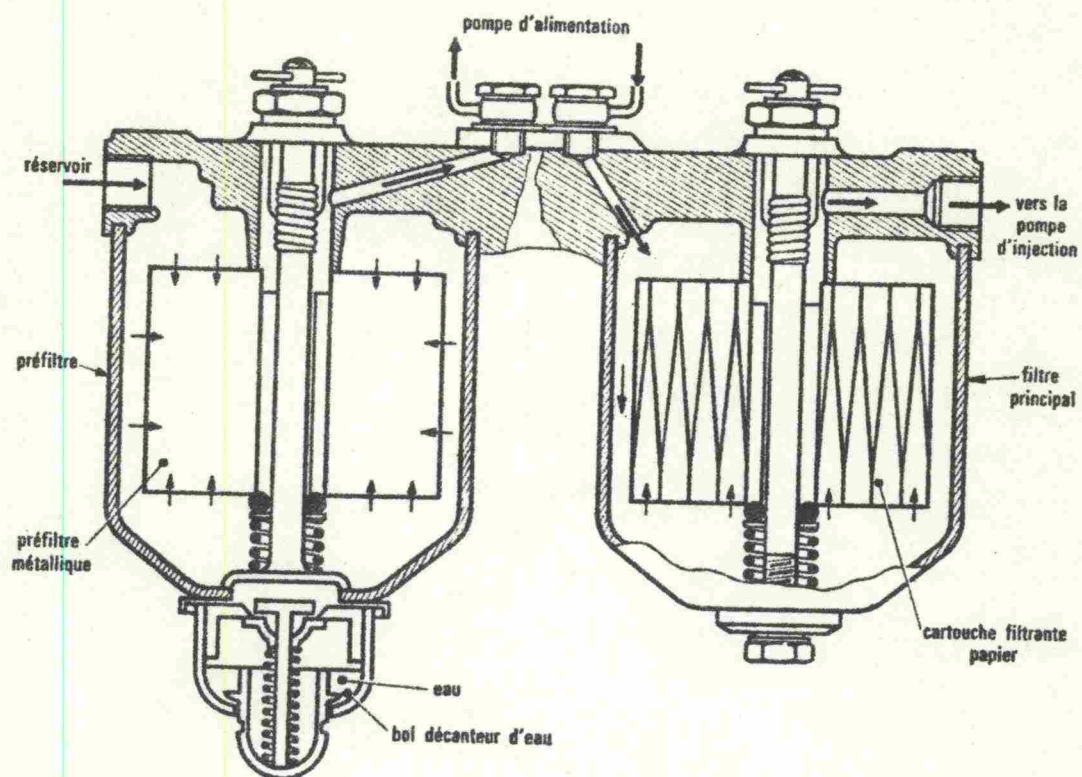
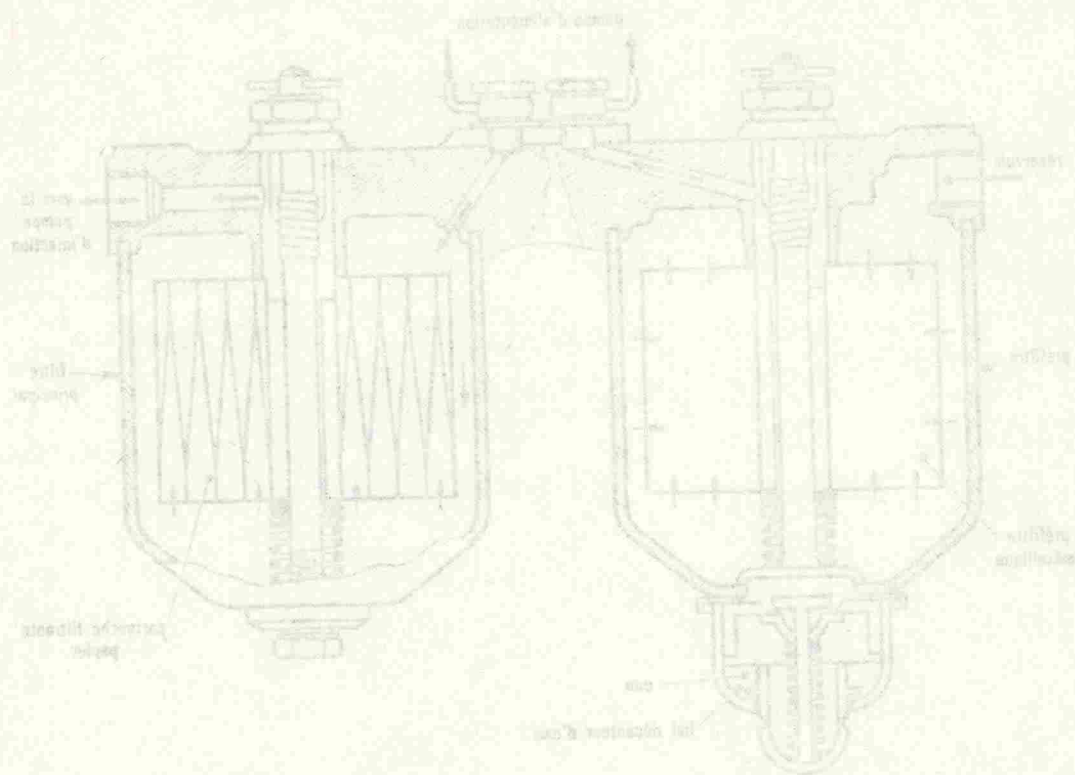


FIG. 25



## CHAPITRE V

### Le système d'injection et de régulation des moteurs Diesel

#### 5.I. La pompe d'injection

La pompe d'injection doit refouler sous pression le combustible à travers un circuit qui comprend: soupapes ou clapets, des conduits ou des injecteurs.

##### 5.I.I. Conditions à remplir

- a) Le dosage doit correspondre très exactement aux besoins du moteur (suivant la charge).
- b) Il doit être rigoureusement égal pour chaque cylindre du moteur.
- c) L'injection doit s'effectuer à un instant très précis.
- d) L'injection doit se produire pendant un laps de temps très court et sans égouttement ultérieur.
- e) La précision dans l'usinage de la pompe, notamment des pistons et des cylindres, doit être très poussée. La pression atteint une valeur très élevée. La quantité de combustible à refouler à coup de pistons est très faible.
- f) Le régulateur de vitesse fait généralement corps avec la pompe d'injection. Il assure le maintien d'un ralenti stable.

##### 5.I.2. Organes d'une pompe d'injection (fig. 26)

La pompe comporte:

- 1. un cylindre, un piston et la commande de ce dernier;
- 2. un dispositif de réglage du début d'injection;
- 3. un dispositif de réglage du débit du combustible injecté.



Section 1.1 - Introduction

1.1.1 - Overview

The purpose of this document is to provide a comprehensive overview of the project and its objectives. It is intended for use by all stakeholders involved in the project, including the project manager, team members, and sponsors.

1.1.2 - Objectives

The primary objective of this project is to develop a new software application that will streamline the workflow of the department. Other objectives include:

- 1.1.2.1 To improve the efficiency of the current process.
- 1.1.2.2 To reduce the time and cost associated with the current process.

The project will be managed using the following methodology:

- 1.1.2.3 To use a project management tool to track progress and resources.
- 1.1.2.4 To hold regular meetings to discuss progress and address any issues.

The project will be completed by the end of the year. The following timeline outlines the key milestones:

- 1.1.2.5 To complete the initial requirements gathering phase by the end of the first quarter.
- 1.1.2.6 To complete the design phase by the end of the second quarter.

The project will be completed by the end of the year. The following timeline outlines the key milestones:

- 1.1.2.7 To complete the development phase by the end of the third quarter.
- 1.1.2.8 To complete the testing phase by the end of the fourth quarter.

The project will be completed by the end of the year. The following timeline outlines the key milestones:

- 1.1.2.9 To complete the deployment phase by the end of the fourth quarter.
- 1.1.2.10 To complete the final evaluation phase by the end of the year.

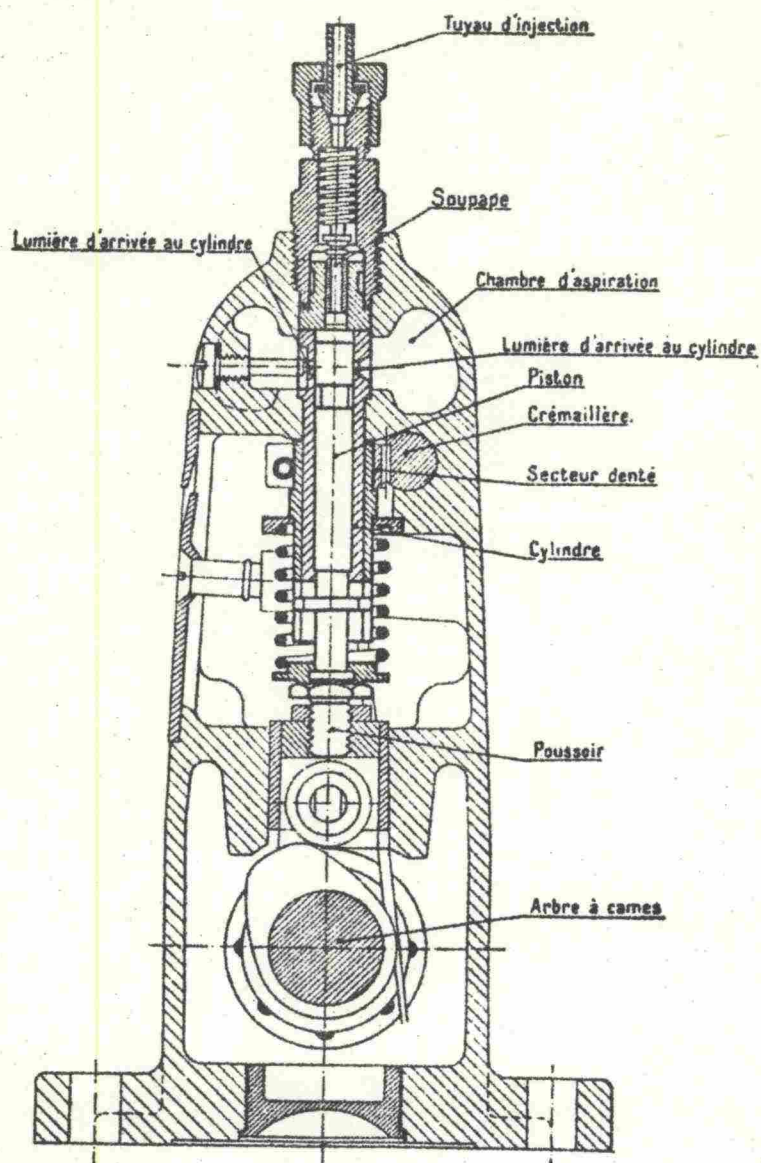


FIG. 26

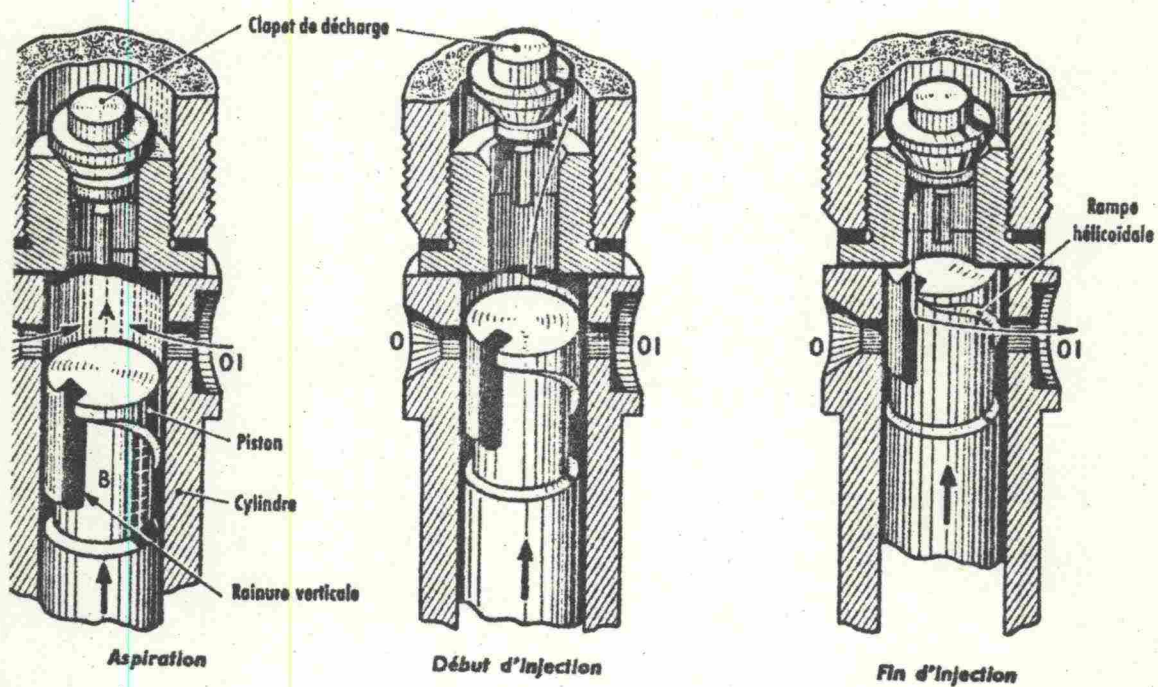


FIG. 27



## 5.2. Etude du cylindre et du piston

### 5.2.1. La pompe mécanique à course de piston constante avec décharge par entaille

#### a. L'arbre à cames

Situé dans la partie inférieure de la pompe d'injection et supporté par des roulements à billes, ou à rouleaux coniques. L'arbre à cames de la pompe se termine par deux cônes permettant de monter à une extrémité, un manchon d'accouplement avec le moteur et à l'autre le régulateur par l'intermédiaire d'un clavetage.

Pour le graissage des cames, on peut loger un feutre dans un orifice approprié en dessous de celles-ci, de la sorte, même si le niveau d'huile est trop bas la came vient frotter sur le feutre imprégné d'huile et le graissage a lieu par simple contact.

#### B. Rappel de fonctionnement (fig. 27)

##### Admission du combustible

Au P.M.B. le piston découvre les orifices O et OI d'arrivée du gasoil. Le combustible sous pression pénètre dans la chambre A et par la rainure verticale dans la chambre B.

##### Début d'injection (refoulement)

Le piston remonte et obture les orifices d'arrivée, c'est le début du refoulement. Le gasoil comprimé soulève le clapet de décharge et se dirige vers l'injecteur.

##### Fin d'injection (décharge)

Le piston continue à monter et dès que l'arête de la rampe hélicoïdale découvre l'orifice de retour OI l'injection cesse brusquement.

Le gasoil contenu dans A et B retourne dans la chambre d'admission.



1. The first part of the report is devoted to a general description of the project and its objectives.

2. The second part of the report describes the methodology used in the study.

3. The third part of the report presents the results of the study and discusses their implications.

4. The fourth part of the report concludes the study and provides recommendations for future research.

5. The fifth part of the report contains the references used in the study.

6. The sixth part of the report contains the appendices.

7. The seventh part of the report contains the summary.

8. The eighth part of the report contains the conclusion.

9. The ninth part of the report contains the acknowledgments.

10. The tenth part of the report contains the list of figures and tables.

11. The eleventh part of the report contains the list of abbreviations.

12. The twelfth part of the report contains the list of symbols.

13. The thirteenth part of the report contains the list of references.

14. The fourteenth part of the report contains the list of appendices.

15. The fifteenth part of the report contains the summary.

Remarques (fig. 28 - 29)

La quantité de combustible refoulée dépend du temps pendant lequel le piston couvre l'orifice de décharge OI. Ce temps est modifié par la rotation du piston. Elle fait varier l'instant de la fin du refoulement déterminé par la rampe hélicoïdale.

La figure 28 (A - B - C) montre les positions de plein débit, de débit moyen et de ralenti. Dans la figure 28 D la rainure verticale est en ligne avec l'orifice OI, aucun refoulement n'est possible, c'est la position d'arrêt.

Pour obtenir la position désirée de la rampe hélicoïdale, on fait tourner le piston au moyen d'un mécanisme de commande (fig. 29).

Suivant le sens de rotation qu'il faut donner au piston pour accélérer (augmentation du débit), on dit qu'il est à rampe à gauche ou à rampe à droite.

Le débit d'un élément de la pompe varie avec la course utile du piston.

$$\text{DEBIT} = \text{AIRE DU PISTON} \times \text{COURSE UTILE} \quad (\text{fig. 30})$$

$$\text{Soit } D = A \times C.U.$$

$$ab = \text{course utile (C.U.)}$$

$$A = \text{Aire du piston}$$

The first of the observations referred to above is that the  
lungs of the patient appear to be normal in size and  
weight, but the volume of the lungs is increased.  
In the case of the patient referred to above the lungs  
were found to be normal in size and weight, but the  
volume of the lungs was increased. This is a very  
common finding in cases of emphysema, and is due to  
the fact that the lungs are over-inflated.

The second of the observations referred to above is that  
the lungs of the patient appear to be normal in size and  
weight, but the volume of the lungs is increased. This is a  
very common finding in cases of emphysema, and is due to  
the fact that the lungs are over-inflated.

The third of the observations referred to above is that  
the lungs of the patient appear to be normal in size and  
weight, but the volume of the lungs is increased. This is a  
very common finding in cases of emphysema, and is due to  
the fact that the lungs are over-inflated.

THE JOURNAL OF THE ROYAL SOCIETY OF MEDICINE (1914) 7, 25

THE JOURNAL OF THE ROYAL SOCIETY OF MEDICINE (1914) 7, 25

THE JOURNAL OF THE ROYAL SOCIETY OF MEDICINE (1914) 7, 25

THE JOURNAL OF THE ROYAL SOCIETY OF MEDICINE (1914) 7, 25

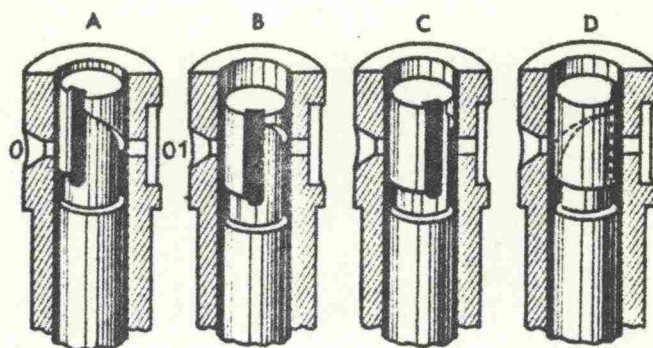


FIG. 28 Différentes positions du piston dans le cylindre.

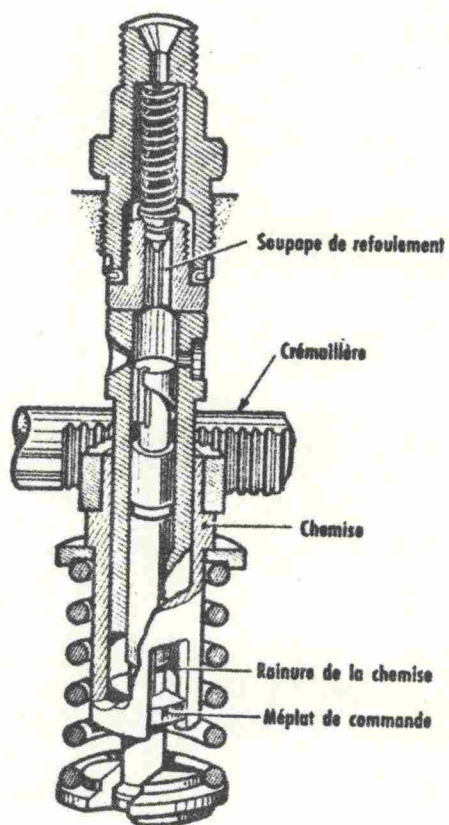


FIG. 29 — Mécanisme de commande de la rotation du piston.

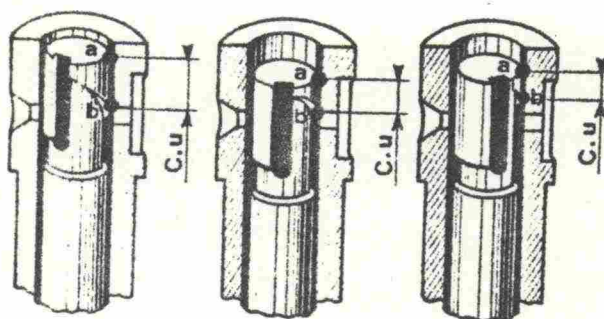


FIG. 30





### C. Le poussoir

Il a un rôle intermédiaire; il transmet le mouvement de la came au piston en absorbant les chocs, il annule la composante latérale au moyen du guidage; le piston reçoit ainsi un mouvement rigoureusement axial.

Son contact avec la came peut s'effectuer soit par un galet, soit par une surface plane de grande dureté en forme de cylindre.

Il peut être muni d'une vis traitée avec contre-ecrou, permettant le réglage du début d'injection et du jeu nécessaire entre le piston et le siège du clapet.

On peut prévoir aussi un logement à la partie supérieure du poussoir destiné à recevoir des rondelles complémentaires permettant le réglage du début d'injection.

Pour empêcher le poussoir de tourner lors du fonctionnement de la pompe, il existe un procédé assez simple qui consiste à faire dépasser l'extrémité de l'axe du galet, d'un seul ou de deux côtés, de manière à ce que cet axe vienne loger dans une ou deux rainures verticales usinées dans le corps de la pompe.

#### 1. Le ressort de rappel

Le piston de la pompe est muni d'un ressort de rappel. Son but est de ramener le piston vers le bas après chaque injection et de maintenir un contact permanent entre le poussoir et la came. On évite ainsi les chocs qui engendreraient une usure prématurée de ces organes.

#### 2. Les cylindres

Les cylindres de la pompe d'injection dans lesquels les pistons sont animés d'un mouvement alternatif vertical et d'un mouvement de rotation sont exécutés avec une grande précision.

Ils sont rapportés dans le corps de la pompe. Une collerette de repos à la partie supérieure permet un positionnement correct. Ils sont montés dans le corps de pompe sans jeu, orientés de façon correcte pour l'admission du combustible et maintenus en place par une vis à téton visible de l'extérieur.

## 2. Le piston

Il a une double fonction : il transmet le mouvement de la manivelle au piston en absorbant les chocs. Il assure la compression de l'air et le retour au point de départ. Le piston est composé d'un corps et d'un anneau. Le corps est en forme de cylindre et l'anneau est en forme de bague.

Le piston est fixé au vilebrequin par un gâchet. L'anneau est fixé au corps du piston par une bague d'arrêt. Le piston est en forme de cylindre et l'anneau est en forme de bague.

Le piston est fixé au vilebrequin par un gâchet. L'anneau est fixé au corps du piston par une bague d'arrêt. Le piston est en forme de cylindre et l'anneau est en forme de bague.

On peut prévoir aussi un logement à la partie supérieure du piston destiné à recevoir des rondelles complémentaires permettant la régulation du débit d'injection.

Pour empêcher le piston de tourner dans le cylindre, on fixe à la partie supérieure du piston une bague d'arrêt. Cette bague est en forme de bague et elle est fixée au corps du piston par une bague d'arrêt. Le piston est en forme de cylindre et l'anneau est en forme de bague.

Le piston est fixé au vilebrequin par un gâchet. L'anneau est fixé au corps du piston par une bague d'arrêt. Le piston est en forme de cylindre et l'anneau est en forme de bague.

On évite ainsi les chocs qui aggraveraient les usures du piston et du vilebrequin.

## 3. Les cylindres

Les cylindres de la pompe d'injection assurent la compression de l'air et le retour au point de départ. Le piston est en forme de cylindre et l'anneau est en forme de bague.

Les cylindres de la pompe d'injection assurent la compression de l'air et le retour au point de départ. Le piston est en forme de cylindre et l'anneau est en forme de bague.



#### F. Les pistons

Le piston est exécuté également avec une grande précision. Il comporte une gorge circulaire limitée à la partie inférieure par une arête droite et à la partie supérieure par une arête hélicoïdale aboutissant à une rainure verticale. Chaque piston est muni à sa partie inférieure d'une cuvette dans laquelle s'exerce la pression d'un ressort prenant appui sur une autre cuvette placée dans le logement prévu dans le carter de la pompe.

Le dispositif du mouvement de rotation de l'axe vertical des pistons est constitué en général par un doigt qui coulisse dans la mortaise d'une douille à secteur denté qui, lui-même, reçoit un mouvement de rotation par l'intermédiaire de la crémaillère.

Grâce à ce dispositif on peut faire varier la position des rampes par rapport aux orifices d'arrivée du combustible. On ne peut remplacer en aucun cas les pistons ou les cylindres isolément du fait de l'ajustement précis de ces deux organes.

#### G. Secteur denté ou douille dentée du réglage

Comme il a été dit le piston possède un doigt qui coulisse verticalement dans une encoche usinée dans la douille dentée.

De cette façon et sans nuire au mouvement vertical du piston, la douille dentée permet d'entraîner celui-ci dans un mouvement de rotation qui dépend du déplacement longitudinal de la crémaillère, ce déplacement étant commandé par le conducteur.

#### H. La crémaillère

Elle peut être taillée à partir d'une tige ronde et elle commande simultanément autant de douilles dentées qu'il y a



T. Les platons

Les platons ont exécuté également avec une grande précision. Il comporte une gorge circulaire limitée à la partie inférieure par une arête droite et à la partie supérieure par une arête hélicoïdale aboutissant à une rainure verticale. Chaque platon est muni à sa partie inférieure d'une cuvette dans laquelle s'écoule la circulation d'un liquide provenant d'un autre cuvette placée dans le logement prévu dans le carter de la pompe.

Le dispositif du mouvement de rotation de l'axe vertical est constitué en général par un doigt qui coulisse dans la rainure d'une douille à section dentée qui lui-même, reçoit un mouvement de rotation par l'intermédiaire d'une crémaillère.

Grâce à ce dispositif on peut faire varier la position des rampes par rapport aux axes d'arrivée du combustible. On ne peut remplacer en aucun cas les platons ou les cylindres isolément du fait de l'ajustement précis de ces deux organes.

2. Section dentée ou douille dentée en spirale

Comme il a été dit le platon possède un doigt qui coulisse verticalement dans une encoche usinée dans la douille dentée.

De cette façon et sans autre mouvement vertical du doigt, la douille dentée permet d'effectuer celui-ci dans un mouvement de rotation qui dépend du déplacement longitudinal de la crémaillère, ce déplacement étant commandé par le commandant.

II. La crémaillère

Elle peut être taillée à partir d'une tige ronde et elle commande simultanément autant de douilles dentées qu'il y a

d'éléments à la pompe par conséquent de cylindres au moteur. La denture de la crémaillère, qui glisse librement et sans jeu dans deux supports extérieurs, est identique à la forme des dents des douilles.

C'est par le déplacement de la crémaillère que l'on règle le débit de la pompe, donc le régime du moteur.

#### Les clapets ou soupapes de refoulement (fig. 31)

Ces soupapes sont logées au dessus du cylindre dans la partie supérieure du corps de la pompe. Leur but est de permettre une fermeture rapide de l'aiguille de l'injecteur afin d'empêcher la formation d'une goutte à l'orifice de la buse, et de maintenir une pression constante dans les canalisations de refoulement.

A cet effet la soupape est munie d'une collerette cylindrique et dans un premier temps, ferme la communication entre la partie située au dessus du piston de la pompe et la canalisation de refoulement.

Dans le deuxième temps, le cône de fermeture à la partie supérieure de la soupape vient s'appuyer sur son siège.

L'augmentation de volume correspondant fait chuter la pression dans la canalisation.

#### fonctionnement (fig. 32)

Le piston se déplace dans sa chemise. Il comprend une gorge circulaire (A), une arête droite (B), une arête hélicoïdale (C) et une arête verticale formée par l'arête (D) et la partie supérieure de la chemise hélicoïdale (C).

La surface supérieure du piston.

se comporte deux orifices d'admission du combustible (F).



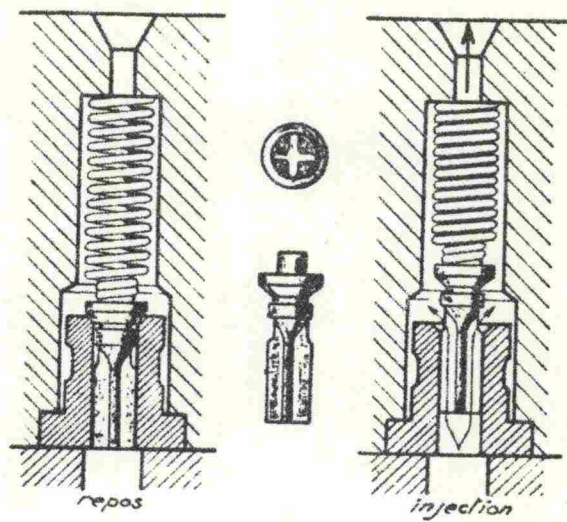


FIG. 31

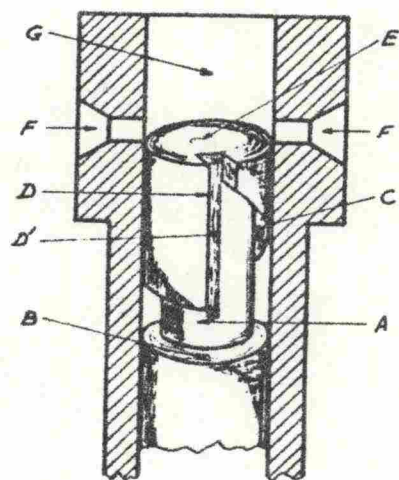


FIG. 32





FIG. 1014



FIG. 1015

On a ainsi un espace annulaire dans le piston, qui communique avec la chambre de refoulement (G) située au-dessus du piston par une rainure longitudinale (D') parallèle à l'axe vertical du piston.

Afin de mieux comprendre le fonctionnement nous allons le diviser en trois phases principales qui sont obtenues par rotation du piston sur lui-même par l'intermédiaire du secteur denté, commandé par le mouvement longitudinal de la crémaillère.

### I. Plein débit (fig. 33)

La figure 33 représente le piston dans une position plein débit, c.à.d. que la rampe hélicoïdale cache au maximum un orifice d'amenée, alors que l'autre est caché par la partie cylindrique du piston à la limite de l'arête déterminant la rainure verticale.

Sur la figure (A) le piston est au P.M.D. le combustible pénètre dans la chambre de refoulement. La figure (B) montre la position du piston lorsque l'injection commence à se produire, c.à.d. quand les deux orifices d'amenée sont obturés par le piston.

Enfin, la figure (C) représente la fin de l'injection: le combustible étant sous pression élevée au dessus du piston, la base de l'arête hélicoïdale découvre un orifice d'admission, le combustible passe par la rainure verticale et la pression diminue brusquement.

### 2. Position débit partiel (fig. 34)

C'est une position entre le débit maximum et le débit nul.

Le fonctionnement pour cette position est identique mais l'injection cessera plus tôt étant donné la plus faible surface de recouvrement délimitée par l'arête hélicoïdale par rapport à l'orifice d'admission.

En d'autres termes, la quantité de combustible injecté est proportionnelle à la hauteur de la génératrice complète entre

On a ainsi un échantillon dans le plan, qui correspond  
avec la chambre de refoulement (C) et les sa-  
tures longitudinales (D) et les sa-  
tures transversales (E) dans le plan.  
Afin de mieux comprendre la répartition des sa-  
tures en trois phases successives qui sont obtenues par rotation du ré-  
cepteur, on peut faire l'interprétation de ces sa-  
tures par le mouvement longitudinal de la chambre (C).

1. Phase de sa-  
(fig. 33)

La figure 33 représente la phase dans une position de sa-  
ture, c.à.d. que la sa-  
ture longitudinale est au maximum et la  
sa-  
ture transversale est au minimum. On voit que la sa-  
ture longitudinale est la plus élevée et la sa-  
ture transversale est la plus basse.

Sur la figure (A) la sa-  
ture est au maximum et la sa-  
ture transversale est au minimum. La sa-  
ture longitudinale est la plus élevée et la sa-  
ture transversale est la plus basse. On voit que la sa-  
ture longitudinale est la plus élevée et la sa-  
ture transversale est la plus basse.

Sur la figure (B) la sa-  
ture est au minimum et la sa-  
ture transversale est au maximum. La sa-  
ture longitudinale est la plus basse et la sa-  
ture transversale est la plus élevée. On voit que la sa-  
ture longitudinale est la plus basse et la sa-  
ture transversale est la plus élevée.

2. Phase de sa-  
(fig. 34)

C'est une position entre la sa-  
ture longitudinale et la sa-  
ture transversale. On voit que la sa-  
ture longitudinale est la plus élevée et la sa-  
ture transversale est la plus basse. On voit que la sa-  
ture longitudinale est la plus élevée et la sa-  
ture transversale est la plus basse.

En d'autres termes, la sa-  
ture longitudinale est la plus élevée et la sa-  
ture transversale est la plus basse. On voit que la sa-  
ture longitudinale est la plus élevée et la sa-  
ture transversale est la plus basse.

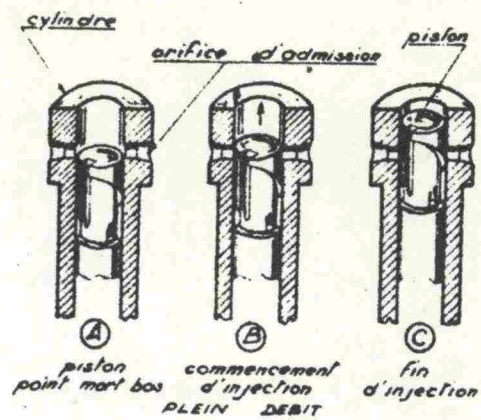


FIG. 33

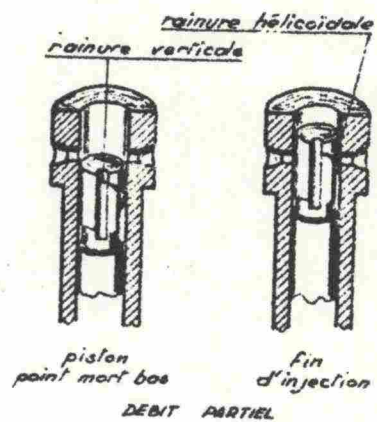


FIG. 34

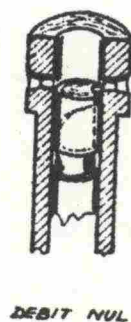
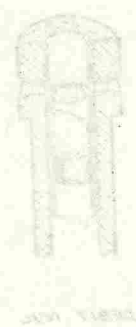
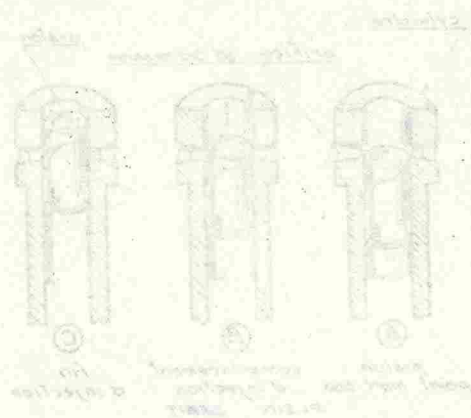


FIG. 35





l'arête supérieure du piston et l'arête déterminant la rampe hélicoidale.

Avec ce système de pompe, le refoulement du combustible correspondant à l'injection commence toujours au moment où le piston a déjà accompli une partie de sa course et acquis une certaine vitesse.

### 3. Debit nul (fig. 35)

La figure représente la position du piston pour un débit nul, c.à.d. lorsque la rainure verticale se trouve devant l'orifice d'amenée du combustible. De cette manière il ne peut y avoir compression au dessus du piston puisque la chambre de refoulement est directement en communication avec l'orifice d'admission du combustible donc avec la chambre d'aspiration située dans le corps de la pompe.

## 5.3. Les injecteurs (fig. 36)

Chaque type de moteur a son système d'injection propre, assurant une fine pulvérisation du combustible.

La pulvérisation a lieu au moment opportun et pendant le temps convenable, pour réaliser un mélange intime d'air et de combustible, de manière à ce que la combustion soit rapide et complète.

L'organe que l'on désigne sous le nom "d'injecteur" comporte deux parties: l'injecteur proprement dit et le porte-injecteur.

L'injecteur a pour rôle de pulvériser le combustible, c.à.d. de le diviser en fines particules; de plus, il faut qu'il assure une répartition judicieuse du combustible dans la chambre de combustion.

Il est nécessaire que le gasoil soit entièrement vaporisé pour brûler rapidement et complètement; la vaporisation est d'autant plus facile et plus rapide que les particules produites par la vaporisation sont plus petites.

La pulvérisation est elle-même fonction de la pression d'in-

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS 350

LECTURE 1

1.1

1.2

1.3

1.4

1.5

jection et de la vitesse de projection du combustible à travers l'orifice ou les orifices de la buse.

La pression d'injection dépend du réglage de l'injecteur, et la vitesse de projection dépend de la vitesse de rotation de l'arbre de la pompe d'injection, donc de la vitesse du moteur.

L'injecteur proprement dit comprend deux pièces:

la buse et l'aiguille.

L'aiguille est terminée par un cône de fermeture ou d'ouverture pour le passage du combustible à sa partie inférieure, et un cône de levée où s'exerce la pression du combustible lors de l'injection.

Le principe consiste à faire passer le combustible sous pression élevée, à travers un ou plusieurs orifices de diamètres différents. Le nombre de ces orifices ainsi que leur dimensions varient suivant les constructeurs et le mode d'injection employé.

Il y a également un filtre monté sur le circuit haute pression avant passage du combustible dans le cylindre.

Ce filtre appelé "filtre-tige" est inclus dans la tubulure d'arrivée sous haute pression du combustible, et permet une dernière épuration de celui-ci en broyant les impuretés en suspension dans le combustible, au moyen de cannelures qui sont ajustées avec précision dans la tubulure d'arrivée du porte-injecteur.

Dans les moteurs à injection indirecte on utilise l'injecteur à téton

#### 5.4. Le porte-injecteur

Le rôle principal du porte injecteur est de soutenir l'injecteur dans l'aménagement prévu à cet effet (le plus souvent dans la culasse).

Il comprend les pièces suivantes:

- le raccord d'arrivée du combustible, sur lequel on fixe la tuyauterie haute pression venant d'un élément de la pompe





d'injection.

- Le raccord de retour de fuites du combustible ayant servi à la lubrification de l'aiguille d'injecteur dans la buse.
- Le chapeau qui renferme la vis de réglage pour le tarage de l'injecteur. C'est en actionnant cette vis que l'on détermine la pression d'injection.
- Un poussoir placé dans l'axe du porte-injecteur, donc dans l'axe de l'injecteur, transmet l'effort de compression du ressort à l'aiguille d'injection, et assure de la sorte une étanchéité parfaite entre le cône de fermeture de l'aiguille et le cône inférieur de la buse.
- Un orifice traversant le porte-injecteur permet l'amenée du combustible, sous haute pression, à la chambre aménagée dans la buse de l'injecteur.

#### 5.5. Le corps d'injecteur ou buse (fig. 37)

Il est fixé au porte-injecteur à l'aide d'un écrou raccord; il est percé à sa partie inférieure d'un ou plusieurs trous très fins qui orientent le jet du combustible.

Le siège de l'aiguille qui se trouve à la partie inférieure de la buse est usiné directement dans celle-ci; il est de forme conique. On l'appelle "cône de fermeture".

Une chambre annulaire aménagée dans la buse permet au combustible d'arriver sous pression après être passé par un orifice d'amenée, percé obliquement dans la buse.

Cet orifice d'amenée communique avec une rainure circulaire située à la partie supérieure de la buse. Cette rainure communique avec le canal percé dans le corps du porte-injecteur.

#### 5.6. L'aiguille d'injection (fig. 38)

L'aiguille d'injection doit coulisser librement et sans aucun jeu important dans la buse ou le corps de l'injecteur.

5. Injection.

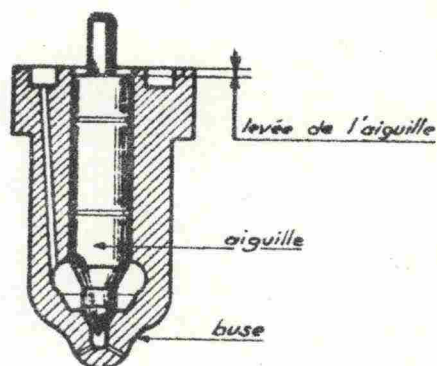
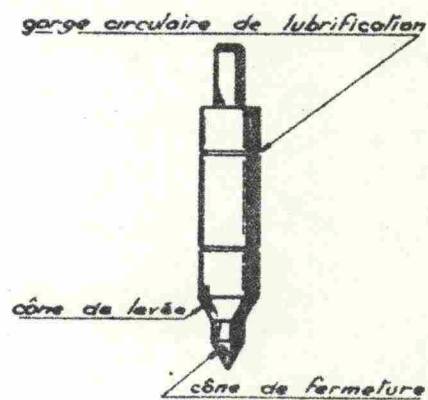
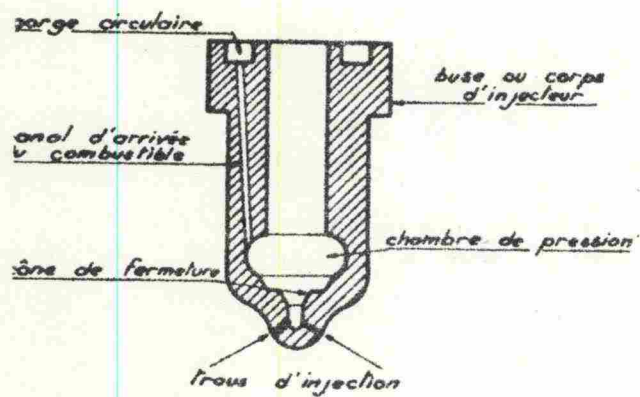
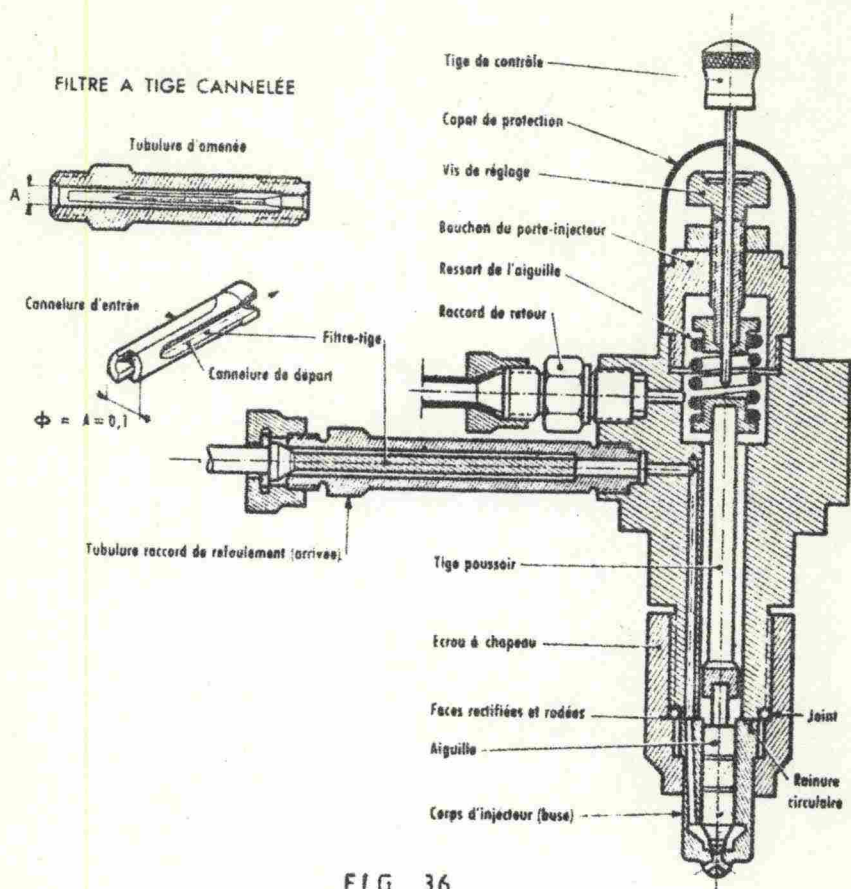
- Le raccord de retour de l'air du compresseur ayant servi à la lubrification de l'atmosphère d'injection dans la phase.
- La chambre qui sert de réservoir pour la phase de l'injection, c'est-à-dire en actionnant cette valve on détermine la pression d'injection.
- Un piston placé dans l'axe du porte-injecteur, dont dans l'axe de l'injection, lorsque l'effort de compression du ressort à l'atmosphère d'injection, et lorsque de la sorte une étanchéité se produit entre la zone de formation de l'atmosphère et la zone de l'injection de la phase.
- Un orifice traversant le porte-injecteur permet l'accès du combustible, sans aucune pression, à la chambre échauffée dans la phase de l'injection.

5.2. La zone d'injection de phase (fig. 37)

- Il est fixé au porte-injecteur à l'aide d'un démonte-raccords; il est percé à sa partie inférieure d'un ou plusieurs trous très fins orientés le long du combustible.
- Le siège de l'atmosphère qui se trouve à la partie inférieure de la phase est maintenu écarté dans celle-ci; il est de forme conique.
- On l'appelle "siège de formation".
- Une chambre annulaire aménagée dans la phase permet au combustible d'arriver sans pression après être passé par un orifice d'admission, pour s'écouler dans la phase.
- Cet orifice d'admission communique avec une rampe circulaire et est à la partie supérieure de la phase. Cette rampe communique avec le canal percé dans la zone du porte-injecteur.

5.3. L'atmosphère d'injection (fig. 38)

- L'atmosphère d'injection doit couler librement et sans aucun frottement dans la phase ou la zone de l'injection.







La partie inférieure qui est généralement conique doit porter parfaitement sur son siège.

L'aiguille comporte un cône ou un épaulement sur lequel agit la pression du combustible, permettant ainsi de la soulever. Ce cône est appelé "cône de levée".

Le corps de l'injecteur et l'aiguille sont parfaitement ajustés. Il en résulte qu'une aiguille donnée ne peut être utilisée que dans le corps d'injecteur correspondant.

En effet la tolérance admise sur la partie cylindrique servant au guidage est de  $3\text{ }\mu$ , et sur le siège ou cône de fermeture  $3/10$  de  $\mu$ .

La figure 39 représente un injecteur à trous, complet, c.à.d. aiguille et corps montés.

#### 5.7. Le ressort et la vis de réglage

La pression de fermeture, réglable, exercée par le ressort est transmise à l'aiguille par l'intermédiaire d'un poussoir ou tige de commande.

Le rôle du ressort consiste à maintenir l'aiguille sur son siège, c.à.d. en position fermée, en dehors des moments d'injection.

La pression de tarage détermine la pression d'injection.

Un vis de réglage, quelquefois des rondelles d'épaisseur peuvent être prévues, pour permettre le réglage du tarage du ressort.

#### 5.8. Injecteurs à téton (fig. 40)

L'extrémité de l'aiguille de l'injecteur à téton peut se présenter sous différents aspects. Le téton peut être cylindrique, à extrémité conique, la pente du cône peut être plus ou moins prononcée (injecteur à étranglement).

C'est de la forme du téton que dépend la forme du jet; en effet, si l'extrémité du téton est cylindrique, le jet sera étroit donc l'angle d'injection très peu prononcé, au contraire, si le téton est

La partie inférieure est généralement conique et porte sur son sommet un alvéole.

L'alvéole comporte un cône ou un éperon sur lequel agit la pression du combustible, permettant ainsi de le soulever. Ce cône est appelé "cône de levée".

Le corps de l'injecteur et l'alvéole sont parfaitement ajustés. Il en résulte qu'une alvéole donnée ne peut être utilisée que dans le corps d'injecteur correspondant.

En effet la tolérance admise sur la partie cylindrique servant au guidage est de 3 µ, et sur le cône de levée de 3/10 de mm. La figure 30 représente un injecteur à tronc, conique, c.à.d.

alvéole et corps coniques.

### 3.7. Le ressort et la vis de réglage

La pression de fermeture, réglable, exercée par le ressort est transmise à l'alvéole par l'intermédiaire d'un passage ou tige de commande.

La tige du ressort consiste à maintenir l'alvéole sur son siège, c.à.d. en position fermée, au dehors des moments d'injection.

La pression de tarage détermine la pression d'injection. Un vis de réglage, qui agit sur des rondelles d'épaisseurs variables, permet de modifier la réglage du ressort.

### 3.8. Injecteurs à tige (fig. 40)

L'extrémité de l'alvéole de l'injecteur à tige peut se présenter sous différents aspects. Le tige peut être cylindrique, à section conique, la partie du cône peut être plus ou moins prononcée (injecteur à éperon).

C'est de la forme du tige que dépend la forme du jet, en effet et l'extrémité du tige est cylindrique, le jet sera droit dans l'axe d'injection très peu prononcé, au contraire, si le tige est



conique, le jet se répartira suivant l'angle du cône.

A noter qu'avec ce système d'injecteur, l'orifice d'injection ne peut être calaminé du fait du jeu entre le trou et le téton de l'aiguille d'injection.

#### Fonctionnement (fig. 4I)

Le combustible, refoulé par la pompe d'injection, pénètre dans le porte-injecteur et parvient dans la chambre de pression par les petites canalisations percées dans le porte injecteur et dans la buse de l'injecteur.

Lorsque la pression est suffisante pour vaincre l'action antagoniste du ressort, c.à.d. que la résultante verticale des forces appliquées sur le cône de levée est supérieure à la force exercée par le ressort, l'aiguille se soulève et le combustible passe alors par le ou par les trous du corps d'injecteur.

L'injection ne peut se produire qu'au moment où la pression atteint une valeur suffisante pour assurer une bonne pulvérisation.

Dès que la pompe n'envoie plus de combustible, l'aiguille est vivement appliquée sur son siège et obture les trous de l'injecteur.

En outre, le début et la fin de l'injection doivent être très brusques. Une faible vitesse en fin d'injection entraînerait une mauvaise pulvérisation et la formation à l'extrémité de l'injecteur, d'une "goutte" qui brûle mal et risquerait d'encrasser les orifices d'injection.

Remarque: la pression d'injection déterminée par le ressort de réglage ne devrait théoriquement pas varier; mais par suite des vibrations engendrées par la rotation du moteur et de variations de température, les organes de l'injecteur peuvent se dérégler.

Au bout d'un certain temps, une diminution de pression due à l'affaiblissement du ressort peut se produire et, dans ce cas, un réglage est nécessaire.



communes, la loi de répartition suivant l'usage de l'eau.  
A noter qu'il ne s'agit pas d'un droit de propriété, mais d'un droit d'usage.  
C'est être certain de l'eau au moment où elle est nécessaire.  
C'est la "répartition".

La répartition (2)

La répartition est faite par le bureau d'irrigation, qui a pour mission de répartir l'eau entre les différents usagers.  
Il s'agit d'un service public, qui doit être organisé de manière à garantir l'équité et la transparence.  
C'est la "répartition".

Le bureau d'irrigation est composé de représentants des différents usagers, élus par eux-mêmes.  
Il a pour mission de répartir l'eau entre les différents usagers, en fonction de leurs besoins.  
C'est la "répartition".

La répartition est faite en fonction de la surface irriguée, qui est divisée en lots.  
Chaque lot a une surface déterminée, et chaque usager a le droit d'utiliser une certaine surface.  
C'est la "répartition".

La répartition est faite en fonction de la surface irriguée, qui est divisée en lots.  
Chaque lot a une surface déterminée, et chaque usager a le droit d'utiliser une certaine surface.  
C'est la "répartition".

La répartition est faite en fonction de la surface irriguée, qui est divisée en lots.  
Chaque lot a une surface déterminée, et chaque usager a le droit d'utiliser une certaine surface.  
C'est la "répartition".

La répartition est faite en fonction de la surface irriguée, qui est divisée en lots.  
Chaque lot a une surface déterminée, et chaque usager a le droit d'utiliser une certaine surface.  
C'est la "répartition".

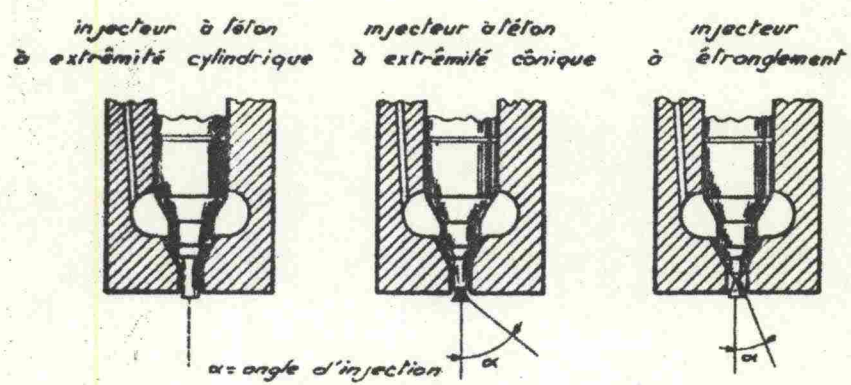


FIG. 40

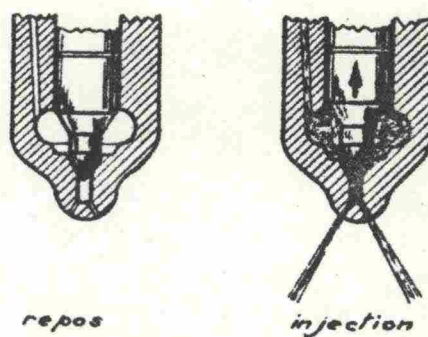


FIG. 41

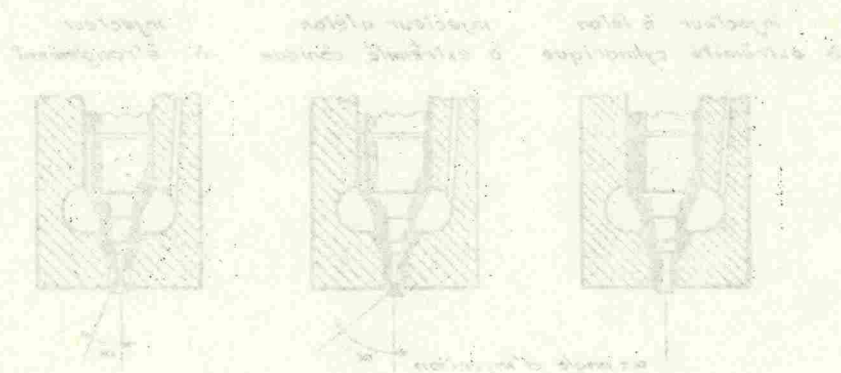


FIG. 1

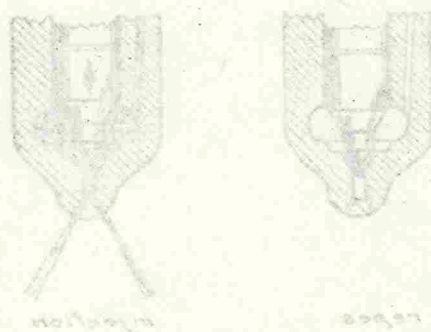


FIG. 2

## CHAPITRE VI

### LES REGULATEURS

#### 6.1. But et rôle

- Doser très exactement la quantité de combustible à injecter selon la vitesse et la puissance développée par le moteur.
- Maintenir la vitesse de rotation entre certaines limites, qui sont, en l'occurrence, la vitesse maximale et la vitesse minimale.

Un moteur Diesel s'emballerait facilement lorsque l'effort qui lui est demandé diminue. Il faut donc éviter qu'il atteigne une vitesse excessive, car les organes en mouvement étant beaucoup plus lourds que ceux d'un moteur à allumage commandé, une vitesse de rotation exagérée peut engendrer des efforts dangereux.

Par contre un ralenti exagéré entraînerait une importante réduction de la vitesse de rotation de la pompe d'injection, donc une injection molle du fait de la compressibilité (même très faible) du combustible.

De plus, la turbulence étant faible à bas régime, provoquerait des ratés de combustion, d'où une irrégularité de fonctionnement et même le "calage" du moteur.

#### 6.2. Fonctions assurées par le régulateur

Au ralenti, il maintient la vitesse de rotation constante.

A des régimes plus élevés, que l'on détermine, il limite la vitesse à une valeur maximale admissible, indépendamment de la charge instantanée appliquée au moteur.

Les moteurs Diesel fonctionnent généralement avec un excès d'air sensible et leur puissance est uniquement fonction, à vitesse constante, de la quantité du combustible injecté.



## THE PROBLEM

### THE PROBLEM

#### THE PROBLEM

The first problem is to determine the nature of the relationship between the two variables. This is done by plotting the data on a graph and observing the shape of the curve. If the curve is a straight line, the relationship is linear. If the curve is a curve, the relationship is non-linear.

The second problem is to determine the nature of the relationship between the two variables. This is done by plotting the data on a graph and observing the shape of the curve. If the curve is a straight line, the relationship is linear. If the curve is a curve, the relationship is non-linear.

The third problem is to determine the nature of the relationship between the two variables. This is done by plotting the data on a graph and observing the shape of the curve. If the curve is a straight line, the relationship is linear. If the curve is a curve, the relationship is non-linear.

The fourth problem is to determine the nature of the relationship between the two variables. This is done by plotting the data on a graph and observing the shape of the curve. If the curve is a straight line, the relationship is linear. If the curve is a curve, the relationship is non-linear.

### THE PROBLEM

The first problem is to determine the nature of the relationship between the two variables. This is done by plotting the data on a graph and observing the shape of the curve. If the curve is a straight line, the relationship is linear. If the curve is a curve, the relationship is non-linear.

The second problem is to determine the nature of the relationship between the two variables. This is done by plotting the data on a graph and observing the shape of the curve. If the curve is a straight line, the relationship is linear. If the curve is a curve, the relationship is non-linear.

Si les conditions de fonctionnement changent, si la charge varie par exemple, il faut modifier la quantité de combustible suivant la valeur du couple résistant appliqué au moteur, afin que la vitesse de rotation ne varie pas en dehors des limites fixées. C'est le rôle du régulateur.

Le fonctionnement du régulateur dans les générateurs ONAN est très simple et sera expliqué dans la deuxième partie de cours, qui traite ces générateurs.

---

Si les conditions de fonctionnement sont telles, les charges varient avec les conditions de fonctionnement. Les charges de fonctionnement sont donc variables. Les charges de fonctionnement sont donc variables. Les charges de fonctionnement sont donc variables.

Les charges de fonctionnement sont donc variables. Les charges de fonctionnement sont donc variables. Les charges de fonctionnement sont donc variables.

# B I B L I O G R A P H I E

\*\*\*\*\*

- |                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| - Le Moteur DIESEL                | - M. DESBOIS |
| - Le Moteur DIESEL                | - D. ZOLIVET |
| - Master Service Manual - Engines | - ONAN       |



