

DIRECTIE M  
BUREAU 22-01  
SECTIE 2

TRACTION DIESEL

# COURS POUR ELÈVES-CONDUCTEURS

Livre II

*Le moteur diesel et la  
transmission hydraulique*

Leçons 49 à 96

TEXTE



## LIVRE II.

### Le moteur diesel et la transmission hydraulique.

#### Table de matières.

#### 49e leçon - Les moteurs.

- 49.0. Généralités.
- 49.1. Moteur thermique.
- 49.2. Moteur à combustion externe.
- 49.3. Moteur à combustion interne.
- 49.4. Moteur à mélange préalable.
- 49.5. Moteur à injection.
- 49.6. Avantages du moteur diesel.

#### 50e leçon - Les organes constitutifs du moteur.

- 50.0. Organes principaux.
- 50.1. Cylindre.
- 50.2. Culasse.
- 50.3. Piston.
- 50.4. Segments.
- 50.5. Bielle.

#### 51e leçon - Les organes constitutifs du moteur (suite).

- 51.0. Vilebrequin.
- 51.1. Carter.
- 51.2. Coussinets.
- 51.3. Mécanisme de distribution.
- 51.4. Volant.
- 51.5. Amortisseur de vibrations.

#### 52e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.

#### 53e leçon - La classification des moteurs.

- 53.0. Suivant la disposition des cylindres.
- 53.1. Suivant la vitesse de rotation.
- 53.2. Suivant le cycle de fonctionnement.
- 53.3. Suivant l'ordre de marche.
- 53.4. Positions du piston.
- 53.5. Alésage.
- 53.6. Course.
- 53.7. Volume de compression.
- 53.8. Volume initial.
- 53.9. Cylindrée.
- 53.10. Taux de compression.

#### 54e leçon - Le moteur diesel à 4 temps.

- 54.0. Principe de fonctionnement.
- 54.1. Phases de fonctionnement théorique.

- 54.2. Fonctionnement réel du moteur.
- 54.3. Admission.
- 54.4. Compression.
- 54.5. Injection, combustion et détente.
- 54.6. Inconvénients d'une avance à l'injection inappropriée.
- 54.7. Echappement.
- 54.8. Balayage.

55e leçon - Le moteur diesel à 2 temps.

- 55.0. Généralités.
- 55.1. Systèmes de distribution.
- 55.2. Moteurs à distribution par lumières et par soupapes.
- 55.3. Fonctionnement d'un moteur à distribution par lumières et soupapes.
- 55.4. Comparaison entre les moteurs à 2 temps et à 4 temps.

56e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.

57e leçon - Le graissage.

- 57.0. Généralités.
- 57.1. Travail de frottement.
- 57.2. Réduction du travail de frottement.
- 57.3. But du graissage dans un moteur.
- 57.4. Propriétés de l'huile de graissage.
- 57.5. Choix de l'huile de graissage.
- 57.6. Analyse de l'huile et remplacement du bain.

58e leçon - Le graissage (suite).

- 58.0. Circuit de principe.
- 58.1. Refroidissement du piston.
- 58.2. Principe de l'installation de graissage.
- 58.3. Filtration de l'huile.
- 58.4. Genres de filtres.
- 58.5. Pompe à huile.
- 58.6. Refroidisseur d'huile.
- 58.7. Contrôles à faire par le conducteur.
- 58.8. Pression d'huile.
- 58.9. Causes de pression d'huile nulle ou insuffisante.
- 58.10. Protection contre un manque de graissage.

59e leçon - L'alimentation en combustible.

3.

- 59.0. Généralités.
- 59.1. Réservoirs à gasoil.
- 59.2. Pompe d'alimentation rotative.
- 59.3. Pompe d'alimentation à piston.
- 59.4. Filtration du combustible.
- 59.5. Filtre métallique.
- 59.6. Filtre à élément en tissu ou en feutre.
- 59.7. Filtre à élément en papier.
- 59.8. Filtre duplex.
  
- 59.9. Filtre à élément composé de disques métalliques empilés.

60e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.

61e leçon - Les organes d'injection.

- 61.0. Généralités.
- 61.1. Injection directe.
- 61.2. Injection indirecte.
- 61.3. Injecteur.
- 61.4. Pompe d'injection.
- 61.5. Injecteur-pompe.

62e leçon - L'alimentation en air.

- 62.0. Généralités.
- 62.1. Filtre humide.
- 62.2. Filtre sec.
- 62.3. Filtre à bain d'huile.
- 62.4. Suralimentation.
- 62.5. Avantages de la suralimentation.

63e leçon - L'évacuation des gaz d'échappement.

- 63.0. Généralités.
- 63.1. Pot d'échappement.
- 63.2. Turbo-soufflante.
- 63.3. Alimentation en air des moteurs à 2 temps.
- 63.4. Soufflante.

64e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.

65e leçon - Le refroidissement.

- 65.0. But du refroidissement.
- 65.1. Température de marche du moteur.
- 65.2. Fluide de refroidissement.
- 65.3. Organes principaux des circuits de refroidissement.
- 65.4. Thermostat.
- 65.5. Entraînement des ventilateurs.
- 65.6. Refroidissement par double circuit de circulation.
- 65.7. Refroidissement par circuit unique de circulation.

66e leçon.- Le refroidissement (suite).

- 66.0. Groupe de refroidissement hydrostatique.
- 66.1. Constitution de la pompe à huile et du moteur.
- 66.2. Groupe de refroidissement hydrodynamique.
- 66.3. Protection du moteur contre une température trop élevée.
- 66.4. Protection du moteur contre une température trop basse.
- 66.5. Protection du moteur contre un manque d'eau.
- 66.6. Protection du moteur contre le gel.

67e leçon - Les appareils de contrôle et de mesure.

- 67.0. Généralités.
- 67.1. Appareils de mesure dans la cabine de conduite.
- 67.2. Appareils de mesure dans la salle des machines.
- 67.3. Lampes-témoins.
- 67.4. Signaux acoustiques.

68e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.69e leçon - La régulation des moteurs à injection.

- 69.0. Généralités.
- 69.1. Rôle du régulateur.
- 69.2. Systèmes de régulateurs.
- 69.3. Régulateur "réglage du couple".
- 69.4. Régulateur "réglage de la vitesse".
- 69.5. Principe de fonctionnement du régulateur.

70e leçon - Le régulateur "réglage du couple" (throttle-control).

- 70.0. Description du régulateur "réglage du couple".
- 70.1. Fonctionnement à la vitesse de ralenti.
- 70.2. Fonctionnement à la vitesse de régime.

71e leçon - Le régulateur "réglage de la vitesse".

- 71.0. Description.
- 71.1. Fonctionnement lors de l'accélération du moteur.
- 71.2. Fonctionnement lors de la diminution de charge.
- 71.3. Fonctionnement lors de l'augmentation de charge.
- 71.4. Régulateur de survitesse.

72e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.73e leçon - Le lancement du moteur diesel.

- 73.0. Généralités.
- 73.1. Définition du lancement.
- 73.2. Vitesse d'allumage.
- 73.3. Systèmes de lancement.
- 73.4. Définition des systèmes de lancement.
- 73.5. Dispositif pour le lancement par génératrice principale.
- 73.6. Dispositif pour le lancement par démarreur électrique.
- 73.7. Dispositif pour le lancement par air comprimé.

74e leçon - Le lancement du moteur diesel (suite).

- 74.0. Lancement par la génératrice principale.
- 74.1. Génératrice utilisée en moteur série.
- 74.2. Génératrice utilisée en moteur shunt.
- 74.3. Avantages et inconvénients des deux systèmes.
- 74.4. Lancement au moyen d'un démarreur électrique.
- 74.5. Démarreur à axe coulissant.
- 74.6. Fonctionnement de l'installation.
- 74.7. Démarreur avec induit coulissant.
- 74.8. Démarreur avec pignon coulissant.
- 74.9. Protection des démarreurs.

75e leçon - Le lancement du moteur diesel (suite).

- 75.0. Lancement par air comprimé.
- 75.1. Description et fonctionnement du système à distributeurs individuels.
- 75.2. Remplissage des bonbonnes au moyen du compresseur à haute pression.
- 75.3. Remplissage des bonbonnes au moyen d'une source extérieure.
- 75.4. Moyens utilisés pour faciliter le lancement.
- 75.5. Bougie de préchauffage.
- 75.6. Thermostart.
- 75.7. Arbre à cames coulissant.
- 75.8. Préchauffage de l'eau.
- 75.9. Précautions à prendre avant le lancement d'un moteur.

76e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.77e leçon - La résistance des trains.

- 77.0. Résistance des véhicules ferroviaires.
- 77.1. Résistance au roulement.

- 77.2. Résistance propre au véhicule.
- 77.3. Résistance en courbe.
- 77.4. Résistance due à la rampe et à la pente.
- 77.5. Adhérence.
- 77.6. Poids adhérent.

78e leçon - L'effort de traction au crochet.

- 78.0. Résistance du train.
- 78.1. Effort de traction au crochet.
- 78.2. Couple moteur.
- 78.3. Puissance du moteur.
- 78.4. Relation entre l'effort de traction, la résistance et le couple.
- 78.5. But de la transmission.
- 78.6. Sortes de transmission.

79e leçon - Les accouplements.

- 79.0. Généralités.
- 79.1. Accouplement rigide.
- 79.2. Accouplement élastique.
- 79.3. Accouplement par courroies ou par chaîne.
- 79.4. Accouplement à cardan.
- 79.5. Accouplement à griffes.
- 79.6. Accouplement à friction.
- 79.7. Accouplement hydraulique.

80e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.

81e leçon - La transmission mécanique.

- 81.0. Généralités.
- 81.1. Boîte de vitesses.
- 81.2. Variation de la vitesse et du couple.
- 81.3. Boîte de vitesses à pignons baladeurs.
- 81.4. Inverseur.

82e leçon - La transmission mécanique (suite).

- 82.0. Inverseur-réducteur
- 82.1. Dispositif d'attaque des essieux.
- 82.2. Jambe de force.
- 82.3. Différentiel.
- 82.4. Dispositif à roue libre.
- 82.5. Commande à distance.

83e leçon - La transmission mécanique (suite).

- 83.0. Diagrammes caractéristiques.
- 83.1. Rapport total de transmission.
- 83.2. Vitesse du véhicule en fonction de la vitesse du moteur.
- 83.3. Couple à l'arbre de sortie de la boîte en fonction de la vitesse du véhicule.
- 83.4. Diagramme de la vitesse du véhicule en fonction de la vitesse du moteur.
- 83.5. Couples d'entrée et de sortie en fonction de la vitesse du véhicule.

84e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.85e leçon - La transmission hydraulique.

- 85.0. Généralités.
- 85.1. Principe du transformateur de couple.
- 85.2. Organes constitutifs du transformateur de couple.
- 85.3. Fonctionnement du transformateur de couple.

86e leçon - La transmission hydraulique (suite).

- 86.0. Vitesse de la roue pompe et de la roue turbine en fonction de celle du véhicule.
- 86.1. Couple à la sortie du transformateur de couple en fonction de la vitesse du véhicule.
- 86.2. Rendement du transformateur de couple en fonction de la vitesse du véhicule.

87e leçon - La transmission hydraulique (suite).

- 87.0. Coupleur hydraulique.
- 87.1. Couple développé par le coupleur hydraulique.
- 87.2. Vitesse du véhicule en fonction de la vitesse du moteur diesel lors du fonctionnement en coupleur.
- 87.3. Rendement du coupleur hydraulique en fonction de la vitesse du véhicule.
- 87.4. Vidange du coupleur hydraulique.
- 87.5. Combinaisons possibles des transmissions hydrauliques.
- 87.6. Choix des éléments de la turbo-transmission.

88e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.89e leçon - La transmission hydraulique (suite).

- 89.0. Turbo-transmission Voith.
- 89.1. Description de la turbo-transmission.
- 89.2. Fonctionnement de la turbo-transmission.
- 89.3. Remplissage partiel du transformateur de couple.



- 89.4. Influence primaire.
- 89.5. Protection contre la survitesse.
- 89.6. Transformateur de couple "Twin-Disc".

90e leçon - La transmission hydro-mécanique.

- 90.0. Généralités.
- 90.1. Principe de fonctionnement de la boîte ...
- 90.2. Changement de régime.
- 90.3. Le graissage et le remplissage.
- 90.4. Principe de fonctionnement du changeur de gamme.
- 90.5. Sélection d'une gamme de vitesse.

91e leçon - 91.01. Trains de roues.

- 91.02. Essieux.
- 91.03. Roues.
- 91.04. Dispositif de graissage des roues des locomotives de manoeuvre.
- 91.05. Graissage des bielles d'accouplements.
- 91.06. Boîtes d'essieu.
- 91.07. Echauffement des boîtes d'essieu.
- 91.08. Vérifications des boîtes.
- 91.09. Obligations du conducteur en cas d'alarme du dispositif de détection de boîte chaude.
- 91.10. Appareils de choc et de traction.

92e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.

93e leçon - La production d'air comprimé.

- 93.0. Généralités.
- 93.1. Description du compresseur.
- 93.2. Fonctionnement du compresseur.
- 93.3. Dispositif de marche à vide.
- 93.4. Entraînement du compresseur.
- 93.5. Débit du compresseur.

94e leçon - L'équipement pneumatique.

- 94.0. Schéma de principe.
- 94.1. Filtre d'aspiration.
- 94.2. Appareil antigel.
- 94.3. Réfrigérant.
- 94.4. Déshuileur.
- 94.5. Soupape de sûreté.
- 94.6. Clapet de retenue.
- 94.7. Réservoir principal.
- 94.8. Robinets de purge et d'isolement.
- 94.9. Réservoir de contrôle.
- 94.10. Asservissement pneumatique du moteur et de la transmission hydraulique.
- 94.11. Dispositif de veille automatique.

95e leçon - Le chauffage, la ventilation, le dégivrage.

- 95.0. Chauffage des trains.
- 95.1. Chauffage électrique du train.
- 95.2. Chauffage du train à la vapeur.
- 95.3. Chauffage du train à l'eau chaude.
- 95.4. Chauffage des cabines de conduite.
- 95.5. Chauffage de la cabine par radiateur à eau chaude.
- 95.6. Chauffage de la cabine par air pulsé.
- 95.7. Chauffage électrique de la cabine.
- 95.8. Ventilation des cabines de conduite.
- 95.9. Dégivrage des vitres.
- 95.10. Dégivrage électrique.
- 95.11. Dégivrage par air pulsé.

96e leçon - Questionnaire + tableau synoptique.



49.0 Généralités

On désigne sous le nom de moteur toute machine transformant l'énergie sous une certaine forme en énergie mécanique.

Les premiers moteurs étaient actionnés par le vent (fig. 49.0.1), par l'eau courante (fig. 49.0.2), par la force des hommes ou des animaux (fig. 49.0.3).

49.1 Moteur thermique

Nous nous bornerons à l'étude du moteur thermique, c'est-à-dire celui qui reçoit de l'énergie calorifique provenant d'une matière combustible.

Pour obtenir de l'énergie calorifique, il faut brûler un combustible. Nous devons donc disposer:

- d'un combustible,
- d'une quantité suffisante d'air de combustion,
- d'un milieu à température adéquate où se produira la combustion.

Selon que la combustion se produit dans une enceinte extérieure au moteur ou à l'intérieur de celui-ci, on distingue:

- les moteurs à combustion externe,
- les moteurs à combustion interne.

49.2 Moteur à combustion externe.

Dans le moteur à combustion externe, la combustion a lieu dans un foyer et la chaleur est communiquée à l'eau. Celle-ci transporte l'énergie calorifique jusqu'au moteur qui l'utilise pour fournir de l'énergie mécanique.

La machine à vapeur est le type le plus connu du moteur à combustion externe (fig. 49.2.1).

Dans le foyer de la chaudière, le combustible, en brûlant, chauffe l'eau qui se transforme en vapeur. Celle-ci transporte l'énergie calorifique vers le moteur à vapeur. Ce moteur transforme l'énergie calorifique en énergie mécanique.

49.3 Moteur à combustion interne.

Dans le moteur à combustion interne, le combustible et l'air nécessaires sont introduits directement dans un cylindre où se produit la combustion. L'énergie chimique potentielle, contenue dans le combustible, se transforme,

2.

en brûlant, en énergie calorifique. Celle-ci est transformée en énergie mécanique par le moteur.

Un moteur à combustion interne comporte donc:

- une enceinte où se produit la combustion,
- une installation d'amenée du combustible,
- une installation d'amenée d'air,
- une installation d'évacuation du gaz brûlé .

#### 49.4 Moteur à mélange préalable (fig. 49.4.1).

Dans le moteur à mélange préalable, l'air est mélangé au combustible avant son introduction dans le cylindre et l'allumage est provoqué par une étincelle électrique. C'est le cas du moteur à essence utilisé en automobile.

Le mélange préalable air-essence se fait dans un organe dénommé le carburateur.

Au lieu d'alimenter le moteur à mélange préalable au moyen d'essence, on peut aussi l'alimenter au moyen d'un gaz. Dans ce cas, le carburateur est remplacé par un dispositif mélangeur de gaz et d'air.

#### 49.5 Moteur à injection (fig. 49.5.1)

Dans le moteur diesel, appelé moteur à injection, l'air seul est aspiré dans le cylindre.

Le combustible est injecté, au moment opportun, dans l'air comprimé à une pression de 35 à 40 kg/cm<sup>2</sup>. Il s'y enflamme spontanément par suite de la haute température régnant dans le cylindre (550 à 650°).

#### 49.6 Avantages du moteur diesel.

a) Le rendement du moteur diesel est plus élevé que celui du moteur à essence. Cela signifie que pour un même poids de combustible utilisé, on obtient un travail utile plus important.

b) Le moteur diesel est plus économique. Il consomme du gasoil, combustible moins coûteux que l'essence.

c) Les risques d'incendie sont plus réduits parce que le gasoil est beaucoup moins inflammable que l'essence.

En contre-partie, la construction du moteur diesel est plus compliquée et son poids est plus élevé que celui d'un moteur à essence de même puissance.

50.0 Organes principaux.

Les principaux organes du moteur sont :

- les cylindres,
- les culasses,
- les pistons avec leurs segments,
- les bielles,
- le vilebrequin,
- le carter,
- le mécanisme de distribution,
- le volant,
- l'amortisseur de vibrations.

De plus, tout moteur diesel est pourvu d'installations auxiliaires indispensables à son fonctionnement. Ce sont :

- le circuit de graissage,
- le circuit d'alimentation en combustible,
- le circuit d'air d'admission,
- le circuit de refroidissement,
- le circuit d'évacuation du gaz d'échappement,
- les appareils de contrôle et de mesure,
- le régulateur,
- les organes de lancement.

La figure 50.01 montre un schéma de principe d'un moteur

50.1 Cylindre

Diesel 4 temps.

Le cylindre est l'organe dans lequel se déplace le piston. C'est à l'intérieur de celui-ci que se produit le cycle de travail. Il peut, soit constituer un tout avec le carter, soit former un bloc séparé monté dans ou sur le carter supérieur.

Le cylindre est en fonte grise. En vue d'améliorer sa résistance à l'usure, on ajoute à la fonte une faible proportion de nickel ou de chrome. On peut aussi durcir une faible profondeur du métal à l'intérieur du cylindre par nitruration ou par chromage électrolytique.

Les cylindres peuvent être :

- coulés d'une seule pièce,
- pourvus intérieurement de chemises.

Les cylindres coulés d'une seule pièce, après usure et plusieurs réalésages, peuvent être chemisés pour éviter leur remplacement.

Dans certains cas, la chemise est simplement glissée ou pressée dans son logement. A la partie supérieure, elle présente un épaulement prenant appui sur le cylindre ou le bloc moteur et formant un joint étanche.

2.

En raison des variations de température qu'elle subit, une libre dilatation de la chemise vers le bas doit être prévue lors du montage. L'étanchéité à la partie inférieure est obtenue par plusieurs joints circulaires en caoutchouc.

Les chemises sont dites humides ou sèches suivant qu'elles sont (fig. 50.1.2) ou ne sont pas (fig. 50.1.1) en contact avec l'eau de refroidissement.

La construction de la chemise peut être différente suivant le type de moteur. On distingue:

- les chemises à simple paroi entourées par l'eau de refroidissement se trouvant dans les chambres prévues dans le bâti (fig. 50.1.2);
- les chemises à double paroi entre lesquelles circule l'eau de refroidissement (fig. 50.1.3);
- deux chemises, extérieure et intérieure, assemblées au préalable pour ne former qu'un bloc. L'eau circule entre ces deux chemises (fig. 50.1.4).

## 50.2 Culasse.

La culasse ferme le cylindre à sa partie supérieure. Elle est généralement en fonte.

La culasse peut être coulée avec le cylindre pour former un seul bloc. Elle peut aussi être une pièce séparée, fixée au cylindre par goujons et écrous. Elle est le plus souvent, soit individuelle, soit commune à deux cylindres. (fig. 50.2.1).

L'étanchéité entre le cylindre et la culasse est obtenue par un joint en acier, en cuivre recuit ou métalloplastique.

Des chambres de circulation d'eau, formant circuit continu avec celles du cylindre, sont ménagées dans la culasse.

Les culasses portent: (fig. 50.2.2)

- toujours :
- les soupapes (s) avec leurs guides et ressorts,
  - les culbuteurs (c) commandant les soupapes,
  - l'injecteur (i) de combustible,
  - les paliers (p) d'axe de culbuteurs,
  - les raccords (r) aux collecteurs d'admission, d'échappement et d'eau.
- éventuellement:
- les chambres (c) de précombustion (fig. 50.2.3),
  - la soupape à air comprimé pour le lancement,

- 3.
- le système de préchauffage servant à faciliter le lancement.

### 50.3 Piston.

Le piston a pour rôle (fig. 50.3.1)

- d'assurer, par ses segments, l'étanchéité de la chambre de combustion,
- de transmettre, à la bielle, l'effort qu'il reçoit des gaz.

Le piston peut être construit en duralumin, en fonte ou en acier. On distingue la partie supérieure ou tête de piston et la partie inférieure ou jupe (fig. 50.3.2).

La tête du piston est de forte épaisseur parce qu'elle reçoit la poussée des gaz. Elle est pourvue de gorges pour les segments d'étanchéité et pour un segment râcleur.

La tête du piston peut présenter une cavité dont la forme varie avec le type de moteur. Elle fait partie de la chambre de combustion. Cette cavité améliore la turbulence et le mélange du combustible et de l'air.

La jupe assure le guidage du piston et l'évacuation de chaleur vers le cylindre. Elle est pourvue de gorges pour les segments râcleurs.

Le piston est pourvu de deux bossages (b) dans lesquels sont forés les alésages qui reçoivent l'axe du piston (a). Cet axe, en acier au chrome-nickel, peut être monté:

- à frottement dur dans le piston et flottant dans la buse de la bielle;
- à frottement dur dans la bielle et flottant dans le piston;
- flottant dans le piston et dans la bielle;
- boulonné sur la bielle (fig. 50.3.3).

Dans les moteurs GM type 567, le piston est construit d'une façon particulière.

La tête et la jupe forment un tout monté sur le porte-piston. La partie intérieure de la tête du piston est garnie d'ailettes. Un jet d'huile lancé sur celles-ci en assure le refroidissement et en provoque la rotation. Le jet de combustible n'ayant pas toujours lieu au même endroit, le percement du piston par fusion est évité.

L'axe du porte-piston et le pied de bielle sont reliés rigidement par boulons.

### 50.4 Segments.

Les segments sont des cercles en fonte s'engageant

Cours 122.50  
50e leçon



4.

dans les gorges pratiquées dans la surface extérieure du piston. Ils prennent appui sur la paroi du cylindre par leur propre élasticité.

Ils glissent dans les gorges avec un jeu très réduit.

On distingue: (fig. 50.4.1)

- a) Les segments d'étanchéité (3 ou 4), de section rectangulaire, disposés à la partie supérieure du piston. Leur rôle est d'assurer l'étanchéité de la chambre de combustion.

Le segment supérieur, appelé "segment de feu", est celui qui souffre le plus. Il peut être rendu plus résistant à l'usure par chromage électrolytique.

- b) Les segments râcleurs d'huile (2 ou 3) de forme variable, disposés à la partie inférieure du piston. Leur rôle consiste à empêcher l'huile en excès d'arriver à la tête du piston et à uniformiser le film d'huile sur la paroi du cylindre.

Les segments sont toujours coupés. La coupe peut être droite, oblique ou en escalier (fig. 50.4.2).

#### 50.5 Bielle.

La bielle est l'organe qui transmet au vilebrequin la force agissant sur le piston. Elle transforme le mouvement rectiligne alternatif du piston en un mouvement circulaire du vilebrequin (fig. 50.5.1).

Les bielles sont en acier à haute résistance, forgé et traité.

La bielle comprend trois parties: (fig. 50.5.2)

- a) Le corps de bielle dont la section est généralement en double T. Il présente, dans le sens de la longueur, un forage permettant à l'huile de lubrifier l'axe du piston.

Dans les moteurs GM type 567, aucun forage n'est prévu dans la bielle, l'axe du piston est graissé par l'huile de refroidissement du piston.

- b) Le pied de bielle assure la liaison de celle-ci avec l'axe du piston. Une buselure en bronze est pressée dans son alésage. Elle reçoit l'axe du piston.

Le pied de bielle des moteurs GM type 567 a une forme particulière. La fixation, avec l'axe du porte-piston, se fait par boulons.

- c) La tête de bielle assure la liaison de la bielle avec le vilebrequin. Elle est en deux parties pour permettre le montage sur le maneton.

Elle porte un coussinet en deux pièces assemblées au moyen du chapeau fixé par boulons sur la bielle.

Dans un moteur en V, les bielles sont montées deux à deux sur le même maneton (fig. 50.5.3).

Différentes dispositions sont utilisées pour l'attaque du maneton du coudé par les deux bielles:

- a) Chacune des bielles attaque séparément la moitié du maneton et elles sont placées côte à côte (fig. 50.5.4)
- b) Les bielles d'une rangée de cylindres attaquent les manetons. Ce sont les bielles principales. Chacune des bielles porte un œillet muni d'un tourillon sur lequel vient s'articuler la bielle de l'autre rangée de cylindres (fig. 50.5.5).
- c) Les bielles d'une rangée de cylindres attaquent le maneton sur toute sa largeur, tandis que les bielles de l'autre rangée de cylindres, en forme de fourche s'articulent directement sur les têtes de bielle de la première rangée (fig. 50.5.6).

Dans le moteur GM type 567, la bielle à lame pose sur la face extérieure du coussinet supérieur de la bielle à fourche qui s'articule sur le maneton (fig. 50.5.7).



## 51e leçon.

### LES ORGANES CONSTITUÉS DU MOTEUR (suite).

#### 51.0. Vilebrequin.

Le vilebrequin est généralement forgé d'une ou plusieurs pièces en acier ayant une grande résistance à la rupture. Il est traité thermiquement (fig. 51.0.1).

Il comporte autant de coudés que le moteur possède de cylindres, sauf pour les moteurs en V où les bielles s'articulent 2 par 2 sur le même coudé (fig. 51.0.2).

Chaque coudé est formé d'un maneton, sur lequel s'articule la tête de la bielle, et de deux manivelles.

Des contrepoids assurent l'équilibrage dynamique du vilebrequin (fig. 51.0.3).

Les paliers extrêmes du vilebrequin sont les paliers principaux, Un de ceux-ci forme en même temps butée et empêche les déplacements longitudinaux. Les autres sont des paliers intermédiaires. Il en existe généralement un entre tous les cylindres.

Le vilebrequin est pourvu de forages par où afflue l'huile vers les coussinets de bielles (fig. 51.0.2).

Dans certains moteurs le vilebrequin est constitué de disques assemblés par des axes faisant office de manetons (fig. 51.0.4).

Les paires de joues voisines du vilebrequin sont confondues en un seul disque. La surface cylindrique extérieure de chaque disque forme le chemin de roulement intérieur des paliers à rouleaux. Par contre, les têtes de bielles s'articulant sur les manetons comportent des coussinets lisses (fig. 51.0.5).

Habituellement, le vilebrequin porte :

- à son extrémité avant, un amortisseur de vibrations;
- à son extrémité arrière, un volant;
- à une ou aux deux extrémités, un ou deux pignons entraînant les engrenages pour la commande de l'arbre à cames, des pompes d'injection, de la pompe à eau, de la pompe à huile, de la dynamo, etc...

#### 51.1. Carter.

Le carter peut être en fonte, en acier ou en duralumin.

Le bâti constitue la pièce principale de résistance. Il porte les cylindres et est renforcé par des nervures transversales. Celles-ci peuvent servir de supports aux paliers de vilebrequin. Le bâti est aussi pourvu de divers supports pour les auxiliaires du moteur (fig. 51.1.1 et 51.1.2).

Le sous-carter ferme le moteur à sa partie inférieure et peut supporter les paliers de vilebrequin (fig. 51.1.3 et 51.1.4).

Il constitue le réservoir d'huile. Il contient parfois la pompe à huile de graissage.

Dans certains moteurs, le sous carter ne contient pas d'huile.

Le moteur est dit à carter sec.

Le niveau d'huile du carter est vérifié au moyen d'une jauge. Un orifice est prévu pour le remplissage d'huile. Un bouchon, et dans certains cas un robinet verrouillé, sont prévus pour la vidange.

Le carter des moteurs, dont la forme intérieure est conditionnée pour recevoir les paliers à rouleaux du vilebrequin, est appelé "carter tunnel".

Le vilebrequin muni de ses roulements est introduit dans le carter, comme dans un tunnel (fig. 51.1.5).

Un reniflard permet à la pression atmosphérique de s'établir dans le carter.

Certains moteurs possèdent un dispositif, relié à la conduite de refoulement d'air sous pression de la soufflante, aspirant les vapeurs d'huile présentes dans le sous-carter au travers d'un séparateur. Ce dispositif crée une légère dépression dans le carter.

## 51.2. Coussinets.

Les coussinets des paliers de vilebrequin et des têtes de bielles sont généralement constitués par une carcasse ou coquille, en bronze ou en acier, garnie intérieurement de métal antifriction.

On utilise de plus en plus les coussinets "trimétal" constitués de :

- a) une mince coquille en acier,
- b) une garniture intérieure de bronze au plomb,
- c) une couche très mince de métal à base d'étain.

Ces coussinets sont usinés avec précision, de sorte qu'au moment du montage aucun ajustage n'est plus nécessaire.

### 51.3. Mécanisme de distribution.

Dans sa disposition classique, le mécanisme de distribution comporte essentiellement un arbre à cames parallèle au vilebrequin. Il peut être constitué de 1 ou 2 pièces assemblées par boulons (fig. 51.3.1).

L'arbre à cames est entraîné à l'intervention d'un jeu d'engrenages droits et parfois par une chaîne.

La vitesse de rotation est égale à celle du vilebrequin pour un moteur à 2 temps. Elle est égale à la moitié de la vitesse du vilebrequin pour un moteur à 4 temps.

Dans les moteurs en V il existe généralement un arbre à cames par rangée de cylindres (fig. 51.3.3).

En principe, l'arbre à cames, porte par cylindre :

- une came pour la soupape d'admission,
- une came pour la soupape d'échappement,
- une came pour la pompe d'injection,
- une came pour le lancement par air comprimé.

Les soupapes sont formées d'une tête à siège cône et d'une tige reliée par un large congé (fig. 51.3.4).

La tige coulisse dans un guide en fonte monté dans la culasse. La tête de soupape repose sur son siège.

Les soupapes sont en acier spécial de manière à résister aux hautes températures et à l'action corrosive des gaz d'échappement.

Les soupapes sont maintenues fermées par leur(s) ressort(s). L'ouverture de la soupape est provoquée par l'arbre à cames à l'intervention de tiges-poussoirs et de leviers basculants appelés "culbuteurs". La came exerce son action sur la tige-poussoir par l'intermédiaire d'un galet ou d'un grain.

(0,2 à 0,4 mm)

Lorsque le moteur est froid, il doit toujours exister un certain jeu entre la tige de soupape et la surface d'appui du culbuteur afin de tenir compte des dilatations.

Si un seul culbuteur doit commander simultanément deux soupapes, une pièce intermédiaire appelée "pont de soupape" est placée entre le culbuteur et la tige des deux soupapes (fig. 51.3.3).

4.

Dans les moteurs GM type 567, les ponts de soupapes sont munis d'un compensateur hydraulique à chaque extrémité. L'huile fournie par l'installation de graissage est amenée via les culbuteurs, le point d'appui des culbuteurs et les ponts de soupape jusqu'aux compensateurs hydrauliques (fig. 51.3.5).

Les jeux dans les liaisons libres du mécanisme de soupape sont repris automatiquement.

La partie supérieure du mécanisme de distribution est recouverte par des capots légers (cache-culbuteurs).

#### 51.4. Volant.

Le volant sert à régulariser le couple et la vitesse de rotation. Il doit être d'autant plus lourd que le nombre de cylindres est réduit.

Il porte une couronne dentée si le lancement du moteur se fait par un démarreur.

A la périphérie du volant se trouve des encoches permettant de virer manuellement le moteur. L'induit de la génératrice principale des engins à transmission électrique peut jouer le rôle de volant.

#### 51.5. Amortisseur de vibrations.

L'amortisseur de vibrations a pour rôle d'amortir les vibrations dès leur naissance.

L'amortisseur le plus répandu est celui à friction. Il se compose de deux disques dont l'un est solidaire du vilebrequin et l'autre libre. Le premier entraîne le second par friction. Les surfaces frottantes sont garnies d'amiante comprimé (fig. 51.5.1).

Dans d'autres cas l'amortissement se fait par ressorts à lames (fig. 51.5.2) ou bien par un système hydraulique (fig. 51.5.3).

QUESTIONNAIRE.

- 49.0.1 Qu'est-ce qu'un moteur ?
- 49.1.1 Qu'est-ce qu'un moteur thermique ?
- 49.1.2 Que faut-il pour obtenir de l'énergie calorifique par combustion ?
- 49.2.1 Qu'est-ce qu'un moteur thermique à combustion externe ?
- 49.3.1 Qu'est-ce qu'un moteur thermique à combustion interne ?
- 49.4.1 Comment est obtenu le mélange "air-combustible" dans un moteur à mélange préalable ?
- 49.5.1 Comment obtient-on le mélange "air-combustible" dans un moteur Diesel ?
- 49.6.1 Quels sont les avantages du moteur Diesel ?
- +  
+        +
- 50.0.1 Quels sont les organes principaux constitutifs du moteur Diesel ?
- 50.1.1 Dessinez un bloc cylindre avec chemise du type sec.
- 50.1.2 Dessinez un bloc cylindre avec chemise du type humide.
- 50.1.3 Comment peut-on augmenter la dureté superficielle de la surface intérieure du cylindre ?
- 50.1.4 Quels sont les différents modes de construction des chemises du moteur ?
- 50.2.1 Quel est le rôle de la culasse ?  
Comment assure-t-on l'étanchéité entre la culasse et le cylindre ?
- 50.2.2 Quels sont les organes que comporte la culasse ?
- 50.3.1 Quels sont les métaux pouvant être utilisés pour la fabrication des pistons ?
- 50.3.2 Quel est le rôle du piston ?
- 50.3.3 Dessinez un piston en expliquant les formes que vous lui donnez.
- 50.3.4 Comment assure-t-on l'étanchéité du piston ?



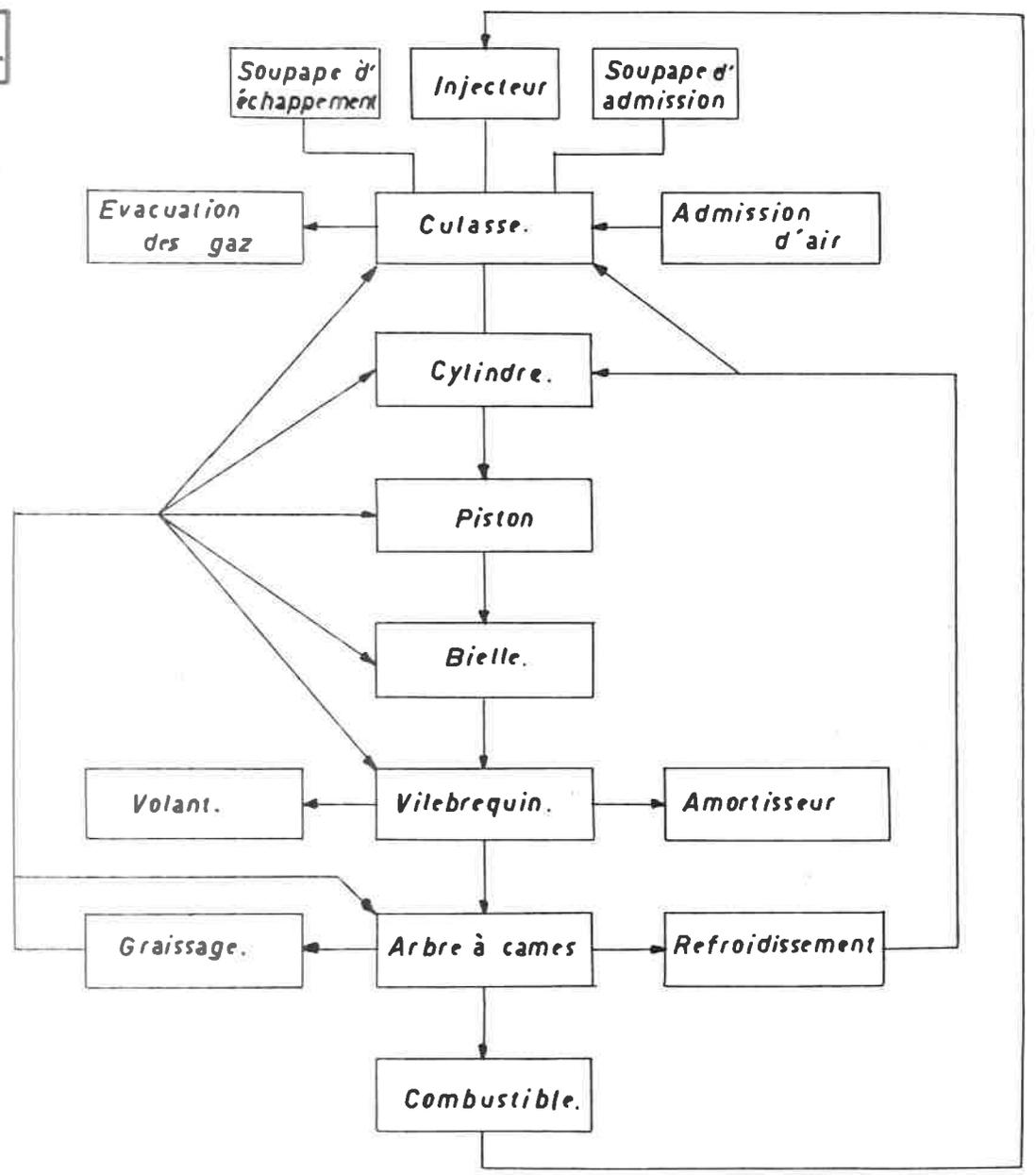
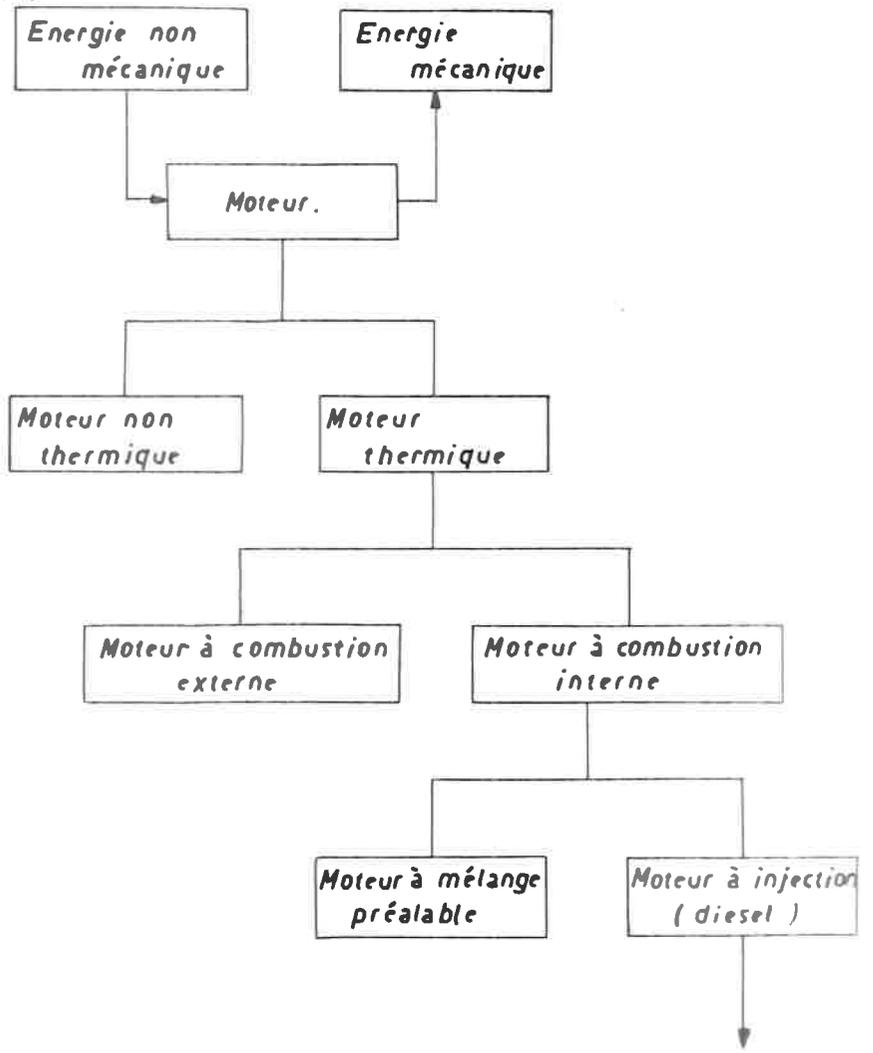
2.

- 50.3.5 Quelles sont les différentes façons de monter l'axe du piston ?
- 50.3.6 Quelles sont les particularités du piston du moteur GM t. 567 ?
- 50.4.1 Quels sont les différentes sortes de segments utilisés et quel est leur rôle ?
- 50.5.1 Quel est le rôle de la bielle ?  
Quel est le métal utilisé pour sa fabrication ?
- 50.5.2 Dessinez une bielle et expliquez-en les différentes parties.
- 50.5.3 Dans un moteur Diesel en V, comment peuvent être montées les bielles sur le maneton du vilebrequin ?
- + +
- 51.0.1 Quel est le métal utilisé pour la fabrication du vilebrequin ?  
Comment est-il constitué ?
- 51.0.2 Qu'y a-t-il de prévu pour le graissage des coussinets de bielle? *(au vilebrequin)*
- 51.0.3 Que trouve-t-on généralement aux extrémités du vilebrequin ?
- 51.1.1 Quelles sont les différentes parties constitutives du carter du moteur ?
- 51.1.2 Qu'appelle-t-on moteur à carter sec ?
- 51.1.3 Pourquoi place-t-on un reniflard sur le carter du moteur ?  
Comment peut-on créer une légère dépression dans le carter ?
- 51.2.1 Comment les coussinets des paliers de vilebrequin et des têtes de bielles sont-ils constitués ?
- 51.2.2 Qu'appelle-t-on coussinet trimétal et comment est-il constitué ?
- 51.3.1 Quels sont les organes de distribution rencontrés généralement sur les moteurs Diesel ?
- 51.3.2 Quelle est la vitesse de rotation de l'arbre à cames d'un moteur Diesel ?
- 51.3.3 Schématisez la commande d'une soupape d'un moteur Diesel.

- 51.3.4 Comment sont provoquées l'ouverture et la fermeture des soupapes d'un moteur ?
- 51.3.5 Quel est l'organe supplémentaire nécessaire pour commander deux soupapes au moyen d'un seul culbuteur ?  
Quelle est la particularité de cet organe aux moteurs GM type 567 ?
- 51.3.6 L'existence d'un jeu entre la tige de soupape et la surface d'appui du culbuteur est-elle nécessaire ? Pourquoi ?
- 51.4.1 Quel est le rôle du volant ? Où est-il placé ?
- 51.5.1 Quel est le rôle de l'amortisseur de vibrations ?  
Sur quel principe est généralement conçu l'amortisseur de vibrations ?

+  
+ +

# LE MOTEUR.



LA CLASSIFICATION DES MOTEURS.

53.0 Suivant la disposition des cylindres.

On distingue :

- Les moteurs en ligne (du type vertical ou horizontal) ;
- Les moteurs en V.

Dans un moteur en ligne, tous les axes des cylindres sont disposés dans un même plan. Ce plan est vertical ou horizontal.

Les moteurs en ligne utilisés à la SNCB sont à 4, 6 ou 8 cylindres.

Dans un moteur en V, les axes des cylindres sont situés dans 2 plans différents. Les cylindres sont groupés en deux rangées formant entre elles un certain angle : ( $45^\circ$  ou  $60^\circ$ ). La longueur du moteur est réduite de moitié par rapport à celle du moteur en ligne possédant le même nombre de cylindres.

Les moteurs en V d'usage courant en traction ferroviaire sont à 12 ou 16 cylindres.

53.1 Suivant la vitesse de rotation.

Les moteurs Diesel utilisés sur notre réseau peuvent être classés comme suit :

- a) Les moteurs à vitesse *lente* comprise entre *l75* et 1000 tours par minute.  
Ces moteurs sont très utilisés sur les locomotives de manoeuvre et de route.
  
- b) Les moteurs rapides dont la vitesse de rotation dépasse 1600 tours par minutes.  
Ces moteurs équipent les autorails, les locotracteurs et certaines locomotives de manoeuvre.

53.2 Suivant leur cycle de fonctionnement.

On distingue les moteurs à 4 "temps" et les moteurs à 2 "temps".

2.

On appelle "temps", chacune des courses ascendante ou descendante du piston. A chaque "temps" correspond donc une rotation d'un demi-tour de l'arbre-vilebrequin.

On dit qu'un moteur fonctionne suivant le cycle à 4 temps lorsqu'il fournit un temps moteur sur quatre temps ou, en d'autres termes, une course motrice sur quatre courses consécutives de piston correspondant à deux tours complets du vilebrequin.

On dit qu'un moteur fonctionne suivant le cycle à 2 temps lorsqu'il fournit un temps moteur sur deux temps ou, en d'autres termes, une course motrice sur deux courses consécutives de piston correspondant à un tour complet du vilebrequin.

Les moteurs à 4 temps peuvent être non suralimentés ou suralimentés.

Plus de la moitié des moteurs de notre réseau, sont à 4 temps. Les moteurs à 2 temps sont tous des G.M.

### 53.3 Suivant l'ordre de marche.

On appelle "ordre de marche" d'un moteur, l'ordre dans lequel la succession des temps moteurs s'effectue dans les différents cylindres.

L'ordre de marche est établi par le constructeur de façon à réduire au minimum la fatigue du vilebrequin ainsi que les forces d'inertie.

Dans un moteur à 4 cylindres<sup>et</sup> à 4 temps, il convient de caler les bras de manivelle à  $\frac{2 \times 360^\circ}{4} = \frac{720^\circ}{4} = 180^\circ$ .

Dans le moteur à 4 cylindres, les pistons 1 et 4 effectuent simultanément leur course descendante. Pendant ce temps, les pistons des cylindres 2 et 3 effectuent leur course ascendante.

Pour qu'à chaque demi-tour du vilebrequin corresponde, dans l'un ou l'autre cylindre un temps moteur, il faut qu'ils se succèdent suivant un ordre bien déterminé.

Pour le moteur à 4 cylindres, deux ordres de marche sont possibles : 1.3.4.2 ou 1.2.4.3. (fig. 53.3.1 et 53.3.2).

Cours 122.50

53e leçon

Dans le moteur à 6 cylindres, et à 4 temps, les bras de manivelles sont calés à  $\frac{2 \times 360^\circ}{6} = 120^\circ$ .

L'ordre de marche le plus favorable est 1.5.3.6.2.4 (fig. 53.3.3).

Pour le moteur à 8 cylindres et à 4 temps, les manivelles sont calées à  $\frac{2 \times 360^\circ}{8} = 90^\circ$  et l'ordre de marche le plus employé est 1.5.7.3.8.4.2.6 (fig. 53.3.4).

Pour les moteurs 2 temps, l'angle de calage est  $\frac{360^\circ}{\text{nombre de cylindres}}$ . Voir figure 53.3.5 pour un moteur à 8 cylindres.

Pour les moteurs en V, chaque type de moteur est un cas spécial suivant la valeur de l'angle entre les deux rangées de cylindres.

#### 53.4 Positions du piston.

- a) Le point mort bas PMB est le point le plus éloigné de la culasse atteint par le piston.
- b) Le point mort haut PMH est le point le plus rapproché de la culasse atteint par le piston.

#### 53.5 Alésage.

L'alésage (D) est le diamètre intérieur du cylindre. Il se mesure en mm.

#### 53.6 Course.

La course (L) est la longueur du chemin parcouru par le piston en une course. Elle s'exprime en mm et vaut 2 fois la longueur (r) de la manivelle.

$$L = 2 \times r$$

La course descendante est celle pendant laquelle le piston s'éloigne de la culasse; la course ascendante est celle pendant laquelle le piston se déplace vers la culasse.

#### 53.7 Volume<sup>final</sup> de compression (v).

Ce volume (v) est le volume de l'espace compris entre le fond du cylindre (culasse) et le piston en position "point mort haut".

4.

Il s'exprime en litres ou en  $\text{cm}^3$  et est le volume d'air comprimé obtenu en fin de compression.

#### 53.8 Volume initial ( $V_1$ ).

Le volume initial ( $V_1$ ) est le volume de l'espace intérieur du cylindre, le piston étant au point mort bas.

#### 53.9 Cylindrée ( $V$ ).

C'est le volume engendré par le piston réalisant une course. C'est aussi la différence entre le volume initial et le volume de compression  
(final)

$$V = V_1 - v$$

#### 53.10 Taux de compression.

Le taux de compression est le rapport entre le volume initial et le volume final de compression  $\frac{V_1 + v}{v}$ .

Pour les moteurs Diesel, ce rapport se situe entre 14 et 18.

## 54e leçon.

### LE MOTEUR DIESEL A 4 TEMPS.

#### 54.0. Principe de fonctionnement.

Le fonctionnement du moteur diesel est basé sur les opérations suivantes :

- Comprimer l'air, admis en quantité suffisante dans le cylindre, pour qu'il s'y échauffe;
- Injecter le combustible dans cet air porté à haute température;
- Assurer, par un contact intime, l'allumage spontané et la combustion en un temps minimum.

Il ne faut pas confondre la température à laquelle le combustible s'enflamme et son "point éclair".

Point éclair : température la plus basse à laquelle le combustible dégage des vapeurs inflammables (pour le gasoil environ 65°C).

Température d'allumage : température à laquelle le combustible s'enflamme de lui-même et brûle (de l'ordre de 280°C pour le gasoil).

#### 54.1 Phases de fonctionnement théorique.

##### a) Premier temps : admission (fig. 54.1.1)

Le piston se déplace du PMH au PMB.

La soupape d'admission est ouverte. La soupape d'échappement est fermée.

De l'air frais est aspiré dans le cylindre.

##### b) Deuxième temps : compression (fig. 51.1.2).

Le piston se déplace du PMB au PMH.

Les soupapes d'admission et d'échappement sont fermées.

L'air emprisonné dans le cylindre est comprimé. En fin de compression, sa pression atteint 35 à 40 bar. et sa température de 550° à 650°C.

##### c) Troisième temps : Injection, combustion et détente (fig. 54.1.3)

Le piston se déplace du PMH vers le **PMB.**



2.

Au moment où le piston atteint le PMH, on injecte le combustible sous forme de fines gouttelettes dans le cylindre.

Le gasoil s'enflamme spontanément au contact de l'air porté à haute température. La combustion produit des gaz sous forte pression (60 à 100 bar) qui chassent le piston vers le PMB.

Au fur et à mesure que le volume occupé par les gaz augmente, la pression et la température de ceux-ci diminuent. C'est la détente.

Le troisième temps constitue le temps moteur au cours duquel le piston reçoit l'impulsion qui lui permet de parcourir le cycle complet.

d) Quatrième temps : échappement (fig. 54.1.4).

Le piston se déplace du PMB au PMH.

La soupape d'échappement est ouverte tandis que la soupape d'admission est fermée.

Le piston chasse les gaz brûlés qui sont évacués par le conduit d'échappement.

#### 54.2. Fonctionnement réel du moteur.

Pratiquement, le cycle de fonctionnement n'est pas aussi simple. Nous allons voir point par point en quoi le cycle réel diffère du cycle théorique et quelles en sont les raisons.

Les 4 phases du fonctionnement réel sont résumées sur le diagramme circulaire représentant la position de la manivelle (fig. 54.2.1).

#### 54.3. Admission (fig. 54.3.1).

Pendant cette phase, la pression dans le cylindre est inférieure à la pression atmosphérique. Elle vaut de 0,95 à 0,97 bar.

Cette dépression d'environ 0,03 à 0,05 bar est due à la résistance offerte au passage de l'air dans la conduite d'admission et à l'inertie de l'air.

Cette dépression dépend :

- De la nature et de l'état du filtre;
- De la longueur et du diamètre de la tuyauterie;
- De l'ouverture des soupapes d'admission;
- De la vitesse du piston.

Cours 122.50.

54e leçon.

La soupape d'admission ne s'ouvrant pas instantanément, et au moment précis où le piston atteint le PMH, il faut donc qu'elle commence à s'ouvrir avant le PMH.

Cette avance à l'ouverture de l'admission (A.O.A.) est indispensable en raison du temps, si court soit-il, dont la soupape a besoin pour s'ouvrir. En plus, il faut mettre une colonne d'air en mouvement ce qui exige aussi un certain temps.

On ne peut pas fermer la soupape d'admission au moment où le piston atteint le PMB, car à cet instant il y a encore une dépression dans le cylindre et l'air afflue toujours vers celui-ci.

La soupape d'admission ne pourra être fermée que lorsque le mouvement de la colonne d'air sera achevé. Ce retard à la fermeture de l'admission (R.F.A.) provoque un tassement de l'air en mouvement étant donné la faible vitesse du piston vers le point mort.

Conclusion : En donnant de l'avance à l'ouverture et du retard à la fermeture à l'admission, on cherche à obtenir un meilleur remplissage du cylindre à air.

#### 54.4. Compression (fig. 54.4.1).

De ce qui précède, il résulte que la compression commence après le PMB dès la fermeture de la soupape d'admission. On admet que la compression finit au moment où le combustible est injecté et s'enflamme.

#### 54.5. Injection, combustion et détente (fig. 54.5.1).

Nous avons admis, théoriquement, que le combustible injecté au moment où le piston atteint le PMH s'enflamme spontanément dès l'injection.

En réalité, le combustible injecté dans le cylindre demande un certain temps pour s'échauffer et s'enflammer au contact de l'air porté à haute température.

Ce temps sensiblement constant dépend de la nature du combustible utilisé.

Le délai d'allumage aura d'autant plus d'influence sur l'angle d'avance à l'injection que la vitesse de rotation du moteur est grande et que la quantité de combustible à brûler est importante.

Afin que la combustion commence réellement lorsque le piston atteint le PMH, il faut donc prévoir une avance à l'injection (A.I).

La détente des gaz de la combustion se poursuit jusqu'au moment de l'ouverture de la soupape d'échappement.

#### 54.6. Inconvénients d'une avance à l'injection inappropriée.

Un angle d'avance à l'injection trop grand produit une combustion prématurée. Il en résulte :

- Une perte de puissance;
- Un échauffement du moteur;
- Un cognement du moteur.

Un angle d'avance à l'injection trop petit entraîne une combustion tardive. Il en résulte :

- Une perte de puissance;
- Un échauffement du moteur;
- Un échappement bruyant et coloré;
- Un dépôt carbonneux sur les pistons, cylindres et culasses.

#### 54.7. Echappement (fig. 54.7.1).

Il est nécessaire de donner une avance à l'ouverture de l'échappement (A.O.E.) en raison du temps nécessaire à l'ouverture de la soupape. Sans cette avance, les gaz brûlés ne s'échapperaient pas assez rapidement et pourraient provoquer une perte de puissance par contre-pression sur le piston.

Il existe toutefois une <sup>effective</sup> compression de 0,3 à 0,4 bar sur le piston pendant la phase d'échappement.

Elle est d'autant plus importante que :

- la tuyauterie est longue et de faible section;
- l'ouverture des soupapes d'échappement est incomplète;
- le conduit d'échappement est encrassé.

Par suite de l'inertie des gaz et pour favoriser l'expulsion complète de ceux-ci, la soupape est fermée après que le piston a franchi le PMH.

C'est ce qu'on appelle le retard à la fermeture de l'échappement (R.F.E.).

54.8. Balayage.

Etant donné qu'il y a un retard à la fermeture de la soupape d'échappement et une avance à l'ouverture de la soupape d'admission, il existe une période pendant laquelle les deux soupapes sont ouvertes simultanément.

Au moment où la soupape d'admission s'ouvre, il se produit un afflux d'air vers la soupape d'échappement qui balaie le cylindre et améliore l'évacuation des gaz brûlés.



## 55e leçon.

### LE MOTEUR DIESEL A 2 TEMPS.

#### 55.0 Généralités.

Dans un moteur à 2 temps, les phases du cycle de fonctionnement s'effectuent en deux courses du piston, soit un tour de vilebrequin ou un angle de rotation de  $360^\circ$ .

Les phases de "compression" et d'"injection-combustion - détente" ne pouvant se superposer à d'autres phases, il faut que l'admission et l'échappement s'effectuent très rapidement et même simultanément.

A cet effet, ces deux phases sont intercalées entre la fin de la détente et le début de la compression, c'est-à-dire qu'elles ont lieu à la fin de la course descendante et au début de la course ascendante du piston.

#### 55.1 Systèmes de distribution.

Les organes de distribution des moteurs à 2 temps diffèrent parfois sensiblement de ceux des moteurs à 4 temps.

Dans certains des moteurs à 2 temps, la distribution entière (admission et échappement) s'effectue par lumières (n'existe pas à la SNCB). Le piston fait alors office de tiroir distributeur. Dans d'autres, l'admission est assurée par des lumières, l'échappement étant réalisé par des soupapes.

Pour obtenir une évacuation complète des gaz brûlés et un meilleur remplissage du cylindre, une compression préalable de l'air avant son introduction doit se faire soit dans le carter, soit par une pompe de balayage.

#### 55.2 Moteurs à distribution par lumières et par soupapes (fig. 55.2.1 et 55.2.2).

Pour remédier à l'inconvénient cité ci-dessus, on réalise généralement dans les moteurs puissants, la phase d'admission par lumières et celle d'échappement par une ou plusieurs soupapes disposées en tête du cylindre.

2.

La commande des soupapes s'effectue comme dans un moteur à 4 temps mais l'arbre à cames doit tourner à la même vitesse que le vilebrequin.

Les lumières de balayage (B) sont en communication avec un compresseur rotatif entraîné par le moteur diesel. Il comprime l'air préalablement à son admission à environ

0,4

bar

Cette disposition par lumières et soupapes, présente l'avantage de pouvoir régler le début et la fin de l'échappement par rapport à l'admission.

### 55.3 Fonctionnement du moteur à distribution par lumières et soupapes (fig. 55.2.1, 55.2.2 et 55.3.1).

#### Premier temps : course ascendante.

Le piston étant au PMB, les lumières de balayage sont découvertes et la ou les soupape(s) d'échappement est ouverte.

Le remplissage en air frais du cylindre est assuré par la pompe de balayage.

Lors de sa course ascendante le piston recouvre progressivement les lumières de balayage. La soupape d'échappement peut être fermée avant le recouvrement complet de ces lumières.

La compression commence au moment où le piston recouvre les lumières de balayage, l'air ayant dès le début une pression d'environ 0,4 bar.

Le remplissage du cylindre est donc amélioré.

Peu avant le P.M.H. le combustible est injecté dans le cylindre.

#### Deuxième temps : course descendante.

A la fin de la phase de combustion et détente, l'ouverture de la soupape d'échappement est indépendante de la position du piston. Elle doit cependant s'effectuer avant l'ouverture des lumières.

Lors du découvrage des lumières de balayage, l'air frais refoulé par la pompe de balayage pénètre par le pourtour du cylindre et chasse les gaz brûlés par la soupape ouverte vers l'échappement.

Dans ce cas, la tête du piston n'est pas munie d'un bossage et la disposition des lumières est telle que l'air prend un mouvement tourbillonnaire.

#### 55.4. Comparaison entre les moteurs à 2 temps et à 4 temps.

Le moteur à 2 temps présente les avantages ci-dessous :

A égalité d'alésage, de course, de nombre de tours et de nombre de cylindres, il permet de réaliser théoriquement une puissance double de celle du moteur à 4 temps. En effet, le moteur à 2 temps a une combustion pour 1 tour du vilebrequin. Toutefois, en pratique, le remplissage du cylindre étant moins bon, la puissance développée par le moteur à 2 temps n'est égale qu'à 1,85 fois celle du moteur à 4 temps. Cette valeur ne peut être prise en considération que pour les moteurs dont l'admission se fait par lumières de balayage et l'échappement par soupapes.

Pour les moteurs sans soupapes, la puissance se situe aux environs de 1,5 fois celle du moteur à 4 temps.

En pratique, à égalité de puissance et de vitesse de rotation, le moteur à 2 temps permet de réaliser un gain de poids et d'encombrement appréciable de l'ordre de 40 % sur le moteur à 4 temps non suralimenté.

Comparé au moteur à 4 temps suralimenté, ce gain n'est toutefois que de 20 %.

Le couple moteur développé dans chaque cylindre est deux fois plus régulier que celui du moteur à 4 temps.

Les désavantages du moteur à 2 temps sont les suivants :

- Son rendement thermique est inférieur à celui du moteur à 4 temps, la consommation au kW-heure d'un moteur diesel à 2 temps est d'environ 10 % supérieure à celle d'un moteur à 4 temps (245 grammes de gasoil par kW/h dans un moteur à 4 temps, 272 grammes par kW/h dans un moteur à 2 temps (par exemple).
- La sollicitation thermique des organes constitutifs (pistons, culasses, etc...) est double de celle des moteurs à 4 temps.

Des moteurs à 2 temps équipent les locomotives diesel séries 52-53-54-55-62-63 et les autorails 44-45-46 et LCT. 91.





QUESTIONNAIRE.

- 53.0.1 Comment les cylindres des moteurs diesel peuvent-ils être disposés ?
- 53.1.1 Comment peut-on classer les moteurs au point de vue de leur vitesse de rotation ?
- 53.2.1 Comment peut-on classer les moteurs suivant le cycle de fonctionnement ?
- 53.3.1 Qu'appelle-t-on "ordre de marche d'un moteur diesel" ?
- 53.3.2 Quels sont les facteurs pris en considération pour l'établissement de l'ordre de marche d'un moteur diesel ?
- 53.4.1 En ce qui concerne les positions du piston, qu'entend-on par : "point mort haut" et "point mort bas" ?
- 53.5.1 Qu'appelle-t-on "alésage" dans un moteur diesel ?
- 53.6.1 Donnez la définition de la "course du piston" .  
Que signifie la "course ascendante du piston" .
- 53.7.1 Qu'appelle-t-on "<sup>finale</sup> volume de compression" dans un moteur diesel ?
- 53.8.1 Qu'appelle-t-on "volume initial de compression" dans un moteur diesel ?
- 53.9.1 Qu'appelle-t-on la "cylindrée d'un moteur diesel" ?
- 53.10.1 Quelles sont les valeurs de taux de compression utilisées au moteur diesel ?  
Comment trouve-t-on la valeur du "taux de compression" ?

x x x

- 54.0.1 Sur quels principes est basé le fonctionnement du moteur diesel ?
- 54.0.2 Qu'appelle-t-on point éclair du combustible ?  
A quelle température correspond le point éclair du combustible utilisé dans un moteur diesel ?
- 54.0.3 Qu'est-ce que la température d'allumage ?

- 54.1.1 Expliquez le fonctionnement théorique du moteur diesel à 4 temps.
- 54.2.1 Pourquoi le cycle de fonctionnement réel du moteur diesel diffère-t-il du cycle théorique ?
- 54.3.1 Expliquez le fonctionnement réel de la phase d'admission d'un moteur diesel à 4 temps.
- 54.3.2 Pourquoi donne-t-on une avance à l'ouverture à la soupape d'admission ?  
De quoi dépend la valeur de cette avance ?
- 54.3.3 Pourquoi donne-t-on du retard à la fermeture à la soupape d'admission ?  
De quoi dépend la valeur de ce retard ?
- 54.4.1 Expliquez le fonctionnement réel de la phase de compression du moteur diesel à 4 temps ?
- 54.5.1 Expliquez le fonctionnement réel de la phase d'injection, combustion et détente du moteur diesel à 4 temps ?
- 54.5.2 De quoi dépend la valeur de l'avance à l'injection ?
- 54.5.3 Qu'entendez-vous par délai d'allumage ?
- 54.6.1 Quels sont les inconvénients d'une avance à l'injection mal appropriée ?
- 54.7.1 Expliquez le fonctionnement réel de la phase d'échappement du moteur diesel à 4 temps ?
- 54.7.2 Pourquoi donne-t-on une avance à l'ouverture à la soupape d'échappement ?  
De quels facteurs dépend cette avance ?
- 54.7.3 Pourquoi donne-t-on un retard à la fermeture à la soupape d'échappement ?  
De quels facteurs dépend ce retard ?
- 54.8.1 Qu'appelle-t-on période de balayage dans un moteur diesel ?

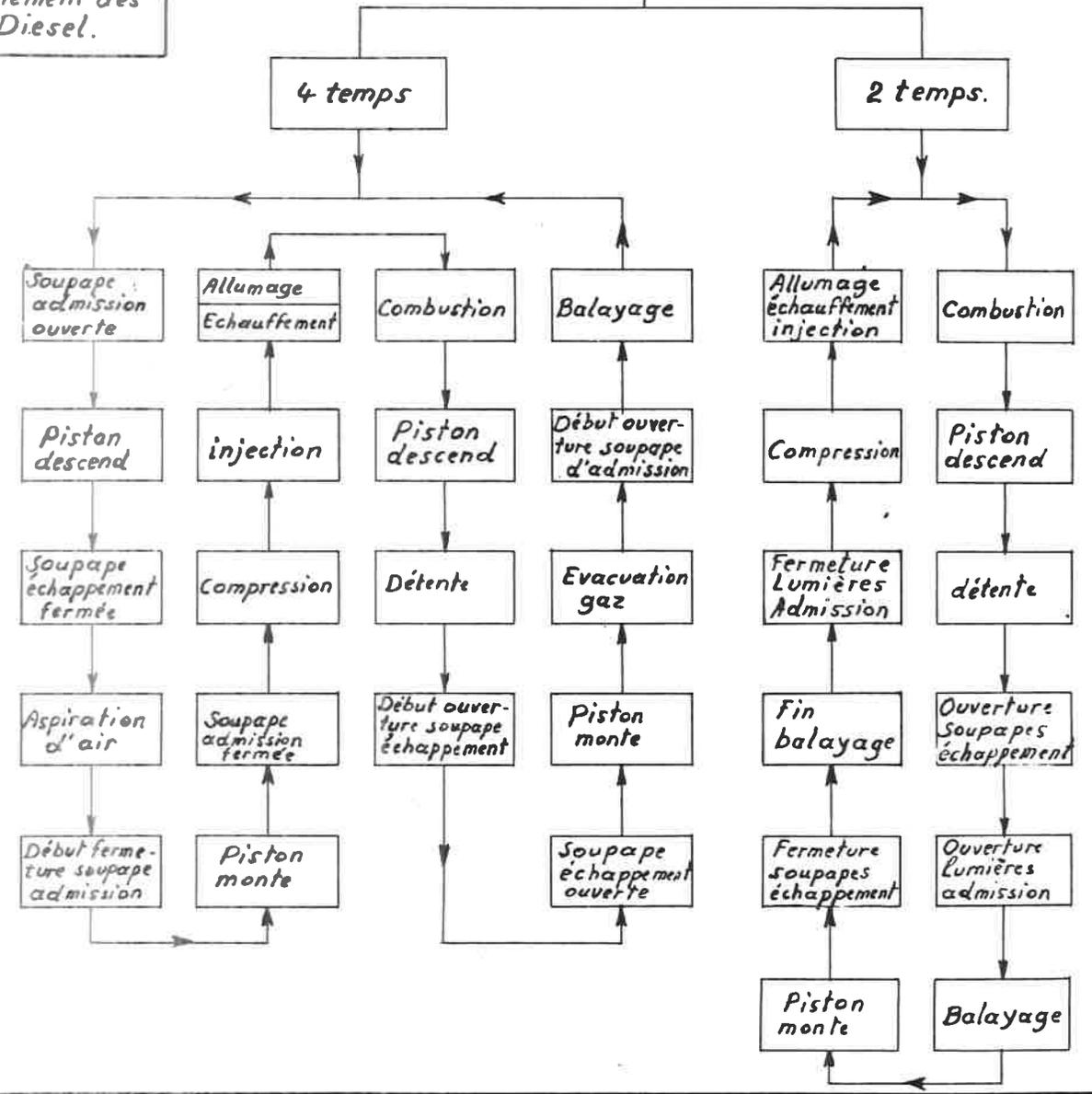
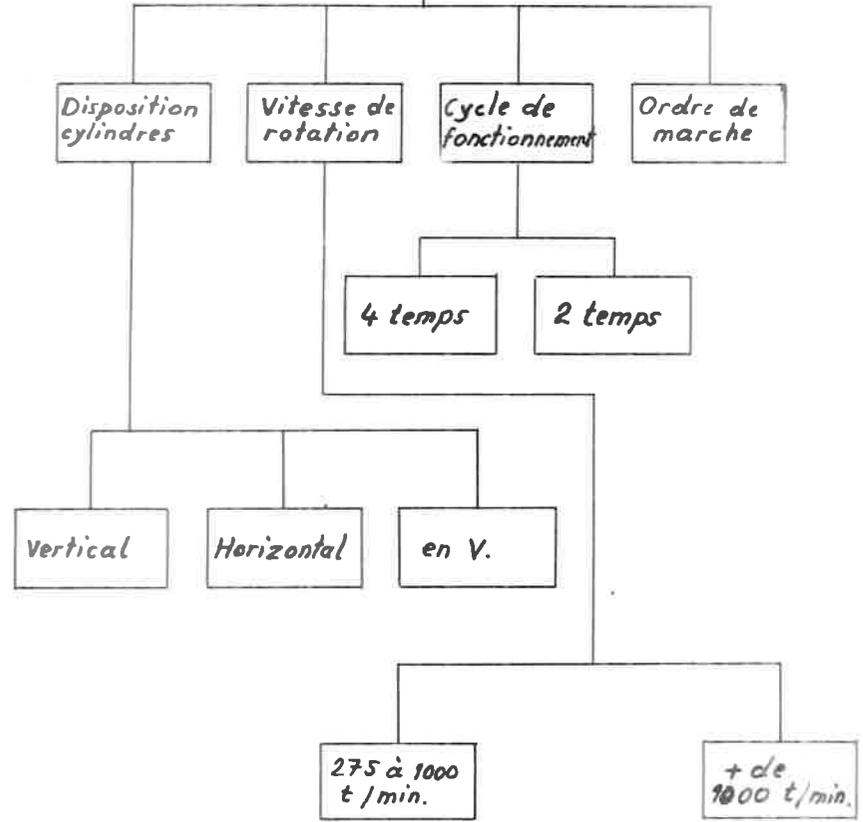
x x x

- 55.0.1 Quelles sont les phases de fonctionnement d'un moteur diesel à 2 temps ?
- Comment les différentes phases sont-elles réparties ?
- 55.1.1 Quels sont les différents systèmes de distribution rencontrés dans les moteurs diesel à 2 temps ?
- 55.1.2 Pourquoi comprime-t-on l'air d'admission, préalablement à son introduction dans le cylindre dans un moteur diesel à 2 temps ?
- 55.2.1 Qu'entend-on par moteur diesel à 2 temps à distribution par lumières et par soupapes ?
- 55.2.2 Quel est l'avantage dans un moteur diesel à 2 temps de la distribution par lumières et par soupapes par rapport à un moteur à distribution uniquement par lumières.
- 55.3.1 Expliquez le fonctionnement du moteur diesel à 2 temps à distribution par lumières et par soupapes ?
- 55.4.1 Quels sont les avantages du moteur diesel à 2 temps par rapport au moteur à 4 temps ?
- 55.4.2 Quels sont les inconvénients du moteur diesel à 2 temps par rapport au moteur à 4 temps ?

Classement et fonctionnement des moteurs Diesel.

Cycle de fonctionnement.

Classement



## 57e leçon.

### LE GRAISSAGE.

#### 57.0. Généralités.

Le frottement est une force résistante qui s'oppose au glissement d'une surface appliquée sur une autre.

La valeur de la force résistante  $F$  due au frottement dépend:

- a) Du poids  $P$  (fig. 57.0.1) appliquant les deux surfaces l'une sur l'autre;
- b) Du coefficient de frottement  $f$  qui dépend uniquement de la nature des surfaces en contact (matière et état). Il est indépendant de l'étendue de ces surfaces.

Le coefficient de frottement  $f$  est très élevé pour deux corps rugueux, moyen pour deux pièces dures et unies, faible lorsque l'on interpose une couche d'huile.

#### 57.1. Travail de frottement.

Quel travail faut-il développer pour faire glisser un bloc de 1000 kg sur une certaine surface, d'une longueur de 10 mètres, le coefficient de frottement étant de 0,25.

$$\begin{aligned} \text{Solution: } P &= 1000 \text{ daN} \\ f &= 0,25 \\ S &= 10 \text{ mètres} \end{aligned}$$

L'effort à développer est de  $1000 \text{ daN} \times 0,25 = 250 \text{ daN}$ .

Le travail =  $250 \text{ daN} \times 10 \text{ m} = 2500 \text{ daNm}$

Ce travail, conséquence du frottement, s'appelle "travail de frottement" et se transforme en chaleur.

Pour diminuer ce travail au minimum, il faut réduire la force de frottement, c.à.d. le coefficient, la chaleur produite étant diminuée.

#### 57.2. Réduction du travail de frottement.

Si nous déplaçons un corps posé sur une surface et que nous intercalons un appareil de mesure entre ce corps et le point d'application de la force, nous pouvons mesurer la valeur de l'effort nécessaire pour vaincre le frottement (fig. 57.2.1).

2.

En garnissant les surfaces en contact d'une couche d'huile, nous constatons une diminution de l'effort de frottement (fig. 57.2.2).

Conclusion: On peut réduire le travail de frottement par lubrification. Le coefficient de frottement entre les molécules de l'huile est plus faible que celui qui existe entre les surfaces métalliques nues. Il est fonction de la fluidité de l'huile.

Effectuons une nouvelle expérience en interposant des rouleaux entre les surfaces en contact. L'effort nécessaire est encore diminué (fig. 57.2.3).

Conclusion: Nous avons substitué au glissement, un roulement.

La résistance au roulement est inférieure à celle du glissement avec lubrification. C'est le principe des roulements à rouleaux et à billes.

### 57.3. But du graissage dans un moteur.

Le graissage, dans un moteur à combustion interne, consiste à apporter un film d'huile entre les surfaces frottantes des différents organes.

Ces organes sont principalement:

- les pistons se mouvant dans les cylindres;
- les axes et pivots tournant dans leurs coussinets;
- les extrémités des tiges poussoirs glissants sur les cames;
- les dents d'engrenages, les chaînes, etc....

Le graissage a pour but:

- de diminuer les résistances dues au frottement et par conséquent l'usure des pièces;
- d'assurer une bonne étanchéité de la chambre de combustion. Le film d'huile améliore l'efficacité des segments;
- d'assurer l'évacuation d'une certaine quantité de chaleur d'organes non refroidis par l'eau (pistons);

### 57.4. Propriétés de l'huile de graissage.

1. L'huile doit être d'origine minérale. Les huiles végétales et animales s'altèrent facilement et deviennent acides;
2. Elle ne peut offrir une trop grande résistance au glissement de ses molécules. La viscosité ne peut pas être excessive mais être suffisante pour maintenir le film d'huile entre les surfaces sous pression;

3. L'indice de viscosité doit approcher d'une ligne horizontale. En effet, la viscosité devrait rester constante aux différentes températures. Elle diminue toutefois légèrement avec l'augmentation de température (fig. 57.4.1);
4. L'huile doit être résistante à l'oxydation. Celle-ci résulte du contact de l'huile chaude avec l'air. L'oxydation est favorisée par la présence d'eau. Elle forme des dépôts charbonneux qui peuvent provoquer des obstructions et se déposer sur les têtes des pistons et sur les segments entraînant le calage de ceux-ci;
5. L'huile ne peut contenir de matières abrasives ni des matières adhérentes telles que l'asphalte et la paraffine;
6. Elle ne peut être corrosive, c'est-à-dire qu'elle ne peut pas être acide. Le soufre contenu dans le gasoil engendre, avec l'eau, de l'acide sulfurique très corrosif;
7. Elle ne peut émulsionner au contact éventuel de l'eau;
8. Son point d'inflammabilité (température à laquelle l'huile dégage des vapeurs pouvant s'enflammer) doit être aussi élevé que possible;
9. Son point de congélation (température à laquelle l'huile se solidifie) doit être le plus bas possible.

#### 57.5. Choix de l'huile de graissage.

L'huile doit donc être choisie judicieusement pour obtenir de bons résultats.

Surtout pendant la période de rodage, l'huile utilisée doit être d'excellente qualité.

Le rodage a pour but:

- de polir et d'adapter les surfaces frottantes entre elles;
- de donner au film d'huile la stabilité nécessaire.

Actuellement, on utilise des huiles détergentes, dans lesquelles certains additifs ajoutés ralentissent le vieillissement de l'huile, maintiennent les boues en suspension et neutralisent les acides résultant de l'oxydation.

#### 57.6. Analyse de l'huile et remplacement du bain.

Le remplacement du bain d'huile ne se fait pas systématiquement mais a lieu en fonction de l'état de l'huile et du moteur.

Les analyses d'huile ont lieu au centre de spectrographie de Salzennes.



4.

L'examen de l'huile se fait comme suit:

- a) Epreuve de la tache. Elle consiste à laisser tomber une goutte d'huile sur un papier filtre spécial. Elle détermine la détergence et éventuellement la présence d'eau;
- b) Détermination de la viscosité à une température déterminée à l'aide d'un viscosimètre;
- c) Contrôle de la présence réelle d'eau (par distillation);
- d) Teneur en acide;
- e) Analyse spectrographique. Celle-ci a pour but de détecter les usures et les conditions de fonctionnement anormal des moteurs par le dosage des particules des différents métaux en suspension dans l'huile.

Ces particules sont principalement du silicium, chrome, bore, fer, étain, plomb, cuivre, aluminium et argent.

---

LE GRAISSAGE (suite).

58.0 Circuit de principe.

Le graissage des organes des moteurs est toujours assuré par de l'huile sous pression circulant en circuit fermé.

L'huile est aspirée par une pompe à engrenages dans le fond du carter ou du soubassement à travers une crépine.

La pompe est munie d'une soupape de décharge réglable et s'ouvrant lorsque la pression en ~~avant~~ de la pompe est trop forte. Cette soupape est réglée pour une pression déterminée. Elle a pour but de limiter la pression dans les conduites.

L'huile est refoulée vers le filtre principal ou filtre fin. De ce dernier, elle se dirige vers l'échangeur de chaleur où l'huile est refroidie, puis vers les différents points de graissage après être passée à travers un 2e filtre (filtre à tamis).

La fig. 58.0.1 représente schématiquement la distribution de l'huile aux principaux organes du moteur.

Une rampe principale de graissage distribue l'huile aux paliers du vilebrequin. Des forages dans le vilebrequin amènent l'huile aux paliers de tête de bielle. L'huile chemine à travers les bielles qui sont également forées, jusqu'aux pieds de bielle. L'huile projetée des têtes de bielle sur la paroi des cylindres graissent ces derniers. Les segments racleurs enlèvent l'huile en excès.

Le mécanisme de distribution et les auxiliaires sont graissés au moyen de rampes secondaires. Dans certains cas, le mécanisme de distribution est graissé par un circuit indépendant. Le graissage terminé, l'huile utilisée retombe dans le carter où elle est reprise par la pompe.

58.1 Refroidissement du piston.

Le piston peut être refroidi soit par de l'huile projetée d'une tuyère disposée dans le pied de bielle (fig. 58.1.1), soit par une circulation d'huile ménagée dans le piston lui-même (fig. 58.1.2.).

Dans les moteurs GM, les pistons sont refroidis par l'huile fournie par une pompe spéciale et amenée par un conduit aboutissant en dessous des porte-pistons (fig. 58.1.3.).

2.

Ce jet d'huile provoque la rotation du piston sur son support et sert au graissage de son axe.

## 58.2 Principe de l'installation de graissage.

L'installation est dite "avec filtre en série" lorsque l'huile refoulée par la pompe traverse le filtre avant d'aboutir à la rampe de graissage (fig. 58.2.1). Dans ce système un by-pass est nécessaire sur le filtre pour permettre le graissage dans le cas où celui-ci est colmaté.

Le filtre peut être monté en "parallèle" sur le circuit de graissage (fig. 58.2.2). Dans ce cas, un étranglement limite le débit d'huile vers le circuit de filtration.

Dans d'autres cas, le circuit de filtration est séparé du circuit de graissage et est alimenté par une pompe indépendante (fig. 58.2.3.).

## 58.3 Filtration de l'huile.

L'huile de graissage doit être débarrassée de ses impuretés, telles que les particules métalliques, les résidus charbonneux, les précipités résultant de l'oxydation et de l'humidité, etc...

## 58.4. Genres de filtres.

- a) Le filtre à manchette constitué par une manchette cylindrique en feutre, en treillis métallique très fin ou en papier (fig. 58.4.1 et 58.4.2).
- b) Le filtre à plaques métalliques composé d'un empilage de rondelles métalliques montées sur un tube. Le tout est disposé dans un boîtier. L'huile pénètre par l'extérieur des rondelles et en sort par le tube central.

Ce filtre peut être racleur. Le nettoyage s'effectue alors en faisant tourner la pile de rondelles, sur elle-même et contre un peigne au moyen d'une poignée (fig. 58.4.3.).

- c) Le filtre à éléments de coton est constitué d'un tube perforé entouré d'un enroulement de fils de coton. L'ensemble est protégé par une gaine en toile (fig. 58.4.4.).
- d) Le microfiltre lamellaire dont les éléments sont constitués par des empilages de rondelles en papier spécial.

Cours 122.50.

58<sup>e</sup> Leçon

58.5 Pompe à huile.

La pompe à huile est entraînée par le vilebrequin à l'intervention d'engrenages ou par une chaîne. Elle peut être placée à l'intérieur du carter ou à l'extérieur du moteur.

La pompe à engrenages (fig. 58.5.1) consiste en deux roues dentées en acier. Elles engrènent entre-elles et tournent avec un faible jeu dans un corps de pompe.

Une des roues est entraînée par le moteur, l'autre est entraînée par la première.

L'huile pénètre dans la pompe du côté où les dents d'engrenages s'écartent. Elle remplit les espaces compris entre les dents. Lorsque les dents se rejoignent, l'huile est expulsée vers le conduit de refoulement.

58.6 Refroidisseur d'huile.

L'huile de graissage vient en contact avec des parties très chaudes du moteur et en s'échauffant, contribue au refroidissement du moteur.

Pour éviter que la température de l'huile ne devienne excessive (max. 95 à 98°C), on installe un refroidisseur d'huile.

Le refroidisseur est généralement constitué par un faisceau de tubes dans lesquels circule l'huile. L'extérieur de ces tubes est en contact avec l'eau de refroidissement du moteur.

58.7 Contrôles à faire par le conducteur.

Le contrôle du niveau d'huile doit être effectué par le conducteur au moyen de la jauge prévue. Les ajoutes nécessaires doivent éventuellement être faites par le conducteur ou le service d'entretien.

Le conducteur doit surveiller la pression d'huile <sup>(éventuellement la température)</sup> dans le circuit de graissage, déceler les fuites et y remédier si possible.

Certains moteurs Diesel sont pourvus de filtres racleurs qui sont à manoeuvrer plusieurs fois par jour par le conducteur.

4.

#### 58.8 Pression d'huile.

Pour assurer un bon graissage, il faut qu'une certaine pression d'huile existe dans tout le circuit.

Cette pression est obtenue par la résistance offerte au passage de l'huile dans le circuit.

Elle dépend de l'étanchéité du circuit <sup>et</sup> de l'usure du moteur.

Elle est comprise en fonctionnement normal, entre 1 et 3,5 bar.

#### 58.9 Causes de pression d'huile nulle ou insuffisante.

Les causes d'absence de pression sont les suivantes :

- a) Manque d'huile dans le carter. On peut avoir oublié de le remplir. Une fuite importante peut s'être produite (perte d'un bouchon de vidange);
- b) Pompe de graissage ne tournant plus par suite d'avarie des organes d'entraînement de la pompe (bris ou décalage d'engrenages);
- c) Rupture d'une conduite ou une fuite d'huile importante à l'intérieur ou à l'extérieur du moteur;
- d) Rupture d'une pièce de la pompe même.

Une pression d'huile trop faible peut avoir les causes suivantes :

- a) Niveau d'huile trop bas dans le carter;
- b) Jeux excessifs dans la pompe;
- c) Obstruction de la crépine de la pompe;
- d) Déréglement de la soupape de by-pass;
- e) Fuite à la conduite de refoulement;
- f) Jeux excessifs dans les coussinets de paliers et de bielles;
- g) Conduite de graissage de la culbuterie rompue;
- h) Dans le cas d'un filtre monté en série, obstruction du filtre avec calage en position fermée de la soupape de by-pass du filtre. Dans ce cas, la pression de la pompe est élevée, mais au-delà du filtre, la pression est trop faible;
- i) Viscosité de l'huile trop faible par suite de l'une ou de plusieurs des raisons suivantes :
  1. L'huile employée présente une viscosité trop faible;
  2. L'indice de viscosité de l'huile employée n'est pas adaptée au moteur diesel;

3. La température de régime du moteur est trop élevée. Il faut, dans ce cas, vérifier l'installation de refroidissement;
4. La dilution de l'huile par du gasoil. Elle est presque toujours la conséquence d'injecteurs défectueux qui laissent goutter le gasoil dans les cylindres. Elle peut aussi provenir d'une rupture d'une conduite de gasoil vers l'injecteur.

#### 58.10. Protection contre un manque de graissage.

La protection du moteur diesel contre un manque de graissage peut être :

##### a) Non automatique.

Des appareils de contrôle (tels que des manomètres ou un mano-contact avec lampe-témoin) montés sur le circuit d'huile indiquent au conducteur si la pression dans l'installation de graissage se maintient au-dessus du minimum requis.

Cette méthode est simple mais demande une attention soutenue de la part du conducteur qui doit juger de la nécessité d'arrêter le moteur.

##### b) Automatique.

Dans ce cas, le conducteur n'intervient pas pour arrêter le moteur en cas de pression d'huile insuffisante.

Cet arrêt se produit automatiquement par l'intervention d'un relais.

Il intervient électriquement, électropneumatiquement, électro-hydrauliquement pour couper l'alimentation du moteur en combustible.

Dans certains cas, cette protection est incorporée dans le régulateur.

Il est à remarquer que si la pression d'huile devient insuffisante et si l'appareil de protection est défectueux, le conducteur doit agir d'initiative et prendre les mesures nécessaires.



L'ALIMENTATION EN COMBUSTIBLE.

59.0. Généralités.

Le circuit d'alimentation en combustible comprend les organes destinés à amener le gasoil du réservoir aux pompes d'injection tout en assurant une filtration efficace indispensable à la bonne conservation des organes d'injection.

La fig. 59.0.1 représente un circuit d'alimentation en combustible dont le réservoir à gasoil est placé à un niveau inférieur aux pompes d'injection.

Le gasoil est aspiré du réservoir (1) par une pompe d'alimentation (5) à travers une crépine (2), un clapet de retenue (3) et un filtre (4). La crépine retient les grosses impuretés. Le filtre protège la pompe.

Le combustible est ensuite refoulé vers les pompes d'injection (7) et les injecteurs (8) au travers d'un filtre fin (6).

59.1. Réservoirs à gasoil.

Les réservoirs à gasoil peuvent être:

- à un niveau inférieur à celui des pompes. Ils se trouvent alors au-dessous de la caisse ou sous les plate-formes des locomotives;
- à un niveau supérieur. Ils sont placés dans la salle des machines ou dans le compartiment à bagages. On trouve cette disposition sur certains autorails et sur les locotracteurs.

Les réservoirs ont généralement la forme d'un coffre rectangulaire et se trouvent à proximité de l'installation motrice.

En vue d'éviter l'accumulation dangereuse de vapeur de gasoil à la surface de la nappe liquide, les réservoirs doivent être munis, à leur partie supérieure, d'un tube de désaération.

Les réservoirs sont pourvus d'une jauge ou d'un tube transparent permettant de contrôler le niveau de gasoil.



2.

### 59.2. Pompe d'alimentation rotative (fig. 59.2.1).

La pompe rotative est constituée de deux engrenages tournant dans un corps de pompe.

Cette pompe fonctionne suivant le même principe que la pompe de graissage.

La pompe rotative est entraînée par le moteur diesel ou par un moteur électrique indépendant.

Elle a un débit constant en fonction de sa vitesse, tandis que la quantité de combustible prélevée par les pompes d'injection est variable. Son débit doit donc être plus important que la quantité maximale absorbée par les pompes d'injection.

Pour éviter une élévation de pression, un by-pass est placé entre les tubulures d'aspiration(2) et de refoulement (3). Il est constitué par un conduit (4) dans lequel se trouve placé la soupape de décharge (1). Le by-pass met le conduit de refoulement en communication avec la chambre (5) lorsque la pression de refoulement dépasse une certaine valeur.

Le by-pass peut aussi être indépendant de la pompe et est alors placé sur la conduite de refoulement.

### 59.3. Pompe d'alimentation à piston (fig. 59.3.1 et 59.3.2).

Le piston de la pompe (Bosch) est actionné par une came portée par l'arbre de commande de la pompe d'injection.

Lors de sa rotation, la came (1) pousse le piston (2) vers le bas, le ressort (7) étant comprimé. La descente de celui-ci provoque l'aspiration de combustible dans la chambre supérieure par la soupape d'aspiration (3).

Simultanément, le combustible se trouvant dans la chambre inférieure est refoulé vers les pompes d'injection par la soupape de refoulement (6).

Dès que la came a dépassé la course maximale, le piston, sous la pression du ressort, se déplace vers le haut. Le combustible est refoulé de la chambre supérieure vers les pompes d'injection par la soupape (5) et est aspiré dans la chambre inférieure par la soupape (4).

Lorsque la pression dans la chambre de refoulement atteint une valeur telle que le ressort (7) reste comprimé, le piston reste dans une position d'équilibre et le refoulement cesse.

Une diminution de pression a pour effet de permettre à nouveau le refoulement.

La pompe est généralement munie d'un levier de commande manuelle.

#### 59.4. Filtration du combustible.

Pour protéger les organes d'injection, le combustible est purifié dans un filtre primaire placé entre le réservoir et la pompe d'alimentation. Un filtre secondaire est placé entre celle-ci et les pompes d'injection.

On rencontre différentes sortes de filtres.

#### 59.5. Filtre métallique.

Le filtre métallique est généralement utilisé comme filtre primaire. Il est constitué d'un treillis métallique retenant les grosses impuretés.

#### 59.6. Filtre à élément en tissu ou en feutre (fig. 59.6.1).

Ce filtre se compose d'un réservoir (1) muni d'une tubulure d'arrivée de combustible (2), d'une tubulure de départ (3) et d'un robinet de purge (4). Le combustible traverse un élément filtrant (5).

Cet élément filtrant est constitué d'un rouleau de feutre ou de coton d'une épaisseur de 10 à 15 mm.; Il retient les impuretés du gasoil. Lorsqu'il est encrassé, il peut être nettoyé et réutilisé.

#### 59.7. Filtre à élément en papier (fig. 59.7.1).

Ce filtre est semblable au précédent mais l'élément filtrant est constitué de papier poreux. Ce filtre n'est pas nettoyé et n'est donc pas réutilisable.

#### 59.8. Filtre Duplex (fig. 59.8.1).

Dans le filtre Duplex, le gasoil est filtré avant son entrée dans la pompe de circulation par le premier élément filtrant. Il est à nouveau filtré dans le deuxième élément lors du refoulement de la pompe.

#### 59.9. Filtre à élément composé de disques métalliques empilés.

L'élément filtrant est constitué d'un empilage de disques métalliques. Il est traversé par le combustible de l'extérieur vers l'intérieur.

La dimension des impuretés retenues est déterminée par la distance libre entre les disques.

Ce filtre est facilement nettoyé. Il peut être muni d'un peigne racleur. Dans ce cas, il est muni d'une poignée.



QUESTIONNAIRE.

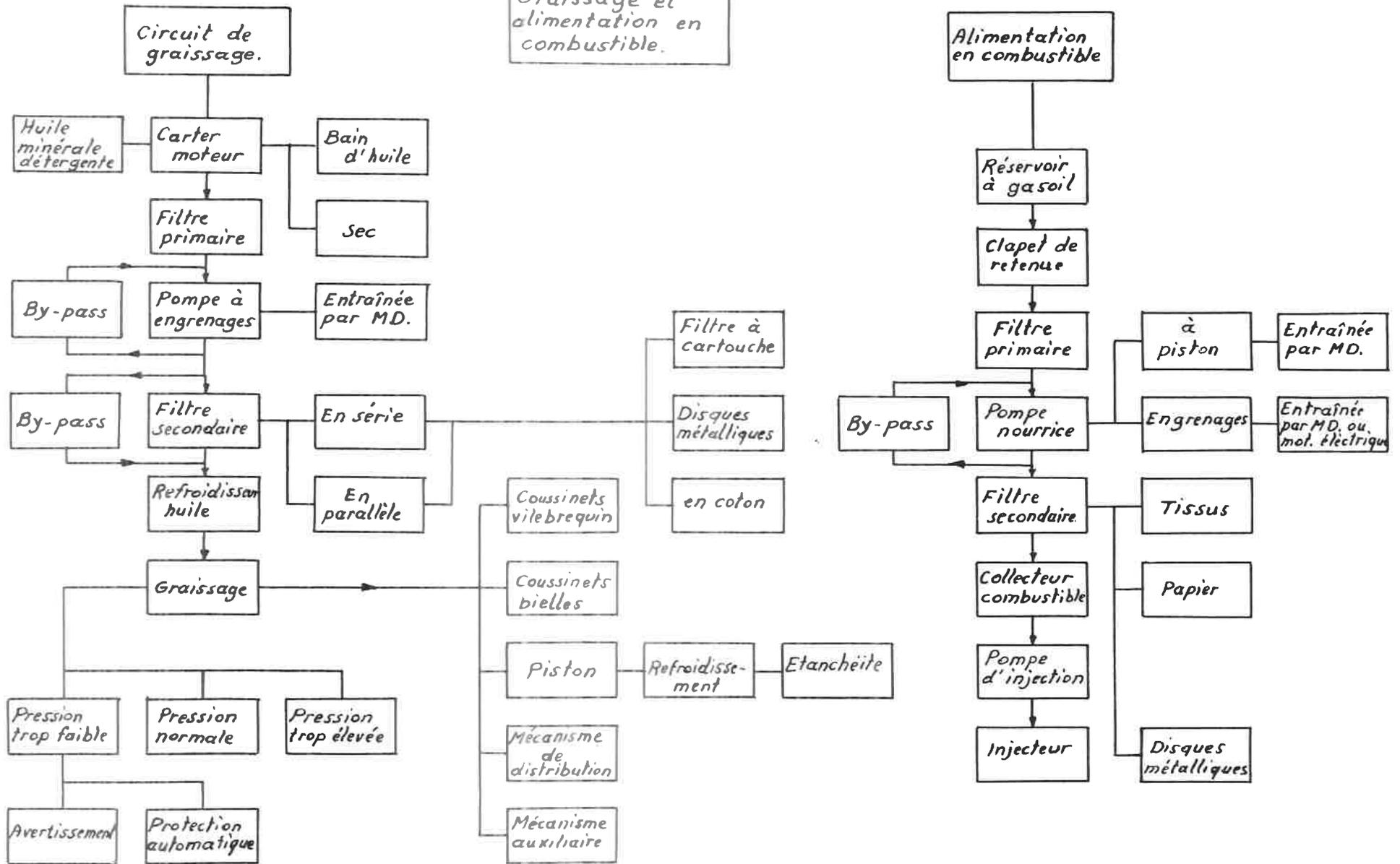
- 57.0.1. Qu'est-ce que le frottement ?  
De quels facteurs dépend la force résistante due au frottement ?
- 57.1.1. Pour déplacer une charge de 500 daN sur une longueur de 20 mètres, le travail nécessaire est de 2500 daNm.  
Quel est le coefficient de frottement ?
- 57.1.2. Quelle est la conséquence du frottement ? Que peut-on faire pour y remédier ?
- 57.2.1. Par quels moyens peut-on réduire le travail du frottement ?
- 57.3.1. Quel est le but du graissage dans un moteur diesel ?  
En quoi consiste-t-il ?
- 57.4.1. Quelles sont les propriétés requises pour qu'une huile de graissage soit bonne ?
- 57.5.1. Quel est le but du rodage d'un moteur diesel ?
- 57.5.2. Quels sont les avantages de l'utilisation de l'huile détergente ?
- 57.6.1. Quels sont les points examinés lors de l'analyse de l'huile de graissage d'un moteur diesel ?
- 58.0.1. Faites le schéma de principe du graissage d'un moteur et expliquez-le.  
X X X
- 58.0.2. Comment est assuré le graissage du piston et de ses segments dans le cylindre d'un moteur ?
- 58.0.3. Comment limite-t-on la pression de l'huile dans le circuit de graissage ?
- 58.1.1. Quels sont les différents moyens utilisés pour le refroidissement du piston d'un moteur diesel ?
- 58.2.1. Faites le schéma de principe d'une installation de graissage avec filtre en série.
- 58.2.2. Faites le schéma de principe d'une installation de graissage avec filtration en parallèle.

2.

- 58.3.1. Pourquoi faut-il filtrer l'huile de graissage du moteur diesel ?
- 58.4.1. Quels sont les genres de filtres utilisés dans le circuit de graissage des moteurs diesel ?
- 58.5.1. Expliquez le fonctionnement de la pompe de graissage à engrenages.
- 58.6.1. Quel est le rôle du refroidisseur d'huile dans le circuit de graissage du moteur ? Pourquoi est-il nécessaire ?
- 58.6.2. Comment est constitué le refroidisseur d'huile ?
- 58.7.1. Quels sont les contrôles à faire par le conducteur en ce qui concerne le graissage ?
- 58.8.1. Quels sont les facteurs qui influencent la pression dans les conduites de graissage du moteur ?
- 58.9.1. Quelles sont les causes de pression d'huile nulle ?
- 58.9.2. Quelles sont les causes d'une pression d'huile insuffisante ?
- 58.10.1. Comment le dispositif de protection contre un manque de pression d'huile intervient-il ?
- 58.10.2. Comment l'arrêt du moteur diesel est-il provoqué en cas de protection automatique contre un manque de pression d'huile ?
- x x x
- 59.0.1. Faites le schéma de principe du circuit d'alimentation en combustible du moteur diesel et expliquez.
- 59.1.1. Où peut-on placer les réservoirs à gasoil sur les engins diesel ?  
De quels organes complémentaires le réservoir peut-il être muni ?
- 59.2.1. Expliquez le fonctionnement de la pompe d'alimentation à gasoil rotative. Comment peut-elle être entraînée ?
- 59.3.1. Schématisez et expliquez le fonctionnement de la pompe à piston d'alimentation en combustible.
- 59.4.1. Quelle est la raison de la filtration du combustible ?
- 59.5.1. Comment est constitué le filtre métallique ? Où est-il placé dans le circuit d'alimentation en combustible ?
- 59.6.1. Décrivez le filtre à gasoil en tissu.
- 59.7.1. Comment le filtre de papier du circuit de combustible est-il constitué ?
- 59.8.1. Qu'entend-on par filtre à combustible duplex ?  
Comment est-il constitué ?
- 59.9.1. Comment est constitué le filtre à combustible à disques métalliques ?

x x x

Graissage et alimentation en combustible.





LES ORGANES D'INJECTION.

61.0 Généralités.

L'injection du combustible est un point essentiel du fonctionnement du moteur. En effet, la quantité injectée varie suivant la charge imposée au moteur diesel.

Les organes d'injection sont les pompes d'injection et les injecteurs.

Le rôle de la pompe d'injection est de :

- doser le gasoil en quantité appropriée au régime de fonctionnement du moteur;
- le refouler à haute pression;
- le refouler au moment opportun vers l'injecteur.

L'injecteur a pour rôle de pulvériser très finement le combustible et de le répartir uniformément dans la chambre de combustion.

Il y a toujours un injecteur par cylindre, disposé dans la culasse, et une pompe monocylindrique correspondant à chaque injecteur.

On rencontre trois dispositions classiques :

- les pompes sont groupées en un seul bâti et reliées aux injecteurs par des tuyauteries; (fig. 61.0.1)
- les pompes sont individuelles et placées au voisinage du cylindre correspondant. Elles sont reliées par des tuyauteries aux injecteurs; (fig. 61.0.2);
- pour chaque cylindre, la pompe et l'injecteur sont combinés en un seul organe appelé "injecteur-pompe". (fig. 61.0.3).

On distingue différents modes d'injection du combustible dans le cylindre.

61.1 Injection directe.

Sur de nombreux moteurs, le combustible est injecté directement dans le cylindre (fig. 61.1.1). L'injecteur est généralement logé au centre de la culasse. La tête du piston est conçue de façon à former une chambre de combustion et à favoriser le brassage de l'air et du gasoil.



2.

On obtient une pulvérisation très fine du combustible par l'emploi de fortes pressions d'injection (plus de 200 bar) et d'orifices d'injection très petits (0,1 à 0,2 mm).

### 61.2 Injection indirecte.

Dans ce système, le combustible est injecté dans une chambre séparée du cylindre, logée dans la culasse, et communiquant avec celui-ci par plusieurs orifices. Le combustible s'y enflamme. La pression des gaz augmente progressivement.

Elle provoque la pulvérisation du combustible restant à injecter. Cette cavité est appelée "chambre de précombustion" (fig. 61.2.1).

Lorsque la chambre est de forme sphérique, le mélange préalable d'air et de combustible est favorisé. Il s'agit, dans ce cas, d'une "chambre de turbulence" (fig. 61.2.2).

L'injection indirecte ne nécessite pas une pulvérisation aussi poussée du combustible. Elle permet l'emploi de pression plus faible (à partir de 60 bar) et d'orifices d'injection plus grands (1 à 1,5 mm).

### 61.3 Injecteur (fig. 61.3.1).

Un injecteur comprend le corps de l'injecteur (1), fixé sur le porte-injecteur (2) au moyen de l'écrou (13).

Le combustible, venant de la pompe d'injection, arrive par l'orifice (3). Il se dirige par les conduites (4) et (5) vers le corps de l'injecteur et aboutit à la partie inférieure de l'aiguille (6).

L'aiguille (6) est appliquée sur son siège sous l'action du ressort (7) par l'intermédiaire d'une tige (8).

La pression d'injection est réglée par la vis (9) qui est bloquée par l'écrou (10). Un capuchon (11) protège le dispositif de réglage.

Lorsque la pression, engendrée par la pompe d'injection et s'exerçant sur l'épaule de l'aiguille, dépasse la force exercée par le ressort, l'aiguille se soulève et l'injection commence. Dès que la pression tombe, l'aiguille obture à nouveau l'orifice.

Un canal (12) permet le retour des fuites vers le réservoir à gasoil.

La forme du jet de combustible à la sortie de l'injecteur varie suivant qu'il s'agit d'un injecteur à têtes ou à trous (fig. 61.3.2).

#### 61.4 Pompe d'injection (fig. 61.4.1).

La pompe "Bosch" est la plus répandue.

La course du piston de la pompe est constante. L'ouverture et la fermeture des orifices d'arrivée et de décharge sont réalisées par le piston lui-même.

A cet effet, une partie de la surface du piston (1) est évidée, sous forme de rampe hélicoïdale.

Lorsque le piston est au bas de sa course, sous la pression de la pompe nourrice, le combustible arrive dans la chambre au-dessus du piston par les orifices latéraux (4) et (5).

Quand le piston remonte sous l'action de la came, il obture ces deux orifices et le combustible est refoulé via la soupape (2) et la tuyauterie de refoulement (3) vers l'injecteur.

L'injection commence théoriquement au moment où le bord supérieur du piston dépasse le niveau des orifices d'admission.

Elle cesse à l'instant où le bord de la rampe hélicoïdale découvre l'orifice de droite (5) faisant ainsi communiquer le cylindre de pompe avec la chambre d'aspiration par la rainure verticale du piston. La pression tombe dans la chambre de refoulement et la soupape (2) se ferme.

Pour régler le débit d'injection, on fait tourner le piston dans le cylindre en déplaçant longitudinalement la tige de réglage (6), laquelle est munie d'une crémaillère engrenant avec une couronne dentée calée sur le manchon de réglage (7).

Le déplacement de cette tige est placé sous la dépendance de l'accélérateur et du régulateur.

Le réglage du débit consiste, généralement, à faire varier le moment où se produit la fin de l'injection (Fig. 61.4.2).

Si la rotation du piston est telle que la rainure verticale se présente devant l'orifice (5), le débit est nul et le moteur s'arrête.

On construit parfois le piston plongeur avec une rampe à sa partie supérieure (fig. 61.4.3). Celle-ci permet, avec la rampe inférieure, de faire varier le début et la fin de l'injection.

Dès que la rampe hélicoïdale découvre l'orifice (5), la pression de la pompe tombe presque instantanément et la soupape de refoulement se ferme. Il subsiste néanmoins, à ce moment, entre celle-ci et l'injecteur une pression suffisamment élevée pour que l'injection continue.

La fin de l'injection se faisant à une pression plus basse, il en résulte une mauvaise pulvérisation.

Lorsque la dernière goutte de gasoil reste en contact avec le bout de l'injecteur, on dit qu'il bave.

Pour remédier à cet inconvénient, les pompes "Bosch" sont munies d'une soupape spéciale. Celle-ci possède une partie cylindrique entre la tête de la soupape et la tige rainurée (fig. 61.4.4).

La levée de cette soupape est plus importante lorsque le gasoil traverse les rainures. Quand la pression diminue brusquement, la soupape retombe sur son siège. Le volume occupé par le combustible augmente du volume engendré par la partie cylindrique de la soupape. La pression exercée sur le combustible diminue et l'injecteur se ferme immédiatement.

#### 61.5 Injecteur-pompe (fig. 61.5.1).

Afin de pouvoir utiliser des pressions d'injection élevées, tout en supprimant l'effet des ondes de pression dans les tuyauteries, la "Général Motors" a réuni la pompe d'injection et l'injecteur en un organe unique.

Le combustible, fourni par la pompe d'alimentation, arrive par le canal (1), traverse le filtre (2) et remplit la chambre annulaire (3) entourant le cylindre (4) de la pompe. Celui-ci est muni de deux orifices (7) et (10).

Le combustible, admis dans la chambre (12), est refoulé vers le cylindre du moteur à travers l'injecteur (11).

Celui-ci (fig. 61.5.2) comporte une soupape sphérique (14) appuyée sur son siège par un puissant ressort (15) placé sur la pièce d'appui (16).

Le piston (5) est poussé vers le bas, au moment de l'injection, par l'action d'un culbuteur. Il est ramené vers le haut par le ressort (6).

Le piston comporte une cavité limitée par deux rampes hélicoïdales (supérieure et inférieure) et communiquant avec la chambre (12) par un canal percé dans le piston.

Lors du déplacement de haut en bas du piston (5) dans le cylindre de la pompe, le gasoil situé en-dessous reflue par l'orifice (7) jusqu'au moment où celui-ci est obstrué par le piston.

A ce moment, le gasoil passe vers la chambre annulaire (3) par le trou central et l'orifice de dérivation (10). Cet écoulement dure tant que cet orifice n'est pas masqué par la rampe supérieure du piston.

Dès que les orifices (7) et (10) sont fermés, le gasoil est refoulé vers l'injecteur (11).

Lorsque la pression du combustible refoulé atteint une valeur suffisante, la soupape sphérique (14) s'ouvre et le gasoil est injecté dans le cylindre en passant par une soupape plate (17). Celle-ci empêche le retour de gaz de la chambre de combustion vers la pompe au cas de non étanchéité de la soupape (14).

L'injection dure aussi longtemps que la rampe inférieure du piston ne vient pas découvrir l'orifice (7). A ce moment, le gasoil est dérivé vers la rampe de retour et l'injection est terminée.

La rampe supérieure du piston définit le début de l'injection. La rampe inférieure en détermine la fin.

Le réglage de la quantité de combustible injecté s'effectue par rotation du piston comme dans la pompe Bosch. Les différentes positions sont représentées à la figure 61.5.3.

L'excès de combustible fourni par la pompe d'alimentation est évacué par un orifice de sortie, muni d'un filtre, situé à côté de l'orifice d'entrée (1).

Le refroidissement de l'injecteur-pompe est assuré par une circulation continue de gasoil frais, laquelle empêche également la formation de bulles d'air.



L'ALIMENTATION EN AIR.

62.0 Généralités.

L'air utilisé par un engin diesel sert à différents usages :

- le refroidissement de l'eau dans les radiateurs,
- l'alimentation en air du moteur diesel,
- le refroidissement de l'équipement de la transmission électrique,
- l'alimentation du compresseur,
- l'alimentation en air de combustion de la chaudière de chauffage et du préchauffeur.

Seul l'air destiné au refroidissement des radiateurs n'est pas filtré.

Pour le refroidissement des génératrices, des moteurs électriques et surtout pour l'alimentation du moteur l'air doit être filtré.

L'air admis dans le moteur diesel doit être pur et aussi frais que possible. Il doit être débarrassé des particules abrasives et autres en suspension dans l'air. Les prises d'air se trouvent généralement à la partie supérieure de la caisse.

L'air est filtré une première fois par les filtres placés dans les parois latérales. (fig. 62.0.1)

Si le moteur diesel aspire l'air d'admission dans la salle des machines, il est filtré une seconde fois.

L'air d'admission est, sur certains engins diesel, aspiré directement à l'extérieur au travers d'un filtre (fig. 62.0.2). Dans ce cas, les filtres de parois ne servent qu'à filtrer l'air destiné aux autres usages.

62.1 Filtre humide (fig. 62.1.1).

L'élément filtrant est constitué de chicanes ou de treillis métalliques imprégnés d'huile épaisse. Les poussières sont retenues par le film d'huile.

Pour éviter un colmatage prématuré, ce filtre doit avoir une grande surface. Il est nettoyé périodiquement.

2.

### 62.2 Filtre sec.

Il existe des filtres secs. Ceux-ci ne sont pas imprégnés d'huile.

Ils sont constitués d'un élément ondulé en feutre supporté par une toile métallique et contenu à l'intérieur d'une carcasse en acier perforé (fig. 62.2.1).

Ces filtres doivent avoir une superficie suffisante pour éviter le colmatage. Ils peuvent être nettoyés à l'air comprimé.

### 62.3 Filtre à bain d'huile.

Dans le filtre à bain d'huile (fig. 62.3.1 et 62.3.2) l'air aspiré subit un brusque changement de direction en léchant un bain d'huile contenu dans le fond du filtre.

Les grosses particules sont projetées directement au fond du filtre.

L'air passe ensuite au travers d'un élément filtrant constitué par de fines tresses métalliques qui retiennent les fines poussières et les gouttes d'huile emportées par l'air.

Ces filtres peuvent être nettoyés et le niveau du bain d'huile doit être contrôlé à intervalles réguliers.

### 62.4 Suralimentation.

La puissance d'un moteur diesel est fonction de la quantité de combustible injecté et brûlé dans les cylindres.

La quantité de combustible que l'on peut injecter dans la masse d'air, portée à haute température par la compression, est fonction du poids de l'air. Il faut en pratique 30 kg d'air environ pour 1 kg de combustible.

La suralimentation consiste à comprimer l'air préalablement à son introduction dans le cylindre.

Cours 122.50  
62e leçon.

Elle permet, en augmentant la densité et par conséquent, le poids d'air introduit d'accroître la quantité de combustible injecté et, en fin de compte, la puissance du moteur.

La suralimentation peut se réaliser de diverses manières :

- en empruntant au moteur diesel, l'énergie nécessaire pour entraîner mécaniquement ou électriquement le compresseur.
- en utilisant, à l'aide d'une turbine, l'énergie contenue dans les gaz d'échappement.

La suralimentation de nos moteurs diesel est assurée avec une turbo soufflante.

#### 62.5 Avantages de la suralimentation.

Les avantages d'un moteur suralimenté par rapport au moteur non suralimenté sont :  
(de même puissance)

- augmentation de la puissance du moteur diesel de 50 % à 100 % et même plus;
- refroidissement du piston et des soupapes par un balayage intensif;
- gain de poids et d'encombrement;
- réduction du coût du moteur diesel suralimenté;
- amélioration du rendement mécanique d'où abaissement de la consommation de combustible d'environ 5 %;
- réduction de la dépense d'huile de graissage d'environ 20 %.





L'EVACUATION DES GAZ D'ECHAPPEMENT.

63.0 Généralités.

Les gaz de la combustion, après avoir accompli leur travail moteur dans le cylindre, doivent être évacués à l'atmosphère.

A la sortie du cylindre, ils sont très dilatés et ont une température d'environ 400 à 500°C.

Par suite de la faible section des conduites de sortie et de la pression exercée par le piston, les gaz possèdent une grande vitesse (de l'ordre de 200 mètres par seconde.)

Cet échappement à grande vitesse occasionne un choc sur l'air ambiant et donne naissance au bruit caractéristique des moteurs à échappement libre.

63.1 Pot d'échappement.

Pour amortir le bruit, le collecteur d'échappement des gaz du moteur est raccordé à la tuyauterie d'évacuation par un pot d'échappement ou silencieux.

Le silencieux a pour rôle de détendre progressivement la masse gazeuse afin de se rapprocher d'un écoulement continu des gaz.

Il est généralement constitué d'un réservoir cylindrique en tôle muni intérieurement de chicanes (fig. 63.1.1) ou de tôles perforées (fig. 63.1.2 et 63.1.3).

La tuyauterie d'évacuation aboutit le plus souvent en dessous de la toiture de l'engin diesel.

Si le moteur est placé dans un bogie, la tuyauterie d'échappement doit pouvoir suivre les mouvements relatifs du bogie par rapport à la caisse.

Lorsque le moteur diesel est suralimenté, l'évacuation des gaz se fait via la turbo-soufflante et le pot d'échappement est parfois supprimé.

63.2 Turbo-soufflante. (fig. 63.2.1)

La turbine et le compresseur centrifuge comportent chacun une seule roue. Ces roues (1) et (2) sont fixées sur un arbre commun porté par des paliers à billes.

Le graissage de ces paliers est indépendant. Il est assuré soit par le barbotage d'un disque, soit par des pompes à huile entraînées par les extrémités de l'arbre commun.

Le niveau d'huile est contrôlé par deux regards. Les ajoutes éventuelles sont effectuées par deux bouchons.

Le moteur diesel est muni de plusieurs collecteurs d'échappement (3) desservant chacun un groupe de cylindres. On évite ainsi les ondes de pression qui freinent la décharge des autres cylindres.

Les gaz à haute température sont dirigés, séparément, vers les tuyères (4). Celles-ci occupent diverses régions de la section annulaire (5) disponible sur le côté de la roue (1) de la turbine à gaz. La turbine est refroidie par une circulation d'eau.

Lors de l'ouverture d'une soupape d'échappement un flux de gaz, animé d'une grande vitesse, passe par un des collecteurs et agit sur les aubages de la roue (1) de la turbine.

La turbine subit ainsi une série d'impulsions énergiques et tourne à grande vitesse. Après avoir agit sur les aubages de la turbine, les gaz débouchent dans la chambre (6) et passent ensuite vers le tuyau d'échappement.

La soufflante (2) aspire l'air atmosphérique à travers le filtre (7). Elle le refoule vers le collecteur d'admission qui aboutit aux soupapes d'admission des culasses.

La turbo-soufflante <sup>(12.000 à 24.000 t/min)</sup> adapte automatiquement sa vitesse de rotation à la charge du moteur diesel. Quand la quantité de combustible brûlé augmente, l'énergie emmagasinée dans les gaz d'échappement s'accroît et la turbine accélère.

Il en résulte un débit d'air plus grand et à une pression supérieure par la turbo-soufflante.

L'énergie absorbée par la compression préalable de l'air augmente.

La vitesse se stabilise lorsque cette énergie est en équilibre avec celle que reçoit la turbine.

La figure 63.2.2 représente la turbo-soufflante Brown-Boveri.

Les organes principaux sont numérotés de la même façon qu'à la figure précédente.

### 63.3 Alimentation en air des moteurs à 2 temps.

Dans un moteur à 2 temps, le remplacement des gaz brûlés par de l'air frais doit s'effectuer en un temps très court.

L'air pénètre dans le cylindre par les lumières disposées à sa partie inférieure et refoule les gaz vers les soupapes d'échappement.

Pour rendre possible le balayage et le remplissage du cylindre en air frais, celui-ci est légèrement comprimé avant son introduction dans le cylindre.

La compression préalable de l'air est réalisée sur nos moteurs diesel par des soufflantes.

### 63.4 Soufflante (fig. 63.4.1 et 63.4.2).

Les moteurs diesel GM. sont équipés de deux soufflantes rotatives fournissant le volume d'air nécessaire au balayage à une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique (de  $+0,4$  bar).

Ces soufflantes sont entraînées par le vilebrequin au moyen d'un train d'engrenages. Elles sont constituées d'un carter dans lequel tournent deux rotors à 3 lobes hélicoïdaux.

Les lobes ont entre eux et avec les parois un jeu très réduit.

L'aspiration d'air par la soufflante se fait à la partie supérieure du carter. Sur celui-ci est monté un filtre à air.

A la sortie des soufflantes, l'air surpressé est dirigé vers la chambre à air. De là, il s'introduit par les lumières de balayage, lorsque celles-ci sont découvertes.



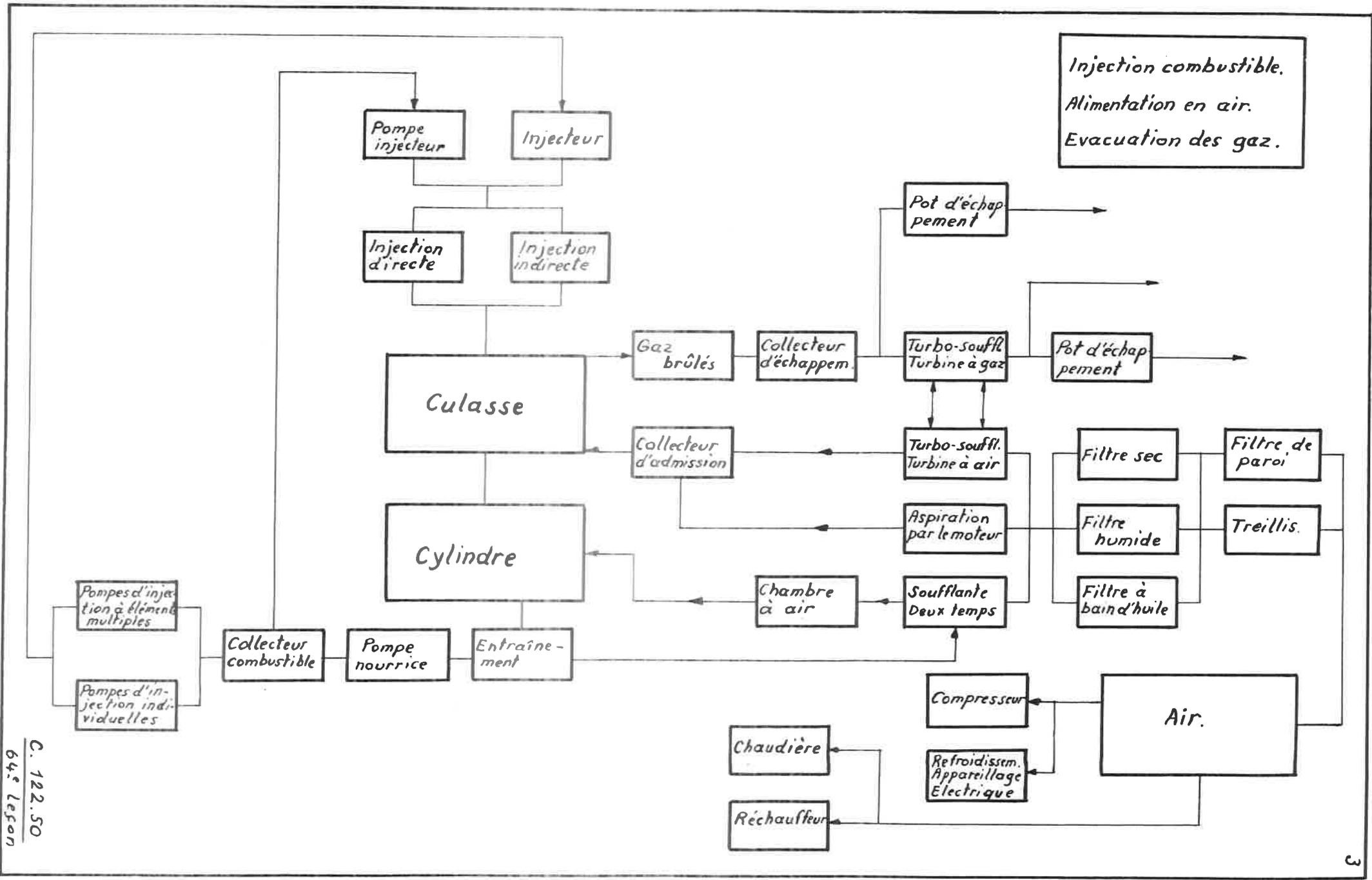
QUESTIONNAIRE.

- 61.0.1 Quels sont les organes d'injection de combustible du moteur diesel ? Quel est leur rôle ?
- 61.0.2 Quel est le rôle de la pompe d'injection et de l'injecteur dans un moteur diesel ?
- 61.0.3 Quelles sont les différentes dispositions des pompes d'injection pouvant être rencontrées sur nos engins diesel ?
- 61.1.1 Qu'entend-on par injection directe ?  
Utilise-t-on de fortes pressions d'injection dans ce cas ? Pourquoi ?
- 61.2.1 Dans le cas d'injection indirecte, quelles sont les pressions d'injection utilisées ? Quel est le diamètre des orifices d'injection ?
- 61.3.1 Quels sont les organes constitutifs de l'injecteur Bosch ?
- 61.3.2 Schématisez l'injecteur Bosch et expliquez son fonctionnement.
- 61.3.3 Comment règle-t-on la pression d'injection exigée dans le système Bosch ?
- 61.4.1 La course du piston de la pompe d'injection Bosch est-elle variable ? Comment le piston est-il entraîné ?
- 61.4.2 Comment obtient-on le réglage de la quantité de combustible injecté dans la pompe d'injection Bosch ?
- 61.4.3 Expliquez, à l'aide du schéma, le fonctionnement de la pompe d'injection Bosch.
- 61.4.4 Pourquoi construit-on des pistons à double rampe dans la pompe d'injection Bosch ?
- 61.4.5 Quel est le rôle de la soupape de refoulement placée à la sortie de la pompe d'injection Bosch ?
- 61.5.1 Expliquez à l'aide de la figure 61.5.1 le fonctionnement de l'injecteur-pompe GM.
- 61.5.2 Comment l'injecteur-pompe GM est-il refroidi ?
- 61.5.3 Le début et la fin de l'injection sont-ils variables dans l'injecteur-pompe GM ?

2.

- 62.0.1 Quels sont les différents usages de l'air sur les engins diesel ? Doit-il être filtré ? Pourquoi ?
- 62.0.2 Où est-il préférable de placer les prises d'air d'alimentation du moteur diesel ? Pourquoi ?
- 62.1.1 Expliquez la constitution du filtre à air du type humide.
- 62.2.1 Quels sont les filtres à air du type sec utilisés sur les engins diesel ?
- 62.3.1 Schématisez et expliquez un filtre à air à bain d'huile.
- 62.4.1 Qu'appelle-t-on moteur suralimenté ?
- 62.4.2 Comment la suralimentation peut-elle être réalisée ? Quelle est la manière la plus avantageuse ? Pourquoi ?
- 62.5.1 Quelles sont les avantages de la suralimentation d'un moteur diesel par rapport au moteur non suralimenté ?
- x x x
- 63.0.1 Les gaz d'échappement des moteurs diesel sont-ils animés d'une certaine vitesse ? Quelle en est la raison ?
- 63.1.1 Comment peut-on diminuer le bruit caractéristique de l'échappement d'un moteur diesel ?
- 63.1.2 Comment peuvent-être constitués les pots d'échappement ?
- 63.1.3 Dans le cas du moteur suralimenté, le silencieux d'échappement est-il nécessaire ? Pourquoi ?
- 63.2.1 Décrivez le fonctionnement de la turbo-soufflante à l'aide de la figure 63.2.1.
- 63.3.1 Comment l'alimentation en air des moteurs à 2 temps est-elle réalisée ?
- 63.4.1 Décrivez et expliquez le fonctionnement de la soufflante équipant les moteurs diesel GM.

x x x



*Injection combustible.  
Alimentation en air.  
Evacuation des gaz.*

C. 122.50  
64<sup>e</sup> leçon





LE REFROIDISSEMENT DU MOTEUR.

65.0 But du refroidissement.

L'énergie calorifique contenue dans le combustible, n'est transformée que partiellement en énergie mécanique par le moteur diesel.

La répartition des calories a lieu de la façon suivante :

- 1/3 transformées en énergie mécanique,
- 1/3 évacuées par les gaz d'échappement,
- 1/3 transmises aux organes du moteur (cylindres, pistons, culasses, etc...)

Le but du refroidissement est d'évacuer en permanence la chaleur apportée aux organes du moteur pour maintenir la température de ceux-ci entre des limites déterminées.

65.1 Température de marche du moteur.

La température de marche se situe normalement aux environs de 80°C à 90°C.

Si la température de fonctionnement est inférieure à 40°C, plusieurs inconvénients sont à craindre et notamment un mauvais rendement, une insuffisance de graissage, une usure prématurée et un grippage du moteur.

La température maximale ne doit pas dépasser 95°C afin d'éviter la formation de vapeur d'eau et le manque de graissage.

65.2 Fluide de refroidissement.

Différents fluides peuvent être utilisés pour le refroidissement du moteur : l'eau, l'air, le gasoil, etc..

La quantité de chaleur, à apporter ou à enlever à 1 kg d'un fluide pour augmenter ou diminuer sa température de 1°C, s'appelle la chaleur spécifique. Elle varie selon la nature du fluide :

eau : 4186 J/kg deg; air : 996 J/kg deg; gasoil : 1674 J/kg deg  
huile ; 1674 J/kg deg.

L'eau absorbe ou cède plus de chaleur que les autres fluides, pour une même variation de température.

2.

L'eau et l'air sont le plus souvent utilisés comme fluides de refroidissement. Certains de nos moteurs sont cependant refroidis avec du gasoil.

### 65.3 Organes principaux des circuits de refroidissement.

Les radiateurs, du type à faisceau tubulaire, sont parcourus par le fluide de refroidissement. Les tubes sont munis d'ailettes qui augmentent la surface de contact avec l'air.

La ventilation des radiateurs peut être :

- naturelle et provoquée par le déplacement de l'engin;
- forcée, au moyen d'un ou plusieurs ventilateurs.

La circulation de l'air au travers des radiateurs peut être interrompue par la fermeture de volets. Ceux-ci peuvent être commandés manuellement, pneumatiquement ou hydrauliquement.

La circulation du fluide est assurée par une ou plusieurs pompes centrifuges.

Un thermostat permet au fluide d'être dirigé vers l'un ou vers l'autre circuit ou permet la mise en marche du ventilateur.

### 65.4 Thermostat.

Le thermostat comprend un élément qui s'allonge ou se raccourcit avec l'augmentation ou la diminution de la température du fluide.

L'élément sensible commande l'ouverture ou la fermeture d'une soupape ou d'un contact électrique.

Le thermostat de la figure 65.4.1 comporte un élément sensible qui commande deux soupapes, permettant ainsi à l'eau de se diriger vers l'un ou l'autre circuit.

Le thermostat de la figure 65.4.2 est un appareil qui interrompt ou ferme un circuit électrique lorsque la température du fluide atteint une certaine limite. Cette action permet soit le remplissage du coupleur hydraulique du ventilateur, soit l'alimentation du moteur électrique entraînant celui-ci.

### 65.5 Entraînement des ventilateurs.

Selon que le circuit de refroidissement comporte un ou deux circuits pour la circulation du fluide, la marche du ventilateur est intermittente ou continue.

L'entraînement permanent du ventilateur se fait :

- mécaniquement : par engrenages, courroies et cardans;
- hydrauliquement : par accouplement hydraulique alimenté constamment en huile.

L'entraînement du ventilateur par intermittence peut se faire :

- électriquement : par moteur à courant continu ou alternatif;
- hydrauliquement : par groupe hydrostatique ou hydrodynamique.

## 65.6

Refroidissement par double circuit de circulation  
(fig. 65.6.1).

L'eau aspirée par la pompe centrifuge (1) est refoulée vers le collecteur d'entrée et pénètre dans le moteur à la partie inférieure des cylindres. Après avoir refroidi le moteur, en circulant des chambres de refroidissement des chemises vers celles des culasses, elle en sort et se rend vers le thermostat (2).

Si la température de l'eau à la sortie du moteur est inférieure à 65°C, le thermostat permet son passage vers l'aspiration de la pompe pour refaire le même circuit.

Avec l'augmentation de température du fluide, le thermostat permet progressivement le passage de l'eau vers le radiateur (3).

Simultanément, le retour direct est progressivement réduit.

A partir d'une certaine température, l'eau circule uniquement vers le radiateur. La variation de la quantité d'eau déviée est en fonction de la variation de température du fluide.

Lorsque la température diminue, le processus inverse se produit.

Le but du réservoir d'expansion (4) est de compenser les fuites éventuelles et les effets de la dilatation. Celui-ci est placé en un point haut du circuit.

Dans ce système de refroidissement, le ventilateur (5) fonctionne en permanence. L'eau ne circule dans le radiateur que lorsqu'elle doit être refroidie. Elle cède à l'air aspiré au travers du radiateur les *joules* absorbés au moteur.

4.

Un réfrigérant d'huile (6) est placé dans le circuit. Il est aussi prévu des conduites de dégazage aux points élevés du circuit.

65.7 Refroidissement par circuit unique de circulation  
(fig. 65.7.1).

L'eau aspirée par la pompe (1) est refoulée vers les chambres d'eau du moteur pour son refroidissement. Elle en sort à la partie supérieure. Elle est dirigée vers le radiateur (3) et vers le réfrigérant d'huile (6).

A la sortie du réfrigérant, l'eau est reprise par la pompe (1) et recommence le même parcours.

L'eau de refroidissement, qui circule en permanence dans les radiateurs, n'est refroidie que lorsque le ventilateur (5) est mis en mouvement à condition que les volets soient ouverts.

Dans ce cas, la marche du ventilateur (5) doit donc être intermittente. Elle est commandée par un dispositif thermique (2) placé sur le collecteur de sortie d'eau du moteur. Ce dispositif commande également l'ouverture et la fermeture des volets.

Des conduites de dégazage relient les points élevés du circuit au réservoir d'expansion (4).

## 66ème leçon.

### LE REFROIDISSEMENT (suite).

#### 66.0 Groupe de refroidissement hydrostatique (fig. 66.0.1).

Le groupe hydrostatique comprend :

- une pompe à huile,
- un moteur hydraulique qui entraîne le ventilateur,
- un régulateur de pression,
- un réservoir d'huile,
- une commande des volets.

Le fonctionnement du groupe est basé sur le principe suivant. Une pompe à huile entraînée par le moteur diesel, aspire l'huile du réservoir et la refoule, sous pression variable, vers le moteur accouplé au ventilateur.

La pression de l'huile, agissant dans le moteur hydrostatique, est transformée en énergie mécanique assurant la rotation du ventilateur.

L'ouverture des volets des radiateurs est provoquée, avant la mise en marche du ventilateur, par la pression d'huile agissant sur le piston du servo-moteur.

La température de l'eau est maintenue entre des limites étroites par le réglage de la vitesse du ventilateur. Cette vitesse augmente avec l'élévation de la pression de l'huile.

Le régulateur thermostatique de pression détermine, en fonction de la température de l'eau, la pression de l'huile destinée au moteur et adapte ainsi la vitesse du ventilateur au refroidissement requis. Ce réglage est obtenu par la position donnée au piston du régulateur. Celui-ci, commandé par l'élément sensible, détermine la quantité d'huile dérivée vers le réservoir. Cette quantité diminue avec l'augmentation de température de l'eau.

Lorsque la température de l'eau descend, le régulateur thermostatique dérive à nouveau progressivement l'huile vers le réservoir. La pression diminue et, lorsqu'elle est insuffisante, le ventilateur s'arrête et les volets se ferment.

Un filtre magnétique débarrasse l'huile des particules métalliques ferreuses.

Le régulateur thermostatique est muni d'une vis de réglage qui permet la commande manuelle de son piston.

La pression de l'huile dans le circuit peut atteindre 125 ~~bar~~ en fonctionnement normal. Une soupape de sûreté incorporée au régulateur protège le circuit. Le niveau d'huile est contrôlé au moyen de deux robinets ou d'un voyant.

### 66.1 Constitution de la pompe à huile et du moteur.

Ces deux appareils sont de construction identique. Ils sont constitués des éléments principaux suivants : un corps de pompe (1) un cône de distribution en acier (2), un bloc cylindre en bronze (3), sept pistons en acier (4). L'arbre de commande est muni à son extrémité d'un pignon dans le cas de la pompe ou d'un ventilateur dans le cas du moteur.

La tête sphérique du bloc cylindre prend appui sur le cône de distribution. Celui-ci communique avec les orifices d'entrée et de sortie d'huile.

L'inclinaison entre le bloc cylindre et l'arbre de commande est de  $25^\circ$ . Dans le cas de la pompe, cette disposition assure le déplacement axial des pistons lorsque l'arbre de commande est entraîné.

Dans le cas du moteur, l'huile sous pression agissant sur les pistons assure la rotation de l'arbre de sortie qui entraîne le ventilateur.

### 66.2 Groupe de refroidissement hydrodynamique. (fig 66.1.1)

Le groupe hydrodynamique est constitué d'un seul bloc. Il est placé à l'avant de la locomotive et comprend :

- les radiateurs,
- les volets commandés par un servo-moteur pneumatique,
- le ventilateur entraîné par un coupleur hydraulique,
- le réservoir d'huile,
- la soupape de réglage fin,
- le robinet à 3 voies, avec position de commande manuelle,
- le thermostat pour la commande de la soupape de réglage fin.

La température de l'eau est maintenue dans des limites étroites par le réglage continu de la vitesse du ventilateur et par l'ouverture et la fermeture des volets des radiateurs.

La roue pompe ou partie primaire du coupleur hydraulique est entraînée par le moteur diesel au moyen de courroies. La vitesse de rotation de la roue secondaire (turbine), et par conséquent du ventilateur, dépend du degré de remplissage du coupleur et de la vitesse du moteur.

Le remplissage du coupleur varie suivant le déplacement excentrique d'un tube mobile dans un collecteur concentrique formant corps avec la roue pompe. Ce tube-écope s'approche ou s'éloigne de la périphérie du collecteur.

Le déplacement du tube est commandé par un servo-moteur pneumatique qui agit sur un secteur denté. Le servo-moteur est alimenté par une soupape de réglage fin. Celle-ci se trouve sous l'influence de l'élément sensible du thermostat de réglage.

Le coupleur hydraulique est alimenté continuellement par le réservoir en charge. Lorsque le tube-écope plonge dans l'anneau d'huile tournant, la pression dynamique due à la force centrifuge renvoie l'huile vers le réservoir.

Si, par contre, le tube émerge de l'anneau d'huile, par suite de l'augmentation de température, l'huile pénètre dans le coupleur <sup>l'espace existant entre les roues pompe et turbine d'un</sup> par les orifices centraux. Cette alimentation est obtenue par la présence de plusieurs tuyères de captation placées sur le pourtour extérieur du collecteur. Elles prennent l'huile qui se trouve à l'extrémité du coupleur et force l'huile présente dans le collecteur à s'écouler vers les orifices de remplissage.

Lors d'une avarie du thermostat ou de la soupape de réglage fin, un robinet placé en position "commande manuelle", permet l'ouverture des volets et la mise en marche du ventilateur à sa vitesse maximale. Dans ce cas, il faut contrôler la température de l'eau afin d'éviter une baisse trop sensible.

### 66.3 Protection du moteur contre une température élevée.

Les conséquences d'une température élevée du moteur étant graves, il est prévu des dispositifs de protection contre une élévation anormale de celle-ci.

La protection peut être :

- a) non automatique. Dans ce cas, le conducteur doit agir d'initiative pour remédier à l'augmentation de température.

Il en est prévenu par :

- l'allumage ou l'extinction d'une lampe-témoin ;
- le tintement d'une sonnerie ;
- les deux simultanément.



4.

b) automatique. Elle est alors réalisée au moyen d'un thermostat de protection qui par son fonctionnement provoque la mise au ralenti ou l'arrêt du moteur Diesel et la coupure de la traction. Ces opérations peuvent être annoncées par l'allumage d'une lampe-témoin et le tintement d'une sonnerie.

#### 66.4 Protection du moteur contre une température trop basse.

Généralement, les moteurs diesel ne sont pas protégés contre une température trop basse.

Sur un certain nombre d'engins, il a été prévu un réchauffeur pour augmenter la température de l'eau, et par conséquent du moteur, avant le lancement. La mise en service de ce réchauffeur est laissée à l'appréciation du conducteur.

Certains constructeurs ont prévu un dispositif empêchant le lancement du moteur diesel si la température de l'eau n'est pas suffisante ( $40^{\circ}$  C). Dans certains cas, il n'est pas possible de tractionner si la température est trop basse.

#### 66.5 Protection du moteur contre un manque d'eau.

Un dispositif contrôle directement le niveau d'eau du réservoir d'expansion. Il <sup>peut</sup> arrêter le moteur dès que ce niveau descend en dessous du minimum.

Sur certains engins, le conducteur est prévenu, par l'allumage d'une lampe-témoin et la mise en action d'un vibreur ou d'une sonnerie, que le niveau minimal est ou va être atteint.

*Pour tous les moteurs muni d'un dispositif de manque d'eau,* le lancement du moteur diesel est impossible si le niveau d'eau n'est pas suffisant.

#### 66.6 Protection du moteur contre le gel.

Le gel de l'eau de refroidissement a de graves conséquences telles que : la fissure des chambres d'eau du moteur, les fuites aux radiateurs, les bris de tuyauteries et des pompes à eau.

Pour remédier à ces inconvénients, sur les engins de faible puissance (locotracteurs et autorails), on utilise des produits antigel. L'augmentation de la proportion d'antigel diminue le point de congélation.

Sur les locomotives, pour les arrêts de courte durée, on peut soit :

- faire tourner le moteur diesel à intervalles réguliers pour maintenir une température suffisante de l'eau ;

- faire fonctionner le réchauffeur dont est munie la locomotive.

Celui-ci peut être alimenté par la batterie ou par un groupe transformateur-redresseur.

- fermer les volets des radiateurs s'ils sont commandés manuellement.

Pour les immobilisations de longue durée, il faut soit:

- faire fonctionner le réchauffeur en l'alimentant à partir d'une source extérieure d'électricité ,
- vidanger tous les circuits d'eau de la locomotive.

Certains moteurs ont été refroidis au gasoil pour éviter le gel. Son point de congélation est inférieur à celui de l'eau (- 18° C).

Des consignes pour les mesures à prendre en période de grands froids sont publiées par les ateliers.



LES APPAREILS DE CONTROLE ET DE MESURE.

67.0 Généralités.

Les engins diesel sont munis d'appareils installés dans la cabine de conduite pour le contrôle à distance du fonctionnement normal de la motorisation et pour la signalisation immédiate des défauts qui se produisent pendant la marche .

Ces appareils se classent en trois catégories :

- les appareils de mesure
- les lampes-témoins
- les signaux acoustiques.

D'autres appareils de mesure sont installés directement sur les organes à contrôler dans la salle des machines ou sous le plancher.

67.1 Appareils de mesure dans la cabine de conduite.

Ces appareils, fonctionnant à distance, indiquent au conducteur les variations des valeurs à contrôler. Ils comprennent : les thermomètres, les manomètres, les tachymètres, les ampèremètres, les voltmètres, les indicateurs de vitesse et parfois les indicateurs de niveau.

Le conducteur doit connaître l'indication normale des appareils de mesure ainsi que les variations pouvant être données par ceux-ci en fonction du régime de marche.

Un défaut peut être décelé par une indication trop élevée ou trop basse, ou par un pompage.

Malgré l'intervention automatique des dispositifs de protection, les indications données par les appareils de mesure jouent un rôle important.

67.2 Appareils de mesure dans la salle des machines.

Un certain nombre d'appareils montés directement sur l'organe à contrôler permettent au conducteur, pendant les stationnements, de vérifier le bon fonctionnement de l'équipement. Un contrôle de l'exactitude des indications données par les appareils de mesure à distance est aussi possible dans certains cas.

2.

### 67.3 Lampes-témoins.

Les indications des lampes-témoins installées au tableau de bord sont très souvent utilisées. Elles permettent de signaler au conducteur les anomalies survenant dans l'équipement et de contrôler le fonctionnement de certains organes importants et en particulier, ceux dont la position correcte est essentielle à la sécurité de l'équipement.

Parmi les défauts, susceptibles de provoquer des avaries graves, et qui peuvent être ainsi signalés, citons par exemple :

- manque de pression d'huile de graissage,
- manque d'eau de refroidissement,
- température trop élevée de l'eau,
- température trop élevée de l'huile.

Dans d'autres cas, les lampes-témoins signalent :

- la position correcte des inverseurs,
- le fonctionnement des phares,
- la charge de la batterie,
- l'arrêt de certains appareils,
- la fermeture des portes.

### 67.4 Signaux acoustiques.

Les signaux acoustiques installés dans la cabine de conduite ont pour but d'attirer l'attention du conducteur et d'entraîner une intervention de sa part.

Les signaux acoustiques (hurleurs, vibreurs, sonneries et sifflets) dédoublent dans certains cas les dispositifs de protection et les lampes-témoins.

Ils peuvent signaler :

- l'expiration du délai de temporisation de la veille automatique,
- la vidange et la réalimentation de la conduite du frein,
- le passage sur un crocodile de la brosse de l'appareil de vitesse,
- le fonctionnement de certains appareils de sécurité.

QUESTIONNAIRE.

- 65.0.1 Pourquoi faut-il refroidir les moteurs diesel ?
- 65.1.1 Quelle est la température de marche normale pour un moteur diesel ?  
Quels sont les inconvénients d'une température trop basse ?
- 65.1.2 Pourquoi la température du moteur diesel ne peut-elle dépasser un maximum? Quels en seraient les inconvénients ?
- 65.2.1 Qu'appelle-t-on chaleur spécifique du fluide de refroidissement ?
- 65.2.2 Quels sont les fluides de refroidissement utilisés dans les moteurs diesel ?
- 65.3.1 Quels sont les organes principaux du circuit de refroidissement des moteurs diesel ?
- 65.3.2 Comment la ventilation des radiateurs peut-elle se faire ?
- 65.4.1 Schématisez et décrivez le fonctionnement d'un thermostat pouvant diriger le fluide de refroidissement du moteur vers deux circuits.
- 65.4.2 Quel est le rôle et comment fonctionne un thermostat électrique ?
- 65.5.1 Comment le ventilateur du circuit de refroidissement du moteur diesel peut-il être entraîné ?
- 65.5.2 La marche du ventilateur est-elle continue ou intermittente dans le circuit de refroidissement du moteur diesel ? Pourquoi ?
- 65.6.1 Expliquez et schématisez le circuit de refroidissement du moteur diesel à double circuit.
- 65.7.1 Expliquez et schématisez le refroidissement du moteur diesel par circuit unique de circulation du fluide.

+  
+ +

2.

- 66.0.1 Quels sont les organes principaux du groupe de refroidissement hydrostatique ?
- 66.0.2 Expliquez succinctement le fonctionnement du groupe de refroidissement hydrostatique.
- 66.0.3 Quel est le rôle du régulateur de pression du groupe hydrostatique ?
- 66.0.4 Comment, dans le groupe hydrostatique, maintient-on la température de l'eau de refroidissement entre certaines limites ?
- 66.1.1 Expliquez de façon abrégée, la constitution de la pompe à huile du groupe de refroidissement hydrostatique.
- 66.2.1 Quels sont les organes principaux du groupe de refroidissement hydrodynamique ?
- 66.2.2 Expliquez succinctement le fonctionnement du groupe de refroidissement hydrodynamique.
- 66.2.3 Comment obtient-on dans le groupe hydrodynamique une vitesse de rotation variable du ventilateur ?
- 66.3.1 Est-il nécessaire de protéger le moteur diesel contre une température élevée du fluide de refroidissement ? Pourquoi ?
- 66.3.2 Comment le conducteur est-il prévenu de l'augmentation anormale de la température du fluide de refroidissement en cas de protection non automatique ? Que fait-il alors ?
- 66.3.3 Que se passe-t-il si le dispositif de protection est automatique en cas d'élévation anormale de la température du fluide de refroidissement ?
- 66.4.1 Les moteurs diesel sont-ils protégés contre un manque d'eau de refroidissement ? Que se passe-t-il dans ce cas ?
- 66.5.1 Comment peut-on protéger les moteurs diesel en période de gel ?  
Envisagez les périodes de stationnement de longue et de courte durée.
- +  
+        +
- 67.0.1 Quel est le rôle des appareils de contrôle et de mesure des engins diesel ?

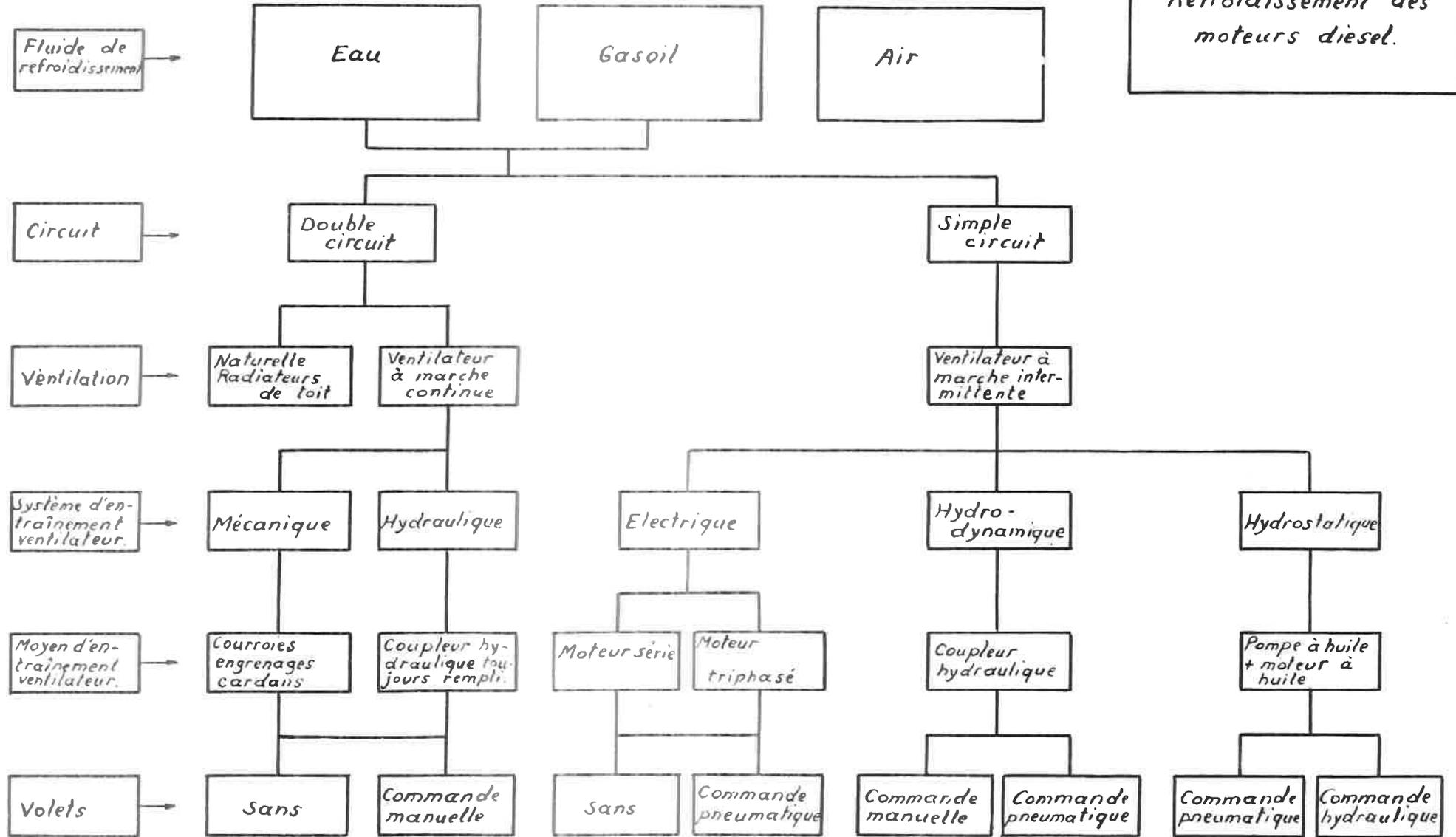
- 67.1.1 Quels sont les appareils de mesure rencontrés dans la cabine de conduite des engins diesel ?
- 67.2.1 A quoi servent les appareils de mesure des engins diesel placés dans la salle des machines ?
- 67.3.1 Quel est le rôle des lampes-témoins installées au tableau de bord des engins diesel ?
- 67.4.1 Quel est le but des signaux acoustiques installés dans la cabine de conduite des engins diesel ?
- 67.4.2 Quels sont les appareils acoustiques installés dans les cabines de conduite d'un engin diesel ?

+  
+       +

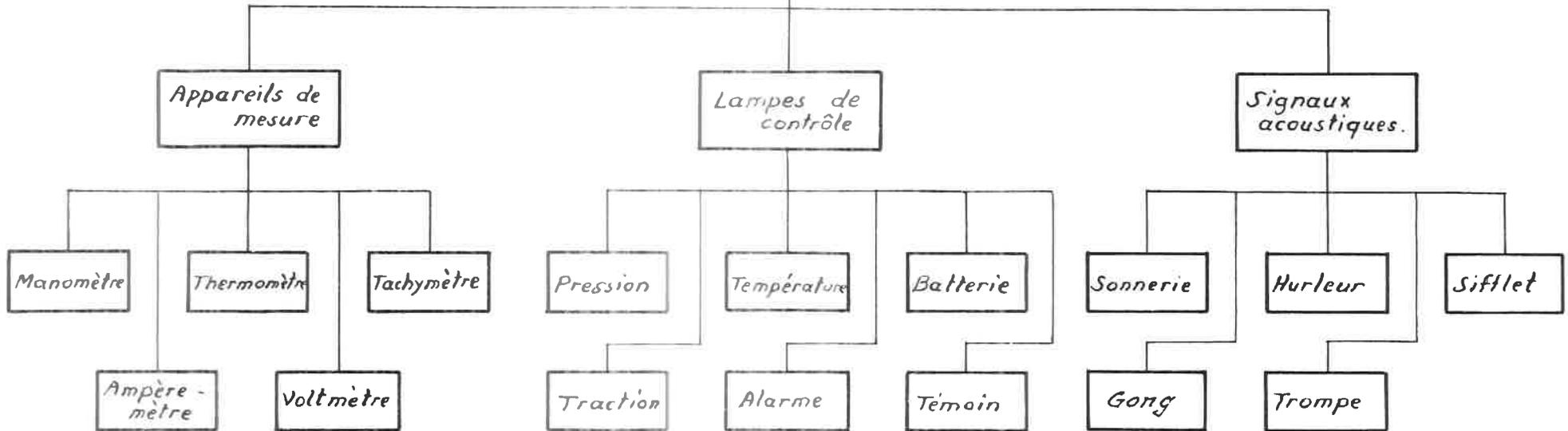
Cours 122.50  
68e leçon



Refroidissement des moteurs diesel.



Appareils de  
contrôle et de  
mesure.





69.0. Généralités.

Le profil de la ligne, les courbes, la direction du vent et les mouvements perturbateurs des véhicules ont une influence sur la puissance demandée au moteur diesel.

Une adaptation de la puissance est donc nécessaire. Elle est assurée par le réglage automatique et continu du débit de l'injection.

69.1. Rôle du régulateur.

Le conducteur choisit, au moyen d'une manette d'accélération, un certain régime de puissance ou de vitesse du moteur. Le régulateur en assure la mise au point.

Le rôle du régulateur est donc d'adapter la valeur du débit d'injection à la puissance demandée. Il assure éventuellement le maintien de la vitesse de rotation du moteur choisie par le conducteur.

Le régulateur intervient également pour limiter la vitesse minimale de même que la vitesse maximale du moteur.

69.2. Systèmes de régulateurs.

Les régulateurs peuvent être de deux systèmes :

- a) Les régulateurs où la puissance est choisie par le conducteur en agissant directement sur l'injection. Dans ce cas, le régulateur a un rôle limité. Il est appelé "régulateur à réglage *du* couple";
- b) Les régulateurs où le conducteur choisit une vitesse déterminée du moteur diesel. Cette vitesse de rotation constante est maintenue par le régulateur. Il est appelé "régulateur à réglage de la vitesse".

69.3. Régulateur "réglage du couple" (Throttle control).

Ces régulateurs de construction simple sont surtout utilisés sur les engins à transmission mécanique ou hydraulique.

Ils interviennent uniquement pour maintenir la vitesse minimale (ralenti) et pour ne pas dépasser la vitesse maximale du moteur.

Les vitesses intermédiaires pour un régime déterminé ne sont plus sous la dépendance du conducteur mais sont une fonction de la vitesse du véhicule.

2.

#### 69.4. Régulateur "réglage de la vitesse" (Speed control).

Ces régulateurs sont employés sur les engins à transmission électrique. Ils sont de construction plus compliquée que les précédents.

Ils interviennent pour limiter les vitesses minimale et maximale du moteur mais aussi pour maintenir constante toute vitesse intermédiaire choisie par le conducteur.

#### 69.5. Principe de fonctionnement du régulateur.

Le régulateur comporte :

1. Un dispositif de mesure de la vitesse de rotation du moteur;
2. Un dispositif de correction du débit de l'injection.

Le fonctionnement du régulateur est basé sur le principe de la force centrifuge.

A la figure 69.5.1, deux masselottes (O) sont suspendues à un plateau (D) calé sur un arbre. Celui-ci est entraîné par l'arbre à cames du moteur par les engrenages (A) et (B).

A l'arrêt, les masselottes se trouvent dans leur position inférieure et les tringles sont dans la position verticale. Dès que l'arbre tourne, les masselottes se déplacent vers l'extérieur sous l'effet de la force centrifuge. Ce déplacement s'effectue en fonction de la vitesse de rotation.

Chaque position des masselottes dépend d'une vitesse bien déterminée.

Les masselottes (C) sont orientées vers le haut (fig. 69.5.2). Les tringles sont munies d'un petit bras, lequel agit sur une assiette mobile soumise à l'action d'un ressort. Le ressort (R) appuyé par un disque fixe (E) exerce une pression constante sur l'assiette mobile. De ce fait, les masselottes se déplacent vers l'axe.

Lorsque le moteur tourne, les masselottes s'éloignent de l'axe par l'action de la force centrifuge jusqu'au moment où l'équilibre est atteint (équilibre entre l'action de la force centrifuge et la poussée exercée par le ressort (R)).

Chaque augmentation de vitesse provoque l'augmentation de la force centrifuge et par conséquent, le déplacement de l'assiette mobile.

Ce déplacement a pour effet de comprimer le ressort (R) et d'augmenter sa valeur de poussée jusqu'au moment où l'équilibre est de nouveau rétabli.

Fig. 69.5.3. Une buselure (F) est montée au-dessus du ressort (R). Un levier (H) permet le réglage de la tension du ressort (R) en déplaçant plus ou moins la buselure.

La position des masselottes peut rester constante pour des vitesses variables à condition de modifier la tension du ressort (R). Il est donc possible d'obtenir soit le rapprochement, soit l'écartement des masselottes pour une vitesse de rotation bien déterminée.

Fig. 69.5.4. En dessous du plateau (D), une buselure est suspendue par des leviers reliés aux tringles des masselottes.

Lors de l'écartement des masselottes, la buselure (I) se déplace vers le bas et inversement. En conséquence, une augmentation de vitesse impose la descente de la buselure (I). Le déplacement inverse se produit lors d'une réduction de vitesse.

L'augmentation de la tension du ressort (R) provoque le rapprochement des masselottes de l'axe tandis que la buselure (I) est entraînée vers le haut.

Fig. 69.5.5. La buselure (I) est reliée à l'arbre de commande des pompes d'injection par l'intermédiaire d'une tringle.

Le mouvement ascendant de la buselure (I) impose une augmentation du débit d'injection tandis que le mouvement descendant en provoque la diminution.

Conclusion : Le débit des pompes augmente lorsque :

- la tension du ressort (R) augmente;
- la vitesse du moteur diminue.

Le débit des pompes diminue lorsque :

- la tension du ressort (R) diminue;
- la vitesse du moteur augmente.

Fig. 69.5.6. Un servo-moteur (S), actionné par de l'air comprimé, est prévu pour permettre une augmentation graduelle de la tension du ressort (R).

Lorsque la pression est nulle dans le servo-moteur, le ressort (R) possède une tension primaire bien déterminée laquelle correspond à la vitesse de ralenti du moteur.

Une élévation de la pression de l'air du servo-moteur provoque une augmentation de la tension du ressort (R) et par conséquent, une augmentation de la vitesse du moteur.

4.

Ce dispositif permet d'obtenir une gamme étendue de vitesses de rotation du moteur.

Remarque.

Ce système de régulation présente un grand inconvénient. En effet, les oscillations de la vitesse du moteur sont trop grandes et ce dernier ne tourne pas régulièrement. Dans ce cas, on dit que le moteur "pompe". Des régulateurs plus compliqués doivent donc être utilisés sur les moteurs.

LE REGULATEUR "REGLAGE DU COUPLE"(THROTTLE-CONTROL).

70.0 Description du régulateur "réglage du couple"  
(fig. 70.0.1).

Ce régulateur existe en différents modèles. Comme exemple, nous étudierons le régulateur SEM équipant certains moteurs installés sur les locomotives de manoeuvres.

Un arbre horizontal, muni d'un plateau B pourvu de deux masselottes C avec charnières, est entraîné à l'aide d'une paire d'engrenages à partir de l'arbre à cames du moteur (A).

Les bras des masselottes C appuient sur une assiette D, laquelle est soumise à une poussée résultant de la tension d'un ressort R.

La tension du ressort R peut être réglée sur deux valeurs différentes par le déplacement du levier L, lequel peut occuper deux positions bien déterminées grâce à l'intervention d'un servo-moteur SV.

Lorsque le servo-moteur (SV) n'est pas alimenté, la tension du ressort R correspond à la vitesse du ralenti du moteur ( $0 \text{ bar}$ ).

L'alimentation du servo-moteur SV en air comprimé à  $5 \text{ bar}$  impose le déplacement du levier L, ce qui a pour effet d'augmenter la valeur de la tension du ressort R. Cette nouvelle tension correspond à la vitesse de régime du moteur non chargé.

Le levier M porte un disque T muni d'un pivot excentrique O autour duquel peut osciller le levier F.

Trois cas différents peuvent modifier la position du levier F :

1. La variation de la tension du ressort R;
2. La variation de la vitesse des masselottes;
3. Le déplacement du levier M par l'intervention d'un servo-moteur SC.

70.1 Fonctionnement à la vitesse de ralenti.

Les servo-moteurs SV et SC ne sont pas alimentés.

La force centrifuge des masselottes C est en équilibre avec la tension du ressort R. Le débit des pompes correspond à la vitesse du ralenti du moteur.



2.

a) Le moteur est chargé.

La vitesse du moteur diminue, par conséquent la force centrifuge exercée par les bras des masselottes sur l'assiette D diminue. La poussée exercée par le ressort R sur l'assiette D est prépondérante. Cette dernière se déplace en entraînant le levier F, lequel tourne autour du point O.

La tige G descend, le débit d'injection augmente et le moteur maintient sa vitesse de ralenti.

b) La charge du moteur diminue.

La vitesse du moteur augmente de même que la force centrifuge exercée par les masselottes sur l'assiette D. Cette dernière est repoussée vers la gauche en comprimant le ressort R.

De ce fait, le levier F tourne autour du point O entraînant ainsi la tige G qui remonte. Le débit d'injection diminue et le moteur maintient ainsi sa vitesse de ralenti.

70.2. Fonctionnement à la vitesse de régime.

Lorsque le volant d'accélération est au-delà de la position I, le servo-moteur SV est alimenté en air comprimé à 5 Bar, et, son piston se déplace vers la gauche. Le levier L tourne, entraîne la crémaillère E, et comprime le ressort R.

Par cette pression l'assiette D est poussée vers la droite, le levier F tourne autour du point O et la tige G descend.

Ce déplacement est limité, car la vis de réglage H n'est plus en contact avec le levier L. M en mouvement déplace le point O vers le haut.

La descente de la tige G provoque une augmentation du débit. En pratique, la simultanéité du fonctionnement du servo-moteur ne peut atteindre sa vitesse de régime, aussi longtemps que le conducteur n'a pas augmenté le débit d'injection.

a) Le moteur est chargé.

On doit augmenter le couple du moteur afin d'obtenir la puissance demandée par la transmission.

Le volant poussé en D, permet l'alimentation progressive en air comprimé du servo-moteur S.C.

Le piston de SC meut le levier M, et le point O, ainsi que le levier F descendent. La tige G suit le mouvement et le débit augmente. La pression d'air dans S.C dépend de la position du volant.

Pendant l'utilisation en transformateur de couple, la vitesse du moteur diesel ne sera fonction du débit des pompes d'injection parce qu'il n'y a aucune synchronisation entre la vitesse du moteur Diesel et la vitesse du véhicule.

Après la transition et passage en coupleur, il y a synchronisation, c'est alors que la vitesse de régime du moteur ne peut être atteinte que lorsque l'on obtient la vitesse maximum du véhicule pour l'étage utilisé.

b) Le moteur est déchargé.

Si la vitesse de régime du moteur est atteinte et que celui-ci est brusquement déchargé (coupure brutale de la traction), le moteur tend à dépasser sa vitesse de rotation maximale.

A ce moment, le déplacement des masselottes vers l'extérieur provoque une poussée sur l'assiette D. Le ressort R est comprimé.

La rotation du levier F autour du point O entraîne la tige G vers le haut et le débit d'injection diminue. Le moteur maintient sa vitesse de régime.



LE REGULATEUR "REGLAGE DE LA VITESSE" (SPEED-CONTROL).

71.0 Description (fig. 71.0.1).

Le régulateur Woodward U G 8, que nous prenons comme exemple, comporte un plateau sur lequel oscillent deux masselottes (1) munies de charnières. Ce plateau est entraîné par les engrenages A-B-C-D-E-F à partir de l'arbre à cames du moteur diesel.

Une pompe à huile (6), incorporée au régulateur, fournit l'huile sous pression nécessaire à son fonctionnement.

La commande des crémaillères des pompes d'injection (7) est assurée mécaniquement par un piston différentiel (3). Ce piston se déplace vers le haut ou vers le bas suivant que sa face inférieure est soumise à la pression de l'huile ou est en communication avec le carter du régulateur, sa surface supérieure subissant en permanence la pression de l'huile.

L'admission de l'huile dans la chambre en dessous du piston différentiel (3) se fait par l'intervention d'un distributeur (2) actionné par les masselottes (1).

Un système de compensation, constitué d'un piston compensateur principal (4) et d'un piston compensateur auxiliaire (5), est incorporé dans le régulateur.

La tension du ressort (8) agissant sur les masselottes peut être modifiée par le conducteur au moyen d'une commande pneumatique.

Pour le régulateur Woodward T.PG. (fig. 71.02) la tension sur les masselottes peut être commandée par un contrôleur électrique. Celui-ci comprend 4 solénoïdes A, B, C et D dont les noyaux sont attirés lors de la mise sous tension.

71.1 Fonctionnement lors de l'accélération du moteur  
(fig. 71.0.1)

Par le déplacement de la manette d'accélération, le conducteur envoie de l'air sous une certaine pression vers le servo-moteur (9). La tension du ressort (8) agissant sur les masselottes (1) augmente et ces dernières se rapprochent de l'axe.

La tige de contrôle descend et entraîne, vers le bas, l'extrémité gauche du levier flottant (10). Le distributeur (2) descend et permet la communication entre l'arrivée d'huile sous pression et la chambre située en dessous du piston différentiel (3).

Les deux faces du piston différentiel subissent la même pression mais la surface inférieure étant plus grande, le piston monte. Le débit d'injection augmente et par voie de conséquence le moteur accélère.

2.

Simultanément, par la rotation du levier de commande, le piston compensateur principal (4) est poussé vers le bas et il refoule l'huile vers le piston compensateur auxiliaire (5). Ce dernier se déplace vers le haut.

Le mouvement du piston compensateur auxiliaire (5) a pour effet de ramener le distributeur (2) vers sa position initiale.

L'alimentation en huile de la chambre en dessous du piston différentiel (3) est ainsi interrompue. Le débit d'injection se stabilise.

Sous l'effet de son ressort, le piston compensateur auxiliaire (5) reprend sa position normale dans le même temps que les masselottes (1) reviennent à leur position initiale.

#### 71.2 Fonctionnement lors de la diminution de la charge.

Lorsque la charge du moteur diminue, sa vitesse de rotation augmente.

Les masselottes (1) du régulateur s'écartent soulevant la tige de contrôle et l'extrémité gauche du levier flottant (10). Le distributeur (2) est soulevé et découvre un orifice qui met en communication la chambre en dessous du piston différentiel et le carter d'huile du régulateur.

La pression de l'huile agissant sur la face supérieure du piston différentiel (3) le déplace vers le bas diminuant ainsi le débit d'injection.

Au fur et à mesure que le piston différentiel descend, le piston compensateur principal (4) monte ce qui fait descendre le piston compensateur auxiliaire (5).

L'extrémité droite du levier flottant (10) ainsi que le distributeur (2) se déplacent vers le bas. Lorsqu'il y a interruption de l'échappement de l'huile de la chambre en dessous du piston différentiel, ce dernier se stabilise dans une position correspondant à l'injection nécessaire pour que le moteur tourne à sa vitesse normale avec une charge réduite.

Simultanément, les masselottes (1) et le piston compensateur auxiliaire (5) reprennent leur position normale.

#### 71.3 Fonctionnement lors de l'augmentation de la charge.

Lorsque la charge du moteur augmente, sa vitesse de rotation diminue.

Les masselottes (1) se rapprochent l'une de l'autre. L'extrémité gauche du levier flottant (10) s'abaisse.

Le distributeur (2) descend et découvre l'orifice, mettant en communication l'arrivée d'huile sous pression et la chambre inférieure du piston différentiel. Celui-ci est poussé vers le haut provoquant une augmentation du débit d'injection.

Pendant le déplacement vers le haut du piston différentiel (3), le piston compensateur principal (4) descend et le piston compensateur auxiliaire (5) se déplace vers le haut.

Les mouvements du piston différentiel et des pistons compensateurs principal et auxiliaire se poursuivent jusqu'au moment où le distributeur vient obturer l'orifice d'arrivée d'huile.

A ce moment, le piston différentiel s'arrête. Le débit d'injection est tel que le moteur maintient sa vitesse normale avec une charge accrue.

Les masselottes réoccupent leur position initiale dans le même temps que le piston compensateur auxiliaire est ramené en position normale par l'action du ressort.

#### Remarque.

Le système de compensation est pourvu d'une conduite avec orifice calibré, la reliant au carter. Lors des mouvements du piston compensateur principal l'huile du carter est aspirée ou est refoulée vers celui-ci.

L'ouverture de l'orifice calibré est réglée au moyen d'une vis à pointeau appelée soupape compensatrice. Le réglage incorrect provoque le pompage du moteur.

#### 71.4 Régulateur de survitesse. (fig. 71.4.1).

Lorsque le moteur diesel est déchargé brusquement, le régulateur pourrait ne pas réduire suffisamment vite l'injection. Le moteur atteindrait dans ce cas une vitesse de rotation trop élevée et dangereuse.

Pour remédier à cet inconvénient, il a été prévu un dispositif destiné à arrêter le moteur lorsque sa vitesse dépasse d'environ 10 % la vitesse nominale. Ce dispositif est appelé régulateur de survitesse.

Les dispositifs de survitesse sont généralement du type à déclenchement par force centrifuge. Un ressort (r) maintient en position normale une masselotte, se trouvant sur un plateau, jusqu'au moment où la vitesse de rotation du moteur atteint la vitesse de déclenchement.

Ce plateau est commandé par l'arbre à cames du moteur au moyen d'engrenages.

Dès que la vitesse du moteur atteint la valeur de déclenchement, la force centrifuge agissant sur la masselotte vainc la tension du ressort.

La masselotte tourne autour du point (M) et frappe le levier (A) du loquet. L'autre bras (C) libère le levier de déclenchement, ce qui permet au ressort (R) de soulever la tige (F) qui ramène les crémaillères des pompes d'injection au débit nul. Le moteur diesel s'arrête. Le réarmement du dispositif se fait au moyen d'un levier spécial.

Sur certains moteurs diesel, les dispositifs de survitesse sont électriques. La plupart fonctionnent au moyen d'un mécanisme à force centrifuge qui agit sur un contact. L'ouverture de ce contact coupe le circuit d'une électrovalve d'arrêt.

On rencontre aussi le dispositif de survitesse fonctionnant selon le principe d'un aimant permanent tournant et donnant naissance à des courants de Foucault. Ce système agit également sur le contact du circuit d'une électrovalve d'arrêt.

Dans certains cas, l'allumage d'une lampe prévient le conducteur du fonctionnement du dispositif.

QUESTIONNAIRE.

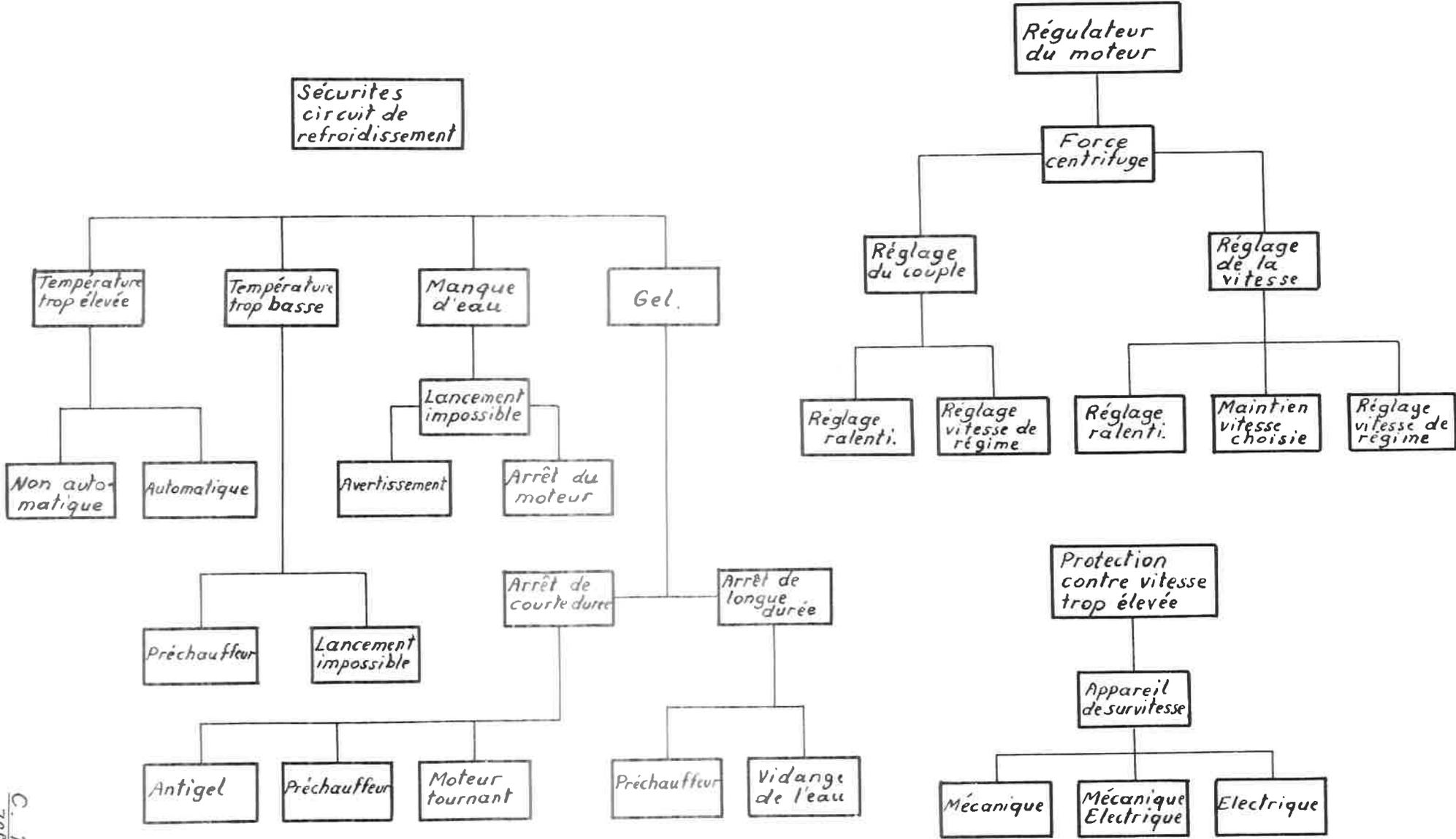
- 69.0.1 Pour quelles raisons, la puissance demandée au moteur diesel varie-t-elle ?
- 69.1.1 Quel est le rôle du régulateur du moteur diesel ?
- 69.2.1 Comment peut-on classer les régulateurs des moteurs diesel ?
- 69.3.1 Quel est le régulateur du moteur qui convient le mieux sur un engin diesel avec transmission hydraulique ?
- Quand intervient-il sur la vitesse de rotation du moteur ?
- 69.4.1 Quel est le régulateur du moteur qui convient le mieux sur un engin diesel avec transmission électrique ?
- Quand intervient-il sur la vitesse de rotation du moteur ?
- 69.5.1 Expliquez à l'aide des figures n°s 69.5.1 à 69.5.6, le principe de fonctionnement des régulateurs des moteurs diesel.
- x x x
- 70.0.1 Expliquez à l'aide de la figure 70.0.1, les différentes parties du régulateur "réglage du couple".
- 70.1.1 Expliquez à l'aide de la figure 70.0.1, le fonctionnement du régulateur "réglage du couple" à la vitesse de ralenti du moteur.
- 70.2.1 Expliquez à l'aide de la figure 70.0.1, le fonctionnement du régulateur "réglage du couple", le moteur étant chargé alors qu'il tourne à sa vitesse de régime.
- 70.2.2 Expliquez à l'aide de la figure 70.0.1, le fonctionnement du régulateur "réglage du couple", la charge du moteur diminuant alors qu'il tourne à sa vitesse de régime.
- x x x
- 71.0.1 Expliquez à l'aide de la figure 71.0.1 les différentes parties du régulateur "réglage de la vitesse".



2.

- 71.1.1 Expliquez à l'aide de la figure 71.0.1 le fonctionnement du régulateur "réglage de la vitesse" lors de l'accélération du moteur diesel.
- 71.2.1 Expliquez à l'aide de la figure 71.0.1 le fonctionnement du régulateur "réglage de la vitesse" lors de la diminution de charge du moteur diesel .
- 71.3.1 Expliquez à l'aide de la figure 71.0.1 le fonctionnement du régulateur "réglage de la vitesse" lors de l'augmentation de charge du moteur diesel.
- 71.4.1 Comment le moteur diesel est-il protégé contre une augmentation exagérée de sa vitesse de rotation ?
- 71.4.2 Expliquez sur la figure 71.4.1 le fonctionnement du régulateur de survitesse représenté.
- 71.4.3 Rencontre-t-on différents systèmes de dispositifs de survitesse pour protéger les moteurs diesel ?  
Comment interviennent-ils ?

x x x



C. 12250  
12<sup>e</sup> Légen.



LE LANCEMENT DU MOTEUR DIESEL.

73.0 Généralités.

Le lancement d'un moteur diesel par ses propres moyens n'est pas possible, le couple nécessaire devant résulter de la combustion du gasoil.

Nous avons vu, que le combustible injecté dans le cylindre s'enflamme spontanément sans la présence de dispositifs spéciaux d'allumage.

Pour obtenir l'allumage spontané du combustible, la température dans la chambre de combustion doit être suffisante. Cette température est obtenue par la compression rapide de l'air aspiré dans le cylindre.

Si la montée du piston est trop lente, des fuites d'air se produisent. De plus une grande partie de la chaleur développée est cédée aux parois des cylindres et, par voie de conséquence, à l'eau de refroidissement entourant ceux-ci.

On peut en conclure que les conditions ci-avant ne sont obtenues qu'à partir d'une vitesse de rotation minimale appelée "vitesse d'allumage".

Pour lancer le moteur, il faut donc l'amener à une vitesse supérieure à cette limite.

73.1 Définition du lancement.

Le lancement d'un moteur diesel est l'opération par laquelle celui-ci est amené à sa vitesse d'allumage par une force d'entraînement extérieure.

73.2 Vitesse d'allumage.

Cette vitesse n'est pas constante, elle est comprise entre 80 et 120 tours/minute.

Différents facteurs influencent la vitesse d'allumage:

- la construction du moteur (système d'injection, moteur 2 ou 4 temps, avec ou sans suralimentation);
- le combustible utilisé (fuel, gasoil);
- l'usure du moteur (état des segments);
- la température du moteur (résistance mécanique).

2.

### 73.3 Systèmes de lancement.

Les moteurs placés sur nos engins sont démarrés électriquement ou pneumatiquement.

Le choix du système dépend du type de moteur, de la place disponible et de la transmission utilisée sur l'engin.

Les moteurs des engins diesel-électrique sont lancés électriquement, tandis que ceux des engins à transmission mécanique ou hydraulique sont lancés soit électriquement, soit pneumatiquement.

Les systèmes électriques de lancement peuvent être classés en deux groupes, c'est-à-dire :

- au moyen de la génératrice principale;
- au moyen d'un ou de deux moteurs électriques spéciaux.

A titre d'exemple, la situation actuelle se présente comme suit :

473 engins sont lancés au moyen de la GP.  
les moteurs de 420 engins sont lancés par démarreurs  
139 engins sont lancés à l'air comprimé.

### 73.4 Définition des systèmes de lancement.

#### 1. Lancement au moyen de la génératrice principale.

La génératrice principale accouplée en permanence à l'arbre de sortie du moteur (arbre vilebrequin) est temporairement alimentée par la batterie et fonctionne comme démarreur.

#### 2. Lancement au moyen d'un (ou deux) démarreur(s) électrique(s).

Le moteur diesel est amené à sa vitesse d'allumage au moyen d'un moteur électrique alimenté par la batterie. A l'extrémité de l'axe de ce moteur est fixé un pignon qui peut engrener avec une couronne dentée, fixée au volant du moteur diesel, entraînant ainsi le vilebrequin du moteur.

#### 3. Lancement au moyen de l'air comprimé.

La vitesse d'allumage est obtenue en faisant travailler le moteur diesel, pendant un temps relativement court, en moteur à air comprimé.

Pendant la mise en rotation, la force motrice agissant sur les pistons est fournie par de l'air comprimé à haute pression provenant de bonbonnes.

73.5 Dispositif pour le lancement par la génératrice principale (fig. 73.5.1)

Il se compose de :

- a) Une génératrice principale (GP),
- b) Une batterie à grande capacité (B) (100 à 300 amp/heure)
- c) Des boutons poussoirs pour la commande des contacteurs (G) et des sécurités appropriées.

73.6 Dispositif pour le lancement par démarreur électrique (fig. 73.6.1).

Il comprend :

- a) une couronne spéciale, généralement fixée à l'extérieur du volant (V);
- b) Un ou deux démarreurs (D) munis d'un pignon qui à l'état de repos n'est pas engrené avec la couronne dentée;
- c) un système d'asservissement spécial permettant l'engrènement et le dégrènement du pignon avec la couronne au moment opportun et en toute sécurité;
- d) une batterie à capacité normale (B)
- e) un relais de lancement (RL).

73.7 Dispositif pour le lancement par air comprimé (fig. 73.7.1).

Il est constitué de :

- a) une ou deux bonbonnes (B) d'air comprimé à 30 bar;
- b) un compresseur à haute pression (C);
- c) un distributeur d'air pour l'alimentation des différents cylindres (D).
- d) une soupape spéciale (S) distributrice d'air sur chaque culasse;
- e) une soupape de lancement générale (A);
- f) un appareillage d'asservissement et de sécurité.



LE LANCEMENT DU MOTEUR DIESEL (suite).

74.0. Lancement par la génératrice principale.

Ce système de lancement ne peut être réalisé que sur les engins diesel à transmission électrique. La présence de la génératrice principale permet son utilisation comme moteur.

Pour lancer un moteur diesel lourd, il est préférable d'utiliser un moteur série à courant continu celui-ci développant un couple important au démarrage.

Pour pouvoir être utilisée en moteur série, la génératrice principale doit donc être munie d'un enroulement d'excitation série utilisé uniquement au moment du lancement.

La plupart des génératrices de nos engins sont construites de cette façon. Il existe cependant une autre possibilité: son utilisation comme moteur shunt. Dans ce cas, l'enroulement indépendant est utilisé comme enroulement shunt.

74.1. Génératrice utilisée en moteur série (fig. 74.1.1).

Elle possède un enroulement spécial utilisé uniquement au moment du lancement du moteur diesel.

Les contacteurs GS 1 et GS 2 sont raccordés à un noyau commun commandé par la bobine GS.

En série avec la bobine GS se trouvent l'interrupteur IS et le bouton-poussoir de lancement.

L'interrupteur IS peut occuper deux positions:

- "RUN", les circuits de puissance sont fermés et le circuit de lancement est ouvert;
- "START", les circuits de puissance sont ouverts et le circuit de lancement est fermé.

En enfonçant le bouton-poussoir de lancement, l'interrupteur IS se trouvant en position "START", le circuit d'excitation de la bobine GS se ferme, le relais est excité et les contacts GSI et GS2 se ferment. L'induit et l'enroulement de la génératrice principale sont alimentés par la batterie via le fusible de 400 ampères.



2.

#### 74.2. Génératrice utilisée en moteur shunt (fig. 74.2.1).

La génératrice principale ne possède pas d'enroulement spécial.

L'enroulement indépendant normal de la génératrice est utilisé comme enroulement de lancement.

Le contacteur GF, ouvert en premier lieu, interrompt le circuit de l'excitatrice. Ensuite, par la fermeture des contacts GFI et GF2, l'enroulement de la génératrice principale est alimenté et donne naissance à un champ magnétique. Cinq secondes plus tard, le circuit de l'induit est mis sous tension par la fermeture des contacts G1 et G2.

Par la réaction de ce courant sur le champ, la génératrice principale travaille comme moteur shunt et développe un couple suffisamment élevé pour entraîner le moteur diesel. Dans certains cas, la vitesse peut être trop faible pour obtenir l'allumage spontané du combustible.

On obtient une vitesse supérieure en ouvrant le contact GF2. De ce fait, on insère une résistance R en série avec le circuit d'excitation. L'enroulement étant parcouru par un courant plus faible, le champ magnétique diminue.

Le flux étant plus faible, la *f.c.c.m* diminue, l'induit augmente de vitesse et le moteur diesel accélère jusqu'à l'obtention de la vitesse minimum d'allumage.

#### 74.3. Avantages et inconvénients des deux systèmes.

1. L'utilisation de la génératrice principale en moteur série exige un enroulement supplémentaire utilisé uniquement au lancement.

Il en résulte une construction plus compliquée. D'autre part, ce système a l'avantage de développer rapidement un couple important ce qui permet d'obtenir la vitesse d'allumage en un court instant réduisant ainsi la consommation d'énergie de la batterie.

2. L'utilisation de la génératrice principale en moteur shunt a pour avantage l'utilisation d'un enroulement existant, permettant une construction plus simple et moins coûteuse.

D'autre part, le lancement est plus lent, ce qui entraîne une consommation plus élevée d'énergie.

Il est donc nécessaire de prévoir un dispositif de sécurité spécial permettant d'interrompre automatiquement la liaison entre la batterie et la génératrice principale dès que le moteur diesel est lancé. Si tel n'était pas le cas, la batterie serait endommagée par le grand courant de retour venant de la génératrice principale tournant à ce moment en dynamo shunt.

#### 74.4. Lancement au moyen d'un démarreur électrique.

Ce système est utilisé sur les autorails, sur une partie des locomotives de manœuvre et sur les locomotives de ligne à transmission hydraulique.

Il consiste en un ou deux moteurs électriques fixés latéralement au carter du moteur diesel.

L'appareillage électrique est commandé par un commutateur ou un bouton-poussoir. Le courant nécessaire à l'alimentation du démarreur ne se fait pas via le commutateur mais par un relais électrique, le courant de lancement pouvant atteindre des valeurs assez élevées.

Les démarreurs possèdent généralement une excitation série ou parfois compound. Ils présentent un faible encombrement malgré la puissance relativement élevée qu'on en exige (6 à 15 ch ou 4 à 11 kW).

Leur faible encombrement et leur construction du type hermétique empêche l'évacuation de la chaleur produite par effet Joule. Par conséquent, leur utilisation sera de courte durée pour éviter l'endommagement de l'isolation et la détérioration des enroulements.

Le démarreur n'est accouplé mécaniquement au moteur diesel qu'au moment précis du lancement. Il est découplé de celui-ci dès que le moteur est lancé. Cette liaison est obtenue par la fixation d'une couronne dentée sur le volant du moteur diesel. L'arbre du démarreur est muni d'un pignon se déplaçant pour engrener temporairement avec la couronne dentée.

Le déplacement du pignon doit:

- se produire au moment opportun;
- se réaliser même si une dent du pignon vient se présenter en face d'une dent de la couronne dentée.

Le déplacement du pignon est obtenu différemment suivant le type de démarreur. On distingue:

- le démarreur à axe coulissant;
- le démarreur à induit coulissant;
- le démarreur à pignon coulissant.

#### 74.5. Démarreur à axe coulissant (fig. 74.5.1 et 74.5.2).

Le pignon (3) est fixé sur l'arbre de l'induit. Les circuits d'excitation du moteur sont composés de:

- un enroulement principal (1) en série avec l'induit;
- un enroulement auxiliaire (2) qui fournit un champ assez faible.

4.

L'enroulement auxiliaire a pour but de faire tourner l'induit en sens inverse du sens de rotation normal pendant le déplacement de l'arbre.

Ce mouvement rotatif facilite l'engrènement du pignon avec la couronne dentée.

Pendant cette phase, l'enroulement auxiliaire est en série avec l'induit. Lorsque l'engrènement est correctement réalisé, le relais RL est excité, ses contacts se déplacent et la polarité des bornes de l'enroulement auxiliaire est inversée.

Cet enroulement est alors en parallèle avec l'induit. Au même moment, l'enroulement série est alimenté. Le moteur tourne comme moteur compound. L'enroulement auxiliaire remplit le rôle de limiteur de vitesse.

Un électro-aimant (6) provoque le déplacement axial de l'arbre de l'induit (4) malgré le rappel du ressort (8) qui tend à maintenir l'arbre en position de repos.

#### 74.6. Fonctionnement de l'installation.

La plupart des circuits de lancement contiennent un relais de pression d'huile se fermant sous la pression obtenue par une pompe de prégraissage.

##### 1ère phase.

Lorsque le commutateur est placé en position 3, le fil (56) est sous tension. Par conséquent, le moteur de la pompe de prégraissage est alimenté.

Après quelques secondes, la pression d'huile est suffisante pour fermer le contact du relais de pression d'huile (7). Ceci a pour effet d'alimenter l'enroulement auxiliaire (2) du démarreur via le contact fermé (55-54) du relais RL en position de repos.

L'induit du démarreur tourne lentement en sens inverse du sens normal. En même temps la borne (56) est sous tension, la bobine de l'électro-aimant (6) est excitée et l'arbre de l'induit 5 coulisse suivant son axe.

##### 2e phase.

Si l'engrènement avec la couronne du volant est normal, le contact ab, placé à l'extrémité de l'arbre, se ferme et le retour au négatif du relais (RL) est réalisé.

Ceci a pour conséquence le déplacement du noyau du relais.

Les contacts (17-54) et (60-16) se ferment tandis que le contact (55-54) s'ouvre. La fermeture du contact (60-16) met la batterie en communication directe avec l'enroulement série et l'induit du démarreur, tandis que l'enroulement auxiliaire est parcouru par un courant en sens normal.

Le démarreur fonctionne à pleine puissance et entraîne le moteur diesel à sa vitesse d'allumage minimum.

A remarquer que le négatif de la bobine (6) est raccordé à la borne négative de la batterie via la borne (+) de la dynamo et son induit.

Ce dispositif a pour but de protéger l'installation de lancement. En effet, lorsque la dynamo, entraînée par le moteur diesel, tourne, le potentiel augmente à sa borne + et il n'y a plus de différence de potentiel entre les bornes de la bobine (6).

Par voie de conséquence, le champ magnétique disparaît et l'axe du démarreur est rappelé en position initiale par le ressort (8). A ce moment, le démarreur est découplé de la couronne dentée du volant. Par mesure de sécurité, il ne peut être réengrené tant que le moteur diesel tourne.

#### 74.7. Démarreur avec induit coulissant.

Certains autorails et locomotives de manoeuvre sont équipés de démarreurs avec induit coulissant.

Le principe de câblage et de construction est identique à celui des démarreurs à axe coulissant. La différence essentielle en est que l'induit et l'axe portant le pignon se déplacent en même temps.

#### 74.8. Démarreur avec pignon coulissant.

Ces démarreurs peuvent être classés en deux groupes:

- les démarreurs Bendix;
- les démarreurs Dyer.

Dans les démarreurs Bendix, l'axe de l'induit est pourvu de rainures hélicoïdales à l'emplacement du pignon.

Quand l'induit commence à tourner, suite aux forces d'inertie, le pignon se déplace sur les rainures hélicoïdales et vient engrener avec la couronne dentée du volant.

De même qu'aux démarreurs Bendix, l'axe des démarreurs Dyer est pourvu de rainures hélicoïdales à l'emplacement du pignon, mais dans ce cas, le déplacement du pignon ne se fait plus par inertie; celui-ci est déplacé par une buselure sous l'influence d'un électro-aimant (fig. 74.8.1).

74.9. Protection des démarreurs.

Les différents types de démarreurs sont pourvus d'un dispositif de protection contre la surcharge. Il contient une série de disques d'embrayage glissant entre eux lorsque la résistance du moteur diesel devient trop grande.

D'autres types sont pourvus d'une roue libre afin d'éviter que l'induit du démarreur ne soit entraîné par le moteur diesel.

Remarque.

Les locomotives les plus récentes ont un circuit de démarrage plus complexe mais à fonctionnement automatique asservi par un bouton de lancement à deux positions.

Le relais de lancement est mis sous tension dès que la pression d'huile exigée est atteinte au moyen de la pompe de prégraissage entraînée électriquement.

Un relais temporisé est aussi prévu pour limiter la durée des essais de lancement infructueux.

## 75e leçon.

### LE LANCEMENT DES MOTEURS DIESEL (suite).

#### 75.0. Lancement par air comprimé.

Ce système de lancement est appliqué sur certains types de locomotives de manoeuvre à transmission hydraulique.

Dans ce cas, le moteur diesel doit fonctionner en moteur à air comprimé pendant la période de lancement.

Plusieurs dispositions sont possibles. Généralement, la différence se situe dans le distributeur d'air. On trouve des systèmes à distributeurs d'air individuels (un par cylindre) et d'autres avec distributeur général (disque tournant).

#### 75.1. Description et fonctionnement du système à distributeurs individuels. (fig. 75.1.1).

L'exemple pris est celui d'un moteur à 4 temps et à 4 cylindres.

L'arbre à cames du moteur est muni par cylindre, d'une quatrième came (F). Cette came sert à ouvrir la soupape du distributeur individuel suivant l'ordre d'allumage.

Chaque culasse porte une soupape d'air de démarrage (S). Cette soupape s'ouvre sous la pression de l'air comprimé servant au déplacement du piston.

Deux bonbonnes d'air comprimé (B) sont prévues ainsi qu'une soupape de démarrage (A).

Le lancement du moteur diesel s'effectue comme suit: Après s'être assuré par la lecture des manomètres (M) que la pression d'air est suffisante, il faut ouvrir la vanne de démarrage (a) sur la bonbonne.

L'air comprimé alimente la conduite jusque la soupape générale de démarrage (A).

Il faut alors tirer sur le levier pour provoquer l'ouverture de la soupape de démarrage. L'air comprimé est admis ainsi vers les différents distributeurs (D) et pousse les sièges mobiles vers la droite, ce qui a pour conséquence de mettre tous les leviers (E) en contact avec leurs cames respectives (F).

2.

La came de cylindres se trouvant en face du levier (E), celui-ci se déplace et provoque l'ouverture de la soupape du distributeur.

Cette ouverture permet l'arrivée de l'air comprimé à la soupape d'air de démarrage (S). Celle-ci s'ouvre et admet l'air sous pression dans le cylindre. Le piston ayant dépassé un peu le point mort haut (PMH), est poussé vers le bas. Dès que la came (F) quitte le levier (E), la soupape (D) se ferme.

Entretiens, la came (F) du cylindre n° 3 est contre son levier (E) et le même travail se produit comme décrit ci-avant.

Le moteur diesel est mis en mouvement. Lorsque sa vitesse est suffisante, la température atteinte par l'air en fin de compression permet l'allumage spontané du combustible. A ce moment, le moteur est lancé.

On peut alors lâcher le levier de la soupape générale de démarrage (A).

#### 75.2. Remplissage des bonbonnes au moyen du compresseur à haute pression (fig. 75.1.1).

Dès que le lancement du moteur diesel est obtenu, la bonbonne utilisée est remplie à la pression normale le plus rapidement possible.

Pour effectuer ce remplissage, il faut fermer la vanne (a) et ouvrir la vanne (V) sur la bonbonne. Ensuite, il faut fermer le robinet (G) de mise à l'atmosphère du compresseur à haute pression (C). Celui-ci comprime l'air via un séparateur d'huile et eau (H) et une soupape de retenue (I) vers l'arrivée d'air à la bonbonne.

Lorsque la pression dans la bonbonne est atteinte, la soupape de sûreté incorporée dans la soupape (I) s'ouvre et l'air s'échappe à l'atmosphère par le sifflet (J). Il faut alors ouvrir le robinet de marche à vide (G) et fermer la vanne de remplissage (V).

#### 75.3. Remplissage des bonbonnes au moyen d'une source extérieure.

Il est possible de remplir les bonbonnes au moyen d'une installation fixe ou à partir d'une autre locomotive.

L'opération s'effectue comme suit:

- placer les deux locomotives à proximité l'une de l'autre;
- enlever les bouchons (L) des tuyauteries de remplissage des deux locomotives;

- réaliser l'accouplement à l'aide du boyau spécial prévu;
- ouvrir la vanne de remplissage de la bonbonne de la locomotive réceptrice;
- fermer le robinet de mise à l'atmosphère (G) sur la locomotive émettrice afin de mettre le compresseur en charge;
- mettre les compresseurs en marche à vide avant d'enlever l'accouplement spécial, dès que la pression voulue est atteinte.

#### 75.4. Moyens utilisés pour faciliter le lancement.

Différentes causes peuvent rendre difficile le lancement d'un moteur diesel. Pour le faciliter, on a prévu sur certains moteurs, des appareils ou installations spéciales par exemple: bougies de préchauffage, thermostats, arbres à cames coulissant ou réchauffeur d'eau.

#### 75.5. Bougies de préchauffage (fig. 75.5.1).

Ce système est utilisé sur différents moteurs pourvus d'une chambre de turbulence ou de précombustion.

Chaque culasse porte une bougie de préchauffage. Celle-ci est constituée par un fil résistant en forme de spire qui, parcouru par un courant électrique avant le démarrage, chauffe la chambre de précombustion.

L'asservissement de ces appareils se fait par une position spéciale prévue au commutateur de lancement.

#### 75.6. Thermostart (fig. 75.6.1).

Cet appareil est placé dans le collecteur d'air du moteur diesel. Il consiste en une résistance enroulée en spire et parcourue par un courant. Cette spire s'échauffe, se dilate et provoque l'ouverture d'une soupape qui laisse tomber le gasoil goutte à goutte sur la résistance chaude. Le gasoil se vaporise immédiatement et est aspiré par le moteur diesel en même temps que l'air de combustion.

Par conséquent, les premières admissions lors du démarrage sont constituées par un air saturé de vapeurs de gasoil.

#### 75.7. Arbre à cames coulissant (fig. 75.7.1).

Pour chaque cylindre, le bloc de cames de la soupape d'admission d'air de combustion est formé de trois cames. Les trois cames servent respectivement pour le fonctionnement normal, pour l'admission retardée et pour la décompression du moteur.

On met successivement les différentes cames en fonction par le déplacement axial de l'arbre à cames dans le sens opposé au volant.



On obtient ce déplacement au moyen d'un levier spécial portant un excentrique à son extrémité. Par le déplacement de ce levier autour de son axe au moyen d'une clé spéciale, l'arbre à cames coulisse et comprime le ressort de rappel.

Dès le relâchement du levier de décompression, l'arbre à cames revient vers la position "d'admission retardée" sous l'effet du ressort comprimé. La clé ne pourra être enlevée qu'après la remise en position normale de l'arbre à cames.

La décompression n'est pas seulement nécessaire pour le lancement d'un moteur froid, mais aussi souhaitable pour le lancement d'un moteur arrêté depuis plus de quatre heures et cela pour permettre l'évacuation éventuelle de l'eau de condensation des cylindres.

Le lancement du moteur se fait donc en trois phases successives:

- a) Arbres à cames en position de "décompression". La soupape d'admission reste ouverte, ce qui diminue la résistance mécanique du moteur au minimum;
- b) Arbre à cames en position "admission retardée". La soupape d'admission ne s'ouvre qu'à la fin de la course du piston. Ceci a pour conséquence, qu'après une dépression dans le cylindre, d'obtenir une forte turbulence provoquant un échauffement suffisant de l'air pour un allumage rapide des premières injections;
- c) Arbre à cames en position "distribution normale". La soupape d'admission travaille normalement et le moteur est lancé.

#### 75.8. Préchauffage de l'eau.

En échauffant l'eau de refroidissement du moteur à une température de 30 à 40° C, les parois des cylindres s'échauffent, la viscosité de l'huile diminue et par conséquent la résistance mécanique.

Le préchauffage peut être obtenu au moyen de résistances électriques ou d'un brûleur à gasoil.

##### a) Résistance électrique.

Une résistance spéciale est placée dans le circuit d'eau du moteur, les calories absorbées par l'eau sont diffusées par thermo-siphon ou au moyen d'une pompe de circulation.

b) Brûleur à gasoil.

Un appareil, nommé préchauffeur, est placé en parallèle avec le circuit d'eau du moteur (voir fig. 75.8.1).

Le préchauffeur peut être isolé au moyen de deux robinets.

Le fonctionnement de ces appareils sera décrit plus loin.

75.9. Précautions à prendre avant le lancement d'un moteur.

- a) Vérifier soigneusement les niveaux d'huile, d'eau et de combustible;
- b) S'assurer qu'il n'y a pas de plaque "ne pas lancer" ou "Diesel sans eau";
- c) S'assurer que les leviers des accélérateurs des postes de conduite sont en position neutre;
- d) S'assurer qu'il n'y a pas d'outillage sur le moteur ou auprès des pièces tournantes;
- e) Respecter les instructions propres au type de moteur pour l'évacuation éventuelle de l'eau des cylindres. Cette opération n'est nécessaire que lorsque la construction du moteur est telle qu'il existe un danger d'introduction d'eau dans les cylindres;
- f) Lancer le moteur suivant la méthode de travail propre à l'engin.



QUESTIONNAIRE.

- 73.0.1. Le lancement d'un moteur diesel est-il possible par ses propres moyens ? Justifiez votre réponse.
- 73.0.2. Quelles sont les conditions nécessaires pour obtenir le lancement d'un moteur diesel et pourquoi ?
- 73.1.1. Qu'entend-on par lancement d'un moteur diesel ?
- 73.2.1. Quels sont les facteurs pouvant influencer la vitesse d'allumage d'un moteur diesel ?
- 73.3.1. Quels sont les différents systèmes de lancement utilisés sur nos engins diesel ?
- 73.4.1. Définissez succinctement les différents systèmes de lancement utilisés sur nos engins diesel ?
- 73.5.1. Quels sont les organes nécessaires pour le lancement du moteur diesel au moyen de la génératrice principale ?
- 73.6.1. Quels sont les organes nécessaires pour le lancement du moteur diesel au moyen d'un démarreur électrique ?
- 73.7.1. Quels sont les organes nécessaires pour le lancement du moteur diesel au moyen d'air comprimé ?

x

x x

- 74.0.1. Quels sont les systèmes appliqués pour le lancement du moteur diesel par la génératrice principale. Quel est le meilleur et pourquoi ?
- 74.1.1. Décrivez le circuit de lancement du moteur au moyen de la génératrice représenté à la fig. 74.1.
- 74.2.1. Décrivez le circuit de lancement du moteur au moyen de la génératrice représenté à la fig. 74.2.
- 74.2.2. Lors du lancement du moteur au moyen de la génératrice fonctionnant en moteur shunt, comment opère-t-on si la vitesse de rotation est insuffisante ?
- 74.3.1. Quels sont les avantages et les inconvénients du lancement du moteur avec la génératrice fonctionnant;
- a) en moteur série;
  - b) en moteur shunt.
- 74.4.1. Quels types de démarreurs utilise-t-on pour lancer le moteur de nos engins diesel ?
- 74.4.2. Quelles sont les conditions de fonctionnement d'un démarreur électrique ?

2.

74.5.1. Décrivez le fonctionnement du démarreur à axe coulissant représenté à la figure 74.5.1.

74.6.1. A l'aide de la figure 74.5.2., expliquez les différentes phases de fonctionnement du démarreur.

74.6.2. Pour quelle raison, le retour au négatif de la bobine de l'électro-aimant provoquant le déplacement de l'axe du démarreur se fait-il à travers la dynamo ?

74.7.1. Quelle est la différence existant entre le démarreur à axe coulissant et celui à induit coulissant ?

74.8.1. Existe-t-il différents moyens pour le déplacement du pignon des démarreurs à pignon coulissant ? Quels sont-ils ?

x  
x x

75.0.1. En quoi consiste l'opération: lancer le moteur diesel au moyen d'air comprimé ?  
Existe-t-il différentes dispositions ?

75.1.1. Quels sont les organes principaux rencontrés dans le dispositif de lancement par air comprimé représenté à la fig. 75.1.1 ?

75.1.2. Expliquez à l'aide de la fig. 75.1.1 le fonctionnement du lancement du moteur au moyen d'air comprimé .

75.2.1. Quand et comment effectue-t-on le remplissage des bonbonnes de lancement sur les engins diesel.

75.3.1. Comment peut-on effectuer le remplissage des bonbonnes de lancement par un autre moyen que celui existant sur la locomotive envisagée ?

75.4.1. Quels sont les moyens utilisés pour faciliter le lancement du moteur diesel ?

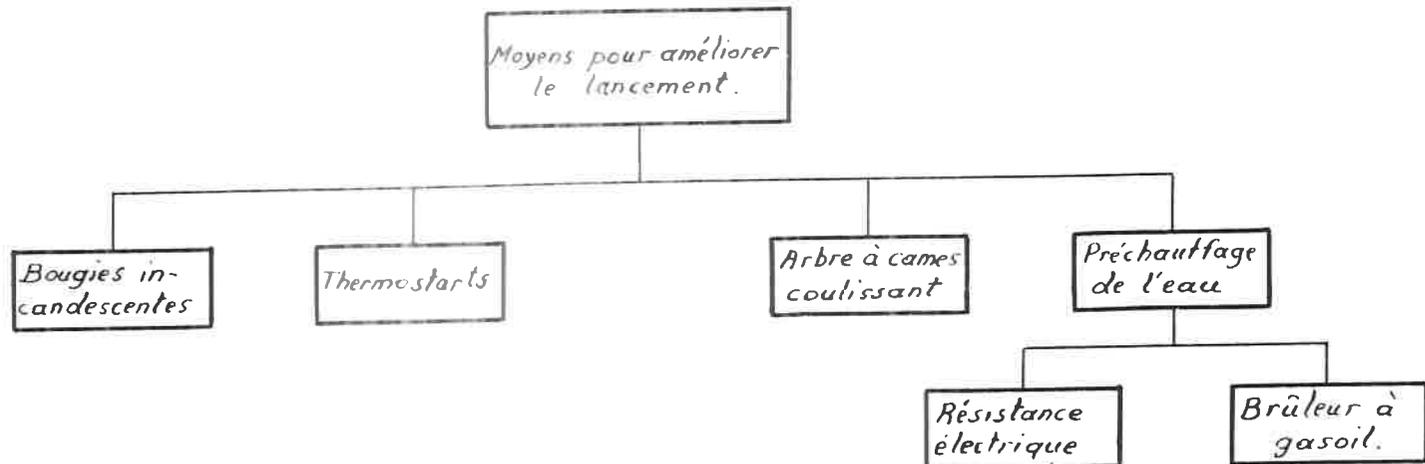
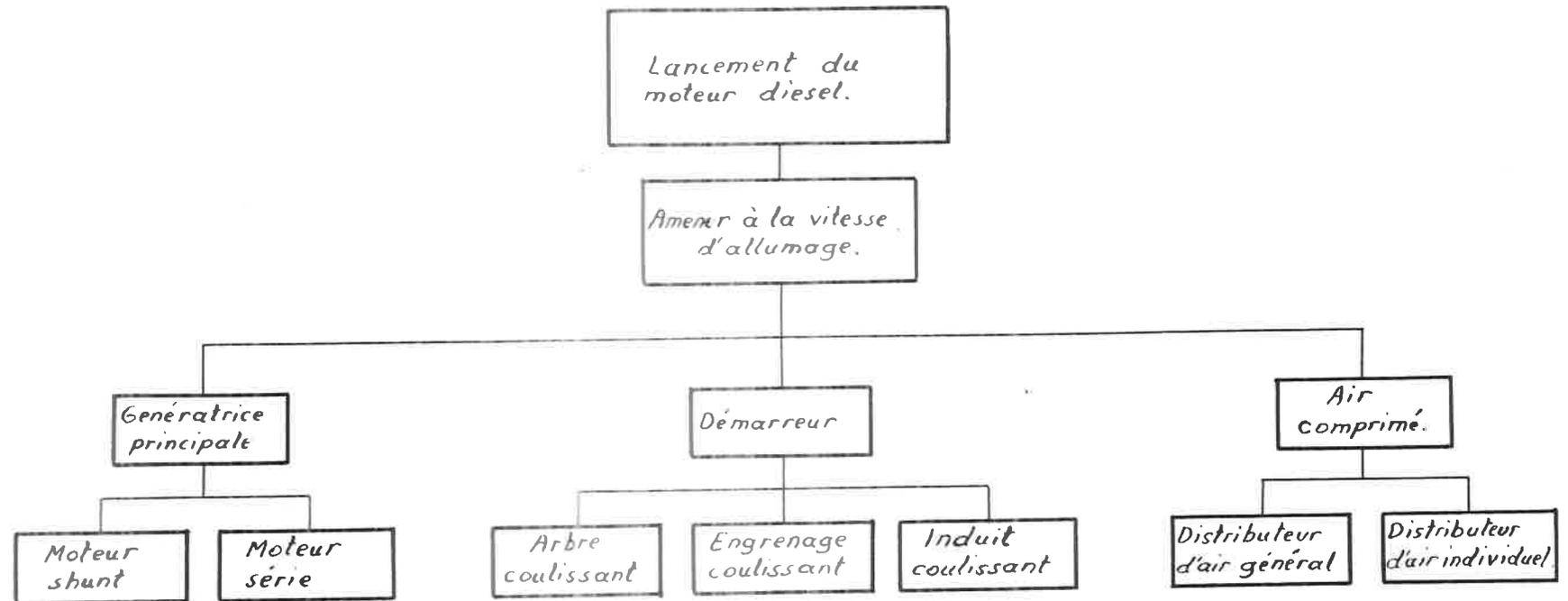
75.5.1. En quoi consiste la bougie du préchauffage sur le moteur diesel ? A quoi sert-elle ?

75.6.1. En quoi consiste l'appareil thermostart utilisé pour faciliter le lancement du moteur diesel ?

75.7.1. Pourquoi utilise-t-on un arbre à cames coulissant sur le moteur de certains engins diesel ?  
Expliquez-en le fonctionnement.

75.8.1. Pourquoi préchauffe-t-on l'eau de refroidissement du moteur avant le lancement ?  
Comment réalise-t-on ce préchauffage ?

75.9.1. Quelles sont les précautions à prendre avant le lancement d'un moteur diesel ?





LA RESISTANCE DES TRAINS.

77.0. Résistance des véhicules ferroviaires.

La résistance, que les véhicules ferroviaires opposent à leur déplacement, dépend de plusieurs facteurs. Elle varie sensiblement suivant que le matériel remorqué est équipé de boîtes d'essieux à rouleaux ou à coussinets.

77.1. Résistance au roulement.

La résistance au roulement d'un train se décompose en deux parties :

- La résistance de la locomotive,
- La résistance des véhicules remorqués.

Ces résistances comportent une partie propre au véhicule et une autre dépendant de la configuration de la voie (rampe, pente, courbe).

La résistance s'exprime en ~~déca~~newtons par tonne de charge ( $\frac{daN}{t}$ ).

77.2. Résistance propre au véhicule.

La résistance propre au véhicule est due :

- Au frottement des roues sur le rail,
- Au frottement des fusées d'essieux sur les coussinets,
- Aux chocs provenant de la voie et des bandages,
- Aux mouvements perturbateurs (lacet, galop, roulis),
- A la résistance de l'air.

L'ensemble de ces résistances est déterminé par des essais et varie avec la vitesse et la nature du véhicule.

Ci-après quelques valeurs à titre d'exemple :

Vitesse en km/h	Loco Diesel	Voitures	Wagon vide	Wagon chargé
10	4 daN par t	3 daN par t	4 daN par t	2 daN par t.
50	5 daN par t	4 daN par t	7 daN par t	3 daN par t.
100	11 daN par t	5 daN par t	—	

77.3. Résistance en courbe.

La résistance au roulement augmente d'autant plus que le rayon de la courbe diminue.



2.

Il a été établi que la résistance au roulement est augmentée de 1 **daN** par tonne lorsque le rayon de la courbe est de 750 mètres.

Si la courbe a un rayon de 1500 m, la résistance augmente de 0,5 **daN** par tonne tandis que si elle est de 375 m la résistance augmente de 2 **daN** par tonne.

On utilise la formule suivante pour le calcul de la résistance due à la courbe,  $r$  étant le rayon de la courbe :

résistance additionnelle :  $\frac{750}{r}$  en **daN** par tonne

#### 77.4. Résistance due à la rampe et à la pente.

Il a été établi mathématiquement que chaque mm par mètre de rampe augmente la résistance au roulement de 1 kg par tonne.

Par contre, chaque mm par mètre de pente diminue cette résistance de 1 **daN** par tonne.

#### 77.5. Adhérence.

Pour vaincre les résistances qui s'opposent à l'avancement des trains, il faut mettre en jeu une force appelée effort de traction.

L'effort doit être d'autant plus élevé que le train est lourd. Cependant, l'effort de traction que peut développer la locomotive est limité.

En effet, une roue pivote si on lui applique une force suffisante pour vaincre le frottement de glissement. Cette force est, en fonction du poids supporté par les essieux moteurs et d'un coefficient dépendant du frottement de glissement entre le rail et les roues.

Ce coefficient, appelé coefficient d'adhérence, varie avec l'état des surfaces en contact, influencé par les conditions atmosphériques, et avec la vitesse de l'engin.

Le coefficient d'adhérence peut varier sensiblement suivant les conditions ci-après :

- Rail sec et sable	33 %
- Rail humide	26 %
- Pluie fine	23 %
- Rail gras	21 à 16 %
- Rail recouvert de poussière de charbon	16 %
- Rail savonneux	16 à 10 %.

### 77.6. Poids adhérent.

Le poids adhérent d'une locomotive est égal à la somme des poids des essieux moteurs et de la partie du poids de l'engin qui repose sur ces essieux (fig. 77.6.2).

Si tous les essieux de la locomotive sont des essieux moteurs, ce qui est généralement le cas pour nos engins, le poids adhérent est égal au poids total (fig. 77.6.1).



## 78e leçon.

### L'EFFORT DE TRACTION AU CROCHET.

#### 78.0. Résistance du train.

Nous avons vu à la leçon précédente, que les trains opposent une certaine résistance à leur déplacement. On peut représenter graphiquement l'effort résistant d'un train déterminé en fonction de sa vitesse.

A la fig. 78.0.1, nous voyons que l'effort résistant du train au démarrage est important. La résistance à l'avancement diminue notablement dès que le train est démarré pour augmenter à nouveau lorsque la vitesse atteint + 30 km par h.

Cette augmentation est principalement due à la résistance de l'air.

#### 78.1. Effort de traction au crochet (fig. 78.1.1).

Pour entraîner un train, il faut disposer d'un effort de traction suffisamment grand pour vaincre les résistances à l'avancement du train.

L'effort de traction disponible doit permettre d'atteindre rapidement la vitesse maximale permise par une accélération suffisante du train.

Au démarrage, l'effort de traction, développé par la locomotive, est une fonction de son poids et du coefficient d'adhérence.

A partir d'une certaine vitesse, l'effort de traction est limité par la puissance de l'engin moteur. A ce moment, l'effort de traction diminue au fur et à mesure que la vitesse s'accroît. Lorsque l'effort de traction et l'effort résistant du train remorqué sont égaux, aucune accélération n'est plus possible tant que les conditions de remorquent ne changent pas.

#### 78.2. Couple moteur.

Le couple moteur résulte de la force de poussée des gaz sur le piston. Ce dernier transmet cet effort à la manivelle par l'intermédiaire de la bielle.

A chaque position de la manivelle, correspondant aux points morts du piston, le couple développé est nul (fig. 78.2.1 et 78.2.2).

2.

Lorsque la manivelle et la bielle forment entre elles un angle droit, le couple développé est maximal (fig. 78.2.3).

Dans toutes les autres positions de la manivelle, le couple varie entre le minimum et le maximum.

La résultante des différents couples développés aux manivelles forme le couple moteur recueilli au volant. Il est égal au produit de l'effort tangentiel au volant par le rayon de ce dernier.

$$T = F \times r$$

Le couple à la sortie du moteur diesel, développé par tous les cylindres, pour un degré d'injection donné, a une valeur pratiquement constante. Ce couple ne peut être développé qu'à partir de la vitesse de ralenti du moteur.

Il varie avec la puissance du moteur diesel (fig. 78.2.4).

### 78.3. Puissance du moteur.

La puissance du moteur diesel est égale au produit du couple par la vitesse de rotation.

En effet, si le volant fait  $n$  tours par minute, la force  $F$  appliquée à la périphérie du volant parcourt un chemin =  $2 \pi r n$  mètres.

Le travail développé par le moteur, en une minute, est:

$$W \text{ (en Nm)} = F \times r \times 2 \pi \times n$$

Le travail par seconde ou puissance vaut:

$$P \text{ (en } \frac{\text{Nm}}{\text{sec.}}) = \frac{F \times r \times 2 \pi \times n}{60}$$

Le couple est égal à:

$$T = F \times r$$

La puissance s'exprime généralement en kW

La puissance vaut:

$$P \text{ (en kW)} = \frac{T \times 2 \pi \times n}{60 \times 1000} \quad \text{ou} \quad \frac{T \times n}{9554}$$

#### 78.4. Relation entre l'effort de traction, la résistance et le couple.

Portons sur le même diagramme, les courbes de l'effort de traction, de la résistance du train et du couple du moteur diesel (fig. 78.4.1).

Nous voyons que le couple moteur de la courbe 3 est insuffisant pour vaincre la résistance du train au démarrage (courbe 1). Il faut utiliser un moteur capable de développer un couple plus grand (courbe 3').

Avec ce moteur, à partir d'une certaine vitesse, l'effort développé est trop grand comparativement à la résistance offerte par le train. Il n'est plus possible d'employer la pleine puissance du moteur. Il en résulte une mauvaise utilisation de celui-ci.

Pour l'éviter, on utilise un moteur moins puissant, mais on insère entre le moteur et les essieux une transmission qui permet à la courbe de l'effort de traction de se rapprocher de la courbe idéale (hyperbole).

Si nous comparons la courbe (2) et la courbe (1), nous constatons qu'au point A, l'effort de traction et la résistance du train sont égaux. A ce moment, il n'y a plus d'accélération possible et la vitesse maximale, avec le train envisagé, est atteinte. Si l'on réduit la charge du train, la résistance diminue (courbe 1') et une vitesse plus élevée peut être atteinte jusqu'au moment où un nouvel équilibre est atteint (A').

L'accélération est possible aussi longtemps que l'effort de traction est supérieur à l'effort résistant. La différence entre les courbes (2) et (1) ou (1') détermine l'effort accélérateur (f) disponible en fonction de la résistance du train.

#### 78.5. But de la transmission.

Afin de pouvoir utiliser un moteur diesel développant un couple plus faible que le couple nécessaire pour vaincre la résistance du train au démarrage, on insère une transmission entre le moteur et les essieux.

Son rôle consiste donc à multiplier le couple de sortie du moteur pour qu'il soit suffisamment grand au démarrage et à faible vitesse. Ce couple est ensuite réduit au fur et à mesure de l'augmentation de la vitesse de l'engin.

4.

78.6. Sortes de transmission.

Les différentes transmissions utilisées sur les engins de la société se classent en trois catégories, à savoir:

- les transmissions <sup>hydro-</sup>mécaniques;
- les transmissions hydrauliques;
- les transmissions électriques.

LES ACCOUPLEMENTS.

79.0. Généralités.

Les accouplements sont utilisés pour assurer la liaison d'une part, entre le moteur diesel et la transmission et d'autre part, entre celle-ci et les essieux. Ils sont aussi employés pour entraîner différents appareils.

Leur rôle est non seulement de transmettre un couple, mais aussi de pouvoir compenser les imperfections de montage.

L'accouplement doit, autant que possible, écarter les phénomènes de résonance provoqués par les trépidations des organes accouplés.

Différentes espèces d'accouplements sont utilisés sur nos engins.

79.1. Accouplement rigide (fig. 79.1.1).

L'accouplement rigide est constitué de deux plateaux boulonnés l'un à l'autre. Il n'est utilisé que lorsque les arbres à accoupler sont rigoureusement alignés. Il est peu en usage sur les engins diesel, sauf dans le cas particulier de la liaison entre le moteur diesel et la génératrice principale d'une transmission électrique.

79.2. Accouplement élastique.

Les accouplements élastiques sont employés quand l'alignement des arbres n'est pas parfait et lorsque des chocs ou des vibrations sont à craindre.

Suivant le mode de construction, on distingue différentes sortes d'accouplement.

Les accouplements à plateaux sont constitués de deux flasques se trouvant à l'extrémité des arbres à accoupler. Les boulons d'accouplement sont fixés dans l'une des flasques et transmettent leur mouvement à l'autre. Dans les alésages de cette dernière sont placés des anneaux en cuir ou en caoutchouc (fig. 79.2.1).

Dans l'accouplement à anneau, les arbres à accoupler sont munis à leur extrémité de deux fourches. Les branches de l'une d'elles sont décalées de 90° par rapport à celles de l'autre.

Un anneau élastique est boulonné entre les fourches et assure leur liaison. Cet anneau est en tissu imprégné de caoutchouc, en caoutchouc ou est constitué de plusieurs anneaux en mince tôle d'acier (fig. 79.2.2).



2.

L'accouplement en étoile consiste en deux étoiles à quatre branches décalées de  $45^\circ$  l'une de l'autre. Les deux étoiles sont reliées par des intercalaires élastiques en tissu ou en caoutchouc (fig. 79.2.3).

Lorsque les organes à accoupler sont montés sur des châssis distincts, la longueur de l'arbre intermédiaire doit pouvoir varier. Dans ce cas, il est fait usage d'un arbre télescopique et de deux accouplements élastiques (fig. 79.2.3).

L'accouplement élastique direct permet de relier deux appareils sans utiliser d'arbre intermédiaire. Il comprend (fig. 79.2.4):

- un plateau (A) calé à l'extrémité de l'arbre menant;
- une bague extérieure (B) pourvue de nervures intérieures (C); elle est fixée au plateau (A);
- un plateau intérieur (D) calé sur le bout de l'arbre mené. Il est pourvu à sa périphérie de nervures (E);
- des blocs de caoutchouc (F) logés entre les nervures;
- une bague de fermeture (G).

Les blocs en caoutchouc amortissent fortement les vibrations et les chocs.

### 79.3. Accouplement par courroies ou par chaîne.

L'accouplement par courroies ou par chaîne est très élastique. Cet accouplement n'est utilisé que lorsque les arbres des appareils à accoupler sont parallèles.

L'arbre menant entraîne l'arbre mené par des poulies et des courroies trapézoïdales ou par des pignons et une chaîne simple ou double.

### 79.4. Accouplement à cardan (fig. 79.4.1).

L'accouplement à cardan permet d'entraîner un arbre (II) au moyen d'un autre arbre (I) formant avec le premier un certain angle. Cet angle peut varier dans certaines limites pendant la rotation.

L'accouplement à cardan comprend une pièce centrale appelée croisillon (c). Chaque branche du croisillon présente à son extrémité un tourillon (t).

L'extrémité de chacun des arbres à accoupler se termine par une pièce en forme de fourche (f).

Les tourillons du croisillon s'engagent dans les coussinets lisses ou les roulements à aiguilles que portent les fourches. Les axes des deux arbres se rencontrent au centre du croisillon.

L'accouplement à cardan présente la particularité ci-après. Lorsque l'arbre menant possède une vitesse de rotation uniforme, l'arbre mené, tout en effectuant le même nombre de tours, tourne par saccades. Le mouvement est d'autant plus irrégulier que l'angle d'inclinaison ( $\alpha$ ) est grand.

Pour remédier à cet inconvénient, les cardans des arbres à accoupler sont reliés par un arbre intermédiaire télescopique.

La disposition à deux cardans évite toute irrégularité dans la transmission du mouvement à la condition suivante: l'angle des deux cardans doit être identique, c.à.d. que les arbres menant et mené doivent être parallèles ou converger à hauteur du milieu de l'arbre intermédiaire (fig. 79.4.2 et 79.4.3).

### 79.5. Accouplement à griffes.

L'accouplement à griffes se compose en principe de deux bagues, chacune d'elles étant calée en bout d'un arbre à accoupler (fig. 79.5.1).

Les bagues sont pourvues de dents, de sorte que les dents de l'une des bagues s'engagent dans les creux de l'autre.

Dans les boîtes de vitesses et les inverseurs de marche, l'accouplement à griffes utilisé est constitué par un manchon rainuré intérieurement et coulissant sur un arbre cannelé. Les faces latérales du manchon présentent des dents qui s'engagent dans les creux pratiqués dans les roues dentées à embrayer (fig. 79.5.2).

La forme des dents et des creux varie suivant l'accouplement. Elle est toujours conçue pour faciliter l'embrayage et empêcher le débrayage intempestif.

L'accouplement doit cependant être réalisé à l'arrêt ou lorsque les deux arbres à accoupler tournent au synchronisme.

### 79.6. Accouplement à friction.

Il peut être constitué par deux plateaux à surfaces coniques s'appliquant l'un dans l'autre. Un des deux plateaux peut coulisser sur son arbre et assurer ainsi le débrayage. Un ressort maintient les deux plateaux en contact lors de l'embrayage (fig. 79.6.1).

La conicité des deux surfaces est de 10 à 15°. Une conicité inférieure rend plus difficile le débrayage tandis que si elle est plus grande, elle provoque des débrayages intempestifs.

L'accouplement à friction peut aussi être constitué de deux ou plusieurs disques appliqués les uns contre les autres par un ressort (fig. 79.6.2).

Lors de la transmission de l'effort, un certain glissement est possible entre les disques si cet effort dépasse une valeur déterminée.

#### 79.7. Accouplement hydraulique.

L'accouplement hydraulique permet de transmettre la puissance d'un arbre (primaire) à un autre arbre (secondaire) par l'intermédiaire d'un liquide.

Suivant le mode d'action de ce fluide, on distingue:

- l'accouplement hydrostatique, dans lequel on utilise la pression statique du fluide;
- l'accouplement hydrodynamique où l'inertie cinétique du liquide est utilisée.

Le principe de l'accouplement hydrodynamique est représenté à la fig. 79.7.1. Le moteur diesel entraîne une pompe centrifuge (roue pompe). Celle-ci refoule le liquide vers la roue réceptrice (turbine). Par la force vive du liquide en mouvement, la turbine est mise en rotation et entraîne un ventilateur.

Par la suite, l'accouplement hydrodynamique a été amélioré en réunissant, dans un même carter, la roue pompe et la roue turbine (fig. 79.7.2).

Les roues pompe et turbine sont des demi-anneaux creux. Ils sont pourvus intérieurement d'aubes droits et ils sont montés en regard l'un de l'autre (79.7.3).

Lorsque la roue pompe est entraînée, elle imprime au liquide un mouvement de rotation. La force centrifuge, qui sollicite la masse d'huile, pousse celle-ci vers la périphérie de la roue. Une pression  $P_1$  apparaît dans la roue pompe. Elle est d'autant plus importante que la vitesse de rotation est grande.

Si la roue turbine est à l'arrêt, la pression de l'huile agit sur ses aubages. Elle se met en mouvement.

Dès que la roue turbine tourne, une contre-pression  $P_2$  due à la force centrifuge, apparaît. Elle augmente avec la vitesse.

Cette contre-pression  $P_2$  s'oppose à la pression  $P_1$  du liquide sortant de la roue pompe. La circulation de l'huile, de la roue pompe vers la roue turbine diminue au fur et à mesure que la vitesse de rotation de cette dernière augmente.

Dans le cas où les deux roues tournent à la même vitesse, les pressions  $P_1$  et  $P_2$  sont égales. Il n'y a plus de circulation d'huile d'une roue à l'autre. La masse liquide reste fixe dans les deux roues. Les couples développés sont nuls, il n'y a pas de transmission de puissance.

Dans un accouplement hydraulique, le couple d'entraînement de l'arbre primaire est égal au couple développé par l'arbre secondaire. Le couple n'est donc pas transformé dans l'accouplement hydrodynamique.

La condition indispensable à la transmission de puissance par l'accouplement hydrodynamique est que la roue turbine tourne toujours à une vitesse inférieure à celle de la roue pompe.

La différence de vitesse est appelée "glissement". Il atteint 2 à 3 % dans les conditions normales de fonctionnement.



QUESTIONNAIRE.

- 77.1.1. Quelles sont les différentes résistances au roulement d'un train ? Comment s'expriment-elles ?
- 77.2.1. De quels facteurs dépend la résistance au roulement propre au véhicule ?
- 77.2.2. Quelle est la résistance totale d'un train de marchandises remorqué par une locomotive diesel de 82 tonnes ? La charge du train se compose de 700 T de wagons chargés et de 300 T de wagons vides. La vitesse du train est de 60 km/h. La résistance à l'avancement est la suivante: locomotive 5 daN par T, wagon vide 5 daN par T et wagon chargé 3 daN par T.
- 77.3.1. Comment varie la résistance à l'avancement d'un train sur une voie en courbe ?
- 77.3.2. Un train de voyageurs de 600 T parcourt une voie en courbe de 250 m de rayon. Quelle est l'augmentation de résistance du train ?
- 77.4.1. Comment varie la résistance d'un train avec le profil de la voie ?
- 77.4.2. Un train de 900 T a une résistance de 4500 daN en palier et en alignement droit. Quelle est sa résistance totale s'il gravit une rampe de 6 mm par m.
- 77.5.1. Qu'appelle-t-on coefficient d'adhérence ? De quels facteurs dépend-il ?
- 77.6.1. Qu'appelle-t-on poids adhérent de la locomotive ?

x  
x x

- 78.0.1. Comment varie la résistance d'un train en fonction de la vitesse ? Représentez la courbe correspondante.
- 78.1.1. Tracez la courbe idéale de l'effort de traction en fonction de la vitesse. Par quels facteurs l'effort de traction est-il limité ?
- 78.2.1. Le couple obtenu à la sortie du moteur diesel est-il constant pour toutes les vitesses de rotation ? Expliquez succinctement ?
- 78.2.2. Expliquez succinctement la variation du couple en fonction de la position de la manivelle dans un moteur diesel.
- 78.3.1. Expliquez comment l'on obtient la formule de la puissance du moteur diesel :  $P =$

$$\frac{T \times \pi}{9554}$$

2.

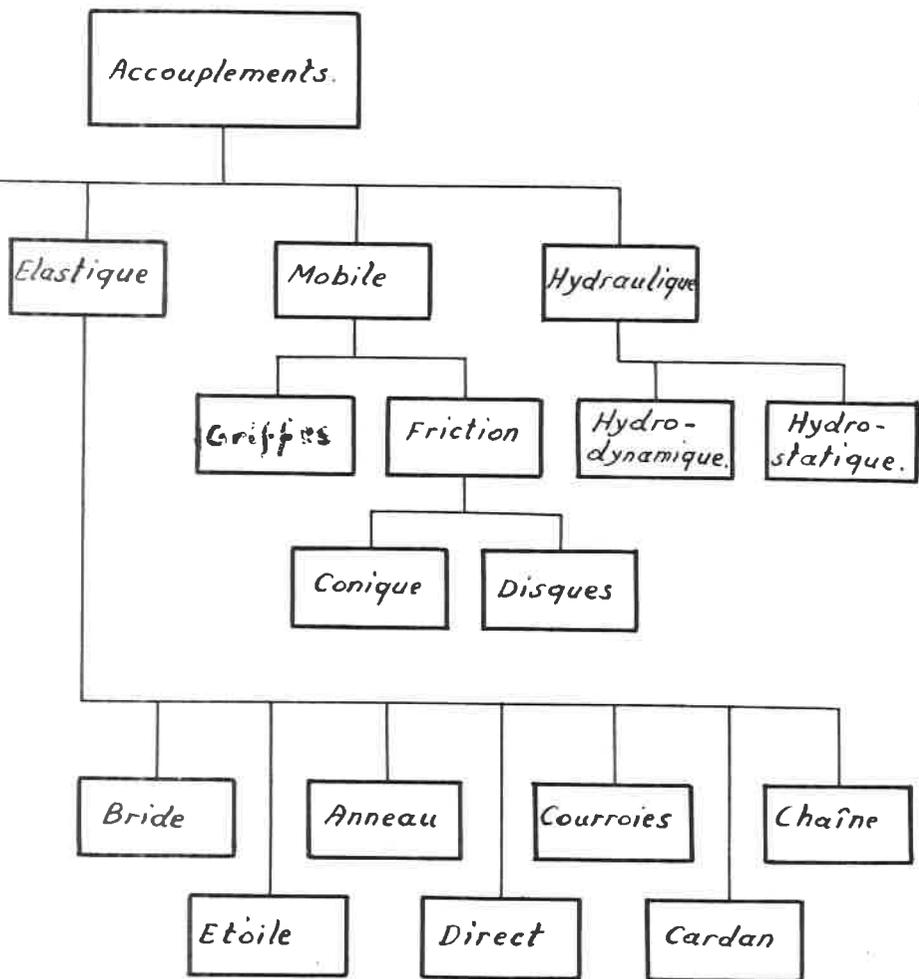
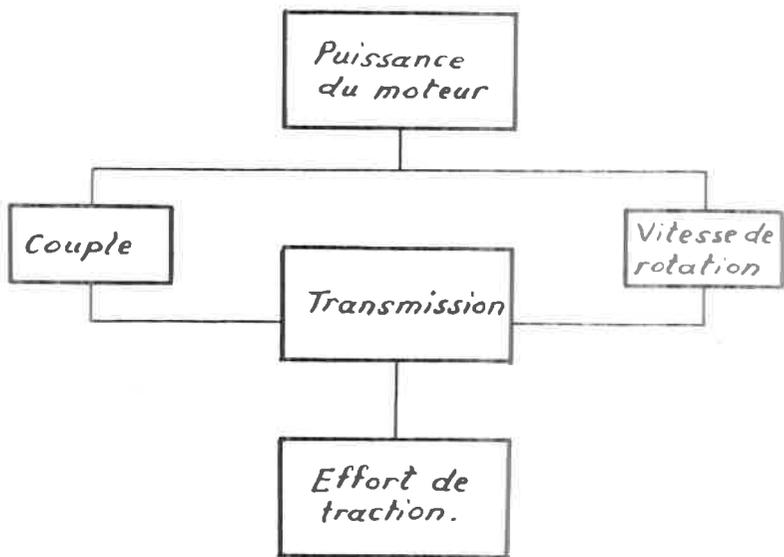
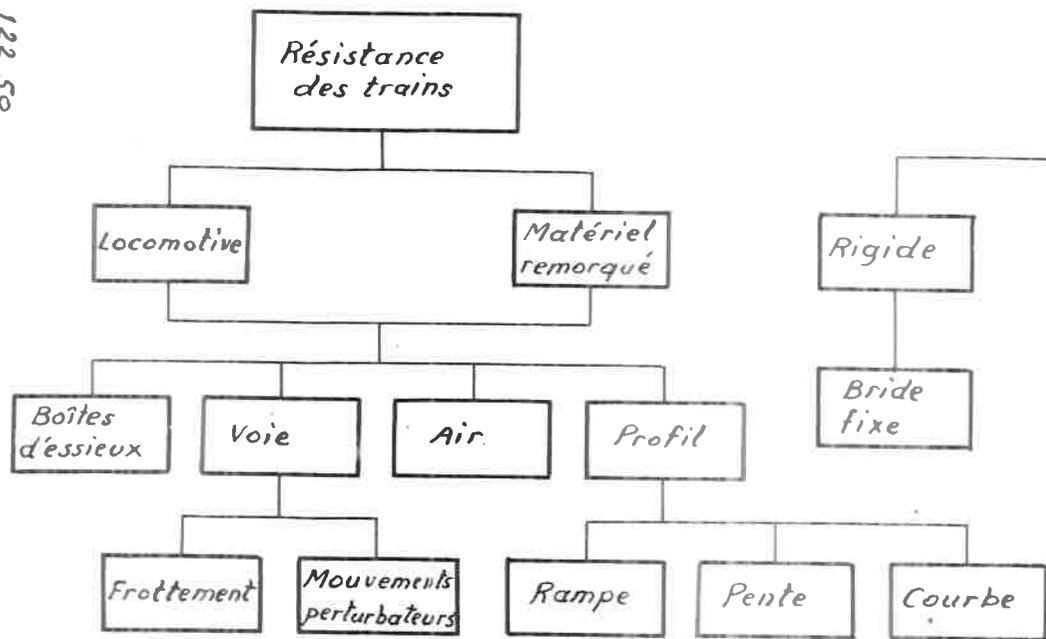
- 78.4.1. Quelles solutions peut-on adopter pour obtenir un effort de traction au crochet suffisant au démarrage en partant du couple du moteur diesel ?  
Quelle est la solution la plus favorable ?
- 78.4.2. Expliquez au moyen de la fig. 78.4.1, la relation existant entre les courbes de l'effort de traction et de l'effort résistant du train.
- 78.4.3. Qu'entend-on par l'effort accélérateur disponible pour la remorque du train ?
- 78.5.1. Quel est le but de la transmission ?
- 78.6.1. Quelles sont les différentes sortes de transmissions utilisées sur nos engins ferroviaires ?

x  
x x

- 79.0.1. Quel est le rôle des accouplements ?
- 79.1.1. Dans quel cas l'accouplement rigide peut-il être utilisé ?
- 79.2.1. Quand l'accouplement élastique est-il utilisé ?  
Expliquez la constitution des accouplements élastiques à plateaux et à anneau.
- 79.2.2. Quelle précaution doit-on prendre si les organes à accoupler se trouvent sur des châssis distincts ?
- 79.2.3. Expliquez comment est constitué l'accouplement élastique direct.
- 79.3.1. Quels sont les avantages de l'accouplement par courroies ?  
Quelles doivent être les positions relatives des arbres des appareils à accoupler ?
- 79.4.1. Quand utilise-t-on l'accouplement à cardan ?  
Comment est-il constitué ?
- 79.4.2. Quelle anomalie présente l'accouplement à cardan au point de vue de la vitesse de rotation de l'arbre menant par rapport à celle de l'arbre mené ?  
Comment peut-on y remédier ?
- 79.5.1. Comment l'accouplement à griffes peut-il être constitué ?
- 79.5.2. Expliquez le principe de l'accouplement à griffes d'un inverseur de marche.
- 79.6.1. Quelles sont les différentes façons de réaliser un accouplement à friction ?
- 79.7.1. Expliquez le principe de fonctionnement de l'accouplement hydrodynamique.

- 79.7.2. Faites le schéma et expliquez les pièces constitutives de l'accouplement hydrodynamique.
- 79.7.3. Expliquez le fonctionnement de l'accouplement hydraulique.
- 79.7.4. Quel est le rapport existant entre le couple à la sortie et le couple à l'entrée dans l'accouplement hydraulique ?
- 79.7.5. Quelle est la condition indispensable à la transmission de puissance par un accouplement hydraulique ?





## 81e leçon.

### LA TRANSMISSION MECANIQUE.

#### 81.0 Généralités.

La transmission mécanique comprend les organes principaux suivants, disposés entre l'arbre de sortie du moteur diesel et les essieux moteurs de l'engin (fig. 81.0.1) :

- un embrayage,
- une boîte de vitesses,
- un inverseur de marche,
- des arbres à cardans,
- un dispositif d'attaque du ou des essieux moteurs,
- une commande à distance des différents organes de la transmission.

On y trouve parfois des organes spéciaux, tels que :

- un dispositif différentiel,
- un dispositif de roue libre.

A titre d'information, cette transmission n'est plus utilisée à la SNCB. Elle constitue en outre un préalable pour la compréhension des autres transmissions.

En exemple, citons la boîte de vitesse à pignons baladeurs (Fig. 81.3.1).

#### 81.1 Boîte de vitesses.

La boîte de vitesses est l'organe dans lequel s'opère le changement de vitesse c'est-à-dire, une démultiplication variable de la vitesse de rotation du moteur, entraînant une multiplication correspondante du couple moteur.

Elle est constituée par un mécanisme comprenant une série de trains d'engrenages, offrant des rapports de démultiplication différents. A chaque démultiplication, correspond donc une vitesse différente.

Les vitesses inférieures sont utilisées au démarrage de l'engin et pour gravir les rampes.

La boîte de vitesses étant placée au "point mort", elle permet de laisser tourner le moteur diesel, le véhicule étant à l'arrêt.

#### 81.2 Variation de la vitesse et du couple (fig. 81.2.1).

Si nous négligeons toute perte de puissance, on peut dire que la puissance à l'arbre d'entrée (A) est égale à celle de l'arbre de sortie (B)

$$\frac{T_1 \times n_1}{9554} = \frac{T_2 \times n_2}{9554}$$

ou

$$T_1 \times n_1 = T_2 \times n_2$$

2.

Lorsque deux arbres sont accouplés par des engrenages, les vitesses de rotation de ces arbres sont en raison inverse des diamètres des engrenages c'est-à-dire de leur nombre de dents ( $Z_1$ ) et ( $Z_2$ ).

Si l'arbre d'entrée (A) tourne à la vitesse de  $n_1$  tours par minute, l'arbre de sortie (B) tournera à une vitesse  $n_2$  telle que dans le cas envisagé :

$$\boxed{n_2 = n_1 \times \frac{Z_1}{Z_2}} \quad \text{ou} \quad \boxed{n_2 = n_1 \times \frac{15 \text{ dents}}{30 \text{ dents}}} \quad \text{soit} \quad \boxed{n_2 = n_1 \times \frac{1}{2}}$$

L'arbre (B) tourne donc à la moitié de l'arbre (A).

Voyons maintenant la variation du couple. Le couple  $T_1$  d'entraînement de l'engrenage de l'arbre A est :

$$\boxed{T_1 = F \times r_1}$$

L'effort  $F$  est transmis de la dent du premier engrenage à la dent du second. On peut donc dire que le couple  $T_2$  est égal à :

$$\boxed{T_2 = F \times r_2} \quad \text{or} \quad \boxed{r_2 = r_1 \times 2} \quad \text{donc} \quad \boxed{T_2 = T_1 \times 2}$$

On voit que

$$\boxed{T_2 = T_1 \times \frac{Z_2}{Z_1}} \quad \text{ou} \quad \boxed{T_2 = T_1 \times \frac{30 \text{ dents}}{15 \text{ dents}}} \quad \text{donc} \quad \boxed{T_2 = T_1 \times 2}$$

La valeur du couple est en raison directe du nombre de dents.

### 81.3 Boîte de vitesses à pignons baladeurs (fig. 81.3.1).

Les différents rapports de vitesses sont obtenus en déplaçant des pignons à denture droite, sur l'arbre de sortie, de manière à les faire engrener avec l'un des pignons calés sur l'arbre intermédiaire.

Les pignons baladeurs sont munis d'un manchon avec rainure circulaire recevant la fourche de commande.

La boîte comporte les organes suivants :

- un arbre d'entrée (A) sur lequel est calé une roue dentée a;

- un arbre intermédiaire (B). Sur celui-ci sont calés les pignons a , b', c et d'. Le pignon a' engrène avec le pignon a de sorte que l'arbre (B) est entraîné en permanence par l'arbre d'entrée (A);
- un arbre de sortie (C), présentant des cannelures, sur lequel peuvent se déplacer les pignons b, c et d, de manière à engrener respectivement mais non simultanément avec les pignons b', c' et d'.

Une liaison directe (e) peut être établie entre l'arbre d'entrée (A) et l'arbre de sortie (C). On l'appelle la "prise directe".

#### 81.4. Inverseur.

L'inverseur de marche est l'appareil qui permet d'obtenir les deux sens de marche du véhicule, sans changer le sens de rotation du moteur.

Il peut être logé dans le carter de la boîte de vitesses ou du pont d'essieu. Il peut aussi être un organe indépendant.

Le fonctionnement de l'inverseur est basé sur un des principes ci-après:

- nombre pair ou impair d'engrenages,
- engrenages coniques.

Lorsque le nombre d'engrenages en prise entre les arbres d'entrée et de sortie de l'inverseur est pair, la rotation des deux arbres est de sens contraire (fig. 81.4.1).

Si, par contre, le nombre d'engrenages est impair, ces arbres ont le même sens de rotation (fig. 81.4.2).

Dans le cas du dispositif d'inversion à engrenages coniques, un pignon est calé à l'extrémité de l'arbre d'entrée. Celui-ci attaque deux engrenages coniques qui sont libres sur l'arbre de sortie. Sur ce dernier, coulisse un manchon à griffes. Il est commandé par une fourchette et un mécanisme spécial (fig. 81.4.3).

Suivant que le manchon assure la liaison avec l'un ou l'autre des engrenages coniques, l'arbre de sortie est entraîné pour réaliser la marche avant ou la marche arrière.



82.0. Inverseur-réducteur (fig. 82.0.1.)

L'inverseur-réducteur est un organe qui permet, non seulement, d'inverser le sens de marche mais aussi d'obtenir deux régimes de vitesses différentes. Il est constitué d'un carter contenant l'inverseur et le changeur de gamme de vitesses. Il est accouplé directement avec la transmission.

La gamme des petites vitesses (33 km/h) est utilisée lors des manoeuvres tandis que celle des vitesses plus élevées (50 km/h) sert pour le service de route.

Sur l'extrémité de l'arbre de sortie de la transmission est calé un pignon conique (1). Il est constamment en prise avec les deux couronnes dentées (2) et (3). Celles-ci sont libres sur l'arbre (5).

Sur la partie cannelée de l'arbre (5) peut se déplacer un manchon baladeur (4). Il permet de rendre l'une ou l'autre couronne dentée solidaire de l'arbre (5). Le sens de rotation de l'arbre dépend de la position du manchon baladeur (4). Cette première partie constitue l'inverseur.

Le réducteur permet deux régimes de vitesses et est constitué de :

- deux roues dentées droites (6) et (7) de diamètres différents calées sur l'arbre (5);
- deux roues dentées (8) et (9) libres sur l'arbre (11) et en prise, respectivement avec les roues (6) et (7);
- un pignon à crabots (10) disposé sur la partie cannelée de l'arbre (11). Ce pignon peut être rendu solidaire de l'une des roues dentées (8) ou (9).

Le pignon (10) est constamment en prise avec l'engrenage (12) calé sur le faux-essieu (13). Le faux-essieu entraîne les roues motrices par l'intermédiaire de bielles d'accouplement.

Le mouvement pouvant être transmis de l'arbre (5) de l'inverseur au faux-essieu (13) soit par les roues dentées (6 et 8), soit par les roues (7) et (9), on obtient ainsi deux régimes de vitesses différentes.

82.1. Dispositif d'attaque des essieux.

Le but du dispositif d'entraînement des essieux est de transmettre le couple moteur, adapté par la transmission, aux essieux moteurs.

Les essieux moteurs peuvent être entraînés par des ponts d'essieux ou par un faux-essieu avec manivelles et bielles d'accouplement.

L'entraînement par des ponts d'essieux est utilisé sur les autorails et les locomotives diesel hydrauliques de ligne.

Les ponts d'essieux sont conçus suivant l'un des principes ci-après :

- par engrenages coniques (fig. 82.1.1);
- par roue dentée et vis sans fin (fig. 82.1.2).

L'attaque des essieux par faux-essieu et bielles est représentée à la figure 82.1.3. Elle est utilisée sur les locomotives de manoeuvre.

### 82.2. Jambe de force (fig. 82.2.1).

La jambe de force relie le carter du pont d'essieu au bogie. Elle a pour rôle d'empêcher le carter de tourner.

En effet, l'arbre de transmission qui entraîne le pont d'essieu subit un couple de réaction. Celui-ci est opposé au couple d'entraînement et tend à faire tourner le carter.

### 82.3. Différentiel.

Le différentiel est un système de compensation qui permet d'entraîner, avec le même arbre de transmission, deux essieux moteurs susceptibles de tourner à des vitesses différentes.

Cette différence de vitesses de rotation peut être la conséquence d'un diamètre différent des roues ou d'un pivotement.

Le différentiel permet d'éviter le glissement des roues.

Un différentiel est constitué de (fig. 82.3.1 et 82.3.2)

- deux roues planétaires (1) et (2) reliées chacune à un essieu moteur par les arbres (5) et (6);
- deux, quatre ou six pignons satellites (3); dont deux sont représentés à la figure 82.3.1;
- un croisillon (4) maintenu dans les paliers du carter (7). Les satellites tournent sur les tourillons du croisillon;
- un carter (7) entraîné, au moyen de la roue dentée (8) et d'un engrenage intermédiaire (9) par l'arbre de transmission.

Quand le carter tourne, il entraîne avec lui les pignons satellites. Il existe alors deux possibilités :

- a) Les résistances offertes à la rotation des arbres (5) et (6) sont égales. Les satellites (3) ne tournent pas sur leur axe.

Tout se passe comme si les planétaires et les satellites ne formaient qu'un seul bloc. Les planétaires et par conséquent, les arbres de sortie du différentiel tournent à la même vitesse que la roue dentée (8).

- b) Le couple résistant sur l'arbre (6) est inférieur à celui de l'arbre (5). Les satellites (3) tournent avec le carter (7), mais subissant une réaction de la part des planétaires (1) et (2), ils tournent sur leur axe.

Les planétaires ne tournent plus à la même vitesse car les satellites reportent une partie de la vitesse du planétaire (2) sur le planétaire (1). Les arbres (5) et (6) tournent à des vitesses différentes.

#### 82.4. Dispositif à roue libre.

Ce dispositif supprime spontanément la liaison entre le moteur et la transmission dès que, pour une raison quelconque, le moteur est entraîné par les roues motrices.

Ceci peut se produire lorsqu'une pente est descendue ou lorsque l'engin est remorqué avec la transmission en service.

Le dispositif à roue libre est utilisé en traction ferroviaire sur les autorails 44 et 45.

#### 82.5. Commande à distance.

La commande à distance permet, à partir de l'une des cabines de conduite du véhicule ou de la rame, de commander les organes de la transmission. Elle permet aussi d'amener le ou les moteurs diesel au régime de fonctionnement désiré.

Dans les systèmes les plus employés on trouve :

- La commande mécanique par tringles et leviers. Elle n'est utilisée que sur des véhicules courts, de faible puissance et qui ne sont pas accouplables;
- La commande pneumatique permet d'actionner des servo-moteurs au moyen d'air comprimé. L'admission ou l'évacuation de l'air s'effectue par la manoeuvre de robinets ou de soupapes;
- La commande électro-pneumatique. Chaque organe à commander possède un (des) servo-moteur(s) alimenté(s) en air comprimé par une ou plusieurs électrovalves.





## 83ème leçon.

### LA TRANSMISSION MECANIQUE (suite).

#### 83.0 Diagrammes caractéristiques.

Les diagrammes caractéristiques principaux de la transmission mécanique sont :

- le diagramme de la vitesse de rotation du moteur en fonction de la vitesse du véhicule ;
- le diagramme du couple à l'arbre d'entrée et du couple à l'arbre de sortie de la boîte de vitesses en fonction de la vitesse du véhicule.

#### 83.1 Rapport total de transmission.

Ce rapport total est égal au produit des rapports respectifs des différentes parties de la transmission.

Les rapports sont constants pour :

- l'embrayage,
- l'inverseur,
- les ponts d'essieux (avec éventuellement un différentiel).

Le rapport est variable :

- pour la boîte de vitesses. Il est déterminé par le rapport d'engrenages choisi.

#### 83.2 Vitesse du véhicule en fonction de la vitesse du moteur.

La vitesse du véhicule dépend de quatre facteurs ;

- la vitesse de rotation (n) du moteur diesel en tours par minute ;
- le rapport constant (k) de l'embrayage, de l'inverseur et du pont d'essieu ;
- le rapport variable (x) de la boîte de vitesses ;
- le diamètre des roues D.

La vitesse  $v$  en km par heure peut s'exprimer par :

$$v = n \times k \times X \times \frac{D}{60} \times \pi \times 3,6 = \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

2.

L'augmentation de vitesse du véhicule en fonction de la vitesse de rotation du moteur diesel est représentée à la figure 83.2.1.

Lors du démarrage du véhicule, un glissement se produit dans l'embrayage jusqu'au moment où la vitesse  $v'$  est atteinte. Ce glissement est représenté par la partie hachurée de la figure 83.2.1.

A une vitesse intermédiaire du moteur diesel correspond une vitesse  $v''$  du véhicule. Lorsque le moteur atteint sa vitesse maximale de rotation, la vitesse de l'engin  $v$  est maximale pour le rapport considéré de la boîte de vitesses.

### 83.3 Couple à l'arbre de sortie de la boîte en fonction de la vitesse du véhicule.

Le couple moteur  $T_1$  (fig. 83.3.1) développé par le moteur diesel, est pratiquement constant pour un débit d'injection déterminé et est multiplié dans la boîte de vitesses.

Le couple multiplié, recueilli à la sortie de la boîte de vitesses, dépend du rapport d'engrenages utilisé. Il est indépendant de la vitesse du moteur et de la vitesse du véhicule. Il est représenté par la ligne  $T_2$  (fig. 83.3.1).

### 83.4 Diagramme de la vitesse du véhicule en fonction de la vitesse du moteur.

Prenons comme exemple une boîte de vitesses ayant 3 rapports différents d'engrenages et une prise directe.

Sur le diagramme, portons en ordonnée la vitesse de rotation du moteur et en abscisse la vitesse du véhicule (fig. 83.4.1).

Pour chaque rapport d'engrenages choisi dans la boîte, on trouve les différentes vitesses  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  et  $v_4$  atteintes par le véhicule lorsque le moteur diesel tourne à sa vitesse maximale.

Traçons les lignes OA, OB, OC et OD qui représentent la vitesse du moteur en fonction de la vitesse de l'engin pour chacun des rapports d'engrenages.

Lorsque la liaison est établie entre le moteur et les essieux moteurs, un glissement se produit dans l'embrayage au démarrage de l'engin. Ce glissement se poursuit jusqu'au moment où la vitesse du véhicule correspond à la vitesse de ralenti pour le rapport choisi.

Ensuite, la vitesse du moteur diesel augmente avec celle du véhicule. Au point A, la vitesse maximale du moteur est atteinte et la vitesse de l'engin est  $V_1$ .

Pour accélérer, il est nécessaire de modifier le rapport d'engrenages. On passe en 2e vitesse; à ce moment, la vitesse du véhicule est restée  $V_1$ , mais celle du moteur diesel est diminuée et correspond au point A'. L'engin accélère et la vitesse du moteur diesel augmente pour atteindre à nouveau son maximum en B pour une vitesse  $V_2$  du véhicule.

Le même processus se reproduit pour les 3e et 4e vitesses. Au point D, le moteur atteint à nouveau sa vitesse maximale. Le véhicule ne peut plus accélérer car la boîte se trouve en prise directe.

A chaque changement de rapports d'engrenages, il y a une chute de vitesse du moteur diesel et la pleine puissance de ce dernier n'est pas utilisée.

### 83.5 Couples d'entrée et de sortie en fonction de la vitesse du véhicule.

Le couple est multiplié par la boîte de vitesses, dans une proportion qui dépend de la vitesse embrayée. Pour chaque rapport d'engrenages, nous obtenons à la sortie de la boîte une multiplication différente du couple d'entrée  $T_1$  (fig. 83.5.1).

La 4e vitesse correspondant à la prise directe, le couple d'entrée n'est pas modifié par la boîte  $T_2 = T_1$ .



QUESTIONNAIRE.

- 81.0.1 Quels sont les différents organes rencontrés, dans une transmission mécanique entre le moteur diesel et l'essieu moteur ?
- 81.1.1 Décrivez succinctement la constitution d'une boîte de vitesses mécanique.
- 81.2.1 Comment la vitesse de rotation et le couple varient-ils dans une boîte de vitesses mécanique ?
- 81.3.1 Expliquez à l'aide de la figure 81.4.1, le fonctionnement de la boîte de vitesses à pignons baladeurs.
- 81.4.1 Quel est le rôle de l'inverseur de marche ?  
Où peut-il être placé ?
- 81.4.2 Quels sont les principes de construction des inverseurs de marche ?
- x x x
- 82.0.1 Faites le schéma de principe de l'inverseur-réducteur.
- 82.0.2 A l'aide de la figure 82.0.1, expliquez le fonctionnement de l'inverseur-réducteur.
- 82.1.1 Quel est le but du dispositif d'attaque des essieux en transmission mécanique ?  
Quels sont les différents systèmes rencontrés ?
- 82.2.1 Quel est le rôle de la barre de réaction ?

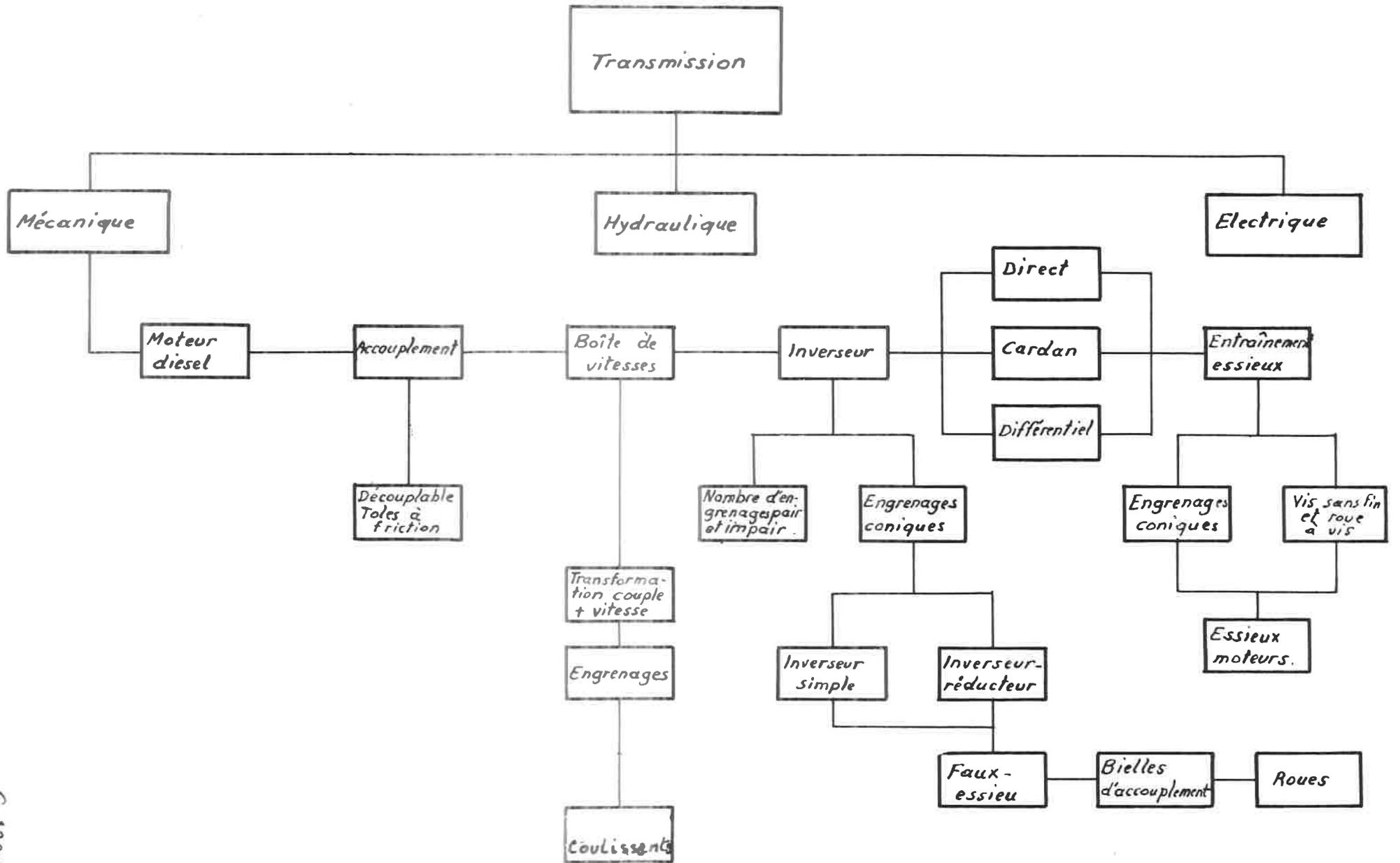
2.

- 82.3.1 Quel est le rôle du différentiel ? Quand est-il utilisé sur les engins diesel ?
- 82.3.2 A l'aide de la figure 82.3.1, expliquez le fonctionnement du différentiel.
- 82.4.1 Quel est le rôle du dispositif à roue libre ?
- 82.5.1 Quelles sont les différentes espèces de commande à distance rencontrées sur les engins diesel ?

x x x

- 83.0.1 Quels sont les diagrammes caractéristiques principaux de la transmission mécanique ?
- 83.1.1 Le rapport de transmission est-il constant ?
- 83.2.1 Comment la vitesse du véhicule varie-t-elle en fonction de la vitesse de rotation du moteur diesel ?
- 83.3.1 Comment le couple de sortie varie-t-il par rapport au couple d'entrée dans une boîte de vitesses mécanique ?
- 83.4.1 A l'aide de la figure 83.4.1, expliquez la variation de la vitesse du véhicule en fonction de la vitesse du moteur pour une boîte mécanique à 4 vitesses.
- 83.5.1 A l'aide de la figure 83.5.1, expliquez la variation du couple en fonction de la vitesse du véhicule pour une boîte mécanique à 4 vitesses.

x x x



C 122.50  
84<sup>e</sup> leçon





LA TRANSMISSION HYDRAULIQUE.

85.0 Généralités.

Les principaux organes rencontrés de l'arbre de sortie du moteur diesel aux essieux moteurs, sur une locomotive diesel hydraulique sont (fig. 85.0.1) :

- un arbre intermédiaire avec accouplement élastique qui relie le moteur à la transmission ;
- une boîte de vitesse hydraulique ou "turbo-transmission", dans laquelle s'effectue la multiplication du couple moteur et la démultiplication de la vitesse ;
- un inverseur de marche, éventuellement combiné avec un réducteur ;
- un dispositif d'attaque des essieux moteurs par arbres à cardans et ponts d'essieux ou par faux-essieu et bielles d'accouplement.

La boîte de vitesse hydraulique comprend :

- un ou deux transformateurs de couple
- un ou deux coupleurs.

La puissance est transmise par l'intermédiaire d'un fluide à faible viscosité : huile ou gasoil.

Le passage du 1er transformateur au second et du 1er coupleur au second se fait automatiquement ou manuellement.

L'inverseur peut être incorporé dans le carter de la transmission, être un organe séparé ou être combiné avec le pont d'essieu.

85.1 Principe du transformateur de couple hydraulique.

Le transformateur de couple est l'élément fondamental de la turbo-transmission.

Il a pour but de transformer et d'adapter le couple moteur en fonction des nécessités de la traction.

Dans le transformateur de couple hydraulique, l'énergie mécanique fournie par le moteur diesel est transformée, au moyen d'une pompe centrifuge, en énergie cinétique du fluide.

Le fluide parcourt ensuite la turbine dans laquelle l'énergie cinétique est retransformée en énergie mécanique.

2.

Le fluide est alors ramené à l'entrée de la roue pompe par le stator.

Le principe de fonctionnement du transformateur de couple peut être schématisé par un circuit hydraulique constitué d'une pompe et d'une turbine reliées entre-elles par des conduites. Un stator est intercalé entre la turbine et la pompe (fig. 85.1.1).

Une autre représentation du principe du transformateur de couple est donnée à la figure 85.1.2).

### 85.2 Organes constitutifs du transformateur de couple (fig.85.2.1 et 85.2.2).

Le transformateur de couple est constitué des organes suivants :

- une pompe centrifuge (1) appelée "roue d'impulsion" est calée sur l'arbre d'entrée (A). Elle est entraînée par le moteur diesel ;
- une roue turbine (2), appelée "roue réceptrice", est calée sur l'arbre de sortie (B);
- une partie fixe (3), appelée "stator" est solidaire du carter de la transmission.

Les aubes, dont sont munies la pompe et la turbine, sont incurvées dans le même sens tandis que les aubes du stator sont incurvées en sens contraire.

### 85.3 Fonctionnement du transformateur de couple.

Pour faciliter la compréhension, le transformateur de couple est représenté par une coupe développée (fig. 85.3.1 et 85.3.2).

La pompe centrifuge (1) est entraînée par le moteur diesel dans un sens tel que ses aubes ne coupent pas la trajectoire du fluide.

La roue pompe, dont la vitesse est de  $n$  1 tours par minute, entraîne le fluide dans son mouvement de rotation. Le fluide sous l'action de la force centrifuge est expulsé.

Le fluide est soumis à deux vitesses :

- une vitesse tangentielle ( $V_p 1$ ), due à la vitesse d'entraînement de la pompe, est dirigée dans le sens de rotation.
- une vitesse ( $V_p 2$ ), résultant de la force centrifuge, est dirigée suivant la courbure des aubages.

La résultante ( $v_p$ ) est la vitesse absolue du fluide à la sortie de la pompe. Elle communique au fluide un mouvement en spirale (fig. 85.3.2).

Les possibilités suivantes peuvent se présenter :

a) la roue turbine ne tourne pas ( $n_2 = 0$ ).

Le fluide sortant de la pompe vient frapper les aubes de la turbine. Un couple ( $T_1$ ) est transmis de la première à la seconde.

Le fluide sort de la turbine à une certaine vitesse ( $v_t$ ) et est dirigé vers le stator dans une direction déterminée par l'inclinaison des aubes (fig. 85.3.2).

Le fluide exerce une pression sur les aubes du stator. Comme la réaction est égale à l'action, un couple antagoniste ( $T_s$ ) naît.

Le fluide glisse ensuite le long de la surface des aubes et est ramené à l'entrée de la pompe.

Le couple de réaction ( $T_s$ ) du stator vient s'ajouter au couple ( $T_1$ ) de la pompe pour agir sur les aubes de la turbine afin de la mettre en mouvement.

Le couple développé par la turbine est égal à

$$T_2 = T_1 + T_s$$

Comme le couple ( $T_s$ ) est maximal, le couple ( $T_2$ ) peut atteindre 4 à 5 fois le couple ( $T_1$ ) transmis par le moteur diesel.

b) la roue turbine tourne mais  $n_2 < n_1 \times 0,7$ .

Lorsque la roue turbine est en mouvement, une partie de l'énergie cinétique du fluide est transformée en énergie mécanique.

Par l'accélération de la turbine, la direction du fluide agissant sur les aubes du stator, change. Le couple de réaction ( $T_s$ ) est donc plus faible (fig. 85.3.3). Par voie de conséquence, le couple ( $T_2$ ) développé par la turbine diminue.

c) la vitesse de la roue turbine  $n_2 = n_1 \times 0,7$ .

La vitesse ( $n_2$ ) de la roue turbine atteint 70 % de la vitesse ( $n_1$ ) de la roue pompe. La trajectoire du fluide à la sortie de la turbine est telle que celui-ci passe entre les aubes du stator sans donner naissance à un couple antagoniste ( $T_s$ ) (fig. 85.3.4).

Puisque le couple de réaction ( $T_s$ ) est nul, le couple ( $T_2$ ) développé par la turbine est égal au couple ( $T_1$ ) transmis par la roue pompe.

d) la turbine tourne à la même vitesse que la pompe  $n_2 = n_1$ .

A partir du moment où la vitesse  $n_2 > n_1 \times 0,7$ , la direction du fluide à la sortie de la turbine est telle que le couple de réaction ( $T_s$ ) du stator est un couple négatif qui s'oppose à l'action du couple ( $T_1$ ) de la roue pompe.

Le couple ( $T_2$ ) développé par la turbine est plus faible que le couple ( $T_1$ ). En effet :

$$T_2 = T_1 + (-T_s)$$

ou

$$T_2 = T_1 - T_s$$

Quand la vitesse ( $n_2$ ) de la roue turbine est égale à la vitesse ( $n_1$ ) de la roue pompe, le couple de réaction ( $T_s$ ) négatif est égal au couple ( $T_1$ ) de la pompe. A ce moment, le couple ( $T_2$ ) transmis par la turbine est nul (fig. 85.3.5).

Si la vitesse de la turbine devient plus grande que celle de la roue pompe,  $T_s > T_1$ . On obtient un freinage.

## 86e Leçon.

### LA TRANSMISSION HYDRAULIQUE (suite).

#### 86.0 Vitesse de la roue pompe et de la turbine en fonction de celle du véhicule (fig. 86.0.1).

La vitesse ( $n_1$ ) de la roue pompe est liée à la vitesse du moteur diesel. Lors de l'utilisation du transformateur de couple, il est supposé que le moteur tourne à sa vitesse maximale.

La vitesse du véhicule résulte de la vitesse de rotation des essieux. Cette dernière est une fonction de la vitesse ( $n_2$ ) de la turbine, du rapport de transmission de l'inverseur et de celui de la commande des essieux.

Lorsque la turbo-transmission ne comporte qu'un transformateur de couple, la démultiplication, entre l'arbre de sortie et les essieux moteurs, doit être établie de façon que la vitesse maximale de l'engin soit atteinte pour un rapport  $\frac{n_2}{n_1} = 0,7$ .

#### 86.1 Couple à la sortie du transformateur de couple en fonction de la vitesse du véhicule (fig. 86.1.1).

Lors du démarrage du véhicule, la valeur du couple ( $T_2$ ) peut atteindre 4 à 5 fois le couple ( $T_1$ ) développé par le moteur diesel.

Au fur et à mesure de l'accroissement de la vitesse de l'engin, le rapport  $\frac{n_2}{n_1}$  augmente. Le couple ( $T_2$ ) diminue.

Lorsque la vitesse ( $n_2$ ) de la roue turbine est égale à 70 % de la vitesse ( $n_1$ ) de la roue pompe, le couple ( $T_2$ ) a la même valeur que le couple ( $T_1$ ).

Pour une vitesse ( $n_2$ ) plus élevée, le couple ( $T_2$ ) devient inférieur au couple ( $T_1$ ) et s'annule quand  $n_2 = n_1$ . Si  $n_2 > n_1$  le couple ( $T_2$ ) est négatif.

#### 86.2 Rendement du transformateur de couple en fonction de la vitesse du véhicule (fig. 86.2.1).

Le rendement du transformateur de couple est le rapport qui existe entre la puissance transmise par la turbine et la puissance fournie à la pompe.

$$\text{rendement} = \frac{T_2 \times n_2}{T_1 \times n_1}$$

2.

Le rendement est nul lorsque :

- la roue turbine ne tourne pas,  $n_2 = 0$
- le couple transmis est nul, c'est-à-dire quand la vitesse ( $n_2$ ) de la turbine est égale à la vitesse ( $n_1$ ) de la pompe.

Lorsque le rapport  $\frac{n_2}{n_1} = 0,7$ , le couple ( $T_2$ ) est égal au couple ( $T_1$ ). Il y a un glissement de 30 % entre la roue pompe et la roue turbine. Le rendement est donc égal à 70 %.

Le rendement maximal du transformateur de couple est d'environ 85 % lorsque la roue turbine tourne à la moitié de la vitesse de la roue pompe :  $\frac{n_2}{n_1} = 0,5$ .

---

## 87ème leçon.

### LA TRANSMISSION HYDRAULIQUE (suite).

#### 87.0 Coupleur hydraulique.

Le coupleur hydraulique utilisé dans les turbo-transmissions fonctionne de façon identique à l'accouplement hydraulique étudié à la 79ème leçon.

Ce dernier est appelé "coupleur hydraulique" parce que le remplissage et la vidange peuvent s'effectuer à tout moment.

#### 87.1 Couple développé par le coupleur hydraulique.

Pour provoquer l'accélération du fluide dans la roue pompe une force est nécessaire. Cette force résulte de la pression ( $f$ ) exercée par les aubes sur le liquide.

La résultante des forces élémentaires sur chaque aube est une force ( $F_1$ ) tangentielle à la roue pompe. Le produit de cette force par le rayon moyen ( $r$ ) de la roue donne le couple ( $T_1$ ) d'entraînement de la pompe (fig. 87.1.1).

$$T_1 = F_1 \times r$$

La décélération du fluide dans la roue turbine est provoquée par une force résistante. Cette dernière résulte de la pression exercée par le liquide sur les aubes de la turbine.

La résultante est une force ( $F_2$ ) tangentielle qui, multipliée par le rayon moyen ( $r$ ) de la roue, donne le couple ( $T_2$ ) développé par la turbine (fig. 87.1.2)

$$T_2 = F_2 \times r$$

Les forces ( $F_1$ ) et ( $F_2$ ) étant égales et les roues ayant le même rayon ( $r$ ), les couples ( $T_1$ ) et ( $T_2$ ) sont égaux.

Le couple ( $T_2$ ) développé par la turbine en fonction de sa vitesse est représenté par une parallèle à l'axe relatif à la vitesse du véhicule (fig. 87.1.3).

#### 87.2 Vitesse du véhicule en fonction de la vitesse du moteur diesel lors du fonctionnement en coupleur.

Le glissement entre la roue pompe et la roue turbine est maximal lorsque la turbine est à l'arrêt.



Lorsque, en fonctionnement normal du coupleur, le glissement s'est stabilisé à environ 2 à 3 %, le rapport de transmission est à ce moment constant.

Dans ces conditions, la variation de la vitesse du véhicule en fonction de la vitesse du moteur diesel est représentée par une oblique. Un glissement important se produit lors de la mise en service du coupleur si le véhicule est à l'arrêt.

La vitesse maximale du véhicule est obtenue lorsque celle du moteur diesel est atteinte (fig. 87.2.1).

### 87.3 Rendement du coupleur hydraulique en fonction de la vitesse du véhicule.

Le rendement est le rapport existant entre la puissance recueillie au secondaire et celle fournie au primaire.

$$\text{rendement} = \frac{T_2 \times n_2}{T_1 \times n_1}$$

Le couple (C 2) développé par la turbine étant à tout moment égal au couple (C 1) d'entraînement de la pompe, la formule se simplifie de la façon suivante :

$$r = \frac{T_2 \times n_2}{T_1 \times n_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_1 - s}{n_1} = 1 - \frac{s}{n_1} = (100 - s) \%$$

Le rendement est nul lorsque la turbine est à l'arrêt c'est-à-dire lorsque le glissement est égal à 100 %. Il augmente de 97 à 98 %. (fig. 87.3.1).

La perte de rendement se transforme en échauffement du fluide.

### 87.4 Vidange du coupleur hydraulique (fig. 87.4 et 87.4.2)

La vidange des coupleurs hydrauliques utilisés dans les turbo-transmissions se fait par des soupapes de vidange <sup>rapide</sup> généralement au nombre de trois, placées sur leur pourtour.

La soupape de vidange rapide est placée dans un logement prévu à la périphérie du carter du coupleur.

A l'intérieur du logement, une fine membrane (1) en acier trempé peut, sous la poussée de la pression du fluide de remplissage ou de la force centrifuge, être appliquée sur son siège (2) ou s'écarter de celui-ci.

Lors du remplissage du coupleur, la membrane (1) subit sur sa face supérieure la pression du fluide venant du conduit de remplissage via le canal (3). Sur une partie de sa face inférieure elle reçoit, sous l'effet de la force centrifuge la poussée du liquide se trouvant à l'intérieur du coupleur. Par la force résultante des différences de surfaces, la membrane (1) est appliquée sur son siège (2) et ferme l'orifice d'échappement (4). Un écoulement réduit du fluide se fait toutefois par l'orifice (5) prévu dans le logement.

Si l'arrivée du fluide de remplissage est interrompue, la membrane (1) ne subit plus que la poussée sur sa face inférieure, résultant de la force centrifuge. La membrane s'écarte de son siège (2), découvre l'orifice d'échappement (4) et permet la vidange rapide du coupleur.

#### 87.5 Combinaisons possibles des transmissions hydrauliques.

Différentes combinaisons sont utilisées. On peut rencontrer :

- un transformateur de couple,
- un transformateur de couple associé à une prise directe mécanique,
- un transformateur de couple et un coupleur,
- un transformateur de couple et deux coupleurs,
- deux transformateurs de couple et un coupleur.

Lorsque deux transformateurs de couple sont utilisés, ils sont de constructions différentes ou ils entraînent l'arbre secondaire par des couples d'engrenages différents.

Si plusieurs coupleurs sont utilisés, ils entraînent l'arbre de sortie par des couples d'engrenages différents.

#### 87.6 Choix des éléments de la turbo-transmission.

Le premier élément utilisé est toujours un transformateur de couple car au démarrage et aux faibles vitesses le couple doit être multiplié.

Nous avons vu que le couple  $T_2$  développé par le transformateur de couple est égal au couple d'entraînement  $T_1$  lorsque la vitesse de la turbine est égale à 70 % de celle de la roue pompe. Il faut donc passer à un autre élément hydraulique avant que le couple  $T_2$  ne devienne insuffisant.

Le choix entre transformateurs et coupleurs pour les étages suivants, dépend de l'utilisation et de la construction de l'engin.



QUESTIONNAIRE.

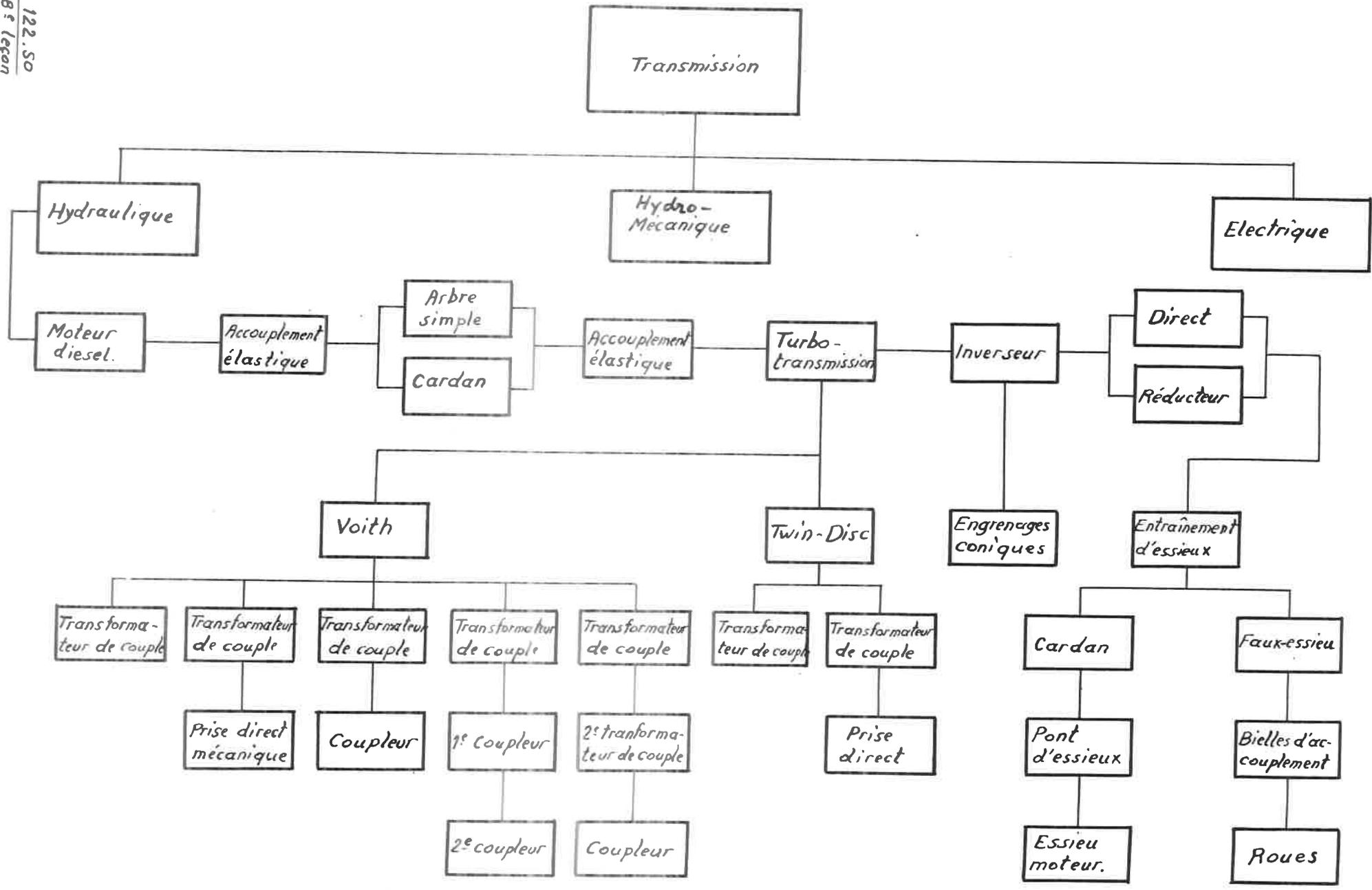
- 85.0.1 Quels sont les organes de transmission rencontrés de l'arbre de sortie du moteur diesel aux essieux sur une locomotive diesel hydraulique ?
- 85.0.2 De quels organes est constituée une turbo-transmission ?
- 85.1.1 Quel est le but du transformateur de couple hydraulique ?  
Comment la transformation d'énergie est-elle réalisée dans le transformateur de couple ?
- 85.1.2 Expliquez le principe de fonctionnement du transformateur de couple .
- 85.2.1 Quels sont les organes constitutifs du transformateur de couple hydraulique ?  
Quelle est la forme des aubes ? Comment sont-elles disposées ?
- 85.3.1 Expliquez à l'aide de la figure 85.3.2 la multiplication du couple moteur dans le transformateur de couple lorsque la roue turbine est à l'arrêt.
- 85.3.2 Quelle est la valeur du couple  $T_2$  transmis par la turbine lorsque sa vitesse de rotation est égale à 70 % de celle de la roue pompe ? Justifiez votre réponse à l'aide de la figure 85.3.4.
- 85.3.3 Quel est le couple développé par la turbine lorsqu'elle tourne à la même vitesse que la roue pompe ? Pourquoi ?
- 86.0.1 Tracez le diagramme et expliquez la liaison existant entre la vitesse de la roue pompe et de la turbine en fonction de la vitesse du véhicule.
- 86.1.1 Tracez le diagramme et expliquez la variation du couple  $T_2$  développé par la turbine en fonction de la vitesse du véhicule.
- 86.2.1 Est-il souhaitable de n'utiliser qu'un seul transformateur de couple en transmission hydraulique? -Justifiez votre réponse.
- 86.2.2 Quel est le rendement du transformateur de couple hydraulique ? Comment varie-t-il en fonction du rapport des vitesses de la roue pompe et de la turbine ?
- 87.0.1 Quelle est la différence entre un accouplement hydraulique et un coupleur hydraulique ?

x x x x x x

2.

- 87.1.1 Comment prend naissance le couple transmis par la turbine dans le coupleur hydraulique ?
- 87.1.2 Quel est le rapport existant entre le couple à l'entrée et le couple à la sortie dans le coupleur hydraulique ?
- 87.2.1 Expliquez, à l'aide d'un diagramme, la variation de la vitesse du véhicule en fonction de la vitesse du moteur diesel lors de l'utilisation d'un coupleur en transmission hydraulique.
- 87.3.1 De quel facteur dépend le rendement du coupleur hydraulique ?  
Justifiez votre réponse.
- 87.4.1 Expliquez le fonctionnement de la soupape de vidange rapide lors du remplissage et de la vidange du coupleur hydraulique.
- 87.5.1 Donnez, sous forme de tableau, les différentes combinaisons possibles des éléments utilisés en transmission hydraulique.
- 87.6.1 Quel est le premier élément utilisé en transmission hydraulique ? Justifiez votre réponse.

x x x





LA TRANSMISSION HYDRAULIQUE (suite).

89.0 Turbo-transmission Voith.

La turbo-transmission Voith équipe la plus grande partie de nos engins de traction à transmission hydraulique. Elle comporte soit un transformateur de couple et deux coupleurs, soit deux transformateurs de couple et un coupleur.

L'inverseur ou l'inverseur-réducteur ne fait pas partie de la turbo-transmission mais est accouplé directement à cette dernière.

La transmission étudiée ci-après, comporte un transformateur de couple et deux coupleurs.

89.1 Description de la turbo-transmission (fig. 89.1.1)

Le moteur diesel entraîne l'arbre d'entrée (1) et par l'intermédiaire des engrenages (2) et (3) l'arbre primaire (4). Sur ce dernier sont calées les roues pompes (5, 6 et 7) du transformateur de couple (TC) et des coupleurs (1<sup>er</sup> C et 2<sup>e</sup> C).

Au démarrage, le transformateur de couple (TC) est alimenté en huile. Le couple développé par la roue turbine (8) est transmis à l'arbre secondaire (13), via le carter (9) et la roue turbine (10), par les engrenages (11) et (12).

L'arbre de sortie entraîne le faux-essieu de la locomotive par l'intermédiaire des engrenages de l'inverseur.

Lors de l'accélération de l'engin, à une vitesse déterminée, le transformateur de couple se vide et le premier coupleur est alimenté en huile. Le couple développé par la roue turbine (10) est transmis à l'arbre secondaire (13) par les mêmes engrenages (11) et (12).

A une vitesse encore plus élevée, le premier coupleur (1<sup>er</sup> C) se vide et le deuxième coupleur (2<sup>e</sup> C) est alimenté. Le couple développé par la roue turbine (14) est transmis à l'arbre (13) par les engrenages (15) et (16).

Les engrenages (11) et (12) et les engrenages (15) et (16) ont des rapports différents. Ces rapports sont choisis de telle façon que le passage de premier en deuxième coupleur se produise sans variation brusque de l'effort de traction.



Lors de la décélération de l'engin, le passage d'un étage à l'autre se produit de la même façon mais en sens inverse.

## 89.2 Fonctionnement de la turbo-transmission.

A l'arrêt du moteur diesel, tous les circuits d'huile sont vidés. Dès que le moteur tourne, les pompes à huile (19) et (19a) sont entraînées par un système d'engrenages droits et coniques. L'huile sous pression se rend au distributeur principal (DP) par la conduite (20) et à la soupape d'enclenchement (SE) par la conduite (30) via le filtre (47).

Lors de la mise en traction, la soupape d'enclenchement (SE) est ouverte pneumatiquement. L'huile sous pression se rend, via le distributeur centrifuge (DC) et la conduite (32), vers le distributeur principal. Le piston (33) descend à fond de course et entraîne les pistons (33a) et (21).

La position du piston (21) est telle qu'à ce moment, les conduites (20) et (23) sont en communication. Le transformateur de couple se remplit.

La locomotive démarre. Au fur et à mesure de l'augmentation de vitesse, les masselottes (36) du distributeur centrifuge (DC) s'écartent. Le tiroir se déplace vers la gauche et les conduites (37) et (38) sont alimentées en huile sous pression. La conduite (32) reste alimentée.

L'huile venant de la conduite (37) pousse le piston (33a) du distributeur principal vers le bas. Celui-ci entraîne le piston (21). La conduite (20) est mise en communication avec la conduite (39) et le distributeur secondaire (DS). La conduite (23) n'étant plus alimentée, le transformateur de couple se vide par la conduite (26) et le distributeur principal (DP).

Simultanément, l'huile venant par la conduite (38) au distributeur secondaire (DS) pousse le piston (22) vers le haut. Les conduites (39) et (24) sont en communication. Le premier coupleur se remplit.

A une vitesse plus élevée du véhicule, le tiroir du distributeur centrifuge (DC) est à l'extrême gauche. Les conduites (32) et (37) restent alimentées et la conduite (38) se vide.

Les pistons du distributeur principal (DP) restent en place. Le piston du distributeur secondaire (DS) se déplace vers le bas. La conduite (39) n'est plus en communication avec (24) mais avec (25).

Le deuxième coupleur se remplit tandis que le premier se vide par les soupapes de vidange rapide.

Lorsque la vitesse de la locomotive diminue, les circuits se vident et se remplissent dans l'ordre inverse.

L'huile de la transmission est refroidie dans un échangeur de chaleur (28) par le fluide de refroidissement du moteur.

Le graissage des organes est assuré par une partie de l'huile fournie par la pompe (19a). Sur certains engins, une pompe à huile (57) entraînée par le secondaire permet le graissage lors de la remorque de l'engin dont le moteur diesel est arrêté.

Les figures 89.2.1 à 89.2.4 représentent le fonctionnement de la turbo-transmission aux différents étages de vitesse.

### 89.3 Remplissage partiel du transformateur de couple.

Normalement, le distributeur principal (DP) ne peut prendre que deux positions :

- vidange complète du transformateur;
- remplissage complet du transformateur.

Certains engins sont équipés d'un dispositif de remplissage partiel du transformateur de couple (fig. 89.1.1). Ce dispositif consiste en un servo-moteur (80) qui, lorsqu'il est alimenté en air, place le piston du distributeur principal dans une position intermédiaire. A ce moment, le transformateur de couple ne se remplit que partiellement.

Les avantages du remplissage partiel sont :

- la mise en contact sans chocs avec les véhicules à accrocher;
- le déplacement à vitesse réduite lors des manoeuvres;
- la mise en mouvement de la locomotive dès que le signal en est donné;
- le démarrage doux du train.

### 89.4 Influence primaire.

L'influence primaire est un dispositif qui permet d'anticiper le passage des différents étages de la turbo-transmission.

Le distributeur centrifuge (DC) est muni de deux masselottes (36) tenues en équilibre par la tension du ressort (63).

Si cette tension n'était pas variable, du fait de l'entraînement du distributeur centrifuge par l'arbre secondaire de la transmission, le passage d'un étage à l'autre se produirait toujours à une vitesse bien déterminée et constante de l'engin.

Pour obtenir la continuité de la courbe de l'effort de traction, la vitesse de transition doit être avancée lorsque la transmission est moins chargée (fig. 89.4.1).

L'adaptation de la tension du ressort (63) du distributeur centrifuge (DC) à la charge du moteur, appelée "influence primaire", se fait par l'intermédiaire du servo-moteur (61) alimenté en air sous la même pression que le servo-moteur de réglage de la puissance du moteur.

Le déplacement du piston du servo-moteur (61) donne, par le levier (62) une précontrainte du ressort (59). Elle détermine aussi la tension du ressort (63) par l'intermédiaire du levier (60) qui s'appuie d'une part, sur le ressort (63) et d'autre part, sur le ressort (59).

L'élévation de la vitesse de transition dépend de l'augmentation de charge du moteur. La figure 89.4.1 représente, pour une transmission, équipée d'un transformateur de couple et de deux coupleurs, l'effet de l'influence primaire pour quatre charges différentes du moteur diesel.

#### 89.5 Protection contre la survitesse (fig. 89.5.1)

Le dispositif de survitesse de la turbo-transmission provoque l'application automatique des freins dès que la vitesse maximale est dépassée d'environ 10 %. Le freinage d'urgence est réalisé par la vidange de la conduite automatique du frein.

Le levier (60), situé entre le distributeur centrifuge et le ressort de l'influence primaire, provoque l'ouverture de la soupape (81) dès que la survitesse est atteinte. Le levier (60) est actionné par le déplacement des masselottes du distributeur centrifuge.

Par l'ouverture de la soupape (81), l'air se trouvant en-dessous de la soupape principale (82) et qui maintient celle-ci contre son siège, s'échappe à l'atmosphère.

L'air de la conduite automatique du frein agissant sur la surface annulaire de la soupape principale (82) pousse celle-ci vers le bas et comprime le ressort (87). L'ouverture de la soupape met la conduite automatique à l'atmosphère et les freins s'appliquent.

La soupape principale (82) est maintenue en position ouverte par un système de verrouillage à billes (83). Pour remettre le dispositif en position normale, il faut enlever le couvercle (85), qui est plombé et enfoncer le bouton (84). Le ressort (87) ferme alors la soupape principale (82). Un levier (86) permet l'essai manuel du dispositif.

### 89.6 Transformateur de couple "Twin Disc".

Le transformateur de couple "Twin Disc" est constitué :

- d'une roue pompe (1) entraînée par le moteur diesel,
- d'une roue turbine (2) à 3 étages c'est-à-dire comportant trois couronnes d'ailettes,
- d'un stator (3) à 2 couronnes d'ailettes.

Le principe de fonctionnement du transformateur de couple "Twin Disc" est représenté à la figure 89.6.1.

Le fluide animé d'une certaine vitesse à la sortie de la roue pompe agit sur les aubes (t 1) du premier étage de la turbine. A la sortie de celui-ci, le fluide est redressé par les aubages fixes (s 1) de la première couronne du stator.

Le fluide passe ensuite par le deuxième étage (t 2) de la turbine, la deuxième couronne (s2) du stator et ensuite par le troisième étage (t3) de la turbine avant d'être repris par la roue pompe.

La figure 89.6.2 donne une représentation simplifiée du Twin Disc.

- Contrairement aux autres transformateurs de couple hydraulique, le Twin Disc est constamment alimenté en huile.

Son isolement est réalisé en arrêtant la roue pompe et la roue turbine par l'intermédiaire d'embrayages.



LA TRANSMISSION HYDROMECHANIQUE.

90.0. GENERALITES.

Les principaux organes rencontrés de l'arbre de sortie du moteur diesel aux essieux moteurs de l'engin sont : fig. 90.01

- la boîte "Diwa-Bus" (1) dans laquelle s'effectue la multiplication du couple et la démultiplication de la vitesse;
- un arbre à cardans intermédiaire entre la boîte et l'inverseur (2);
- un inverseur de marche à pignons droits combiné avec un différentiel (3);
- un dispositif d'attaque des essieux moteurs par arbres à cardans et ponts d'essieux à vis sans fin (4).

La boîte "Diwa-Bus" comprend (fig. 90.02)

- un limiteur de couple A, constitué d'un accouplement à friction constamment en prise. Il protège le moteur diesel et la boîte automatique contre des surcharges;
- une boîte différentielle de transfert (B);
- un transformateur de couple hydrodynamique (C);  
La puissance est transmise par l'intermédiaire d'un fluide à faible viscosité;
- un changeur de gammes à trains épicycloïdaux (D).

90.1. Principe de fonctionnement de la boîte différentielle de transfert et du transformateur de couple (fig. 90.1.1).

1° Fonctionnement en transmission hydromécanique.

Le couple moteur est appliqué au planétaire S. Dans l'hypothèse où la résistance qui s'oppose à la rotation du boîtier q et égale à celle qui s'oppose à l'arbre (b) et, suivant le principe du différentiel. La vitesse de l'arbre (b) sera la même que celle du boîtier (q). Les satellites (p) tournent autour de l'axe  $xx'$  dans tourner autour de leur axe  $yy'$ . Si l'arbre (b) cesse de tourner, les satellites (p) tourneront autour de leur axe  $vy'$  et progresseront sur le planétaire r.

Compte tenu du rapport d'engrenage, la vitesse du boîtier (q) sera double de celle du moteur.

2.

C'est le cas lorsque l'engin est à l'arrêt, la pompe (p) calée sur le boîtier (q) fait donc circuler l'huile contenue dans le transformateur de couple - nous aurons à ce moment un couple surmultiplié propre au démarrage.

Au fur et à mesure que la vitesse de l'arbre (b) augmente, la vitesse du boîtier (q) diminue.

Pour une vitesse de l'arbre (b) égale à 70 % de celle du porte-satellite (s) on passe au régime de transmission mécanique.

## 2° Fonctionnement en transmission mécanique.

Lorsque la bande frein (d) bloque le boîtier porte-satellites (q), la puissance est transmise via le planétaire (S), les satellites (p) et le planétaire r.

La turbine (T) freinée par la pompe (P) à l'arrêt est découplée automatiquement par le dispositif de roue libre (F), on remarque aussi une chute de la vitesse du moteur.

### 90.2. Changement de régime (fig. 90.2.1).

Une pompe à engrenage calée sur l'arbre (b) fournit une pression d'huile proportionnelle à la vitesse de l'engin. L'huile passant par la vis de réglage agit sur le distributeur (L), combat l'action du ressort (m) et peut alors actionner le vérin (O) qui provoque le blocage du boîtier porte-satellites. Le remplissage du convertisseur et le graissage de la boîte "Diwa-Bus" est assuré par l'huile fournie par les pompes (a) et (c). Le circuit s'établit via le carter de la boîte - la crépine (d), les pompes (a) et (c), le convertisseur (e) et le filtre (g).

Une soupape tarée (f) maintient le circuit sous pression.

### 90.3. Le graissage et le remplissage (fig. 90.2.1).

Le remplissage du convertisseur est assuré par l'huile fournie par la pompe (A) commandée par l'arbre d'entrée. L'huile est aspirée à travers la crépine (d) et refoulée via la pompe vers le transformateur de couple. Deux soupapes f et z limitent la pression maximale. Une partie de l'huile du transformateur de couple retourne toujours vers la crépine via le filtre G pour éviter l'échauffement exagéré.

Dans ce circuit il peut être prévu un échange de chaleur (par ex. au M.D. refroidi à l'air). Sur les véhicules moteurs de la SNCB la boîte Diwa-Bus est entourée par une chambre d'eau.

La pompe secondaire C est entraînée par l'arbre de sortie b; elle sert également au remplissage du transformateur de couple et au graissage de la transmission lorsque l'autorail est remorqué comme véhicule.

90.4. Le changeur de gammes à trains épicycloïdaux (fig. 90.4.1 - 90.4.2).

Constitué de deux trains d'engrenages solidaires, le blocage pneumatique de la bande (O) ou (P) permettra de rouler respectivement en grande ou petite vitesse.

1er cas: Quand la bande (O) est appliquée, la couronne M est bloquée. Le satellite (N) mu par L roule à vitesse réduite sur la couronne entraînant le porte-satellite (R). Le satellite (U) entraîné par (G) roule sur la couronne en mouvement (R). Le porte-satellite (V) calé sur l'arbre (C) tourne.

2ème cas: Quand la bande (P) est appliquée, la couronne (R) est bloquée. Le satellite (U) mu par G roule sur la couronne immobile (R), entraînant le porte-satellite (V) calé sur l'arbre (C) on peut conclure que la vitesse de l'arbre C est plus grande que dans le 1er cas.

90.5. Sélection d'une gamme de vitesse.

a) Circuit pneumatique (fig. 90.5.1).

L'air des servos de blocage des bandes (O) ou (P) provient du réservoir des servitudes via le filtre (F) - le robinet d'isolement (42) l'E.V traction excitée. Suivant la position du robinet 72, le servo a ou b sera alimenté.

b) Circuit électrique (fig. 90.5.2).

L'électro-valve de traction est alimentée en 24 V à partir du sectionneur "Batterie" (11), les fusibles F 18 et F 36, les interlocks de la manette d'inversion, les mano-contacts (64, 71 et 61) et l'interrupteur de traction (85).





ORGANES MECANIQUES DU MATERIEL ROULANT DIESEL.

91.01. Trains de roues (fig. 91.01 $\bar{1}$ ).

Un train de roues se compose en principe d'un essieu en acier forgé et de deux roues. Les roues sont calées sur les essieux.

Pour les essieux moteurs, un engrenage est calé sur le moyeu d'une roue ou sur le moyeu des deux roues.

Dans le but d'assurer le guidage, les roues sont munies de bourrelets du côté intérieur des voies. Les surfaces de roulement sont légèrement coniques afin d'augmenter la stabilité de marche.

En effet, par cette disposition la roue qui aurait tendance à quitter sa position moyenne sur le rail y serait ramenée automatiquement par suite de la différence des rayons au point de contact avec le rail (mouvement de lacet).

91.02. Essieux.

En traction diesel, la SNCB utilise exclusivement des essieux munis de boîtes à rouleaux (fig. 91.02.1 - 91.02.2) dans ce cas, les fusées servent uniquement comme portée de calage pour les roulements. Le champignon est remplacé par une partie filetée sur laquelle se visse un écrou de serrage.

91.03. Roues.

Les roues sont en acier moulé ayant une résistance minimum à la rupture de  $50 \text{ daN/mm}^2$ .

Le centre de roues moteurs peut avoir différentes formes spéciales afin de s'adapter aux besoins de la traction diesel; par exemple, pour permettre le calage d'une roue dentée, on prévoit une portée de calage sur le centre de roues (91.03.1).

91.04. Bandages.

La plupart des locomotives de lignes sont munies de roues types monobloc. Après usure, pour des raisons techniques et aussi dans un but d'économie, le chemin de roulement ne fait pas partie intégrante de la roue.

On utilise des bandages calés à chaud, sur les centres de roues; alors que pour les centres de roues l'acier moulé est suffisamment résistant on emploie pour les bandages un acier de très haute résistance (78 DAN) et d'une durée suffisante afin de limiter l'usure,  $\text{daN/mm}^2$ .

2.

On dit que les essieux sont à bandages rapportés. Ils sont à surveiller tout spécialement par le personnel roulant et par le personnel d'entretien, car un bandage lâché, peut être à l'origine d'accidents graves.

Le profil adopté par la SNCB est donné à la fig. 91.04.1. Il arrive même que le bandage se déplace de quelques millimètres par rapport à sa position initiale.

Afin d'en permettre la vérification on a frappé au burin un trait repère sur le bandage et sur la jante (fig. 91.04.2) dans le même alignement - 4 traits blancs de 15 mm marqués radialement sur la face extérieure de la jante et du bandage et dans le prolongement à l'un de l'autre.

Dès que le bandage s'est déplacé, les repères (traits de burin et de couleur) ne sont plus en concordance. Il y a lieu dans ce cas d'immobiliser d'urgence la locomotive.

Les conducteurs doivent obligatoirement lors de la préparation d'un engin et à chaque occasion favorable au cours de leur service, vérifier le bon état des roues de la locomotive. Ils signalent notamment la nécessité de rafraîchir les marques de couleur.

Le personnel spécialisé peut également se rendre compte si un bandage est lâché en le sondant au moyen du marteau.

Le tableau ci-dessous donne les principales dimensions à l'état neuf d'une part, et celles qui nécessitent un reprofilage d'autre part:

	<u>neuf</u>	<u>usé</u>
épaisseur du bourrelet (mm)	33	20
hauteur du bourrelet (mm)	27	36
critère QR (mm)	11	6,5

La grandeur QR est la distance horizontale entre deux points de la surface active du bourrelet dont l'un est situé à 2 mm en-dessous du sommet et l'autre à 10 mm en contrebas du cercle de roulement.

Pour les locomotives de manoeuvres, avec bielles d'accouplement, les roues intermédiaires sont des bandages avec profil adapté pour faciliter l'inscription en course.

#### Reprofilage des bandages.

- lorsque le critère QR du bourrelet devient trop petit (moins de 6,5 mm) ou que celui-ci présente un tranchant ou une bavure;
- lorsque l'épaisseur ou la hauteur du bourrelet arrive à la limite indiquée ci-dessus;
- lorsque la surface de roulement présente des plats ou lorsqu'elle n'a plus la conicité voulue.

Afin d'éviter les inconvénients qu'amène l'emploi de bandages, la SNCB utilise de plus en plus de roues monoblocs en acier laminé de grande résistance et de grande dureté.

91.05. Dispositif de graissage de roues des locomotives de manoeuvres (fig. 91.05.1).

En principe, l'installation de graissage des bourrelets de roues, se compose d'un graisseur mécanique type A, entraîné par un organe de la locomotive et de pièces d'amenée d'huile, quatre en totalité, pour la lubrification des deux roues avant et des deux roues arrières.

Il répond à toutes les exigences qu'assure un bon graissage.

- Seuls les bourrelets et, non la surface des roulements de la roue sont alimentés d'huile, ce qui évite le glissement des roues.
- La pellicule d'huile, qui se forme sur les flancs intérieurs des rails, est aussi reprise par les bourrelets des autres roues.
- Le graissage automatique assure un débit de lubrifiant en fonction de la vitesse.
- L'alimentation du lubrifiant cesse à l'arrêt de la locomotive.
- Le graissage est entièrement automatique, donc indépendant du conducteur.
- Le débit est réglable et permet donc une alimentation d'huile qui correspond aux besoins.

91.06. Graisseurs des coussinets des bielles d'accouplements.

On distingue deux dispositions.

- 1° Le godet graisseur alimenté par de la graisse et entretenu par le service de l'atelier.
- 2° Le graisseur à épinglette alimenté en huile et dont l'entretien est assuré par le personnel roulant (fig. 91.06.1).

Il comporte un godet ordinairement creusé dans la pièce et présentant au centre une tubulure de graissage A.

La partie supérieure de cette tubulure présente une tête T rapportée, en acier, formant bouchon et percée en son centre d'un trou de 1 mm de diamètre.

Un petit fil de cuivre ou de laiton de 0,6 mm de diamètre environ appelé communément épinglette, pénètre dans le petit trou par une partie droite d'une certaine longueur.

L'épinglette repose sur la tête de la tubulure par une partie façonnée en forme de spirale.

Le gobelet est fermé par le haut par un bouchon métallique. Au repos, ce graisseur ne débite donc pas, mais dès qu'il y a mouvement, l'huile agitée est projetée contre l'épinglette et s'écoule par son propre poids le long de la tige centrale.

Il est à remarquer que l'épinglette elle-même, monte et descend pendant la marche, ce qui facilite le passage de l'huile et prévient d'une façon efficace toute obstruction due à des impuretés.

#### 91.07. Boîtes d'essieux.

Le poids du véhicule repose sur les fusées d'essieux par l'intermédiaire de coussinets en métal anti-friction lubrifiés à l'huile ou par l'intermédiaire de roulements à rouleaux lubrifiés à la graisse consistante.

Une boîte en acier moulé appelée boîte d'essieu enveloppe la fusée et sert d'appui aux ressorts de suspension.

Les boîtes d'essieux doivent également assurer le guidage des mouvements du châssis dans le plan vertical (fig. 91.07.1).

##### A. Boîtes à rouleaux (fig. 91.07.2 à 91.07.5).

Les boîtes à rouleaux sont établies suivant un principe tout différent des boîtes à coussinets. Le frottement onctueux entre fusée et coussinet est remplacé par un roulement de rouleaux sur une surface très dure.

Un roulement à rouleaux est constitué par une bague extérieure "A" et une bague intérieure "B" en acier de très haute résistance trempé et rectifié. Entre les deux bagues sont placés des rouleaux "C" également en acier trempé, rectifié et poli. Ces rouleaux peuvent être de forme cylindrique, conique ou en forme de tonneau. C'est ce dernier modèle qui est également généralisé pour les boîtes d'essieux utilisées en traction électrique à la S.N.C.B.

La fig. 91.07.3 représente une boîte à rouleaux de locomotive. Les rouleaux sont tenus séparés l'un de l'autre par une cage en bronze.

Les fig. 91.07.2 et 91.07.5 représentent des modèles de boîtes à rouleaux pour wagons.

La bague intérieure des roulements est calée sur la fusée au moyen d'un manchon conique "M".

La bague conique étant fendue, il devient possible de régler exactement le jeu entre rouleaux et bagues. Il existe également des roulements posés en calage à chaud directement sur la fusée.

Les roulements sont lubrifiés avec une graisse consistante de haute qualité. En effet, la graisse doit adhérer aux surfaces malgré la vitesse de rotation élevée, elle ne peut fondre à une température de régime relativement importante.

L'étanchéité à la poussière et à l'eau est assurée à l'avant par un couvercle avec joint et à l'arrière par un joint en feutre ainsi que par un labyrinthe.

Les boîtes à rouleaux ont le grand avantage de nécessiter peu d'entretien.

Les résistances de frottement sont minimales; le graissage est assuré à tous les régimes. De ce fait, les avaries à ces organes sont très rares.

#### B. Boîtes à paliers lisses (fig. 91.07.6 et 91.07.7).

Le système à tampon graisseur (fig. 91.07.6) est encore utilisé sur certains wagons. Le corps de boîte "A" porte en sa partie supérieure un coussinet en métal antifriction "M". L'huile du carter est amenée sur la fusée par capillarité au moyen d'un tampon graisseur T constitué par une garniture de fils de laine montée sur une carcasse en tôle pressée légèrement contre la partie inférieure de la fusée par un ressort "V". Le joint "E" en bois assure l'étanchéité à l'arrière de la boîte.

91. En variante du système à tampon graisseur, la fig. 91.07.7 reprend une boîte d'essieux avec packing.

Ces boîtes présentent de sérieux inconvénients:

- étanchéité déficiente;
- entrée d'eau et de poussières.

Malgré de fréquentes visites, l'échauffement est à craindre à la moindre irrégularité et ses conséquences sont toujours graves.

Les boîtes à graissage mécanique sont plus perfectionnées.

La fig. 91.07.8 représente un des nombreux types en service à la SNCB: il s'agit d'une boîte "Isothermos".

Actuellement ce type de boîte est en cours d'élimination au profit de la boîte à rouleaux.

6.

C. Echauffement des boîtes d'essieux.

91.08. Détection.

a) En dehors des zones d'action d'un détecteur automatique.

Ce genre d'anomalie ne sera révélé, en ligne, que par des signes extérieurs déjà très avancés. (Agents E, V ou ES). Par exemple boîte en feu - fumées - sifflements).

Dans un tel cas, et quel que soit le type de boîte en cause, il y a lieu de vérifier s'il n'y a pas de rupture de fusée, et dans la négative, rechercher la possibilité la plus rapprochée de différer le wagon pour examen ultérieur par des agents M spécialisés. En cas de bris, appeler le secours sur place.

b) Boîte de wagon signalée par un détecteur automatique.

Ces appareils qui déclenchent l'alarme en cabine lorsqu'un seuil de température (1) déterminé est dépassé, sont situés sur les lignes à fort trafic et en des endroits permettant le garage du train à courte distance (entrées de gares de passage dans les 2 sens). Lors d'une telle alarme, le train étant arrêté, il y a lieu de procéder à un examen de près avant toute décision.

Etant donné que le détecteur ne mesure que la température du centre de la boîte, il ne donnera, en principe, pas d'alarme pour une température trop élevée des blocs de frein. Seul en cas d'un calage de freins de longue durée, avec transmission de la chaleur de la roue à la boîte d'essieu, le détecteur réagira.

Si la voie de garage est située dans une gare disposant à ce moment d'un visiteur du matériel, c'est cet agent qui procèdera à l'examen et prendra une décision.

Dans le cas contraire, le conducteur du train est habilité à prendre la décision après examen.

Compte tenu des différences fondamentales dans le comportement des boîtes d'essieux selon leur type de graissage, il est important de reconnaître le type de boîte en cause avant toute décision.

91.09. Identification.

a) Boîtes à paliers lisses.

Elles sont de l'un des modèles représentés aux fig. 91.07.6 - 91.07.7 - 91.07.8.

---

(1) soit un seuil maximum, soit un seuil de différence de température des boîtes d'un même essieu.

Ci le modèle en cause n'est pas clairement identifié et ne répond pas aux critères du point b) ci-dessous, il y a lieu de la considérer comme "probablement à paliers lisses" et de le traiter comme tel.

b) Boîtes à rouleaux.

- 1°) Elles sont généralement de l'un des modèles fig. 91.07.2 à 91.07.5.
- 2°) Elles portent sur le couvercle avant ou sur le corps de boîte le sigle d'un constructeur de roulement: SKF - FAG - Jager - Timken - RIV, etc.
- 3°) Sur les wagons SNCF et NS et bientôt sur ceux de la SNCB, les véhicules porteurs de boîtes à rouleaux, portent sur les parois d'about, une marque spéciale suivant fig. 91.09.1.

Les boîtes du même modèle se trouvant sur d'autres wagons peuvent donc y être assimilées. Si cependant un doute persiste sur la nature réelle de la boîte, on la traitera comme "à paliers lisses".

91.10. Conduite à tenir en présence d'une alarme à détecteur automatique.

a) Boîte à paliers lisses en cause.

Compte tenu du danger d'évolution rapide vers la rupture de fusée, toute alarme significative d'un détecteur non défaillant doit donner lieu au retrait du véhicule (vide ou chargé).

b) Boîte à rouleaux.

Pour certains types de boîtes, à rouleaux, il arrive que dans certaines conditions de graissage et de chargement ou par température ambiante élevée, la température de régime de la boîte dépasse légèrement le seuil d'alarme fixé et s'y stabilise.

Plusieurs possibilités existent donc selon la nature du cas d'espèce observé.

- 1°) On ne constate aucune fumée, ni perte importante de graisse fondue et on peut toucher la boîte du dos de la main sans avoir une sensation de brûlure. D'autre part, on ne constate pas d'écart de température à l'autre boîte du même essieu. Dans un cas semblable, le conducteur peut décider de continuer, soit sans restriction, soit à vitesse réduite pour un parcours probatoire.

Cette décision doit être prise en accord avec le Service E afin de déterminer si la chose est possible compte tenu des possibilités d'un retrait ultérieur proche de  $\pm 15$  km et de la charge de la ligne à ce moment.



8. 2°) La boîte est manifestement chaude et présente les anomalies ci-après: couleur brûlée, graisse fondue, fumée ou un seul de ces indices.  
Dans ce cas, le retrait s'impose (vide ou chargé).

Remarque importante.

Si le wagon est chargé de marchandises dangereuses (Inflammables - Explosibles - Explosives - Radio-actives, etc...) il doit toujours être différé quelles que soient les constatations faites lors de l'examen (voir étiquettes des produits dangereux).

91.11. But des appareils de choc et de traction.

Les appareils de choc et de traction sont constitués par les butoirs et les attelages.

Alors que les attelages servent à transmettre l'effort de traction de la locomotive à tous les véhicules du train, les butoirs ont pour but d'absorber les chocs survenus entre les véhicules.

Lors de l'accouplement des voitures, dans les trains de voyageurs, on donne un certain serrage aux butoirs (800 ~~dan~~ au moyen du tendeur. Cette "tension d'attelage" a pour but d'améliorer le confort des véhicules en corrigeant les mouvements parasites tels que balancement, lacet, etc...

Dans les trains de marchandises par contre, un certain mou est laissé dans les attelages de façon à faciliter le démarrage de trains lourds. En effet, dans ce cas, on démarre 1 véhicule à la fois, l'effort à développer augmente progressivement durant la phase de démarrage.

a) Traction discontinue.

Dans certaines voitures on rencontre encore des crochets de traction ou attelages fixés sur la traverse de tête du châssis par l'intermédiaire d'un ressort (fig. 91.11.1 et 91.11.2).

L'effort de traction se transmet d'un véhicule à l'autre par l'intermédiaire du châssis qui doit supporter la résistance de tous les véhicules qui le suivent.

Il en résulte que les véhicules supportent des chocs violents qui se répercutent dans tout le train, sauf si chaque voiture développe un effort.

b) Traction continue (fig. 91.11.3 et 91.11.4).

La plupart des voitures et des wagons ordinaires de la SNCB sont équipés d'une barre de traction continue sur toute la longueur du véhicule et terminée à chaque extrémité par un crochet de traction.

L'effort se transmet à chaque véhicule par l'intermédiaire d'un ressort.

Chaque châssis n'est donc plus sollicité que par l'effort nécessaire à son propre mouvement tandis que les barres de traction constituent un ensemble non élastique sur toute la longueur du train.

a) Crochet de traction (fig. 91.11.5).

Pour faciliter l'inscription en courbe de longues voitures, le crochet d'attelage se termine par un oeillet "A" qui lui permet de pivoter autour d'un axe vertical. A l'arrière du crochet un trou "B" est prévu pour le pivot de fixation du tendeur.

Les organes de traction sont prévus pour résister à un effort de 65 000 DAN (85 000 DAN pour les engins de traction).

Les crochets de traction sont en acier forgé à haute résistance (55 daN/mm<sup>2</sup>) et allongement de 2 %.

d) Tendeurs d'accouplement (fig. 91.11.6).

Le tendeur a pour rôle de transmettre l'effort de traction d'un véhicule à l'autre. Il permet en outre de réaliser la tension d'attelage voulue (trains de voyageurs).

Le tendeur le plus généralisé à la SNCB est représenté à la fig. 91.11.6. Il se compose d'une tige filetée A à pas gauche et droit (filet rond qui relie deux étriers D et C par l'intermédiaire d'écrous B munis de tourillons).

La pièce D est fixée par un pivot à l'oeillet du crochet d'attelage tandis que la pièce C s'accroche dans le crochet de la voiture qu'on doit accoupler.

Pendant la marche, le contrepoids reste pendu vers le bas et empêche ainsi tout desserrage par trépidation.

Lorsque le tendeur n'est pas utilisé, il est accroché à un crochet spécial A se trouvant sous la traverse de tête comme représenté à la fig. 91.11.7.



QUESTIONNAIRE.

- 89.0.1 Quels sont les circuits hydrauliques que l'on rencontre dans la turbo-transmission Voith ?
- 89.0.2 Où place-t-on l'inverseur utilisé avec cette turbo-transmission ? Pourquoi ?
- 89.1.1 A l'aide de la figure 89.1.1 décrivez la turbo-transmission Voith.
- 89.2.1 A l'aide de la figure 89.2.1 à 89.2.4, expliquez le fonctionnement de la turbo-transmission Voith.
- 89.3.1 Qu'entend-on par remplissage partiel de la turbo-transmission ?
- 89.4.1 A l'aide de la figure 89.1.1, expliquez en quoi consiste le dispositif de l'influence primaire de la turbo-transmission.
- 89.5.1 Comment protège-t-on la transmission hydraulique Voith contre une vitesse exagérée du véhicule ?
- 89.5.2 A l'aide de la fig. 89.5.1 expliquez le fonctionnement de l'appareil de survitesse de la turbo-transmission Voith.
- 89.6.1 Quelle est la différence de construction du transformateur de couple "Twin-Disc" par rapport à un autre transformateur de couple hydraulique.
- 89.6.2 Expliquez à l'aide des fig. 89.6.1 et 89.6.2 le fonctionnement du transformateur de couple "Twin-Disc".

x x x

- 90.1 Quels sont les éléments qui compose la boîte automatique Diwabus.
- 90.2 Comment se fait la commande du changement de régime.

x x x

2.

91.01. Par quel moyen on maintient le train de roues d'un essieu dans l'axe de la voie.

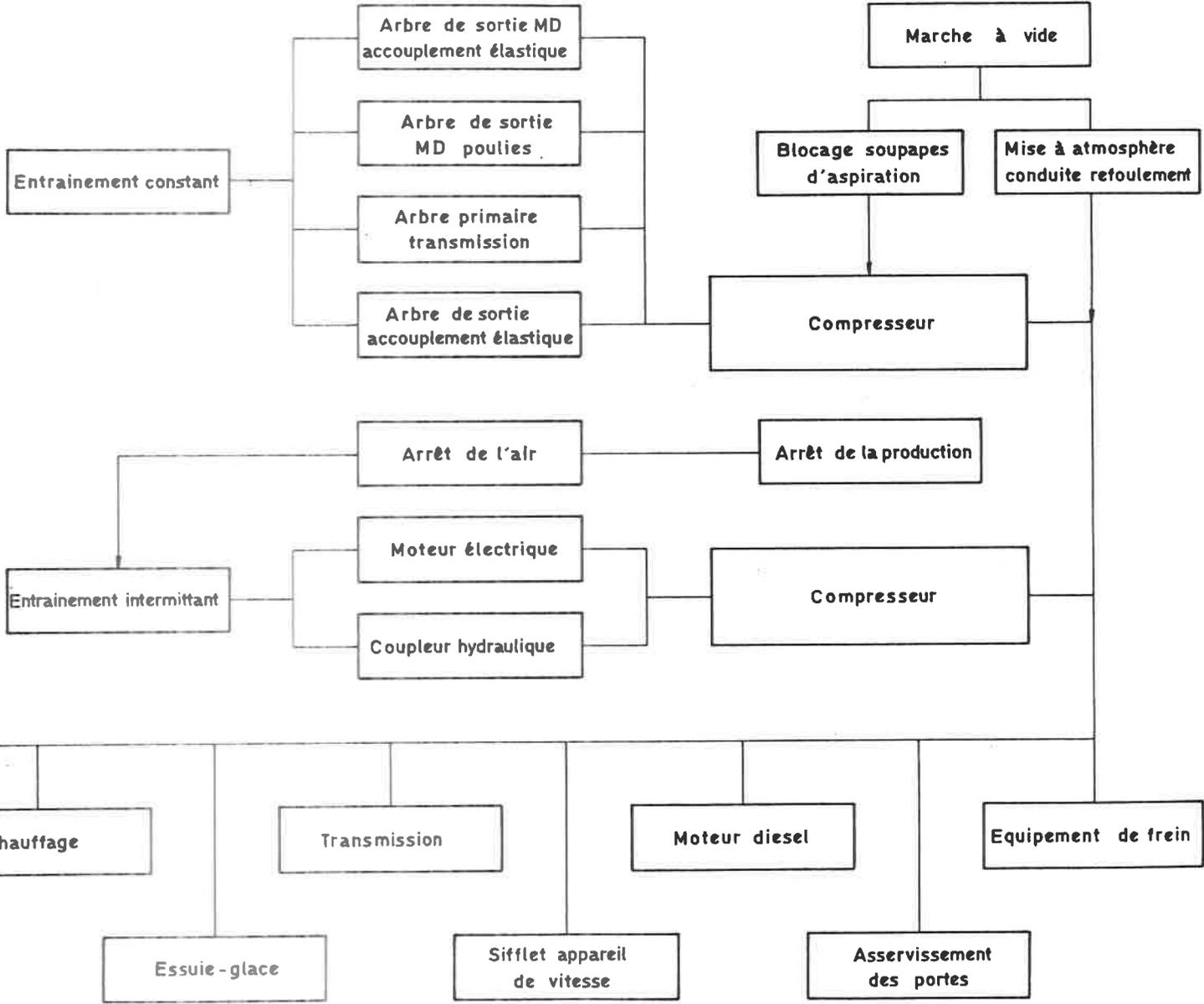
91.04.1. Comment sont constituées les roues d'un essieu de locomotive.

91.09.2. Comment sont repérés les bandages rapportés et citez les obligations du conducteur.

91.05.2. Qu'a-t-on fait pour diminuer l'usure des bourrelets de roues.

91.08.1. Comment se fait la détection d'une boîte chaude ?

Production et utilisation  
d'air comprimé



C.122.50  
92<sup>e</sup> leçon



## 9<sup>1</sup>e leçon.

### LA PRODUCTION D'AIR COMPRIME.

#### 93.0 Généralités.

Tout engin diesel doit être pourvu d'une installation de production d'air comprimé. Celle-ci doit permettre d'alimenter tous les circuits consommateurs et en particulier l'équipement du frein.

En dehors de cet équipement, les différents circuits auxiliaires alimentés sont :

- les commandes à distance pneumatiques ou électro-pneumatiques du moteur et de la transmission;
- le dispositif de veille automatique;
- certains appareils du chauffage;
- les sablières, les trompes, les essuie-glaces, le sifflet de l'appareil enregistreur;
- éventuellement, le mécanisme de commande des portes.

L'installation pneumatique comporte un ou deux compresseurs. Ceux-ci aspirent l'air atmosphérique et le refoulent dans un ou plusieurs réservoirs principaux. La pression maximale dans ces derniers est de 9 bar.

#### 93.1 Description du compresseur.

Les compresseurs en usage sur nos engins diesel sont tous du type à piston. Ils fonctionnent à simple effet. Ils sont à deux étages de compression. Ils comportent un ou plusieurs cylindres basse et haute pression disposés en ligne, en V ou en W.

Les cylindres sont munis d'ailettes pour le refroidissement par air. En tête de chacun d'eux, sont disposées les soupapes ou clapets d'aspiration et de refoulement.

Le graissage est assuré automatiquement, soit par barbotage, soit sous pression, à l'aide d'une pompe à engrenages entraînée par le vilebrequin du compresseur. Le niveau d'huile dans le carter est contrôlé par le conducteur au moyen d'une jauge ou d'un indicateur de niveau.



2.

### 93.2 Fonctionnement du compresseur.

Le compresseur représenté à la figure 93.2.1 est à deux cylindres, un pour chaque étage de compression. Les cylindres sont disposés en V et sont montés sur un carter unique.

Le compresseur est entraîné en permanence. Une soupape pilote règle le fonctionnement du compresseur par rapport aux pressions minimale et maximale dans le réservoir principal.

L'air atmosphérique est aspiré par le piston du cylindre basse pression (BP), à travers un filtre (F). Il est comprimé à une pression de 1,8 à 2,2 bar dans le premier étage.

L'air est refoulé dans le cylindre haute pression (HP) en passant par le réfrigérant. Il est ensuite comprimé dans le deuxième étage et refoulé au réservoir principal à une pression de 9 bar

Lorsque la pression maximale est atteinte au réservoir principal, par l'intervention de la valve pilote, le compresseur fonctionne en marche à vide. La compression ne reprend que lorsque la pression au réservoir principal est redescendue à 7,5 bar. Deux soupapes de sûreté (D) et (E) sont prévues, l'une sur le circuit basse pression, l'autre sur le circuit haute pression.

### 93.3 Dispositif de marche à vide.

Le dispositif de marche à vide du compresseur intervient dès que la pression maximale est atteinte dans le réservoir principal.

La neutralisation de la compression peut se faire de deux façons :

#### a) Mise à l'atmosphère de la conduite de refoulement.

Sur la conduite de refoulement est prévue une dérivation vers l'atmosphère. Elle est fermée par une soupape. Cette dernière, par l'intervention d'une valve pilote, s'ouvre dès que la pression dans le réservoir principal atteint 9 bar

A ce moment, le compresseur débite à l'atmosphère jusqu'au moment où la pression est descendue à 7,5 bar.

Ce système est peu utilisé. L'ouverture de la soupape de mise à l'atmosphère est bruyante.

b) Marche à vide par calage des soupapes d'admission.

Dans ce système on trouve deux solutions.

Dans la première (fig. 93.2.1), une soupape pilote (A) s'ouvre dès que la pression maximale est atteinte au réservoir principal. Elle admet l'air, venant de ce dernier, dans les canalisations vers :

- les décompresseurs (B) des cylindres basse et haute pression.

Par l'action de l'air comprimé, le piston du décompresseur (B) descend et sa tige maintient la soupape d'admission en position ouverte. La compression de l'air aspiré n'est plus possible.

- la soupape de décharge (C) du réfrigérant basse pression.

Cette soupape s'ouvre et l'air comprimé ainsi que l'eau et l'huile de condensation sont expulsés du réfrigérant vers l'atmosphère.

La compression reprend dès que les trois organes cités reprennent leur position normale par la fermeture de la valve pilote.

Dans la seconde solution (fig. 93.3.1) une dérivation est prise à la sortie du réservoir principal. Cet air vient d'une part à un relais électro-pneumatique (CCS) et d'autre part à une électrovalve (CV).

Lorsque la pression maximale est atteinte au réservoir principal, le relais électro-pneumatique ferme un contact, ce qui provoque l'excitation de l'électrovalve. L'air, à la pression du réservoir principal, se rend aux décompresseurs des cylindres basse et haute pression. Les soupapes d'admission sont maintenues ouvertes et le compresseur tourne à vide.

Dès que la pression au réservoir est descendue au minimum, le relais ouvre son contact. L'électrovalve est désexcitée et l'air admis aux décompresseurs s'échappe à l'atmosphère. Le compresseur refoule à nouveau l'air aspiré au réservoir principal.

En cas d'avarie, un robinet (r) permet d'isoler le dispositif de marche à vide.

93.4 Entraînement du compresseur.

L'entraînement du compresseur est permanent ou intermittent.

Dans le cas de l'entraînement continu, il peut se faire :

- par l'arbre vilebrequin du moteur diesel, soit directement au moyen d'un accouplement élastique, soit par poulies et courroies trapézoïdales;
- par l'arbre de la génératrice principale;
- par l'arbre primaire ou intermédiaire de la transmission mécanique ou hydraulique.

Dans tous ces modes d'entraînement, un dispositif est prévu pour arrêter la production d'air comprimé dès que la pression maximale est atteinte.

Lorsque la marche du compresseur est intermittente, il est entraîné soit par :

- un moteur électrique,
- un coupleur hydraulique.

L'entraînement par un moteur électrique est une bonne solution. Dans ce mode d'entraînement, un interrupteur électro-pneumatique ouvre ou ferme le circuit d'alimentation du moteur quand la pression maximale ou minimale est atteinte.

L'entraînement du compresseur peut aussi se faire, à partir de l'arbre primaire de la transmission, par un coupleur hydraulique. Un dispositif, influencé par la pression de l'air du réservoir principal, permet le remplissage ou la vidange du coupleur suivant que la pression minimale ou maximale est atteinte au réservoir.

### 93.5 Débit du compresseur.

Les compresseurs des locomotives de manoeuvre ont un débit d'environ 2000 litres par minute tandis que sur les engins de ligne, le débit peut atteindre 4000 litres par minute.

Le débit par minute, est le nombre de litres d'air à la pression atmosphérique (1 bar) aspiré et refoulé au réservoir.

Remplissons un réservoir de 1000 litres avec de l'air sous une pression de 9 bar au moyen d'un compresseur ayant un débit de 2000 litres par minute.

Mille litres à 9 bar correspondant à 9000 litres à la pression atmosphérique, le temps de remplissage sera égal à  $\frac{9000 \text{ l}}{2000 \text{ l}} = 4,5 \text{ minutes.}$

94.0. Schéma de principe.

On trouve, avec certaines variantes dans la disposition, des appareils complémentaires identiques dans l'installation de production d'air comprimé de tous engins diesel.

La figure 94.0.1 représente le schéma de principe de l'équipement pneumatique. Nous allons étudier succinctement les différents appareils constituant cette installation.

En ce qui concerne la description des appareils de l'équipement de frein, elle fait partie du cours de freinage.

94.1. Filtre d'aspiration.

Le filtre, placé sur la conduite d'aspiration du compresseur, débarrasse l'air aspiré des poussières abrasives qu'il contient. Il peut être du type :

- sec, il contient une garniture en feutre ou en tissus;
- à bain d'huile, dont le principe de fonctionnement en a été étudié à la 62e leçon.

94.2. Appareil antigel.

L'air contient de la vapeur d'eau. Elle se condense dans l'installation pneumatique. Des robinets de purge sont prévus pour l'évacuer périodiquement.

Toutefois, lorsque la température est inférieure à 0°C, il subsiste des risques de congélation. Pour supprimer ce danger, on utilise l'appareil antigel. Le rôle de ce dernier est de mélanger à l'air aspiré une certaine quantité d'alcool. Ce dernier, dilué dans l'eau condensée, empêche la congélation.

L'appareil comporte un réservoir pour l'alcool. Dans celui-ci, plonge une mèche montée sur un tube vertical. La partie supérieure de la mèche débouche dans une chambre située sur le trajet parcouru par l'air. Ce dernier entraîne en passant une certaine quantité d'alcool.

La portion de la mèche, exposée au courant d'air, est réglée par le déplacement du tube. Après réglage de la hauteur, le tube est bloqué au moyen du presse-étoupe (fig. 94.2.1).

2.

### 94.3. Réfrigérant.

L'air échauffé par la compression est refroidi dans un réfrigérant à ailettes. Ce refroidissement favorise la condensation des vapeurs d'eau et d'huile présentes dans l'air comprimé.

Généralement, il existe un réfrigérant entre les cylindres basse et haute pression et un autre entre le compresseur et le réservoir principal.

### 94.4. Déshuileur.

Le déshuileur est un appareil qui retient les impuretés (eau, huile, poussières) contenues dans l'air refoulé vers le réservoir principal. Un robinet de purge est prévu à sa partie inférieure.

Le déshuileur fonctionne par la force centrifuge ou par la présence de chicanes.

### 94.5. Soupape de sûreté.

Le rôle de la soupape de sûreté est d'assurer la protection de l'installation en cas de non-fonctionnement du dispositif de régulation.

L'appareil contient une soupape maintenue sur son siège par un ressort réglable. Elle laisse échapper l'air en surpression. Une première soupape de sûreté est placée entre le compresseur et le réservoir principal. Elle est réglée à  $9\frac{1}{2}$  bar .

Une deuxième soupape de sûreté est placée sur le circuit à basse pression. Elle est réglée à une pression déterminée par le constructeur.

### 94.6. Clapet de retenue.

Le clapet de retenue double permet à l'air refoulé par le compresseur de se rendre au réservoir principal.

Pendant la marche à vide du compresseur et l'arrêt du moteur diesel, il empêche l'air de s'échapper du réservoir vers le compresseur.

### 94.7. Réservoir principal.

La capacité totale du ou des réservoirs principaux atteint 1000 litres sur les locomotives diesel de ligne.

Certains engins ont deux ou quatre réservoirs principaux. Ils sont munis chacun d'un robinet de purge.

### 94.8. Robinetts de purge et d'isolement.

L'installation pneumatique comporte plusieurs robinets de purge placés en différents points bas.

Des robinets d'isolement sont également prévus. Ils permettent l'isolement de certains appareils ou d'une partie de l'installation. Divers robinets sont pourvus d'un orifice de mise à l'atmosphère de l'organe isolé.

### 94.9. Réservoir de contrôle.

Le réservoir de contrôle est alimenté en air par l'intermédiaire d'une soupape de réduction, à une pression de 5 ou de 6 bar. Cet air est utilisé pour l'asservissement de la motorisation, de la transmission et de certains auxiliaires.

### 94.10. Commande pneumatique de la motorisation et de la transmission.

La commande de la motorisation et de la transmission hydraulique est généralement assurée au moyen du volant d'accélération pouvant occuper les positions suivantes :

Position 00. Dans cette position de repos, le dispositif de veille automatique n'est pas en service. Le conducteur peut libérer les pédales ou boutons.

Position 0. A partir de la position 0, le dispositif de veille automatique est en service. Le conducteur doit appuyer sur une des pédales de ce dispositif. La locomotive ne tractionne pas.

De plus, la position 0 permet, si la locomotive est arrêtée, de déverrouiller pour :

- remettre le volant d'accélération en position 00;
- inverser le sens de marche de l'engin;
- changer, éventuellement, la gamme de vitesses.

Position S. Dans cette position du volant, le distributeur permet le passage de l'air comprimé vers le servo-moteur de commande du remplissage partiel du transformateur de couple.

Position I. La position I permet la mise en traction normale de l'engin mais sans accélération du moteur diesel. Le distributeur commandé par le volant d'accélération envoie de l'air pour commander l'ouverture de la soupape d'enclenchement de la transmission.

Position au-delà de I jusqu'en II. Lorsque la position I est dépassée, la soupape de fin réglage envoie de l'air à une pression variable augmentant progressivement vers le servo-moteur d'accélération du moteur diesel et le servo-moteur de l'influence primaire de la transmission.

La pression d'air sera maximale quand le volant sera en position II. A ce moment, le moteur diesel peut atteindre sa vitesse de rotation maximale.

L'arbre portant les volants d'accélération possède deux verrouillages. Le premier empêche le retour en position 00 du volant tant que la locomotive n'est pas à l'arrêt. Le second rend impossible le déplacement du volant en position de traction aussi longtemps que l'inverseur et le changeur de gamme ne sont pas engrenés à fond.

Le palpeur et la soupape obturative de la turbo-transmission empêchent, si la locomotive n'est pas arrêtée et si la traction n'est pas supprimée, de :

- mettre le volant d'accélération en position 00;
- manoeuvrer le levier d'inversion du sens de marche;
- manoeuvrer, éventuellement, le levier de changement de gammes.

La figure 94.10.1 représente la commande pneumatique de motorisation de la locomotive série 84.

#### 94.11. Dispositif de veille automatique (fig. 94.11.1)

Les locomotives diesel de manoeuvre sont équipées d'un dispositif de veille automatique temporisé comprenant deux pédales pouvant occuper 2 positions.

L'équipement provoque la mise à l'atmosphère de la conduite automatique du frein lorsque :

- le dispositif de veille automatique fonctionne;
- la survitesse du véhicule intervient;
- la locomotive roule en dérive, le volant d'accélération étant en position 00. Dans ce cas, le palpeur intervient.

Le dispositif de veille automatique fonctionne par échappement de l'air se trouvant au-dessus du piston de la valve d'urgence via l'électrovalve *AWV*

a) Position 00.

Des cames fixées sur l'axe du volant d'accélération provoquent la fermeture des contacts A1 et B1 ainsi que l'ouverture de la valve d'isolement 22.

L'électrovalve AWV est excitée via le contact du relais AWAR monté sur la carte PW 6.

L'alimentation du relais AWAR est rendue possible par la fermeture du contact b du mano-contact APS; la pression d'air est alors d'au moins 1,2 bar. Cet air venant du réservoir de contrôle via la valve d'isolement 22 ouverte, la double valve d'arrêt 14 A, le palpeur 1 et la soupape de sécurité 36 agit sur le mano-contact APS.

Le contact fermé B1 est en série avec le contact APS b et permet l'alimentation de la bobine de AWAR via la borne 1. Le circuit transistorisé est alimenté par la borne 3.

Si la locomotive se met en mouvement avec le volant d'accélération sur la position 00, le palpeur provoque la mise à l'atmosphère de l'air agissant sur le mano-contact APS qui ouvre son contact dès que la pression d'air descend en-dessous de 0,8 bar. Ceci provoque l'interruption du circuit d'alimentation du relais AWAR qui à son tour interrompt le circuit de l'électrovalve AWV. Le freinage d'urgence ainsi obtenu provoque la mise à l'arrêt de la locomotive.

b) Positions 0 à II.

Avant de déplacer le volant sur 0, une des pédales est enfoncée, le relais temporisé AWR est alors alimenté via l'interrupteur fermé WPS (monté sur le sifflet de l'indicateur de vitesse pour la 2e série), le contact de la pédale, le contact A1 et la borne 3 de AWR qui est monté sur une carte PW 6. La bobine de AWR est alimentée via le contact B1 et la borne 1. En même temps, les lampes-témoins et le ronfleur sont alimentés via la diode D1.

Lorsque le volant occupe la position 0, S, I ou II, la valve d'isolement 22 se ferme, l'air agissant sur le mano-contact APS s'échappe, le contact b de APS s'ouvre, le contact a se ferme.

De même, les contacts A1 et B1 s'ouvrent, les contacts A2 et B2 se ferment. La bobine de AWAR est alors alimentée via le manocontact AWCS et B2. AWR étant excité, le circuit transistorisé de AWAR est maintenant alimenté via le contact de la pédale enfoncée, le contact 5-6 de AWR, la diode D4 et la borne 3 de AWAR.

Le mano-contact AWCS est monté sur la conduite du frein automatique; il se ferme pour une pression de 3,2 bar et s'ouvre à 2,5 bar.



6.

Si le robinet 45 restait fermé, le conducteur en serait prévenu lors du déplacement du volant sur 0 par le fonctionnement des lampes et du ronfleur. De même, lorsque la pression dans la conduite automatique descend à 2,5 bar, AWCS s'ouvre et provoque l'intervention du dispositif de veille automatique.

Le circuit d'entrée Q1, le circuit à retards Q2 et le circuit de mise en forme Q3 montés sur la carte PW 6 provoquent un retard au déclenchement de 6 à 8 sec pour AWAR et de 60 sec pour AWR.

Le relais AWR pour lequel l'alimentation du circuit transistorisé est interrompue par l'ouverture du contact A1 maintient le contact 5-6 fermé durant 60 sec. Après ce délai de 60 sec, le contact 5-6 s'ouvre et le contact 5-4 se ferme. AWAR reste cependant encore excité durant 6 à 8 sec après l'interruption de l'alimentation du circuit transistorisé.

Les lampes-témoins et le ronfleur sont alimentés via le contact 5-4 et avertissent le conducteur de l'intervention imminente du dispositif de VA. Pour le réarmement, la pédale est relâchée un court instant, le circuit transistorisé est alors alimenté via le contact A2 et la borne 3 ce qui excite à nouveau AWR.

Si le réarmement n'a pas eu lieu en temps utile, le contact de AWAR s'ouvre dans le circuit de AWV et provoque un serrage d'urgence près 6 à 8 sec.

Si en cours de route la pédale n'est pas maintenue enfoncée, l'interruption de l'alimentation de AWAR provoquera également un freinage d'urgence après 6 à 8 sec.

Si après déclenchement, le sifflet Hasler n'est pas réarmé en temps utile, l'ouverture du contact WPS provoque également l'intervention du dispositif de veille automatique.

En cas d'avarie, le dispositif de veille automatique peut être isolé en fermant le robinet d'isolement 45 et en ouvrant l'interrupteur plombé AWS qui coupe l'alimentation des lampes et du ronfleur.

Si nécessaire, le mano-contact PKCS peut être ponté en fermant l'interrupteur PKS.

### c) Fonctionnement de la valve d'urgence.

- Aussi longtemps que l'électrovalve AWV est excitée, la valve d'urgence 27 reste en équilibre avec valve fermée car l'air venant de la conduite du frein automatique via le robinet 45 agit sur la face inférieure du piston de la valve d'urgence mais également, après être passé par l'orifice calibré, sur la face supérieure. La chambre supérieure est en communication avec l'électrovalve AWV fermée.

- En même temps, la pression d'air agit sur le mano-contact PKCS qui ferme son contact et permet l'alimentation de l'électrovalve TV.
- Lorsque l'électrovalve AWV n'est plus excitée, l'air agissant sur la partie supérieure du piston de la valve d'urgence est mis à l'atmosphère. De ce fait, l'état d'équilibre est rompu, le piston se déplace et provoque l'ouverture de la valve.

La conduite du frein automatique est mise en communication directe avec l'atmosphère et les freins s'appliquent.

En même temps, l'électrovalve TV est déexcitée par l'ouverture du mano-contact PKCS. Cela a pour conséquence : l'interruption de l'alimentation du distributeur 138 F et la vidange des conduites B1, B2 et A7. La traction est coupée et le moteur Diesel revient au ralenti.



LE CHAUFFAGE, LA VENTILATION ET LE DEGIVRAGE.

95.0 Chauffage des trains.

Les locomotives de ligne et les autorails utilisés à la remorque des trains de voyageurs, doivent être munis d'un équipement permettant d'assurer le chauffage de la rame remorquée.

Trois systèmes peuvent être envisagés, à savoir :

- le chauffage électrique;
- le chauffage à la vapeur;
- le chauffage à l'eau chaude.

95.1 Chauffage électrique du train.

On peut envisager de munir la locomotive diesel ou un véhicule spécial d'un groupe électrogène. Ce dernier est composé d'un moteur diesel entraînant un alternateur. Celui-ci fournit le courant nécessaire au chauffage des voitures remorquées.

Il est aussi possible d'utiliser une partie de la puissance électrique de l'engin de traction pour le chauffage. Dans ce cas, la puissance doit être suffisante pour assurer la traction et le chauffage.

Le chauffage électrique d'une voiture exige une puissance de 35 à 40 kW.

95.2 Chauffage du train à la vapeur.

La locomotive est munie d'un générateur de vapeur, chauffé au gasoil. La vapeur produite alimente les équipements de chauffage des voitures.

La chaudière de chauffage peut aussi servir pour le préchauffage de la rame avant le départ du train.

Elle est alimentée d'une part, en gasoil, à partir du réservoir de la locomotive et d'autre part, en eau, à partir d'un réservoir spécial d'une contenance d'environ 3000 litres.

95.3 Chauffage du train par l'eau chaude.

Les autorails de faibles puissances sont généralement chauffés par de l'eau chaude dérivée du circuit de refroidissement du moteur.

2.

Sur les autres, il est prévu un brûleur à gasoil préchauffant l'eau. La circulation est assurée par une pompe.

95.4 Chauffage des cabines de conduite.

Les cabines de conduite des engins diesel doivent pouvoir être chauffées pour assurer aux conducteurs des conditions de travail confortables.

95.5 Chauffage de la cabine par radiateur à eau chaude.

Ce système consiste à utiliser un ou plusieurs radiateurs du type utilisé en chauffage central. Ils sont alimentés en eau chaude par une dérivation sur le circuit de refroidissement du moteur diesel.

95.6 Chauffage de la cabine par air pulsé.

Ce dispositif consiste à combiner un petit radiateur alimenté en eau chaude par le circuit du moteur diesel avec un ventilateur entraîné par un moteur électrique.

Le groupe moteur-ventilateur est entouré par les tubes à eau. Le tout forme un ensemble compact et de dimensions réduites soufflant de l'air chaud dans la cabine.

95.7 Chauffage électrique de la cabine.

Le système de chauffage par radiateurs électriques raccordés sur le circuit basse tension nécessite une puissance relativement élevée de la génératrice auxiliaire.

Il n'est utilisé que comme chauffage d'appoint.

95.8 Ventilation des cabines de conduite.

Les ventilateurs des chaufferettes à air pulsé peuvent être utilisés pour la ventilation des cabines à condition de fermer le robinet d'isolement du circuit d'eau chaude.

D'autres engins possèdent un ventilateur indépendant.

95.9 Dégivrage des vitres.

Les vitres frontales des cabines de conduite doivent être munies d'un système de dégivrage, c'est-à-dire d'un dispositif chauffant légèrement les vitres de façon à empêcher la formation de givre en hiver.

Différents systèmes sont employés à cet effet.

95.10 Dégivrage électrique.

Le dégivrage électrique peut être assuré par deux systèmes différents :

a) par vitres chauffantes.

La vitre est constituée de deux glaces séparées par un produit semi-conducteur de l'électricité raccordé au circuit basse-tension.

D'autres vitres contiennent un fin filament conducteur.

La chaleur dégagée par effet Joule assure le dégivrage.

b) par résistances.

Le dégivreur se présente sous la forme d'un cadre au travers duquel sont tendus de minces fils métalliques très résistants. La résistance ainsi formée est alimentée par le circuit basse tension.

La chaleur dégagée par effet Joule assure le dégivrage.

95.11 Dégivrage par air pulsé.

Ce système consiste à prévoir une ou plusieurs dérivations sur le refoulement des ventilateurs des chaufferettes à air pulsé assurant le chauffage des cabines.

Ces dérivations amènent l'air chaud à des orifices disposés au bas des vitres frontales. Le courant d'air chaud ainsi dirigé le long des vitres assure le dégivrage.



QUESTIONNAIRE.

- 93.0.1 Quels sont les différents circuits alimentés en air comprimé sur un engin moteur diesel ?
- 93.1.1 Donnez une description simplifiée du compresseur ?
- 93.2.1 Expliquez le fonctionnement du compresseur.
- 93.3.1 Quels sont les différents moyens de neutralisation de la production d'air comprimé par le compresseur ?
- 93.3.2 Expliquez le fonctionnement du dispositif de marche à vide du compresseur avec soupape pilote.
- 93.3.3 Expliquez le fonctionnement du dispositif de marche à vide électrique.
- 93.4.1 Quels sont les différents modes d'entraînement possibles du compresseur ?
- 93.5.1 Qu'entend-on par "débit d'un compresseur" ?
- 93.5.2 Quel est le temps de fonctionnement d'un compresseur s'il doit alimenter une installation pneumatique, d'une contenance de 5000 litres, à une pression de 8 bar ?
- Le débit du compresseur étant de 3000 litres par minute.

x x x

- 94.0.1 Citez dans l'ordre les différents appareils rencontrés dans le schéma de principe de l'équipement pneumatique.
- 94.1.1 Quel est le rôle du filtre d'aspiration du compresseur ?
- 94.2.1 Quel est le but de l'appareil antigel du circuit pneumatique ? Comment est-il utilisé ? Où est-il placé ?
- 94.3.1 Comment réalise-t-on le refroidissement de l'air comprimé avant son introduction dans le réservoir principal ?
- 94.4.1 Quel est le but du déshuileur du circuit pneumatique ?
- 94.5.1 Pourquoi prévoit-on une soupape de sûreté sur la conduite de refoulement du compresseur ?
- 94.6.1 Quel est le rôle du clapet de retenue placé entre le compresseur et le réservoir principal ?
- 94.7.1 Quelles sont la contenance et la disposition des réservoirs principaux ?
- 94.8.1 Pourquoi a-t-on prévu des robinets de purge et d'isolement dans l'installation pneumatique ?
- 94.9.1 Quelle est la pression de l'air dans le réservoir de contrôle ? Quelle est son utilisation ?

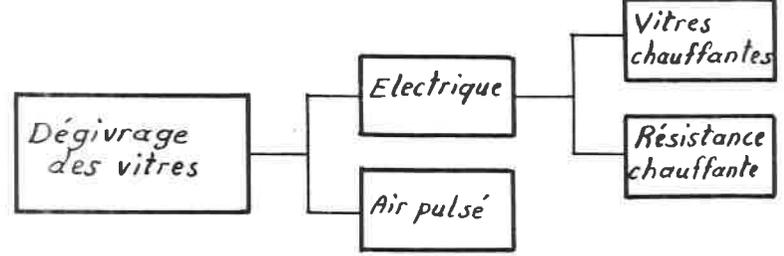
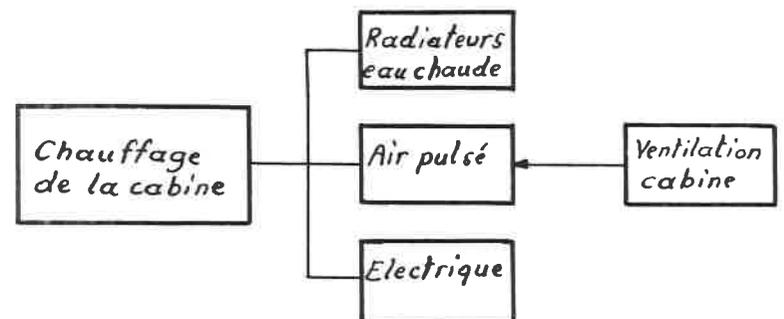
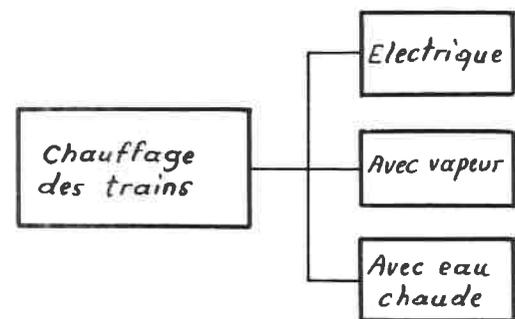
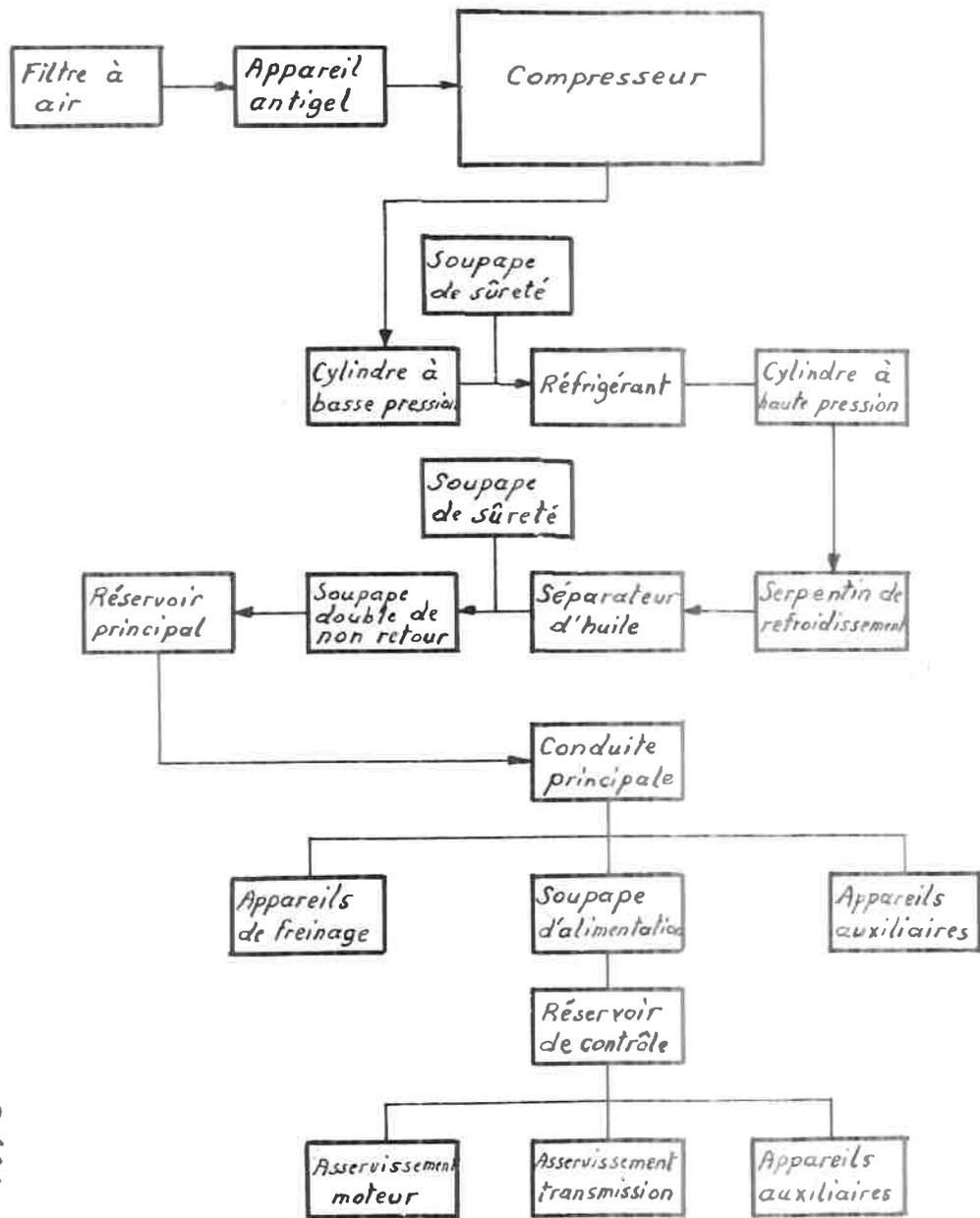


2.

- 94.10.1 Comment assure-t-on la commande pneumatique de la motorisation et de la transmission hydraulique ?
- 94.10.2 Expliquez succinctement ce qui se passe dans le domaine pneumatique aux différentes positions du volant d'accélération.
- 94.10.3 Quels sont les verrouillages prévus pour l'arbre du volant d'accélération ? Quel est le rôle de chacun d'eux ?
- 94.10.4 Quel est le rôle du palpeur et de la soupape obturatrice Voith ?
- 94.11.1 Expliquez à l'aide de la figure 94.11.1 le fonctionnement du dispositif de veille automatique des locomotives diesel de manoeuvre.
- 94.11.2 Le dispositif de veille automatique permet-il à la locomotive de rouler en dérive, le volant d'accélération étant en position 00 ? Pourquoi ?

x x x

- 95.0.1 Quels sont les systèmes pouvant être envisagés pour assurer le chauffage des trains ?
- 95.1.1 Comment peut-on réaliser le chauffage électrique des trains sur un engin diesel ?
- 95.2.1 Comment réalise-t-on le chauffage à la vapeur des trains sur un engin diesel ?
- 95.3.1 Quels sont les engins où le chauffage des compartiments voyageurs est assuré par l'eau chaude ? Comment est-il réalisé ?
- 95.4.1 Pourquoi les cabines de conduite des engins de traction sont-elles chauffées ?
- 95.5.1 Par quel circuit alimente-t-on les radiateurs à eau chaude des cabines de conduite ?
- 95.6.1 Expliquez le principe de fonctionnement du chauffage des cabines de conduite par air pulsé.
- 95.7.1 Pourquoi n'utilise-t-on le chauffage électrique des cabines de conduite que comme chauffage d'appoint ?
- 95.8.1 Comment peut-on réaliser la ventilation des cabines de conduite ?
- 95.9.1 Pourquoi doit-on prévoir un dispositif de dégivrage des vitres frontales des cabines de conduite ?
- 95.10.1 Expliquez le principe du dégivrage par vitre chauffante.
- 95.10.2 Décrivez le principe du dégivrage par résistances électriques.
- 95.11.1 Décrivez le principe du dégivrage par air pulsé.



C. 122.50  
96<sup>e</sup> Leçon



**TABLEAU DES SUPPLEMENTS EN VIGUEUR AU COURS 122.50 POUR ELEVES-  
CONDUCTEURS.**

N° du supplément	N° et année de l'avis	N° des pages remplacées et ajoutées	Textes modifiés	Remarques
1	510.4.0 du 4.11.1980	Leçon 94 Pages 5 et 6  Leçon 103 Pages 3, 4, 5  Leçon 117 Pages 1, 2, 3, 4  Planche 97 (livre II)  Planche 13 (livre III)  Planche 33 (livre III)	Page 4  Planche 96 (livre II)  Planche 21 (livre III)	

TRACTION DIESEL

# **COURS POUR ELEVES-CONDUCTEURS**

Livre II

## **Le moteur diesel et la transmission hydraulique**

Leçons 49 à 96

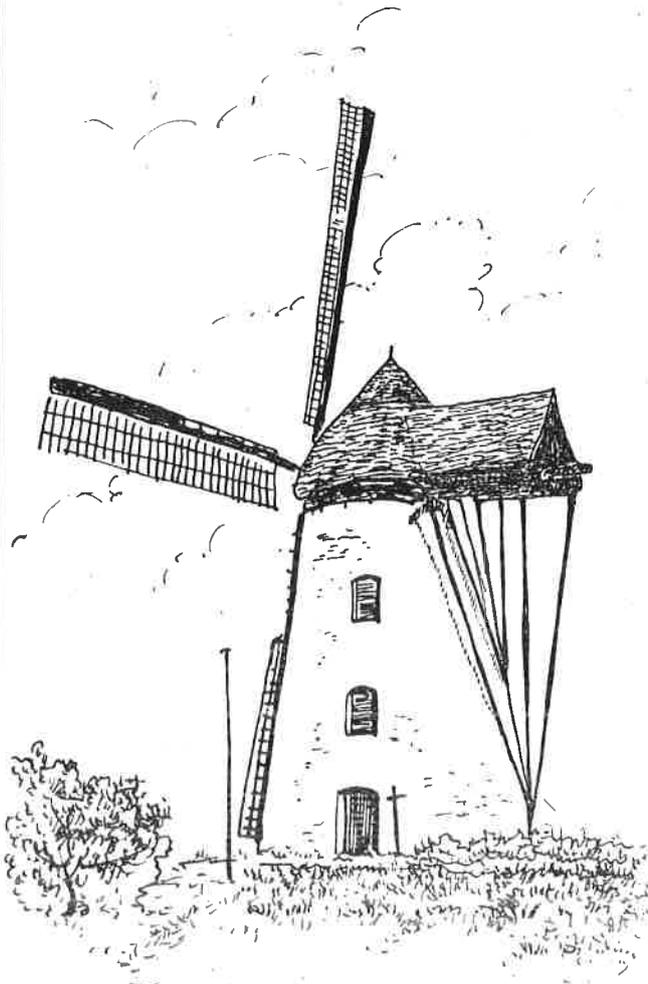
PLANCHES



**TABLEAU DES SUPPLEMENTS EN VIGUEUR AU COURS 122.50 POUR ELEVES-  
CONDUCTEURS.**

N° du supplément	N° et année de l'avis	N° des pages remplacées et ajoutées	Textes modifiés	Remarques
1	510.4.0 du 4.11.1980	Leçon 94 Pages 5 et 6  Leçon 103 Pages 3, 4 ,5  Leçon 117 Pages 1, 2, 3, 4  Planche 97 (livre II)  Planche 13 (livre III)  Planche 33 (livre III)	Page 4  Planche 96 (livre II)  Planche 21 (livre III)	

Fig. 49.0.1.



Saintes.

Fig. 49.0.2.



Zaventem.

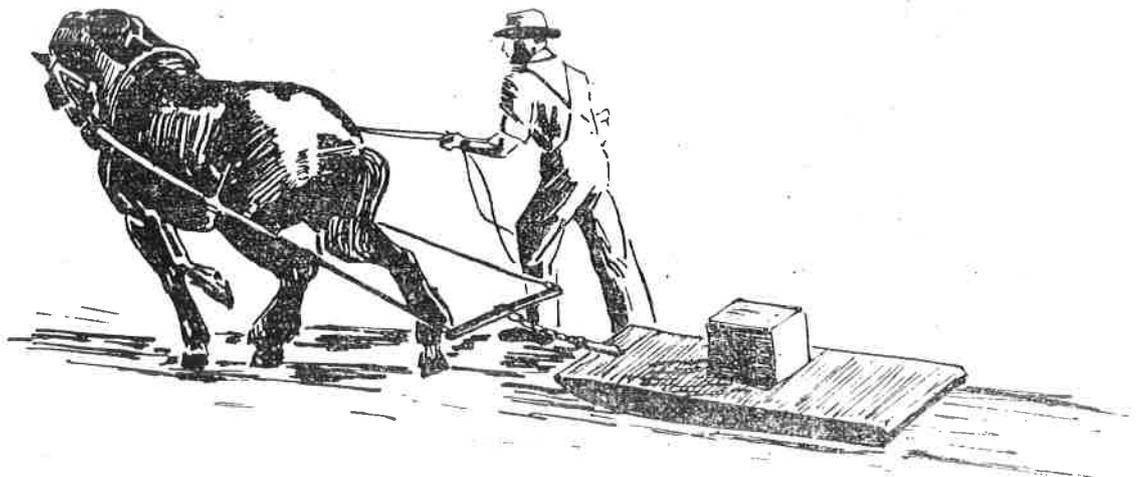
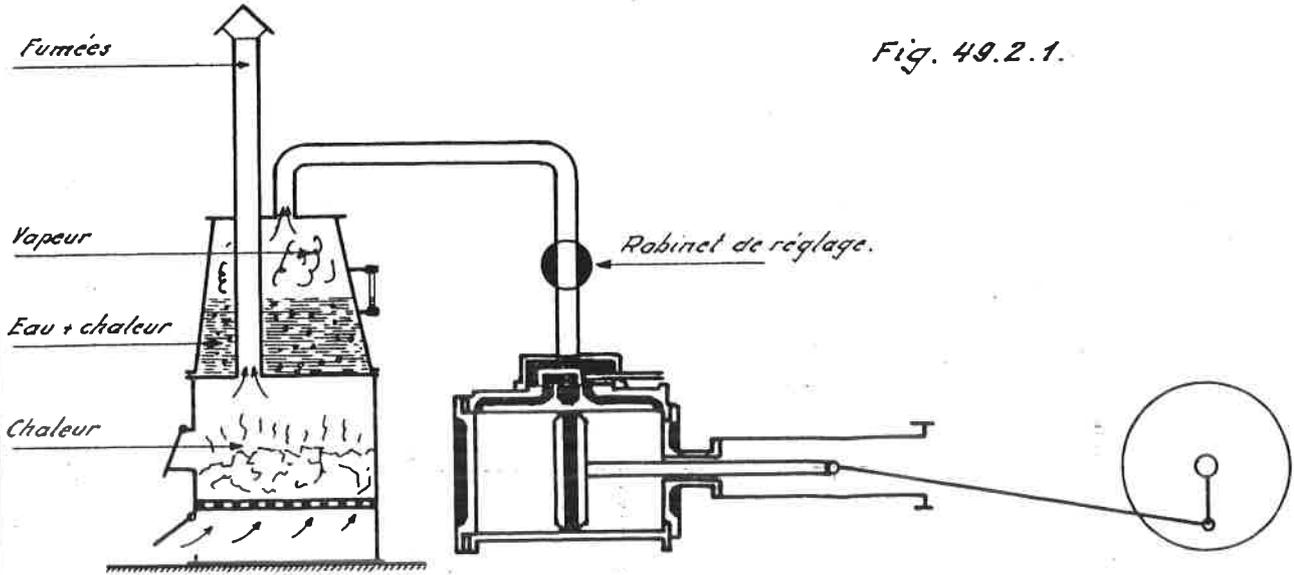


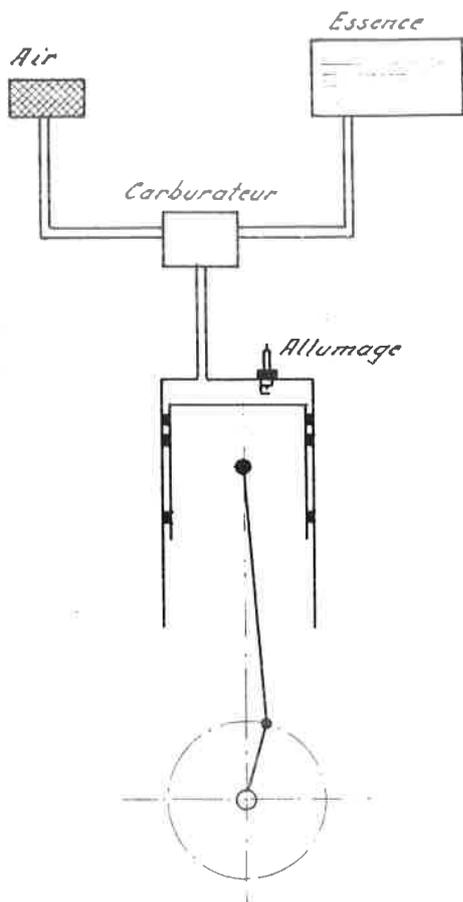
Fig. 49.0.3.

*Machine à vapeur.  
Transformation chaleur en → énergie mécanique.*

*Fig. 49.2.1.*

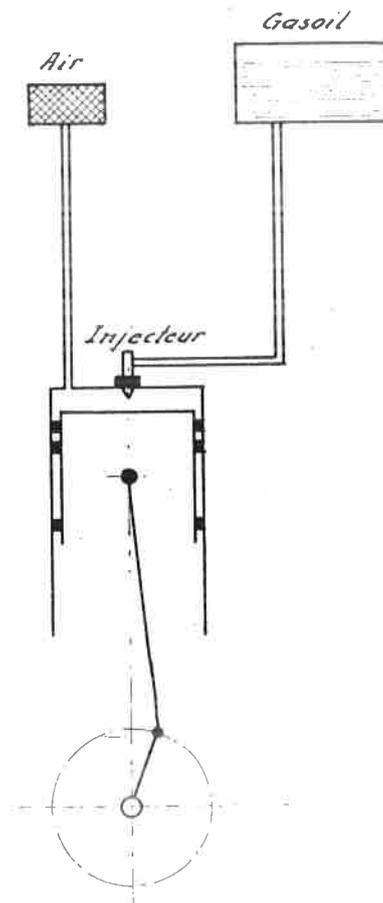


*Moteur à mélange préalable.*



*Fig. 49.4.1.*

*Moteur à injection.*



*Fig. 49.5.1.*





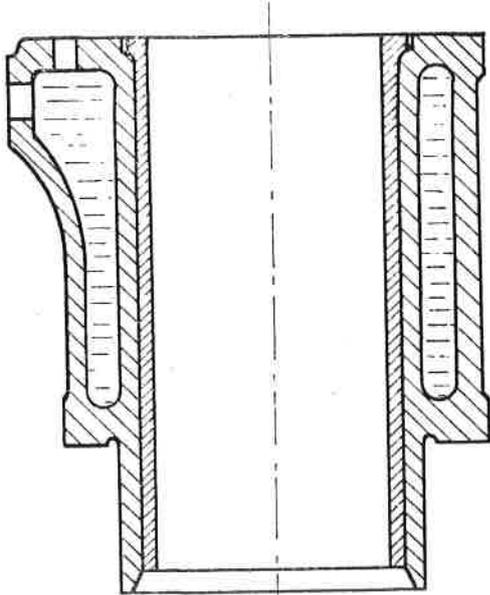


Fig. 50.1.1.

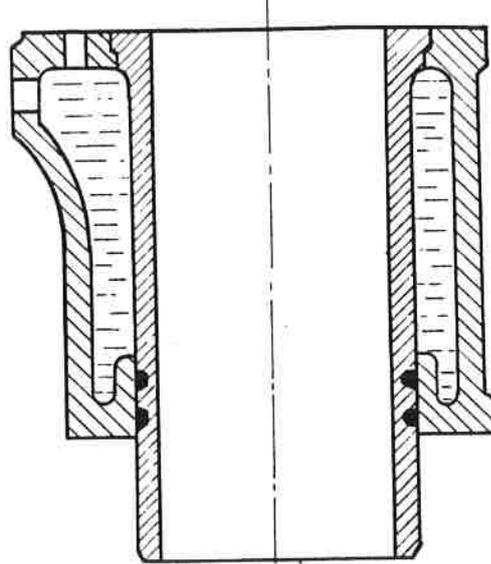


Fig. 50.1.2.

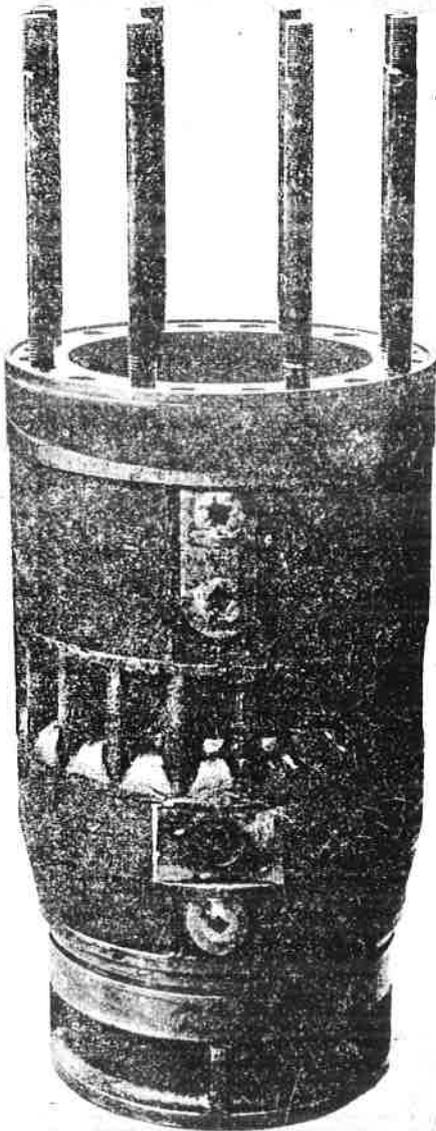


Fig. 50.1.3.

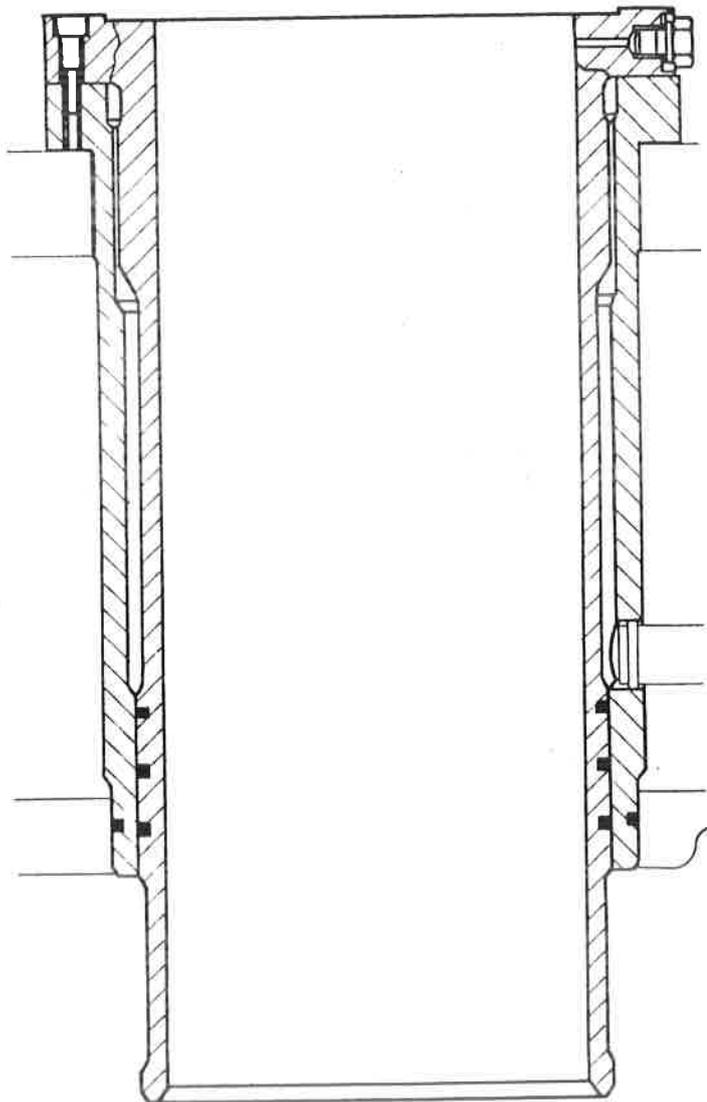
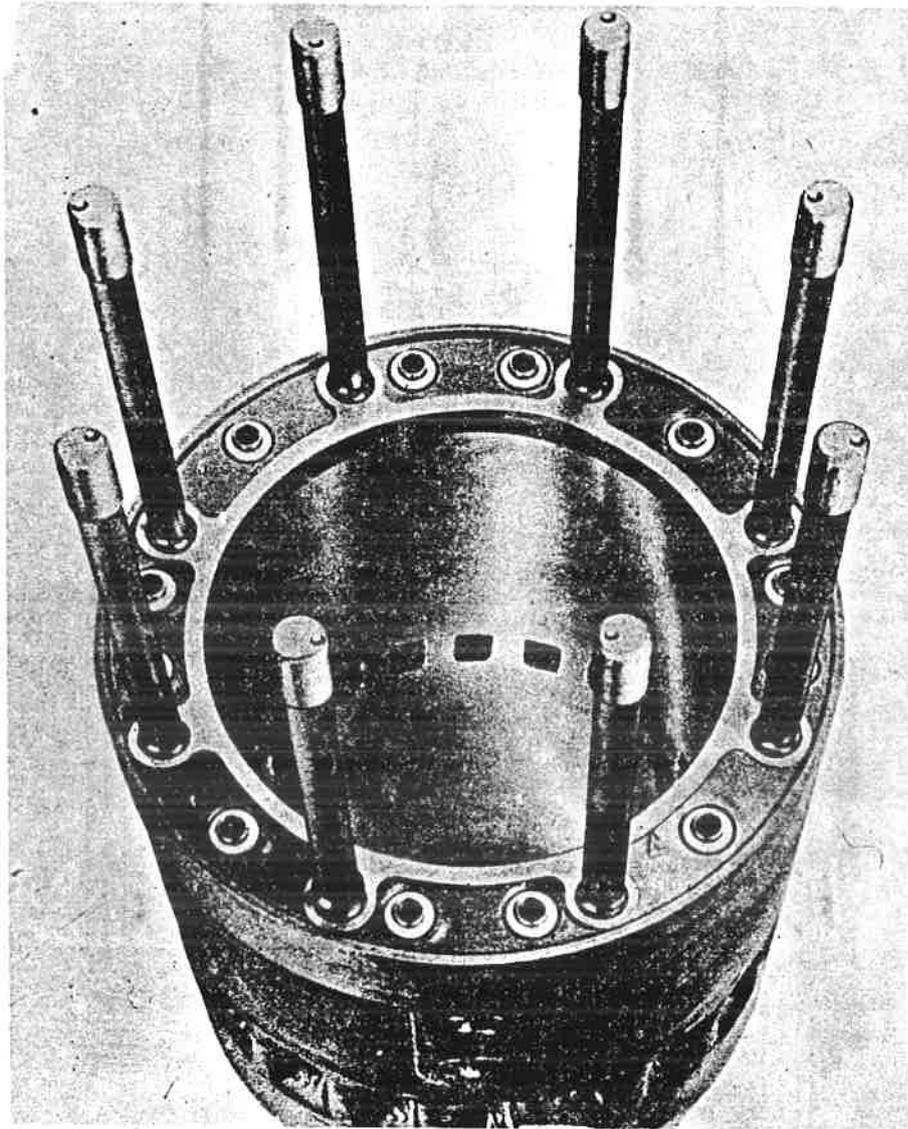
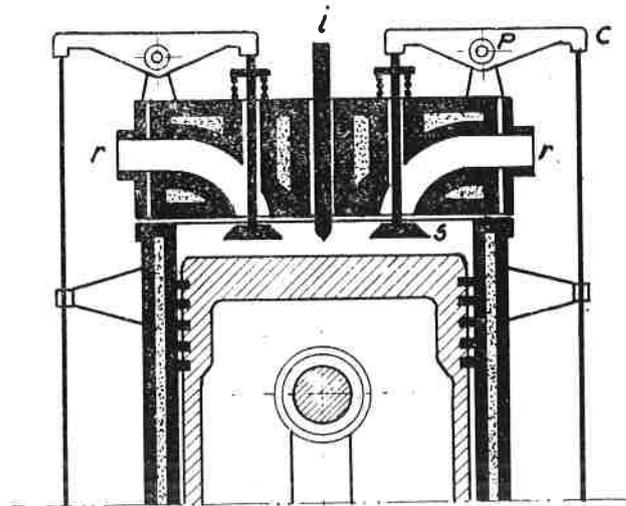


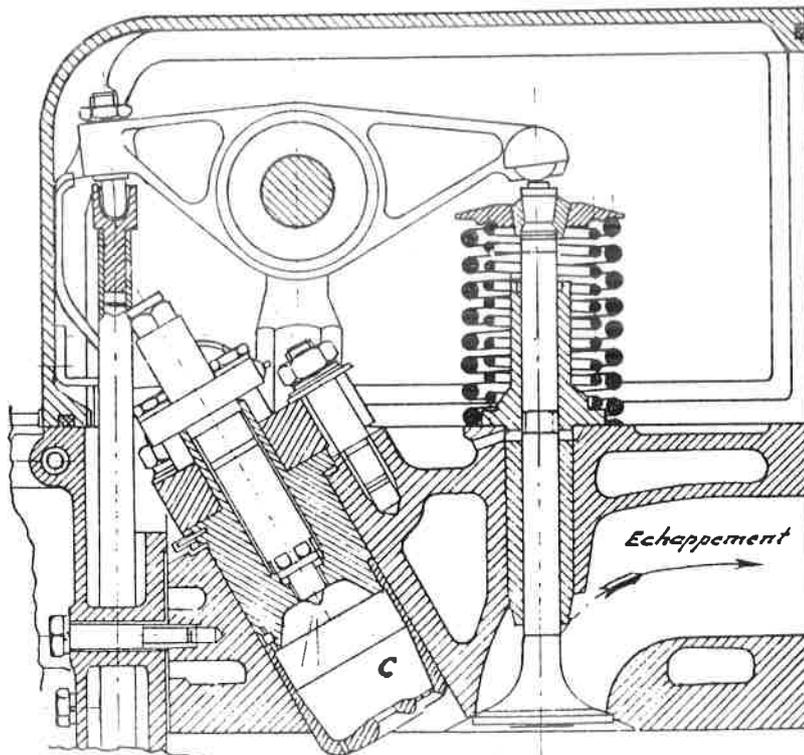
Fig. 50.1.4.



*Fig. 50.2.1.*



*Fig. 50.2.2.*



*Fig. 50.2.3.*

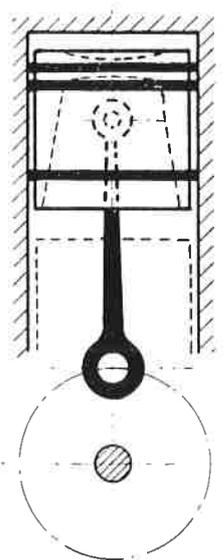


Fig. 50.3.1.

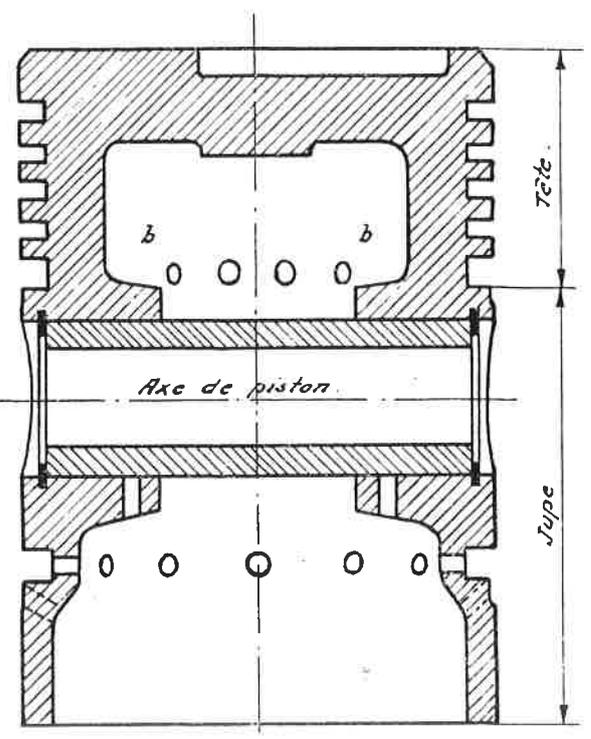
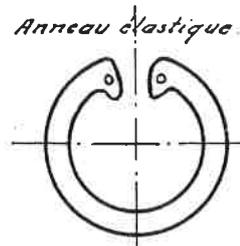


Fig. 50.3.2.

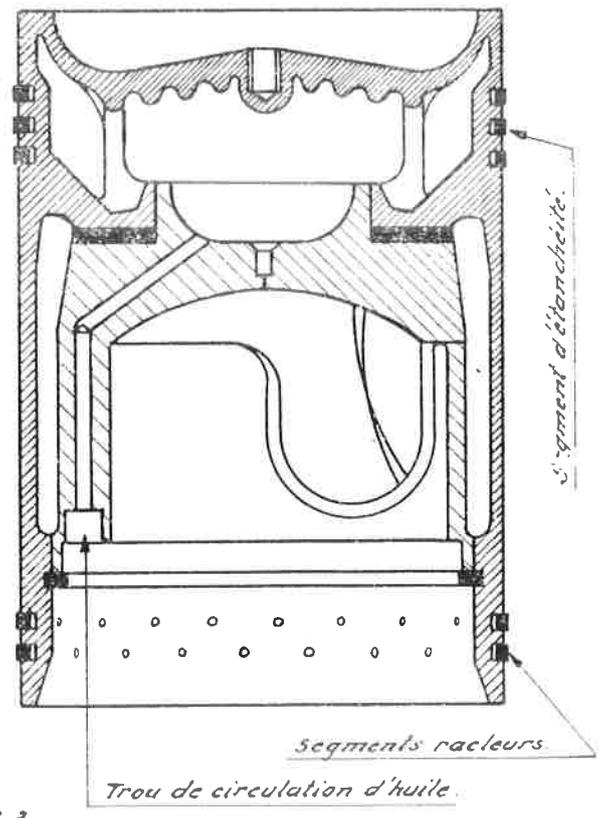
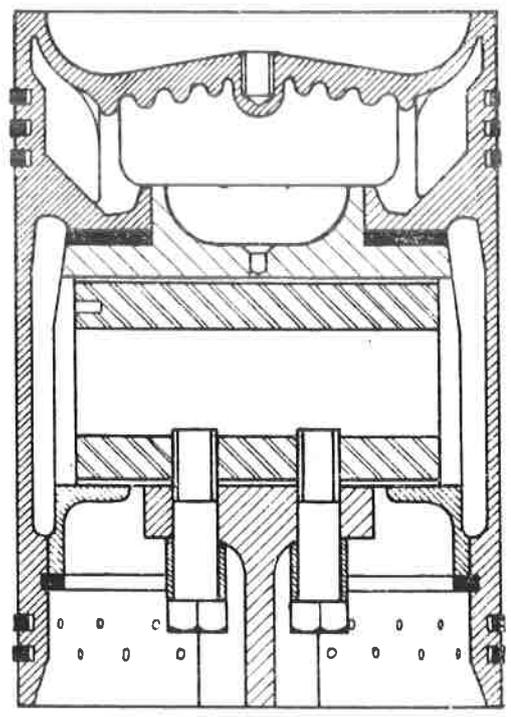
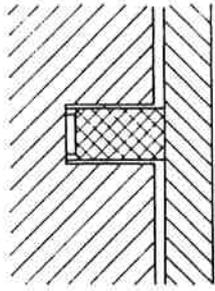
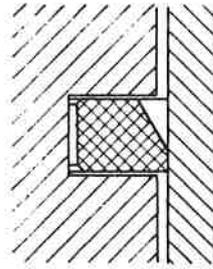


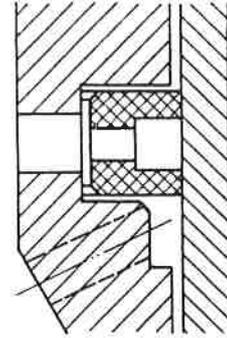
Fig. 50.3.3.



*Segment d'étanchéité.*

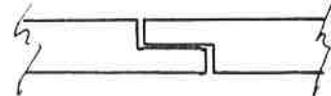
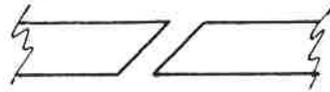
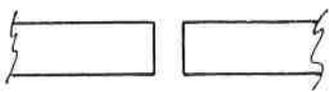


*Segment racleur (à biseau).*

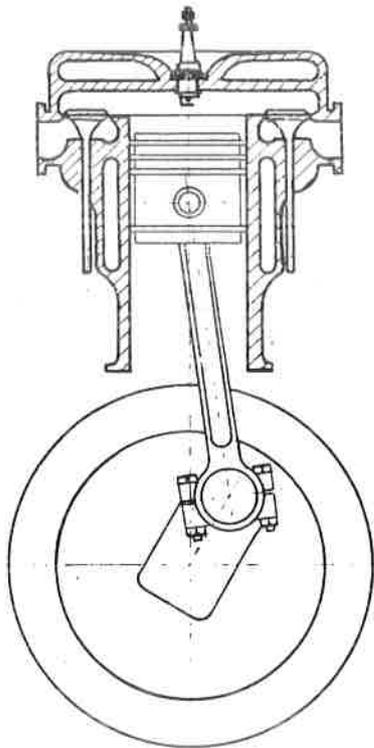


*Segment racleur (ventilé).*

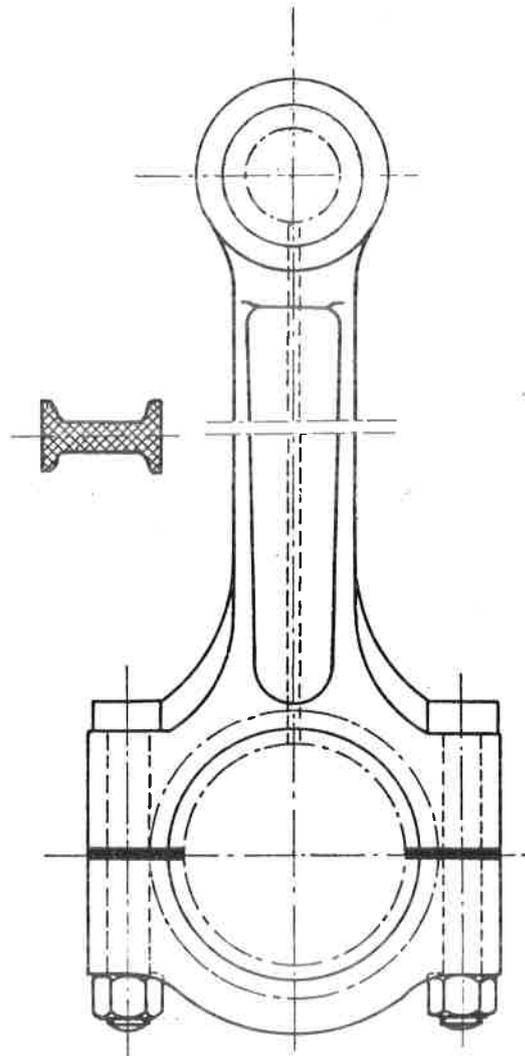
*Fig. 50.4.1.*



*Fig. 50.4.2.*



*Fig. 50.5.1.*



*Fig. 50.5.2.*

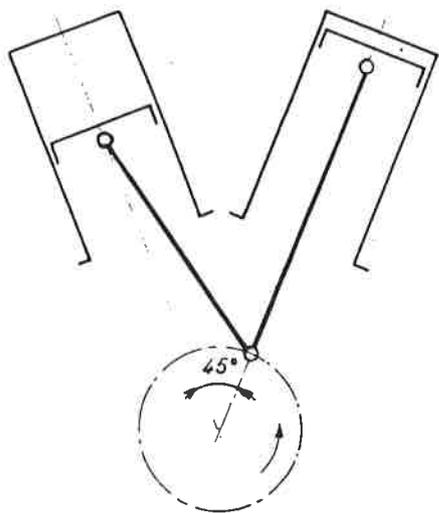


Fig. 50.5.3.

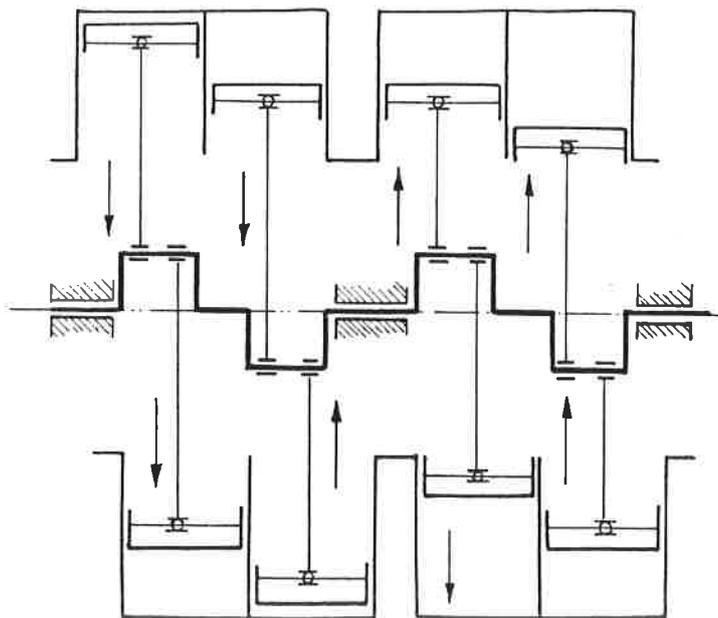


Fig. 50.5.4.

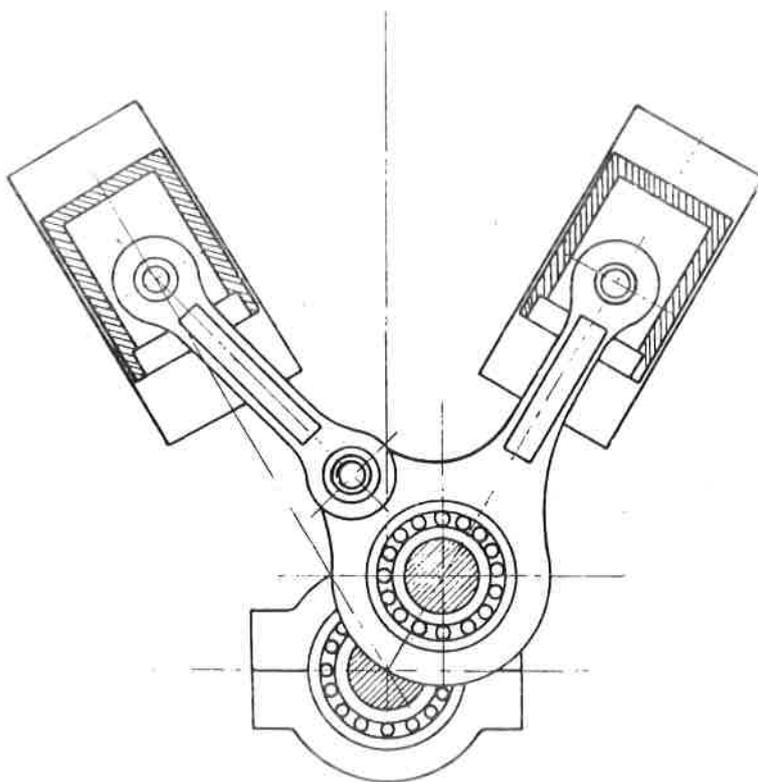


Fig. 50.5.5.

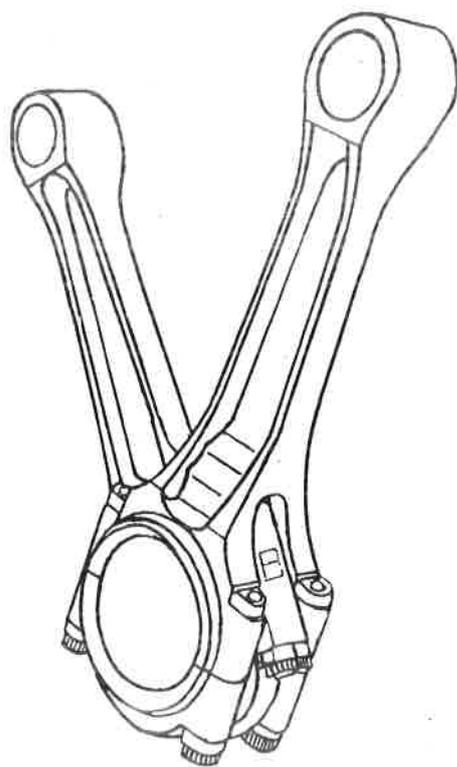
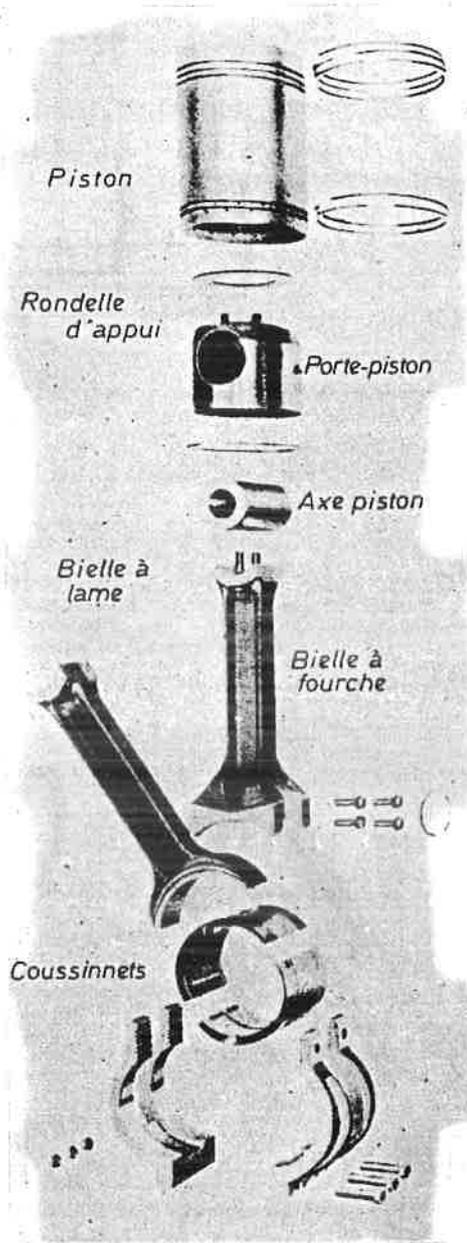


Fig. 50.5.6.





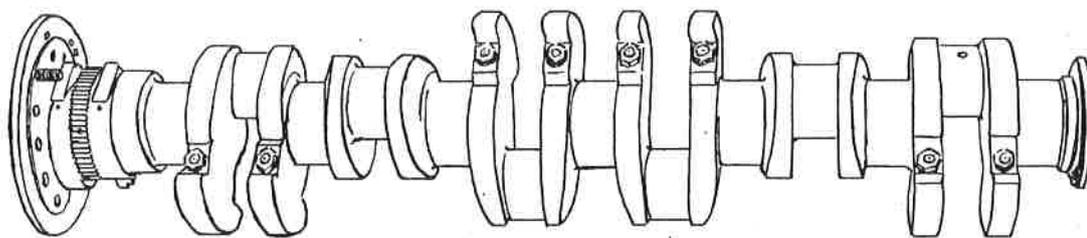


Fig. 51.0.1.

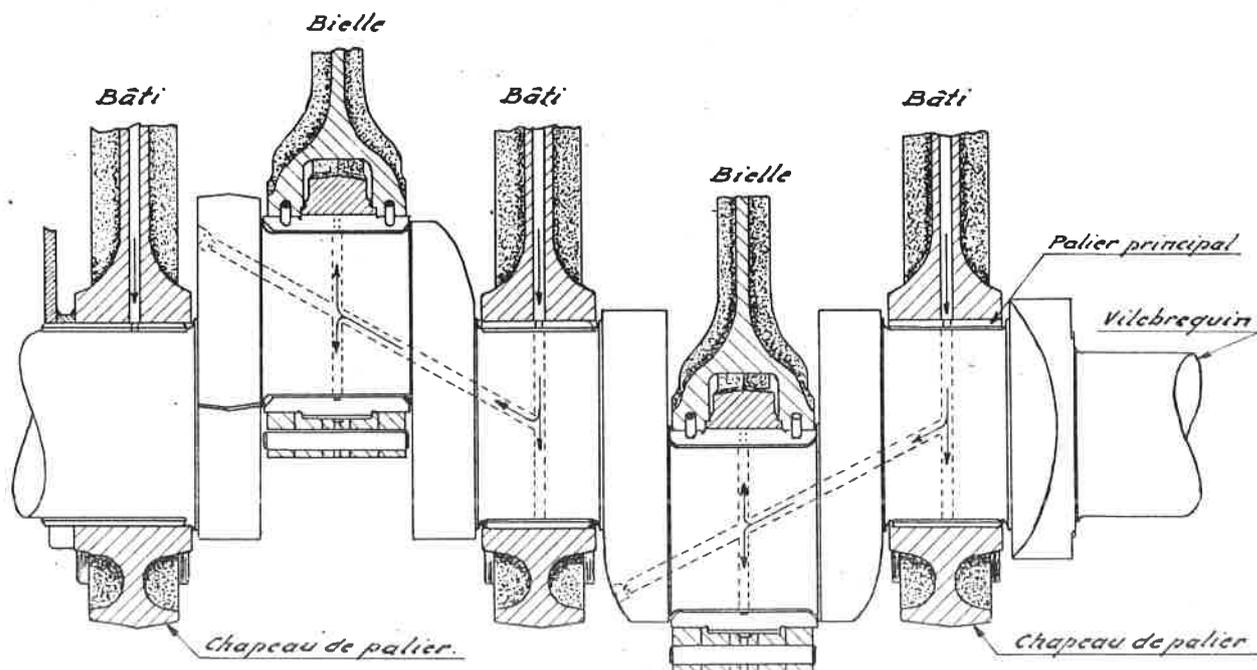


Fig. 51.0.2.

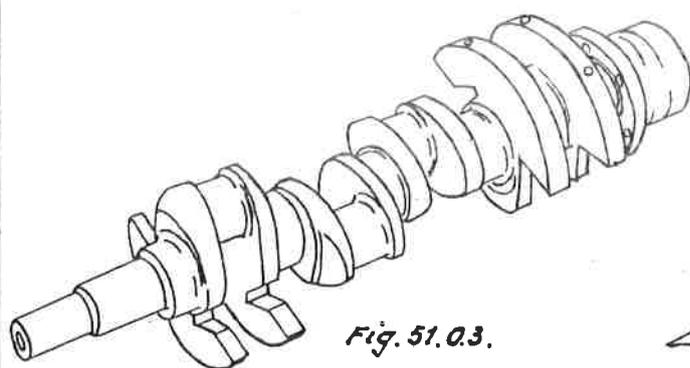


Fig. 51.0.3.

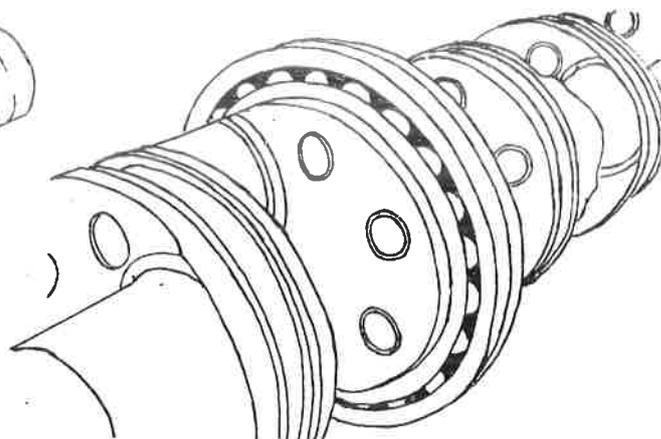


Fig. 51.0.5.

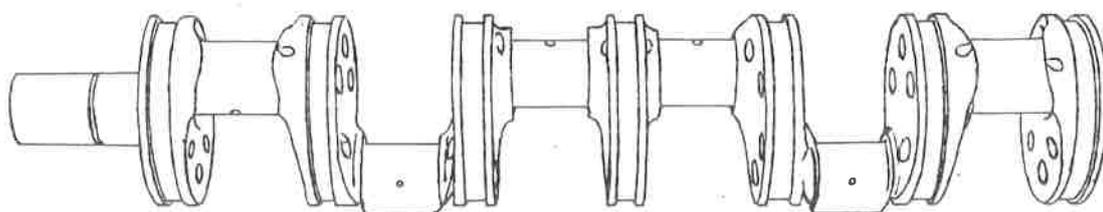


Fig. 51.0.4.

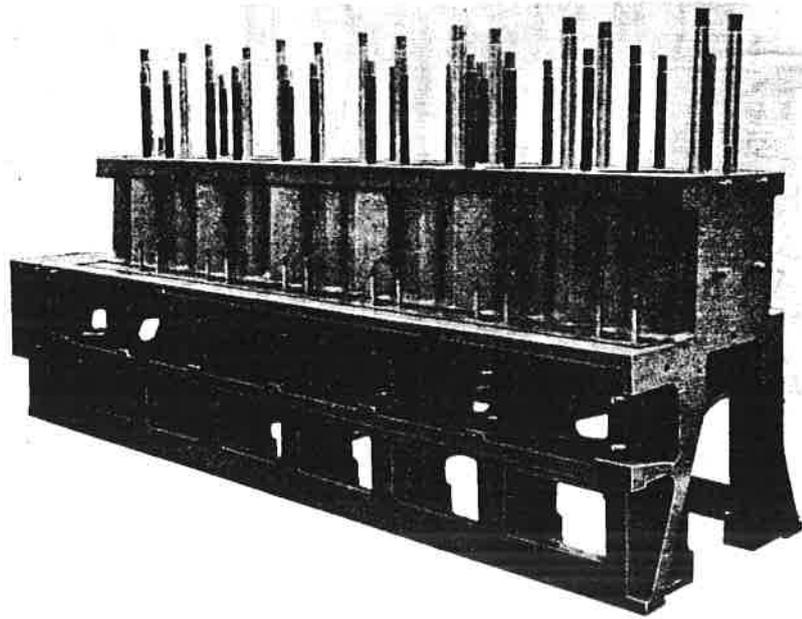


Fig. 51.1.1.

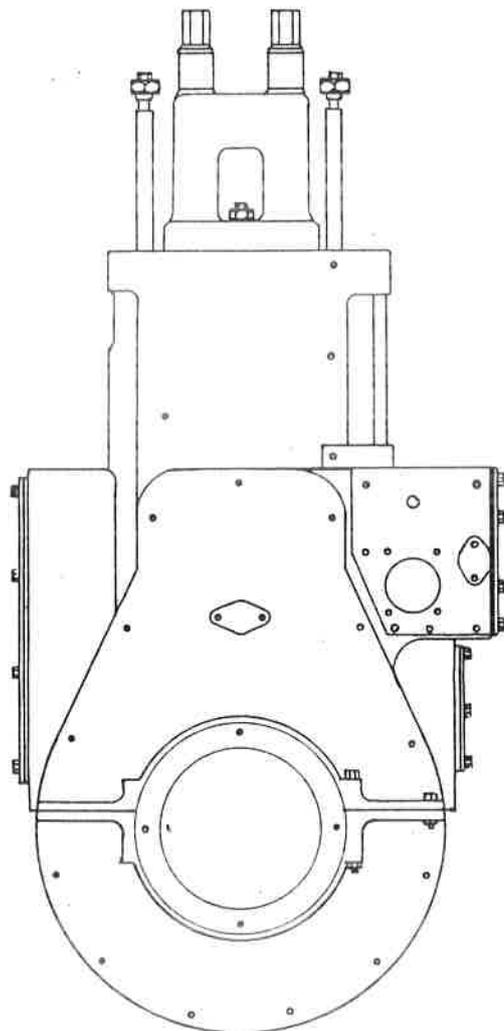
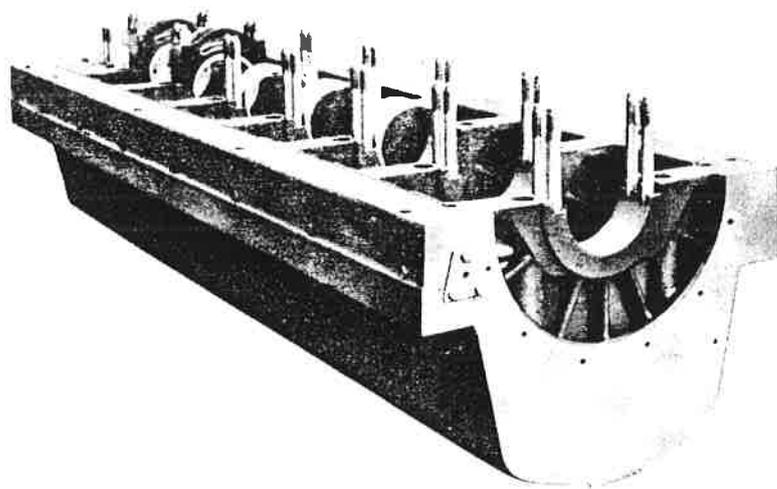
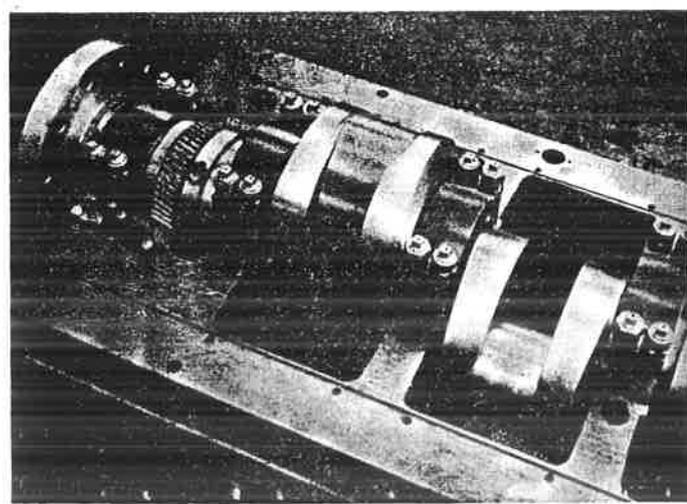


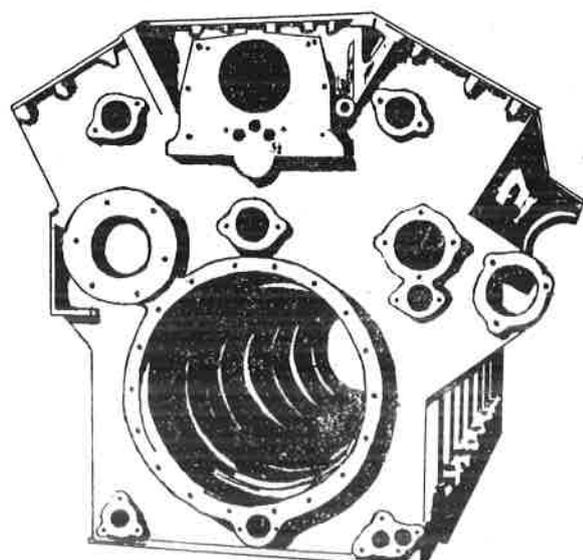
Fig. 51.1.2.



*Fig. 51.1.3.*



*Fig. 51.1.4.*



*Fig. 51.1.5.*



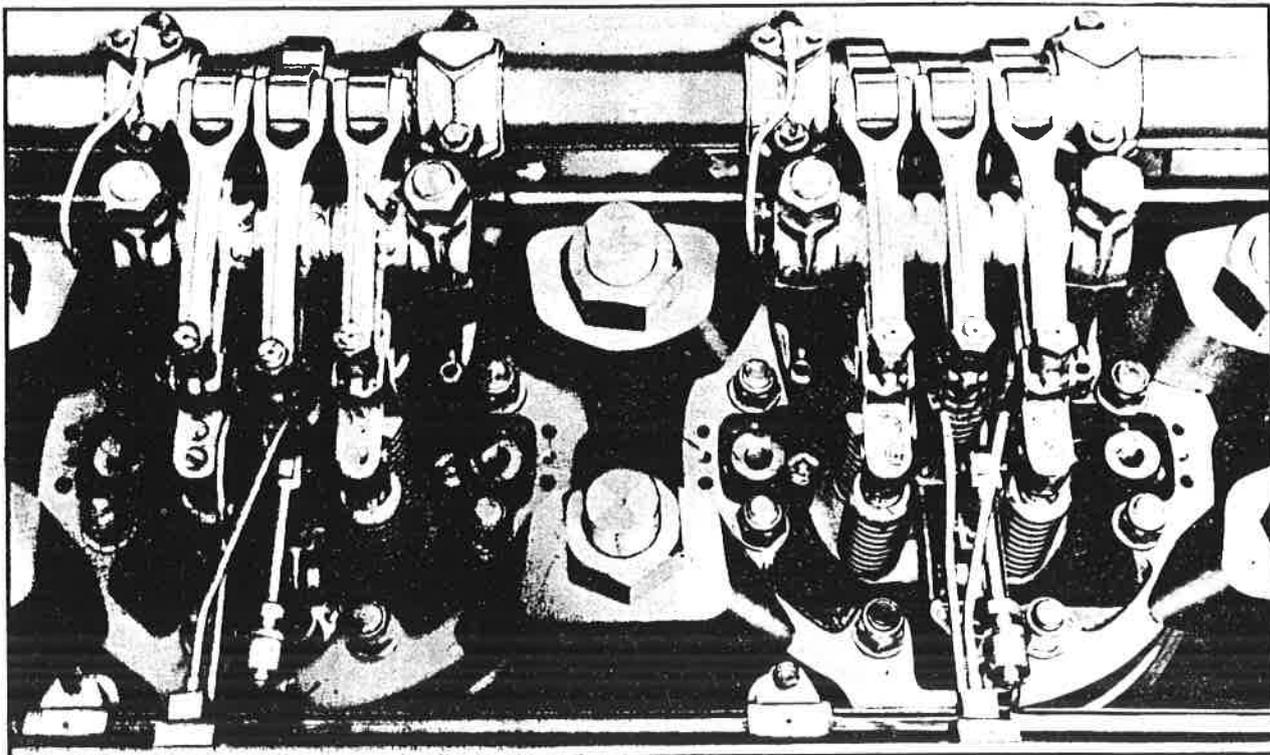


Fig. 51.3.3.

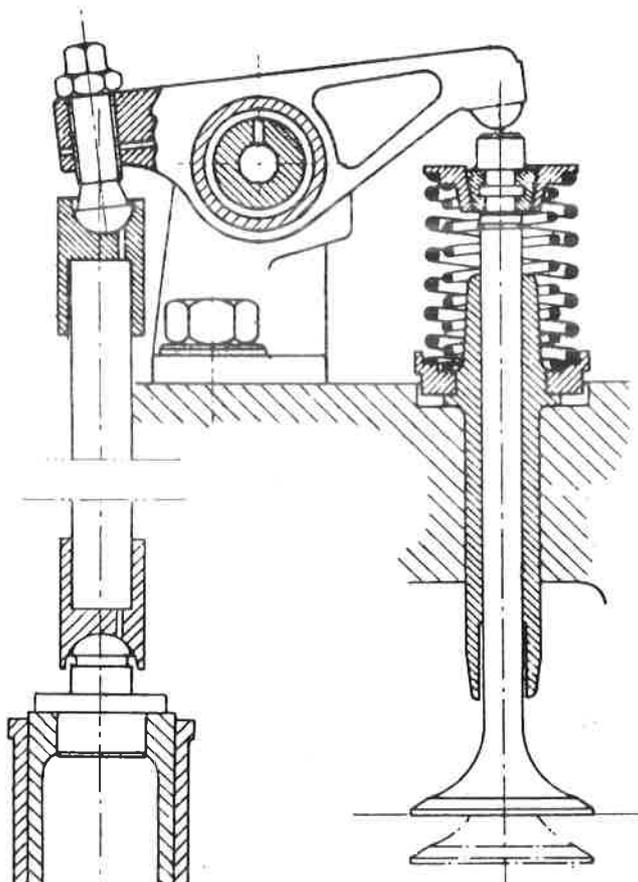


Fig. 51.3.4.

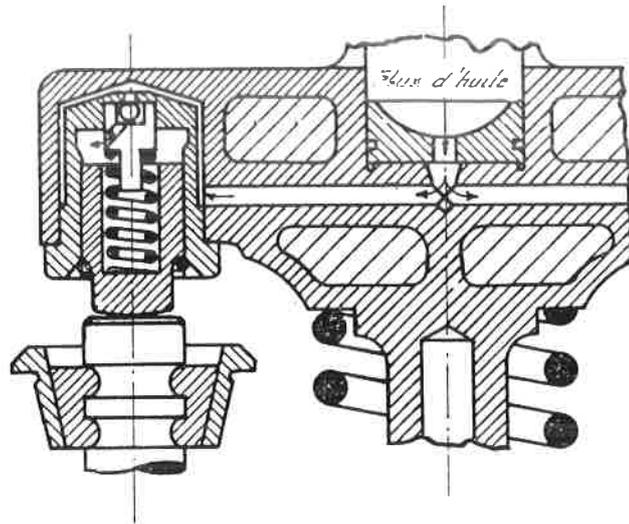


Fig. 51.3.5.

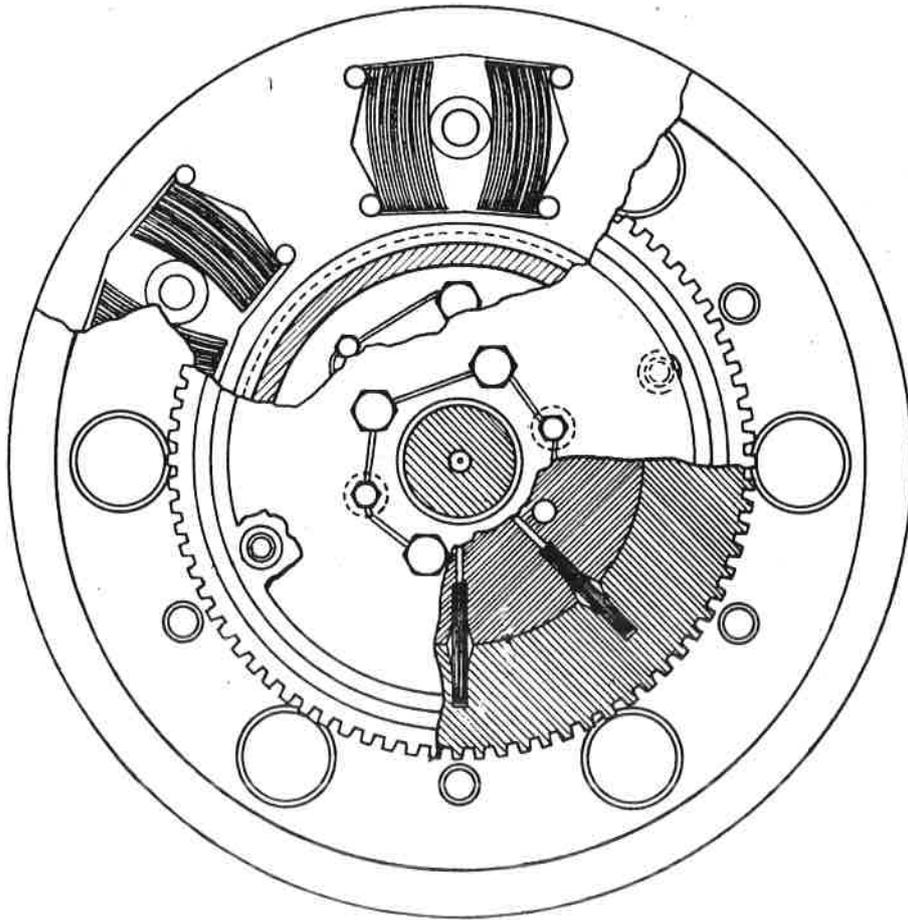


Fig. 51.5.2.

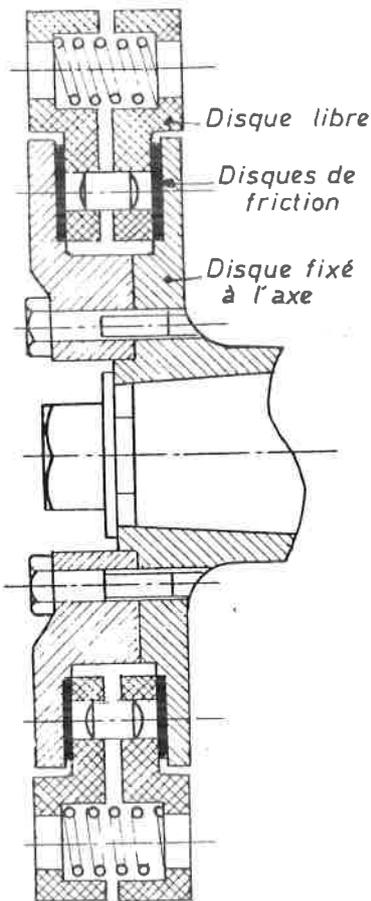


Fig. 51.5.1.

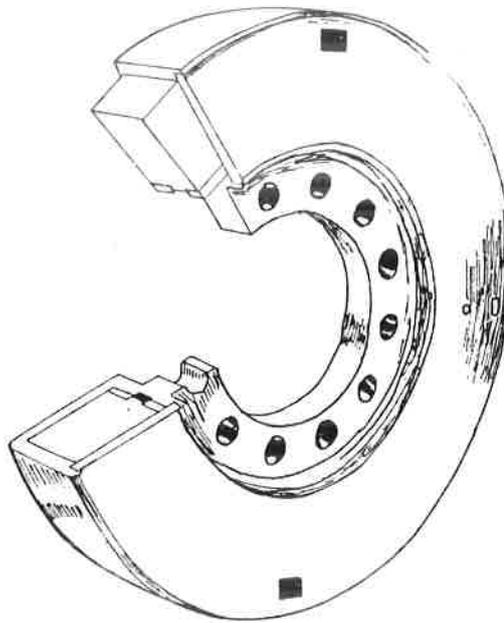


Fig. 51.5.3.

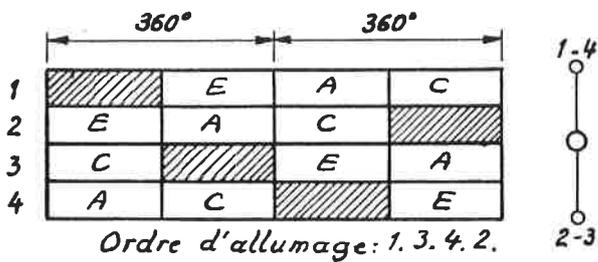


Fig. 53.3.1.

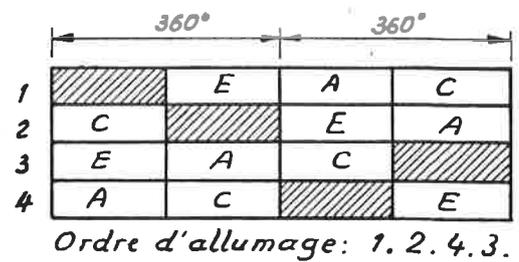


Fig. 53.3.2.

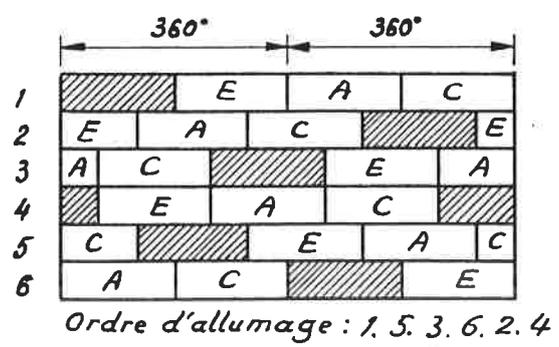
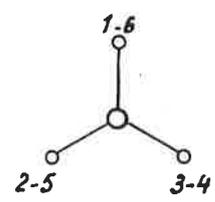


Fig. 53.3.3.

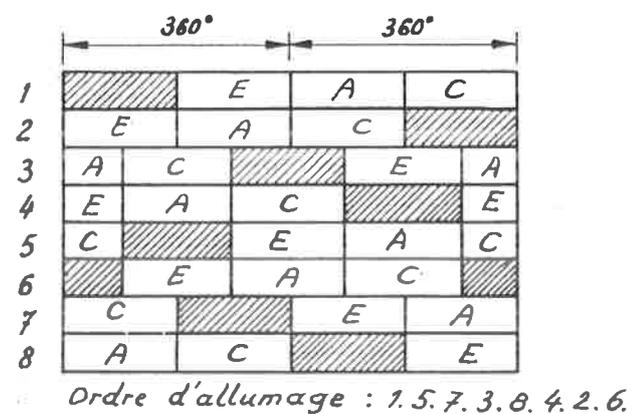
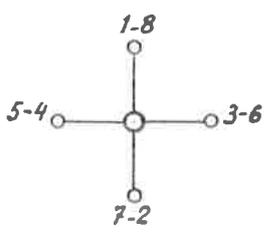


Fig. 53.3.4.

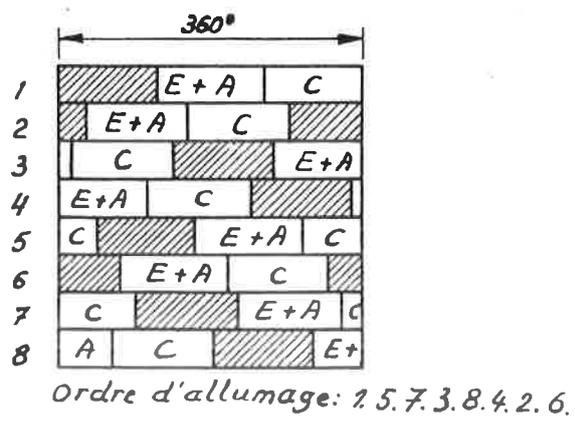
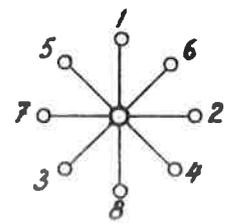
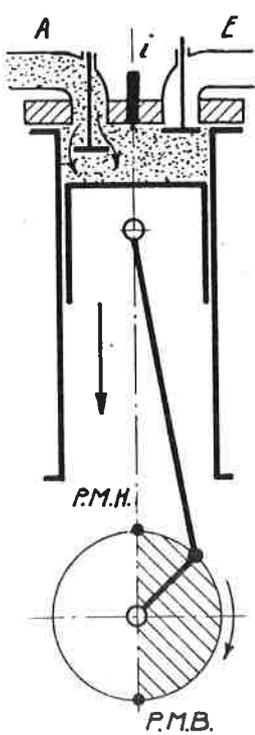


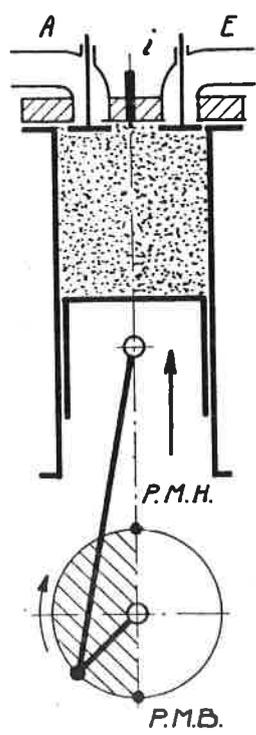
Fig. 53.3.5.



1er temps

Admission

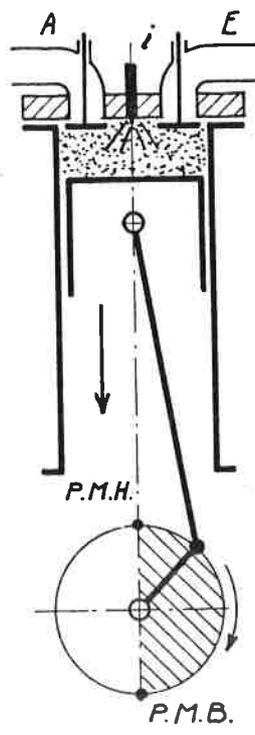
Fig 54.1.1



2me temps

Compression

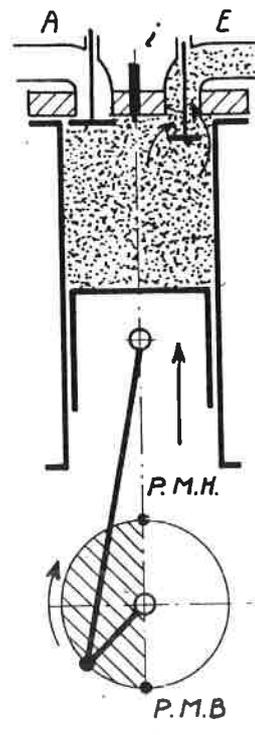
Fig 54.1.2



3me temps

Injection combustion  
et détente

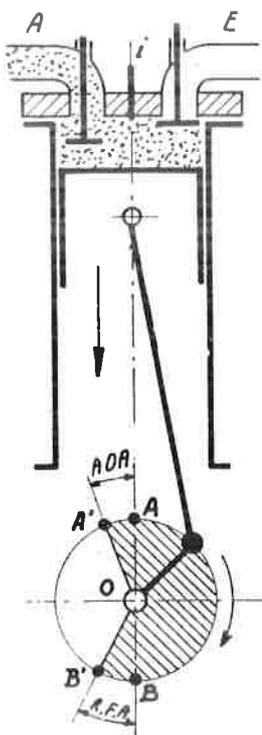
Fig 54.1.3



4me temps

Echappement

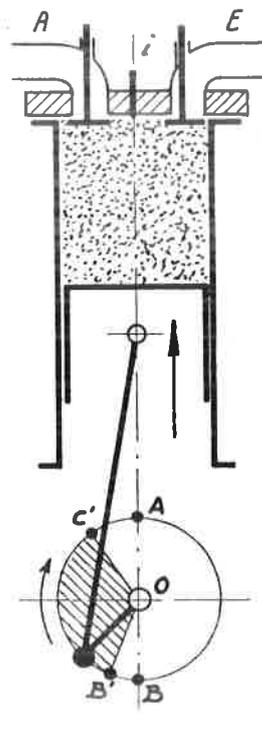
Fig 54.1.4



1er temps

Admission

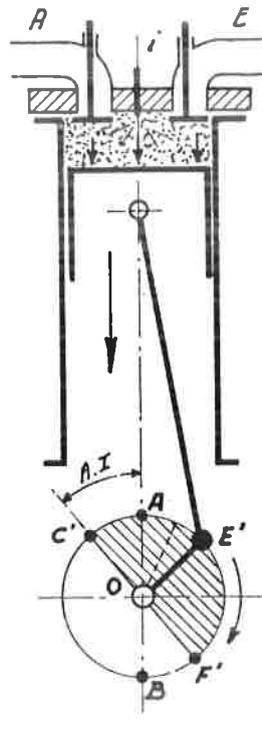
Fig 54.3.1



2me temps

Compression

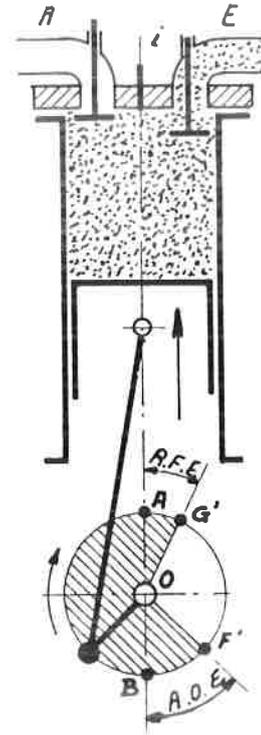
Fig.54.4.1



3me temps

Injection combustion  
et détente

Fig 54.5.1



4me temps

Echappement

Fig 54.7.1



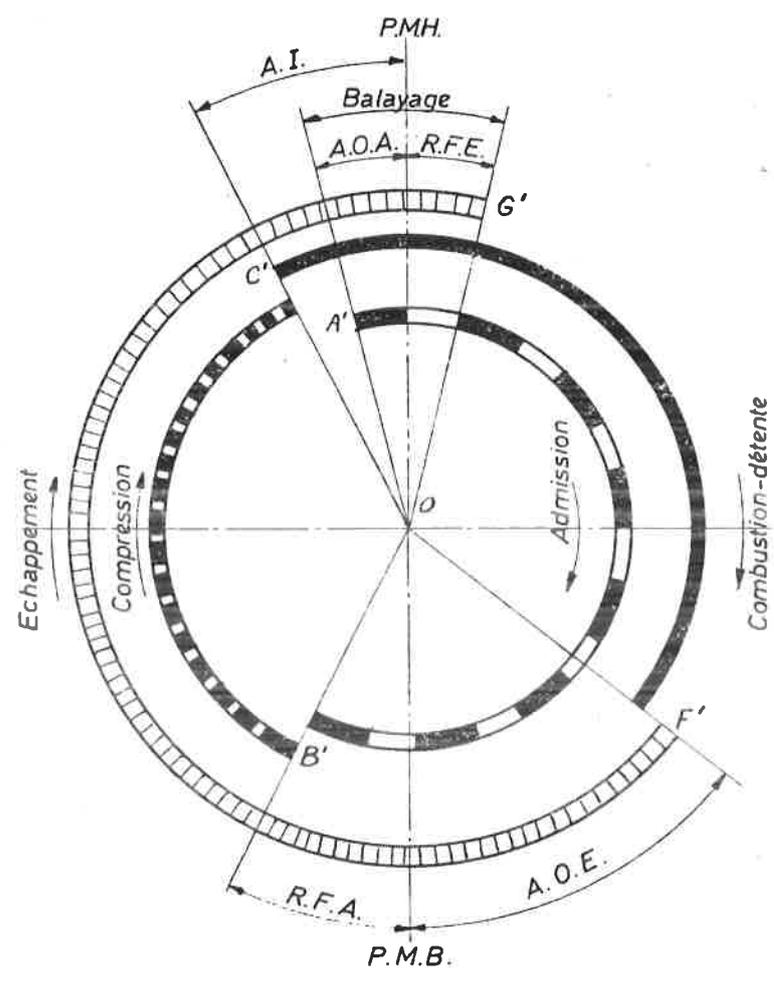


Fig. 54. 2. 1.

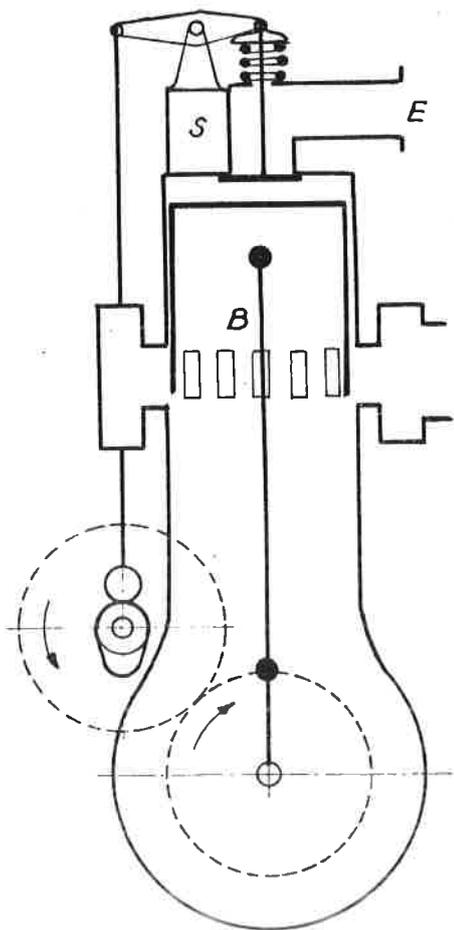


Fig. 55. 2. 1.

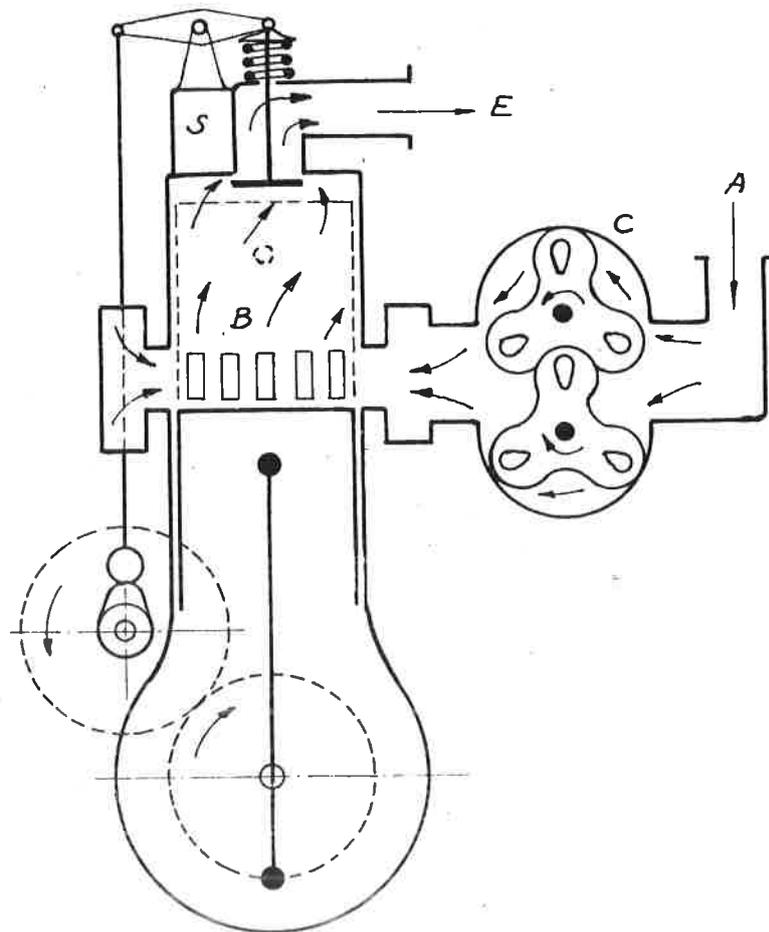


Fig. 55. 2. 2.

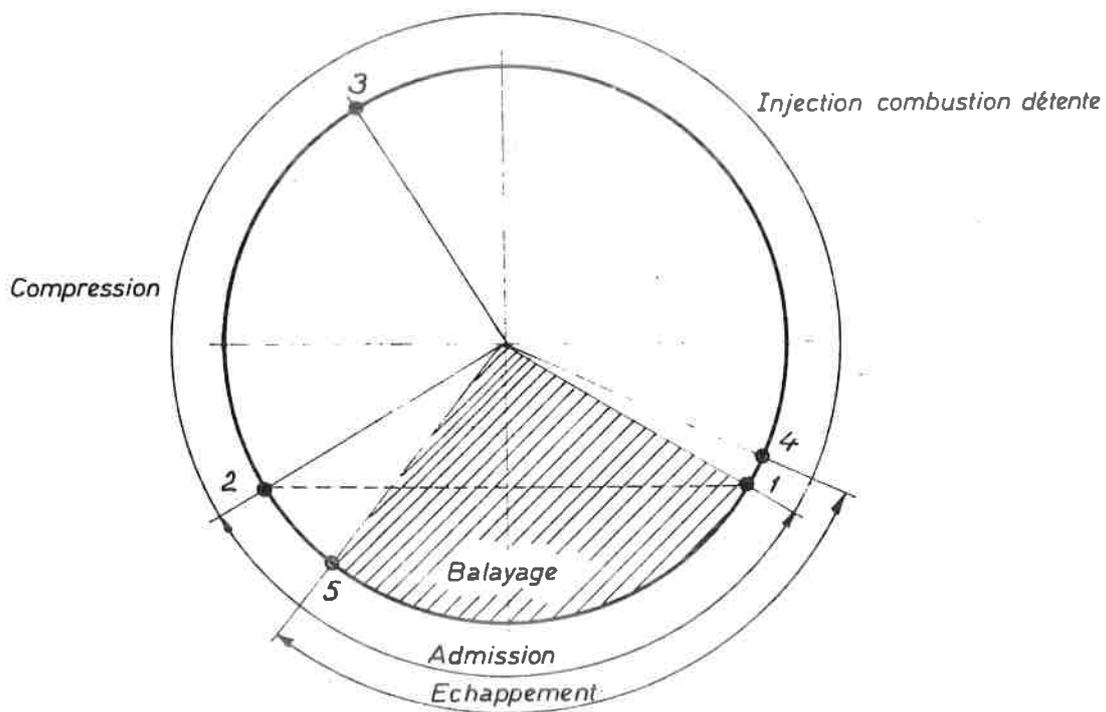


Fig. 55. 3. 1.

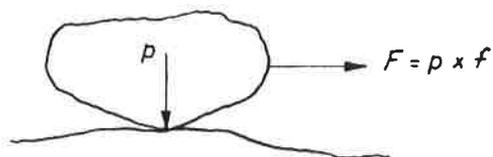


Fig. 57.0.1.

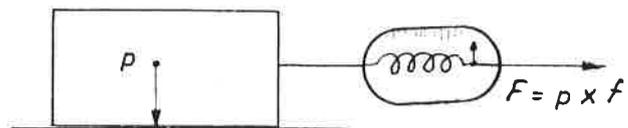


Fig. 57.2.1.

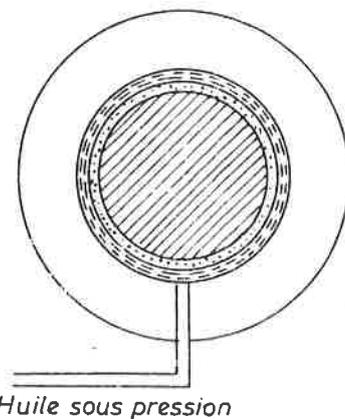
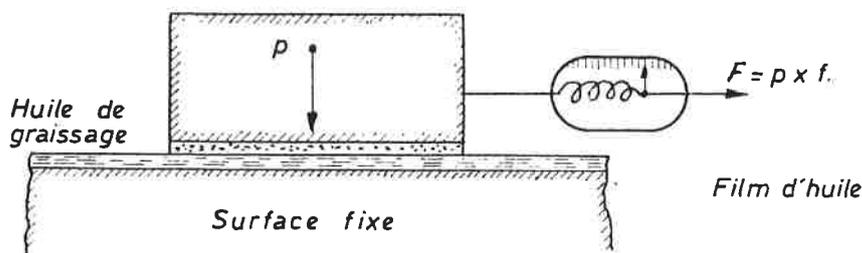


Fig 57.2.2.

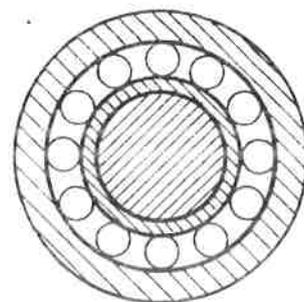
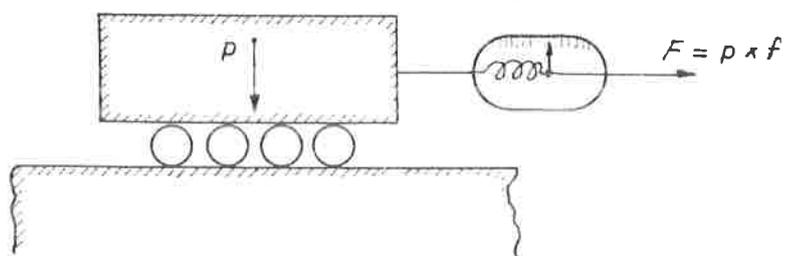


Fig. 57.2.3.

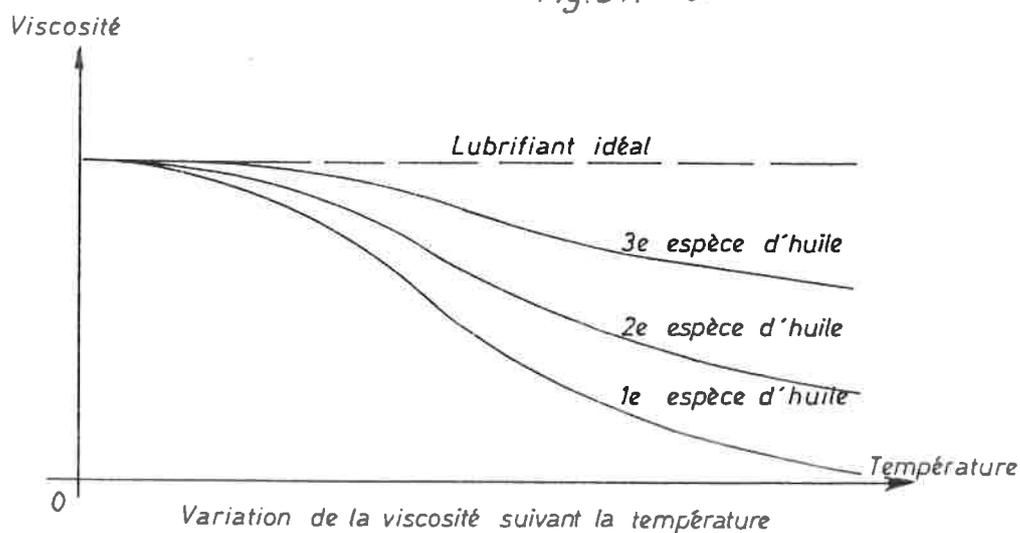


Fig. 57.4.1.

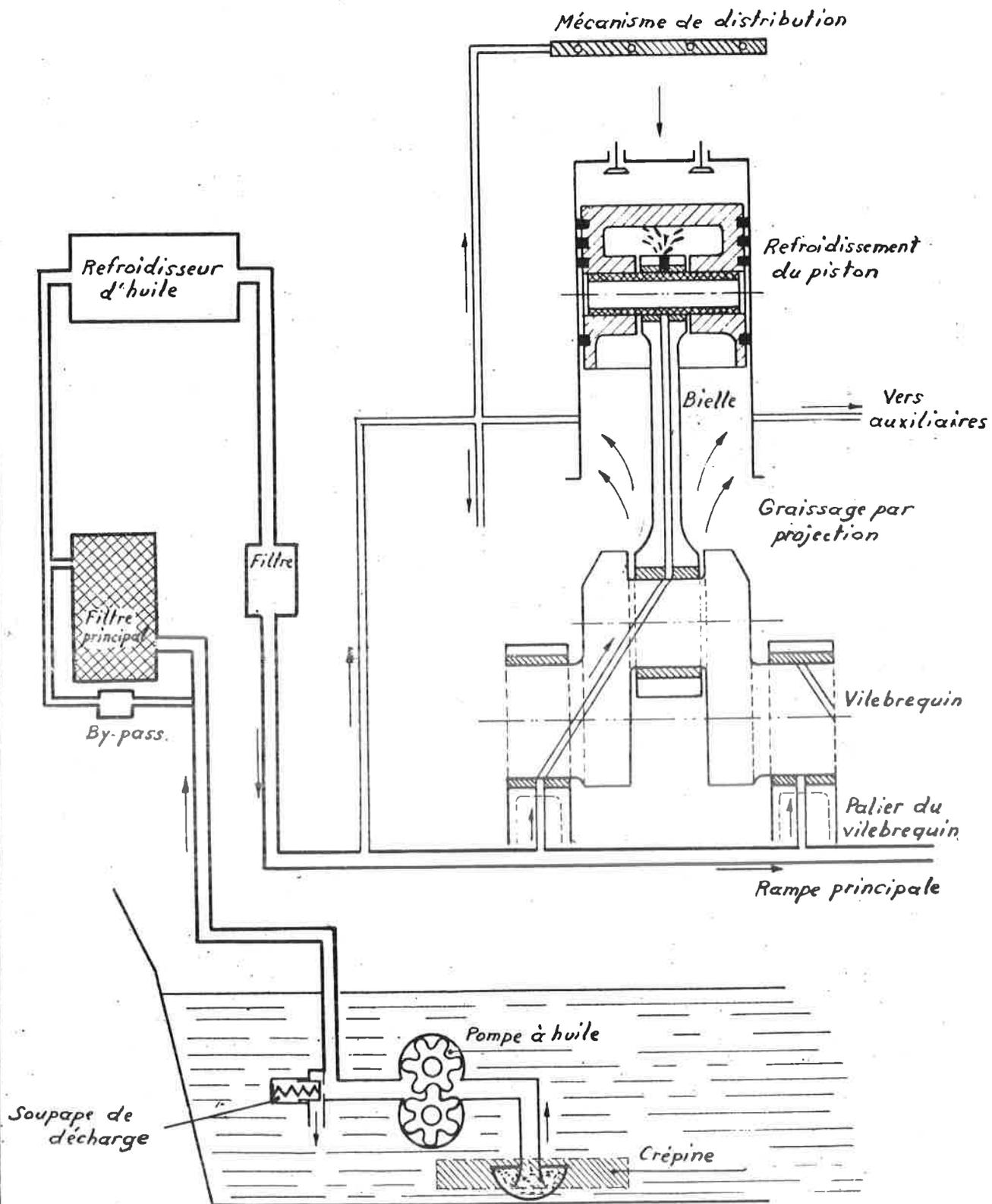


Fig. S8.0.1

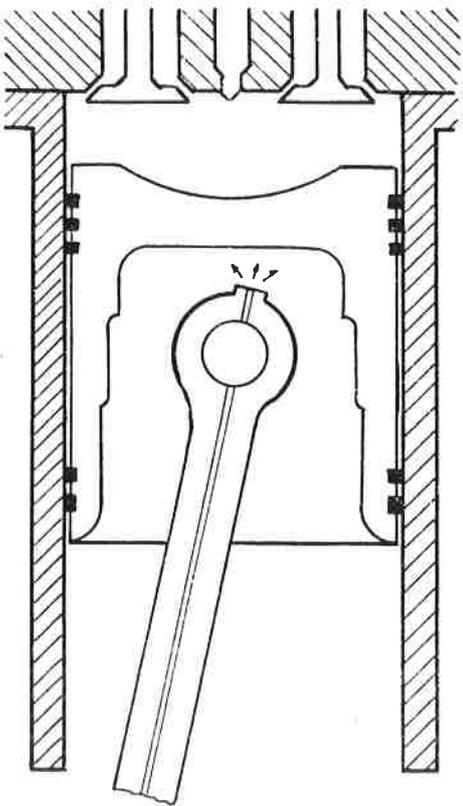


Fig. 58.1.1.

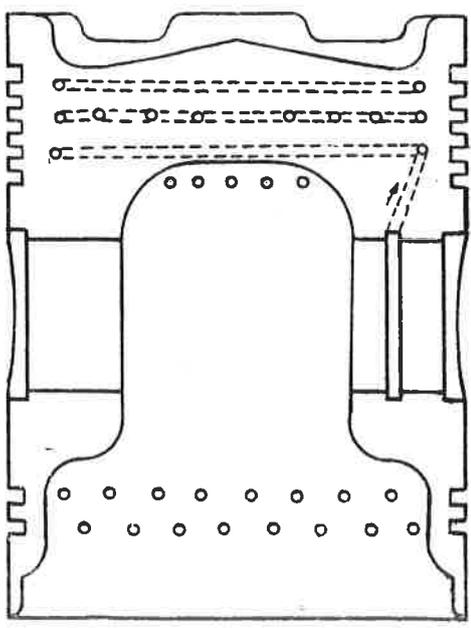
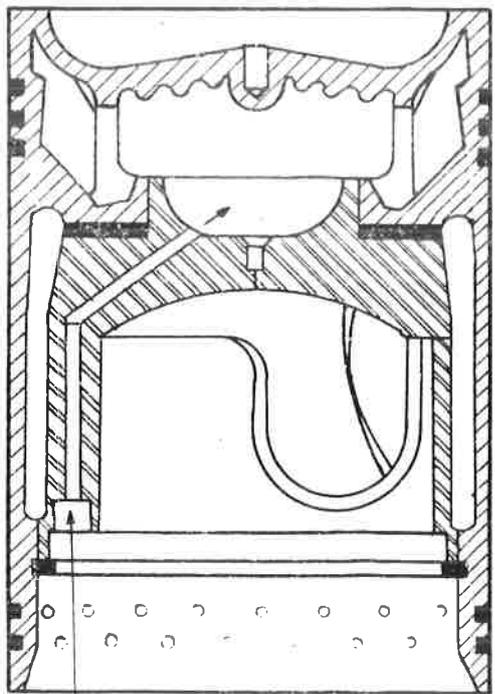


Fig. 58.1.2.



Jet d'huile

Fig. 58.1.3.

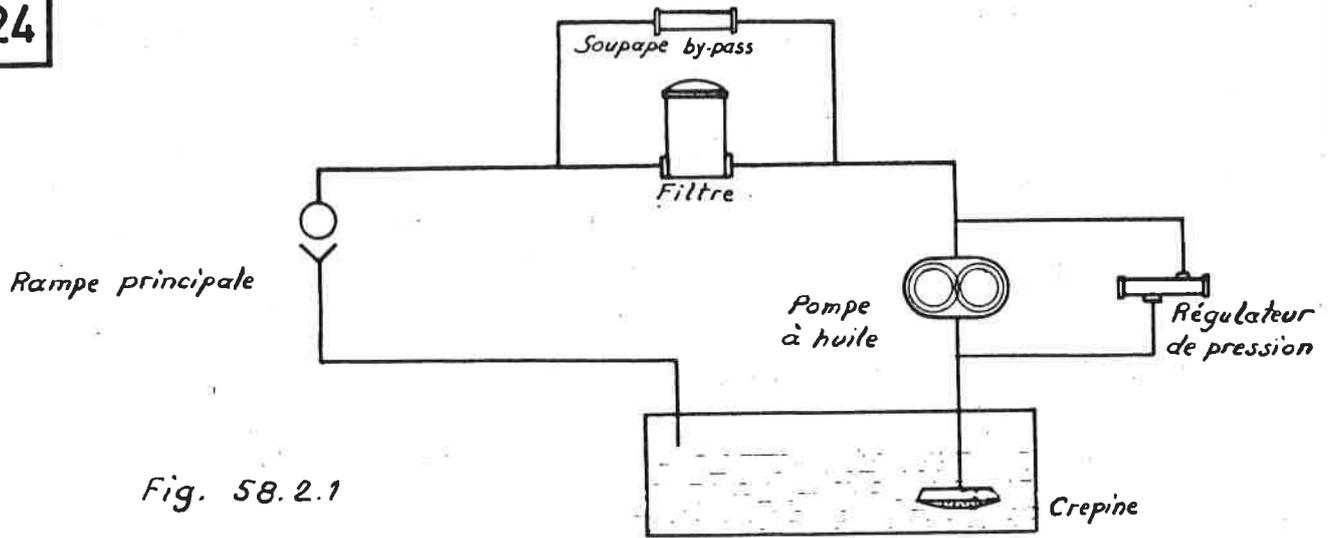


Fig. 58.2.1

Principe d'une installation de graissage avec filtre monté en serie.

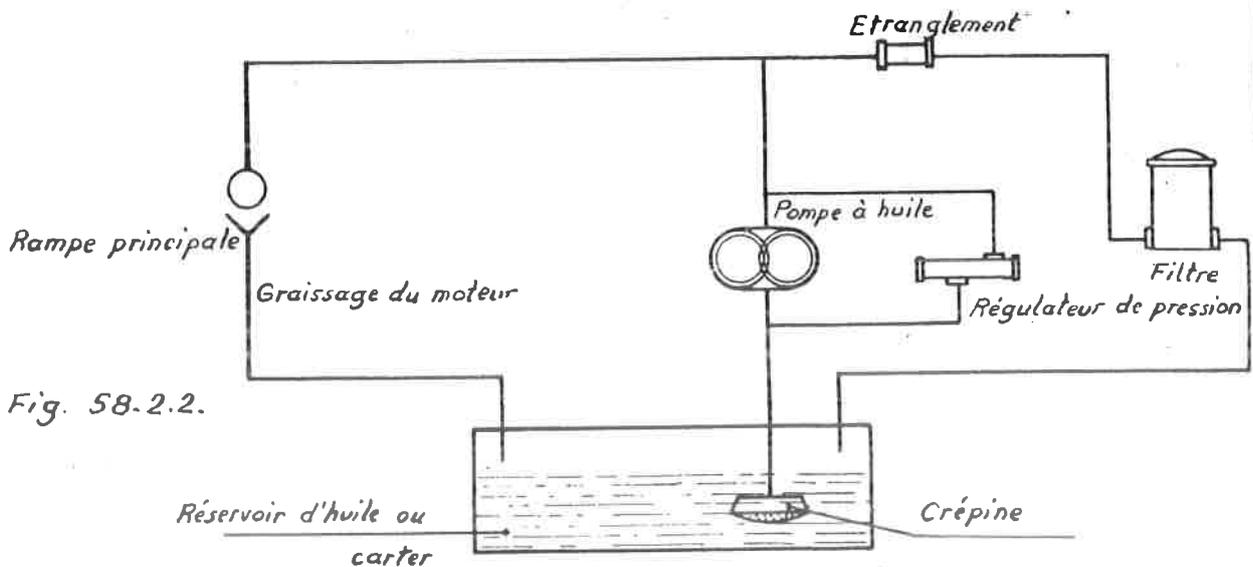


Fig. 58.2.2.

Principe d'une installation de graissage avec filtre monté en parallèle

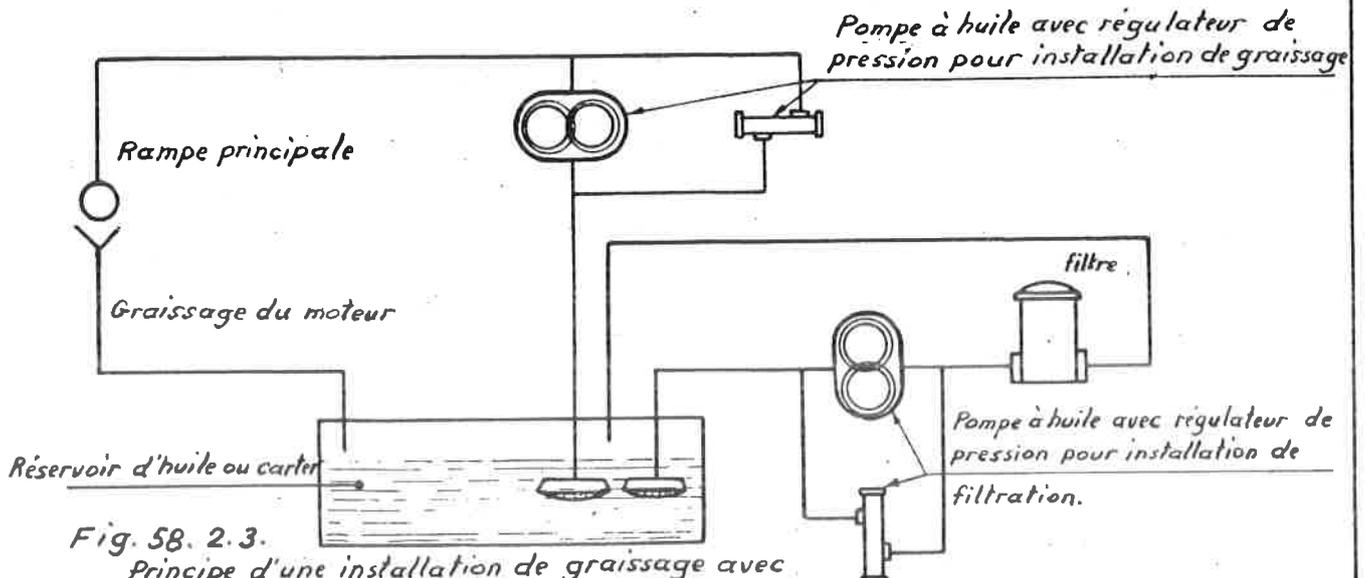


Fig. 58.2.3.

Principe d'une installation de graissage avec circuit de filtration séparé.

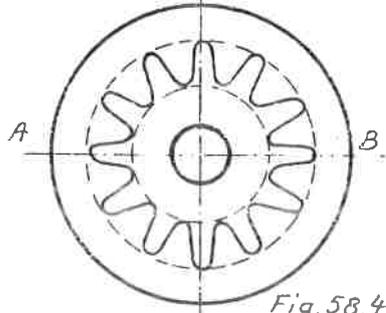
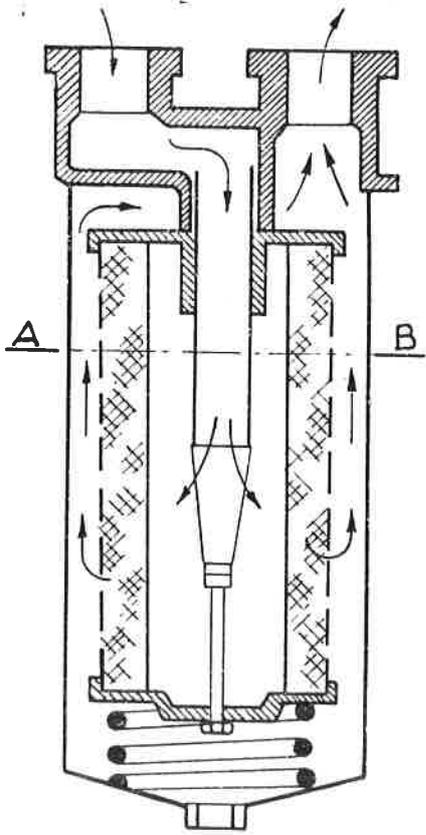


Fig. 58.4.1

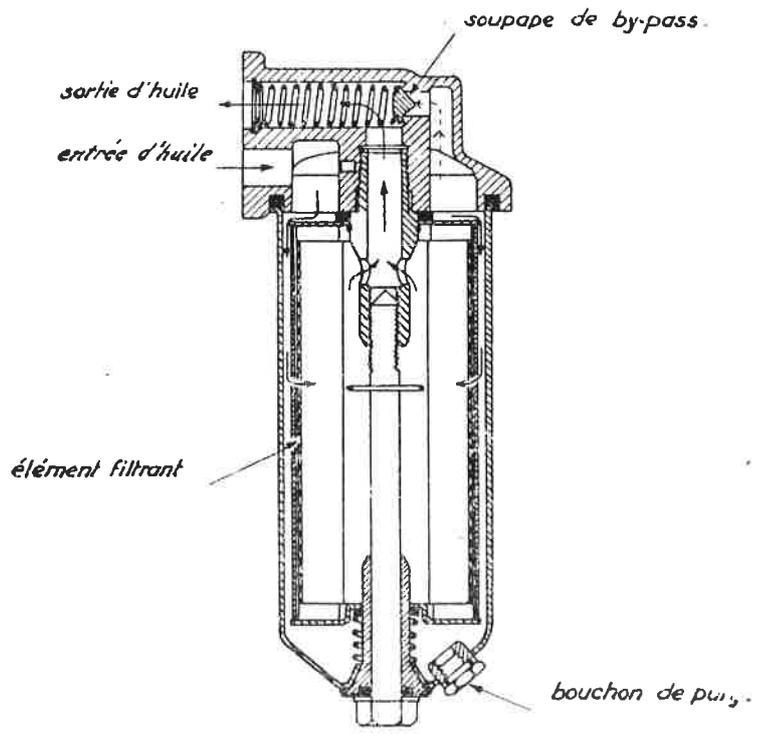


Fig. 58.4.2.

Filter lamellaire à disques métalliques multiples.

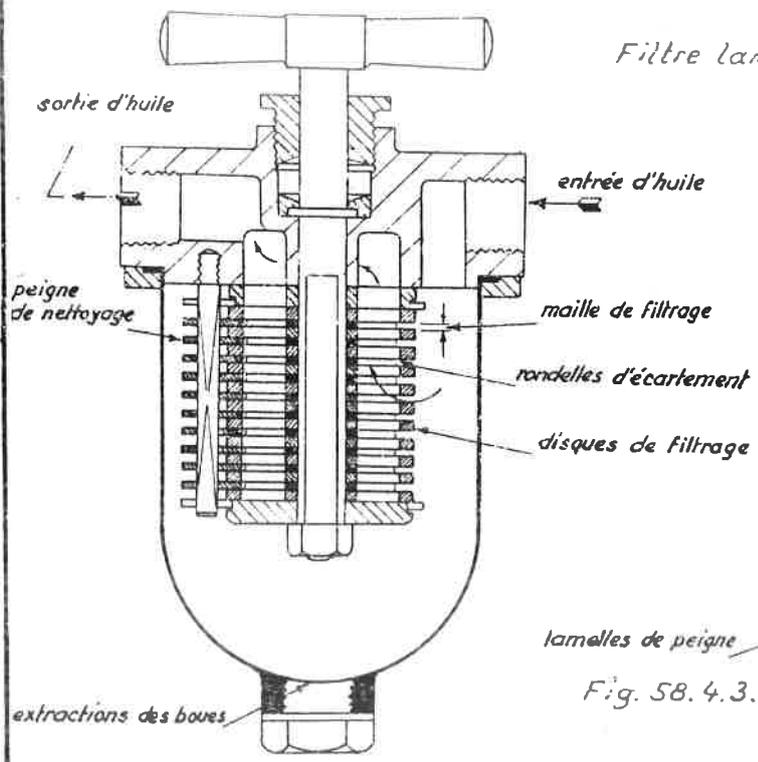
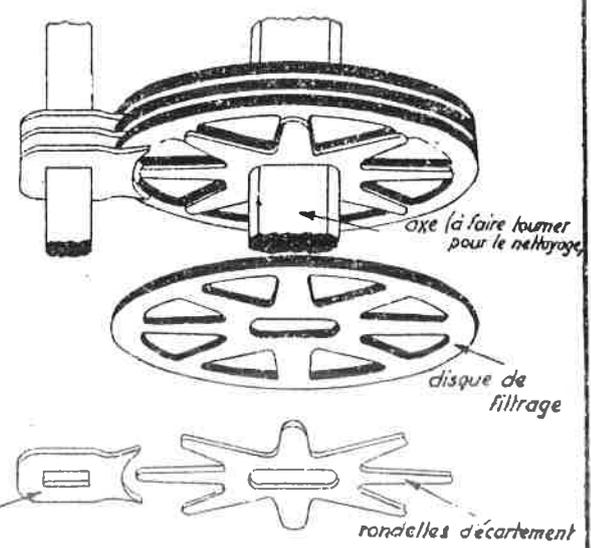
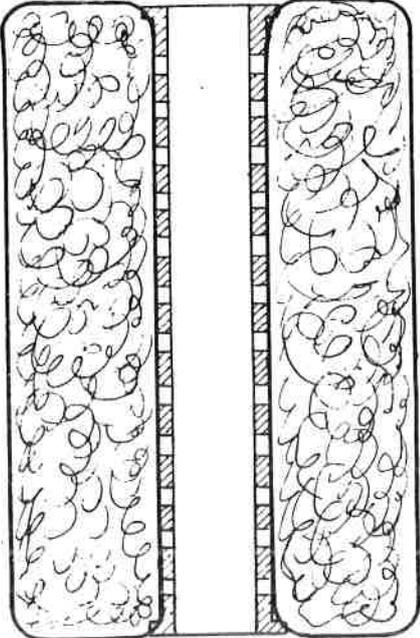


Fig. 58.4.3.

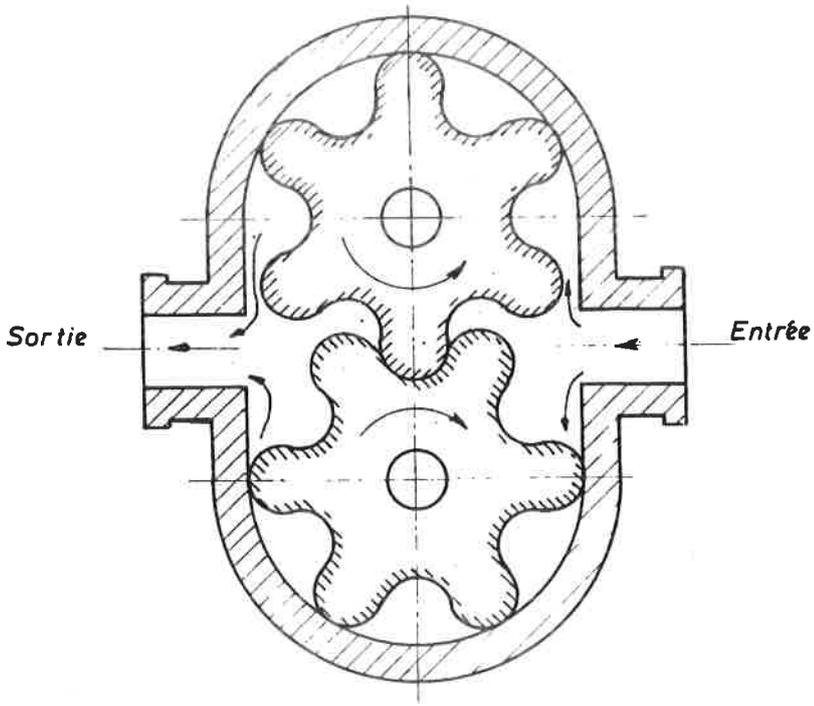


Détail d'assemblage du filtre

*Elément de filtre Michiana*



*Fig. 58. 4. 4.*



*Fig. 58. 5. 1.*



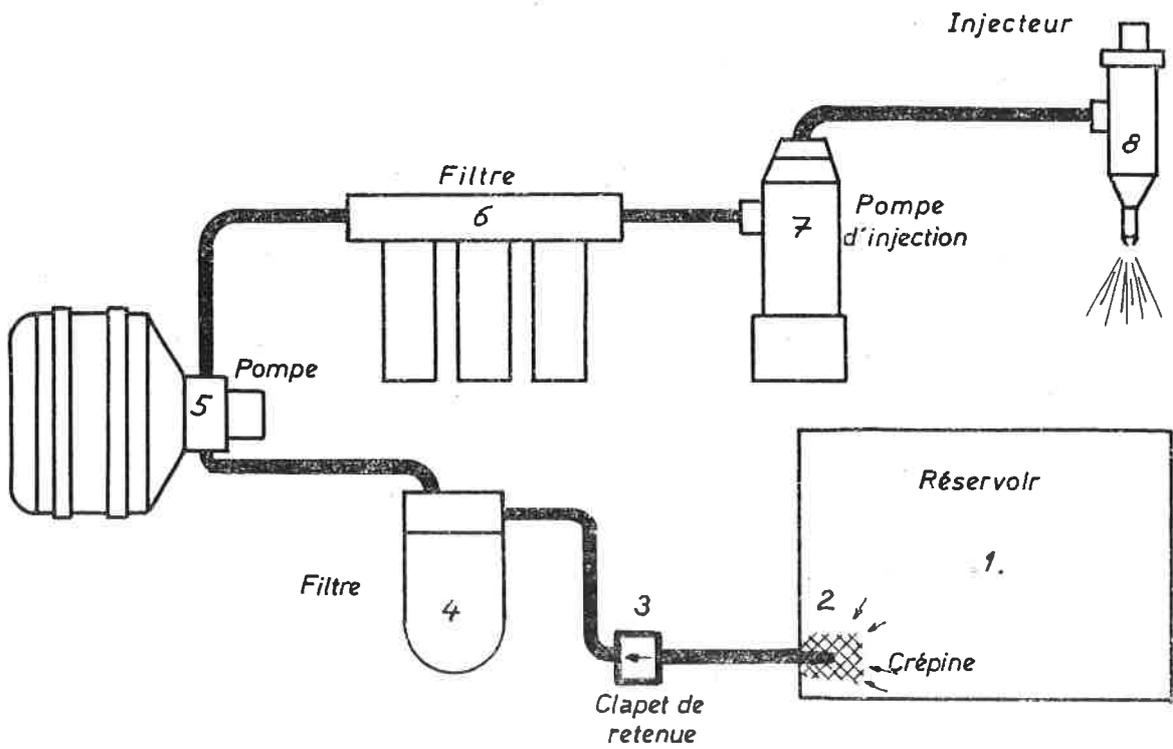


Fig. 59. 0. 1.

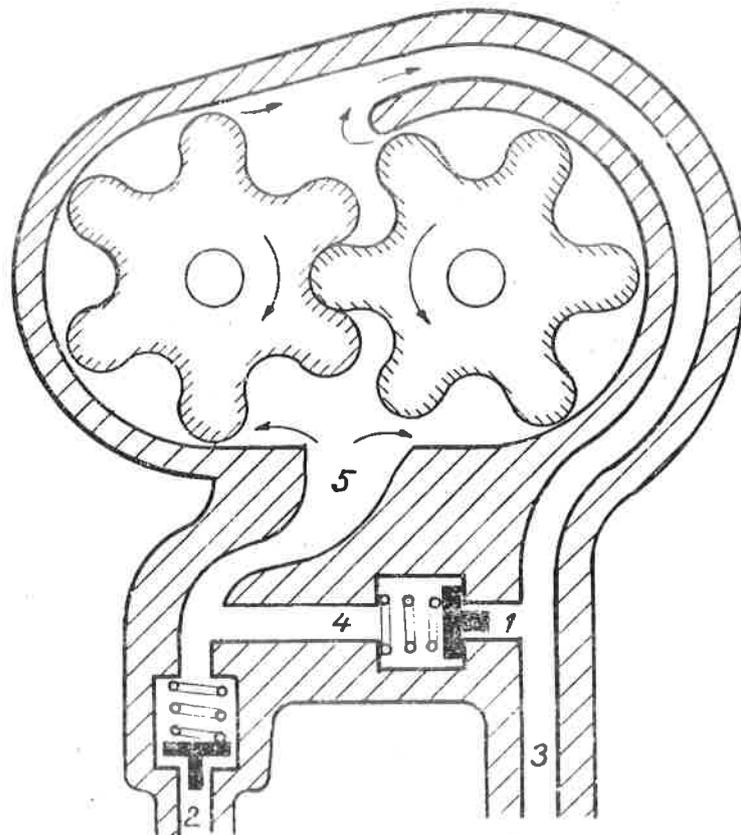


Fig. 59. 2. 1.

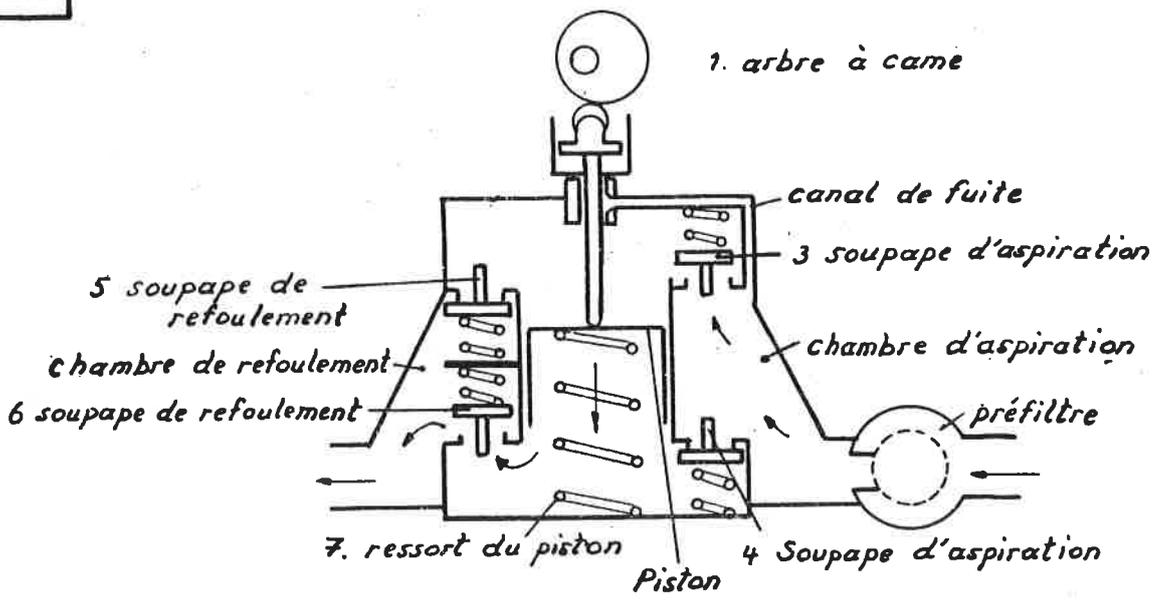


Fig. 59.3.1.

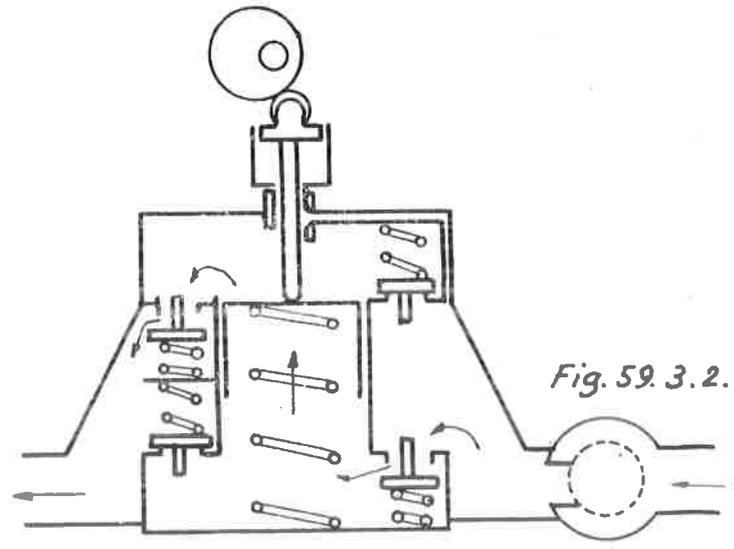


Fig. 59.3.2.

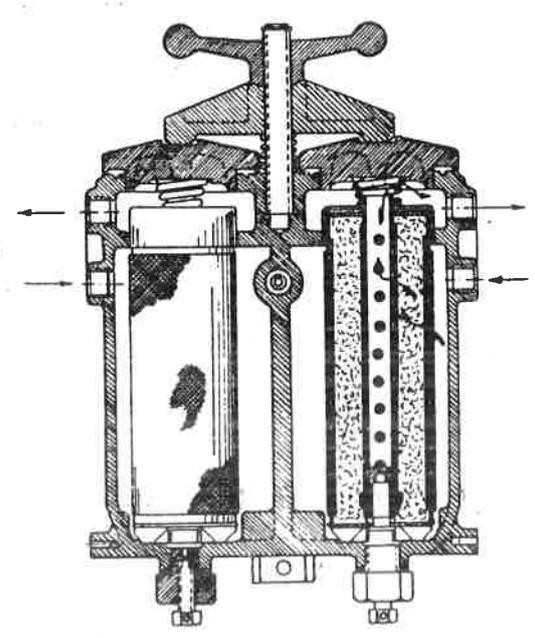


Fig. 59.8.1.

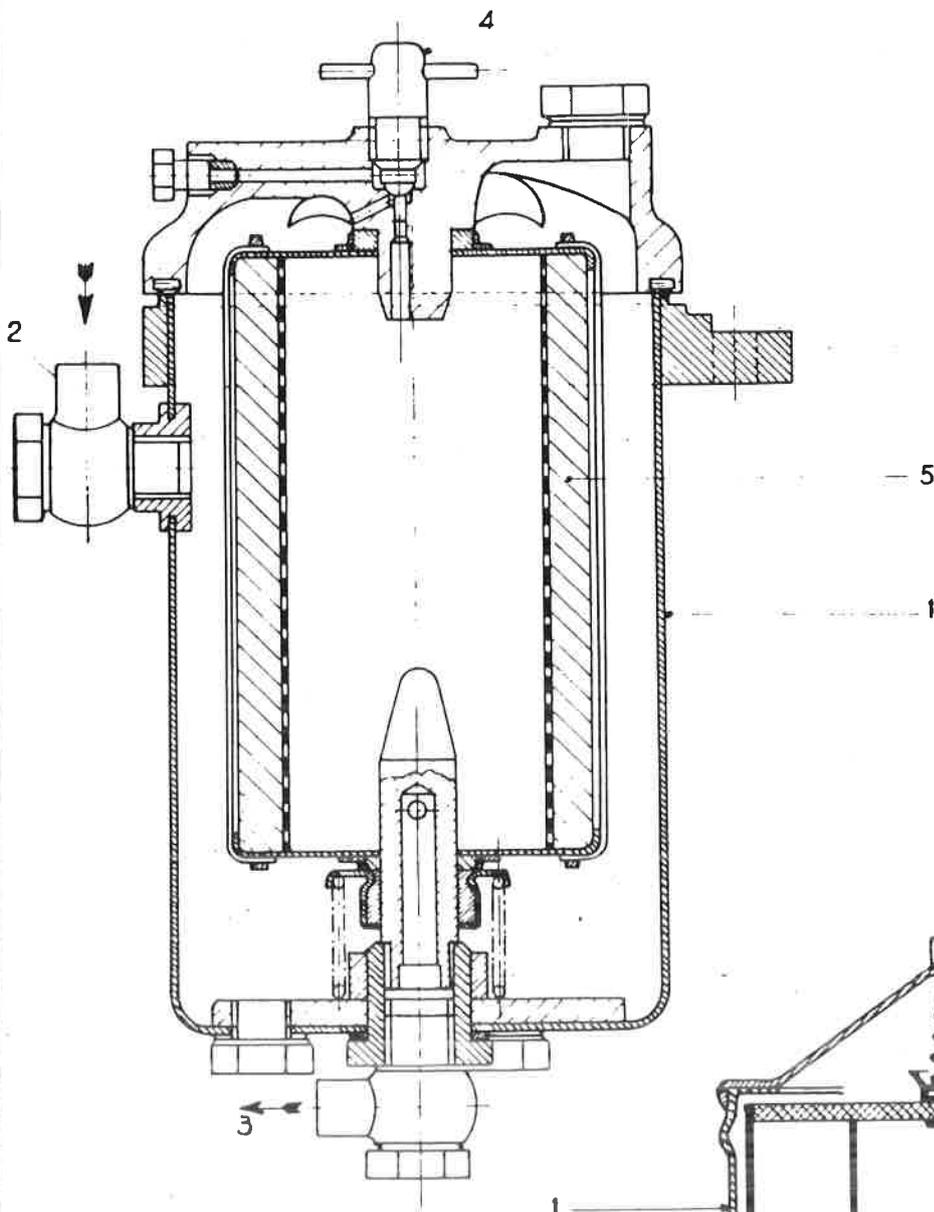


Fig. 59.6.1.

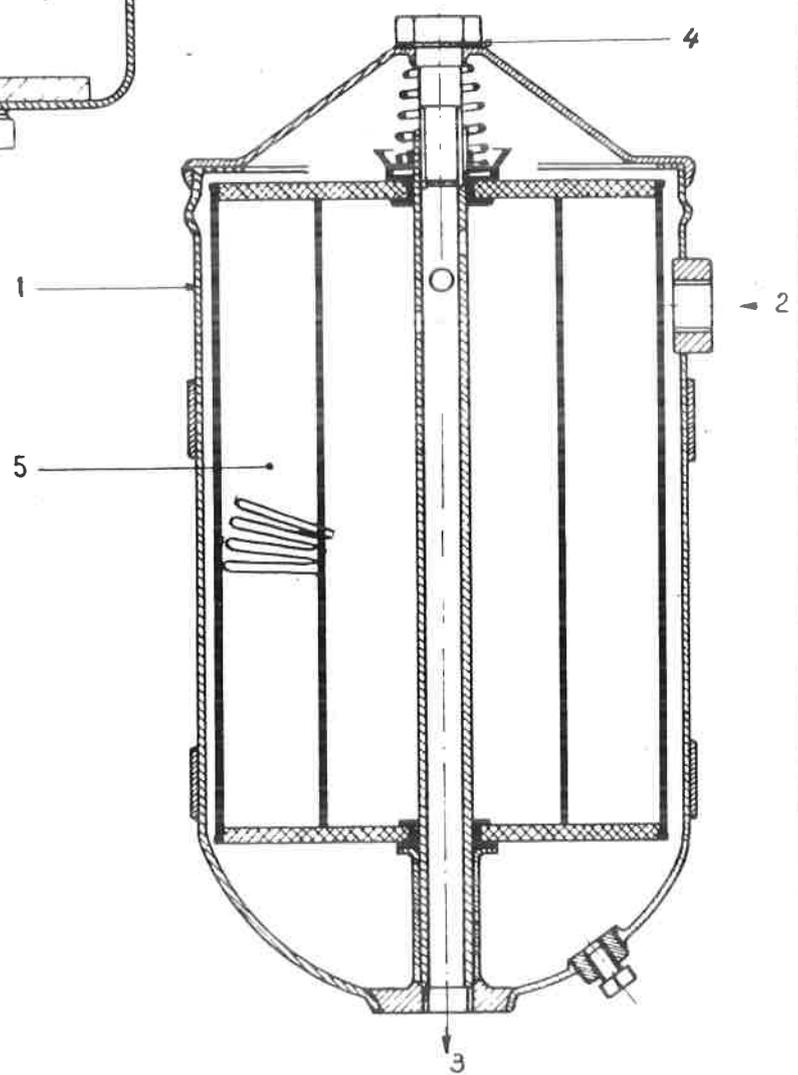


Fig. 59.7.1.

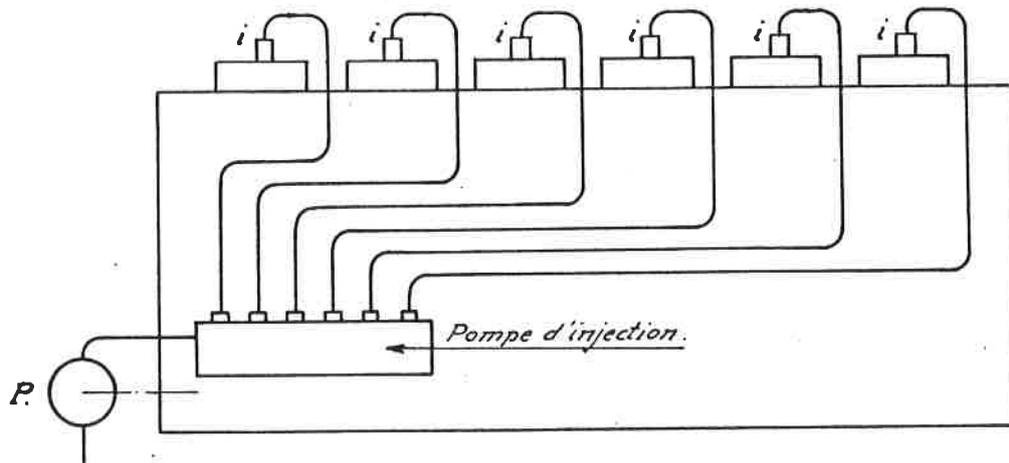


Fig. 61.0.1.

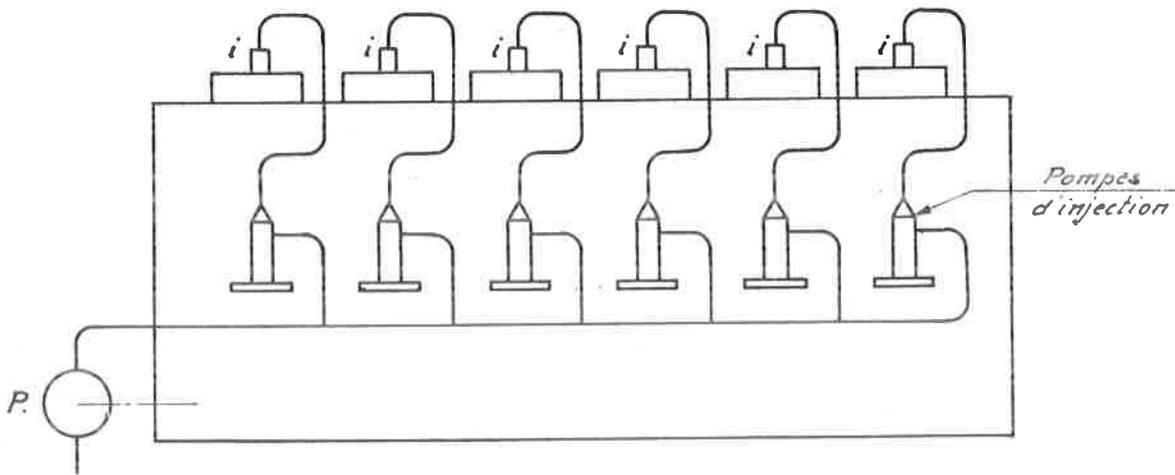


Fig. 61.0.2.

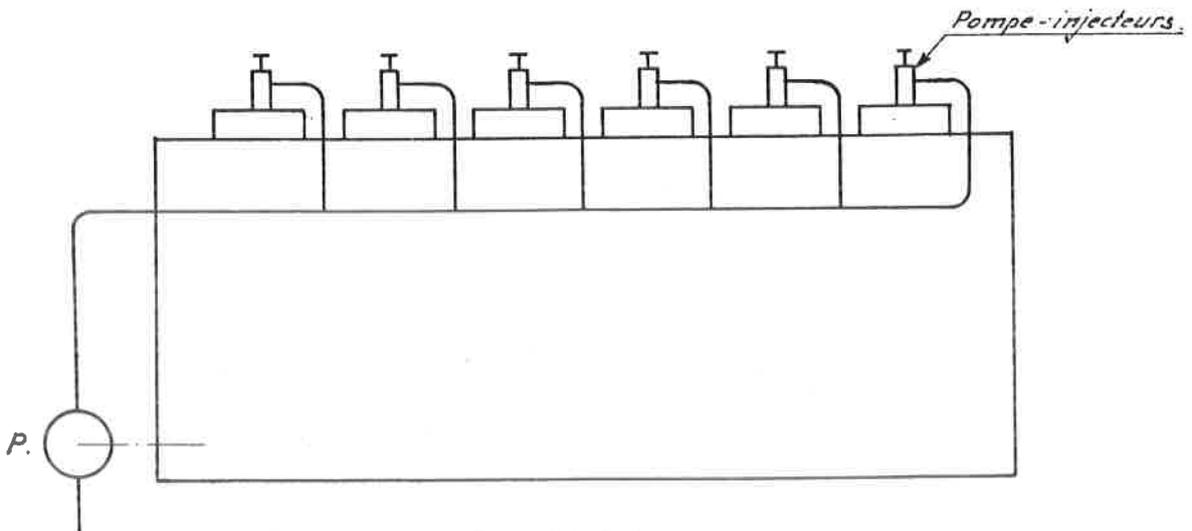
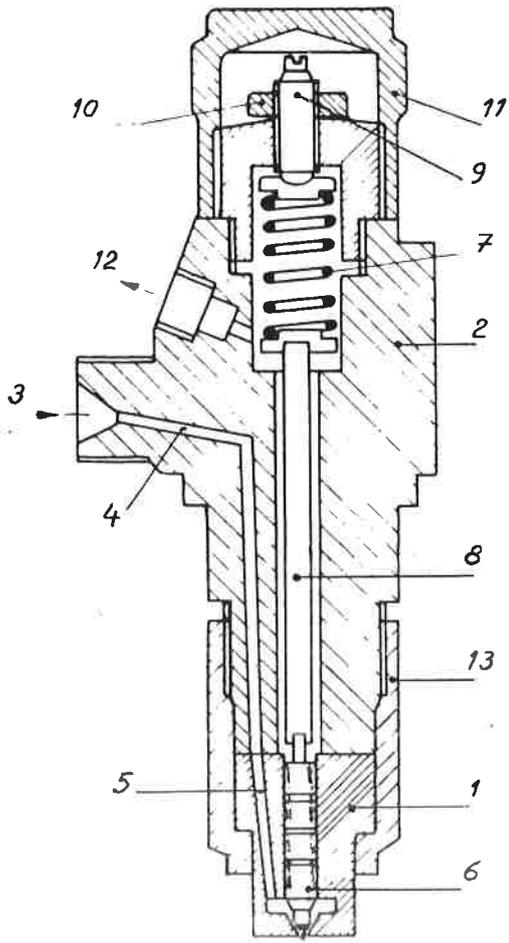


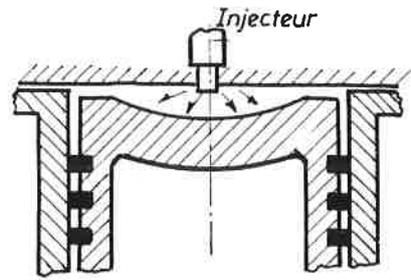
Fig. 61.0.3.

*Injecteur*



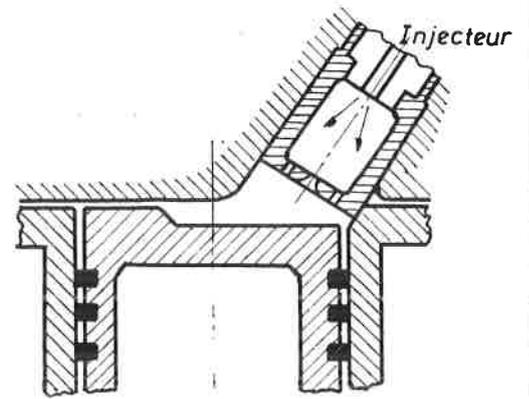
*Fig. 61.3.1*

*Injection directe*



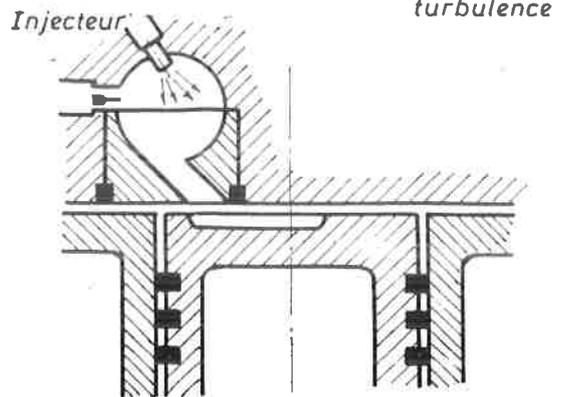
*Fig. 61.1.1.*

*Injection indirecte*

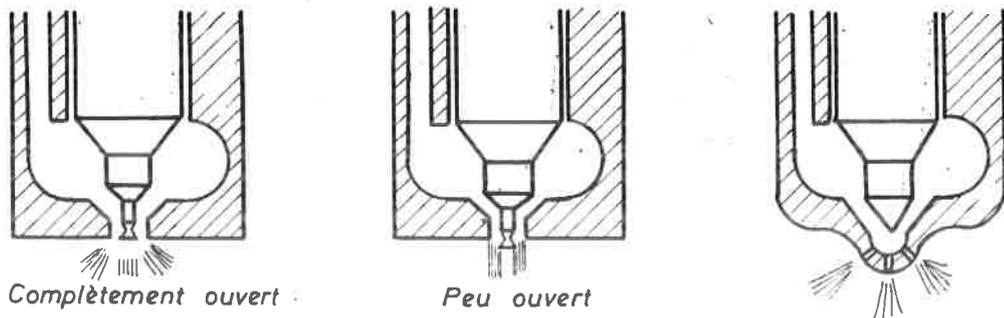
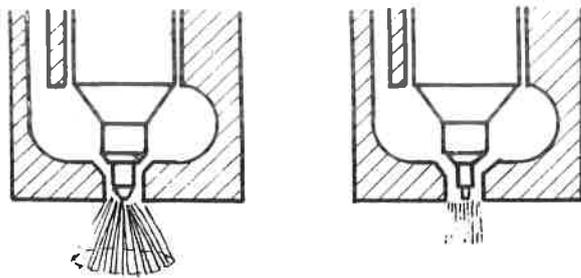


*Fig. 61.2.1.*

*Injection avec chambre de turbulence*



*Fig. 61.2.2.*



*Fig. 61.3.2.*

Pompe d'injection

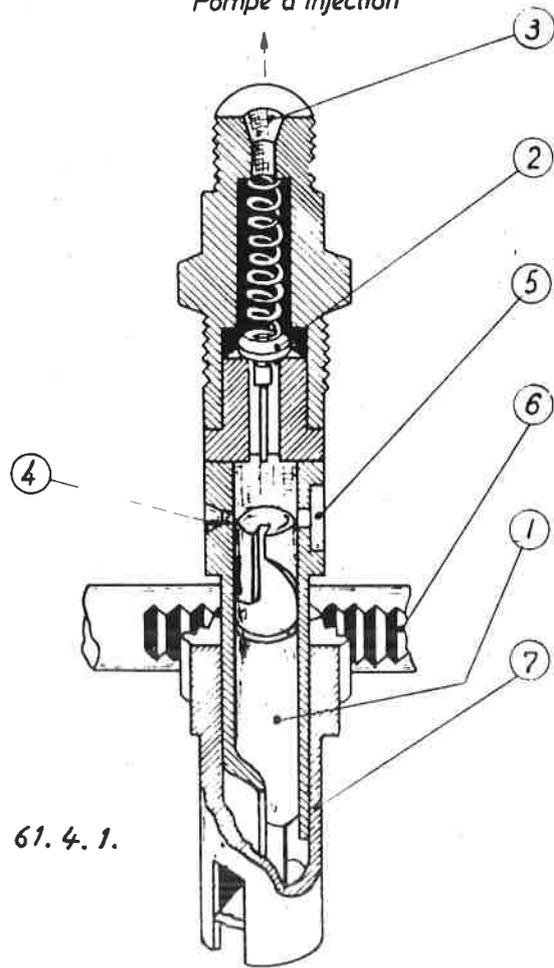
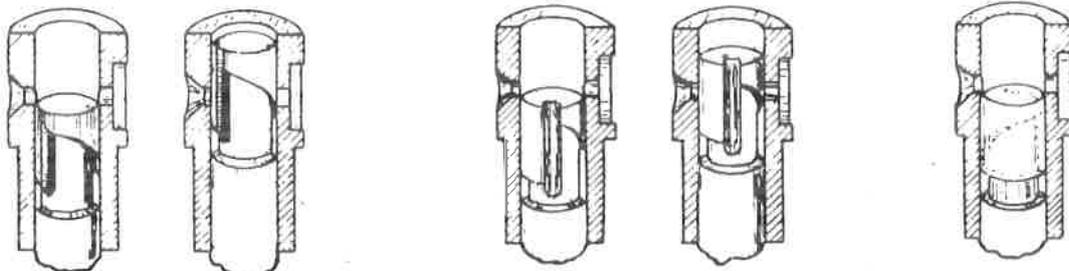


Fig. 61.4.1.



Point mort bas Fin d'injection  
Plein débit

Point mort bas Fin d'injection  
Demi-débit

Débit nul.

Fig. 61.4.2.

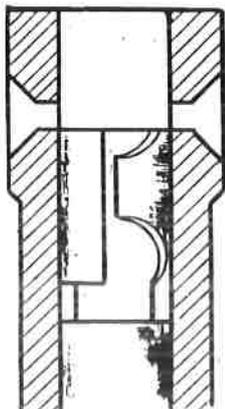


Fig. 64.4.3.

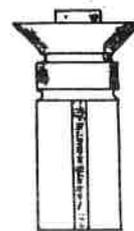
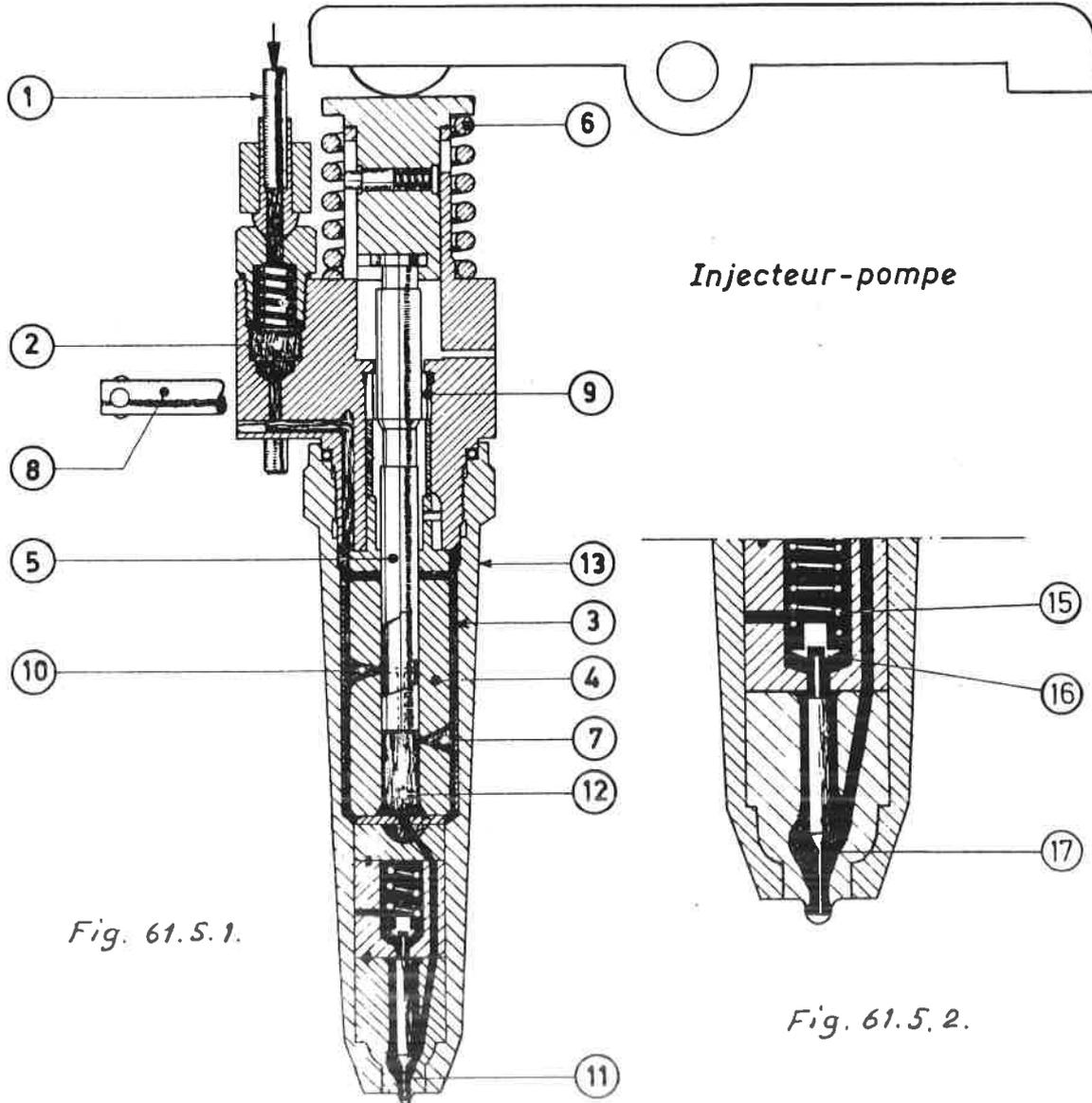


Fig. 64.4.4.



Injecteur-pompe

Fig. 61.5.1.

Fig. 61.5.2.

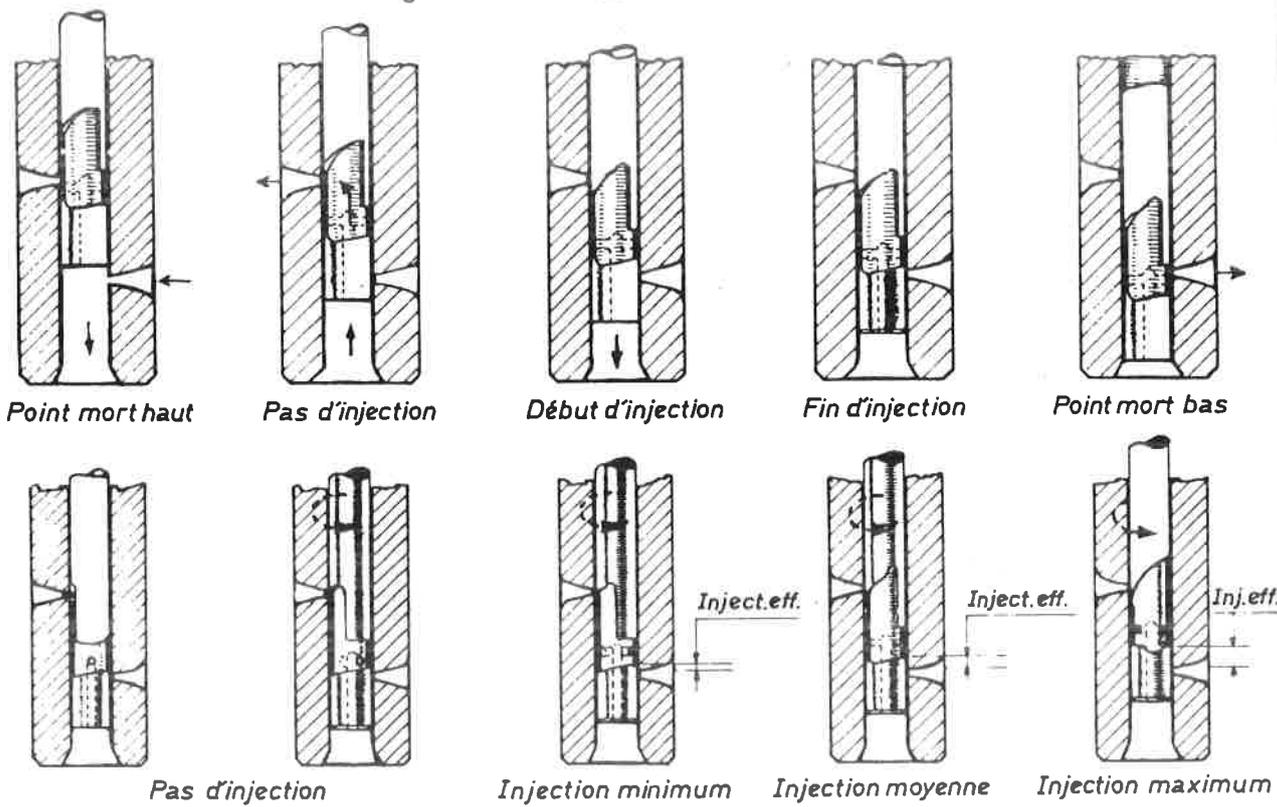


Fig. 61.5.3.

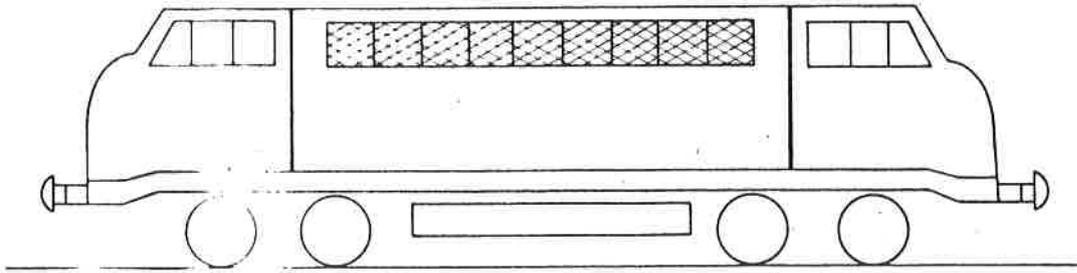


Fig. 62. 0. 1.

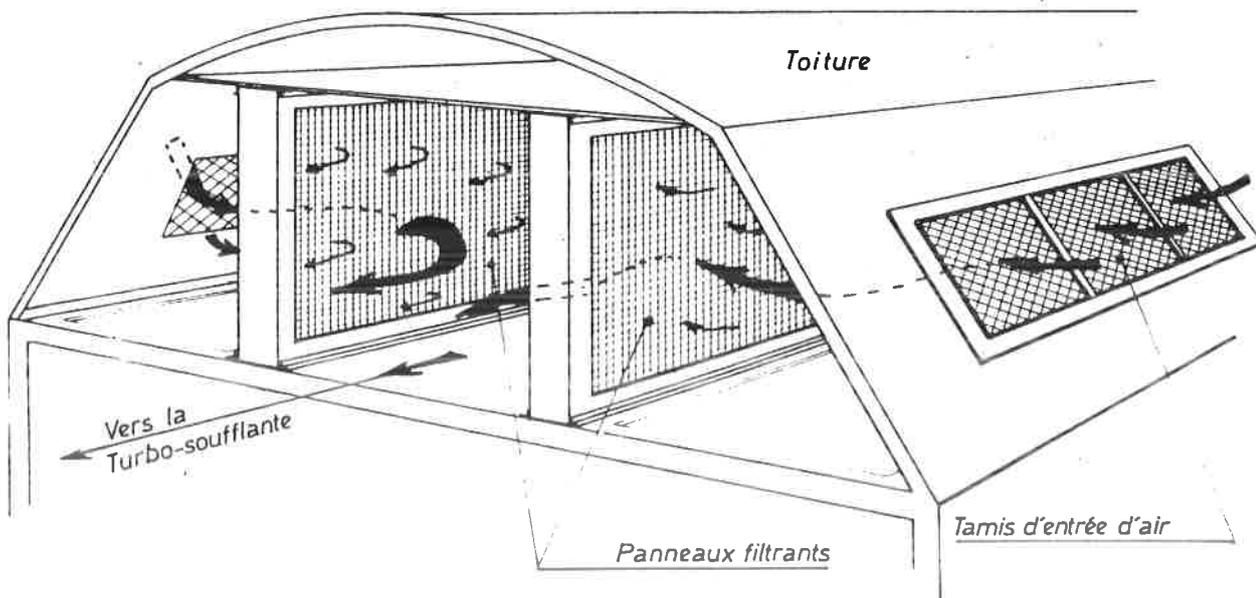


Fig. 62. 0. 2.

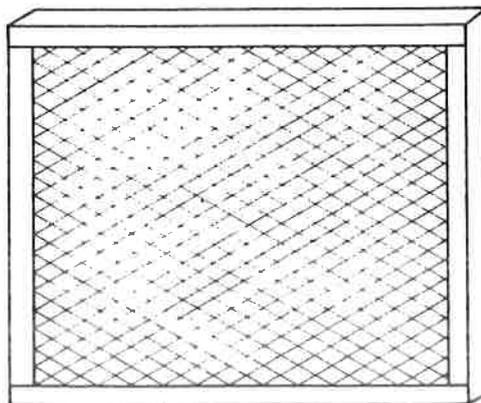


Fig. 62. 1. 1.



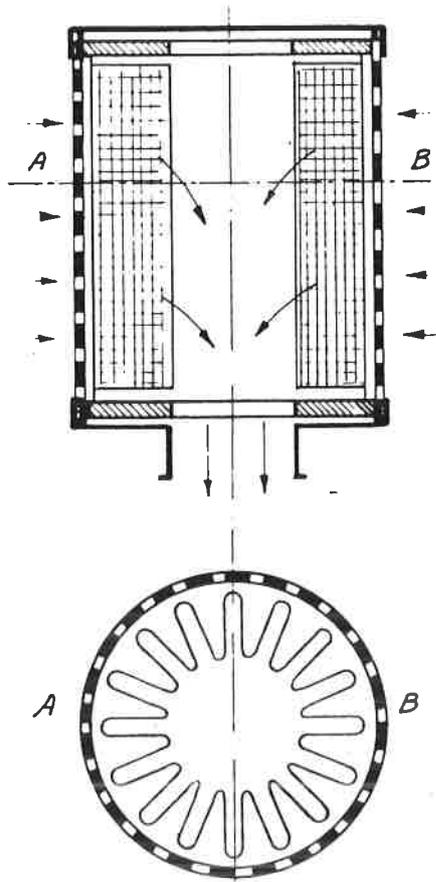


Fig. 62.2.1.

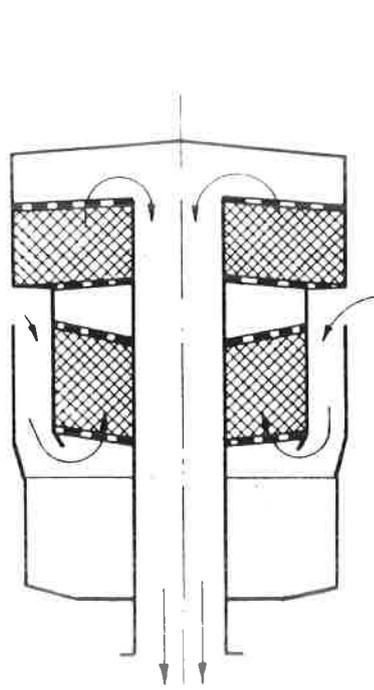


Fig. 62.3.1.

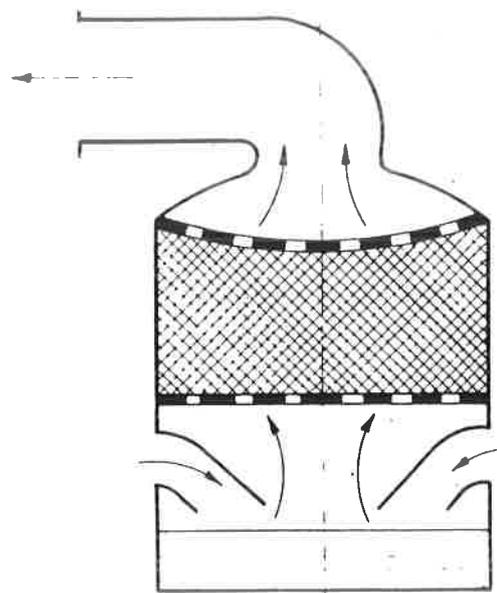


Fig. 62.3.2.

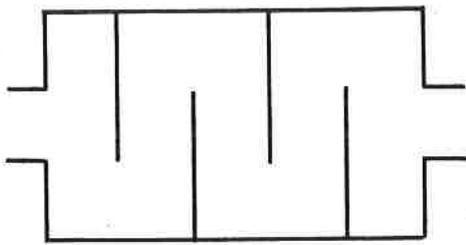


Fig. 63.1.1.

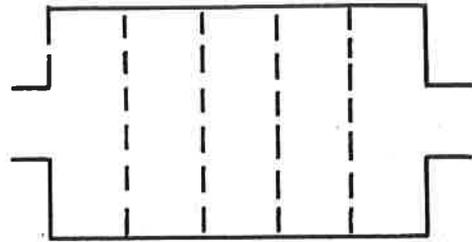


Fig. 63.1.2.

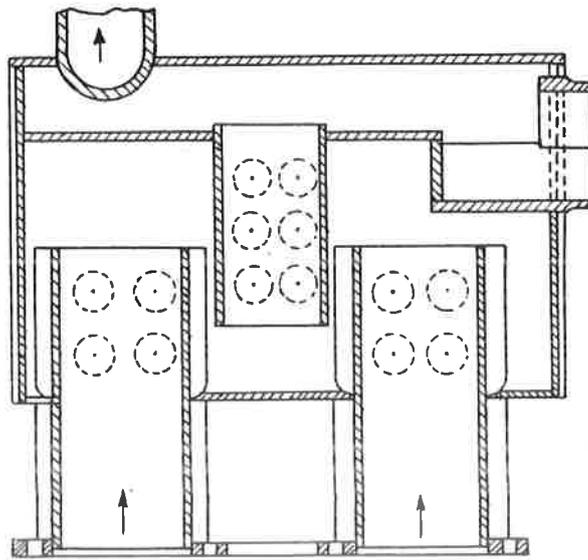
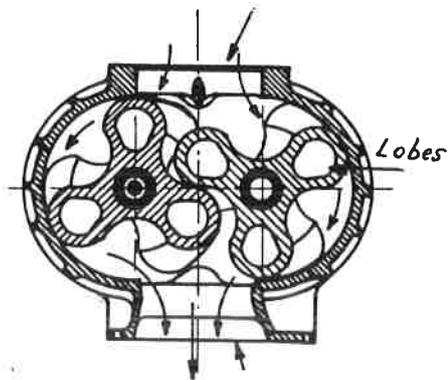


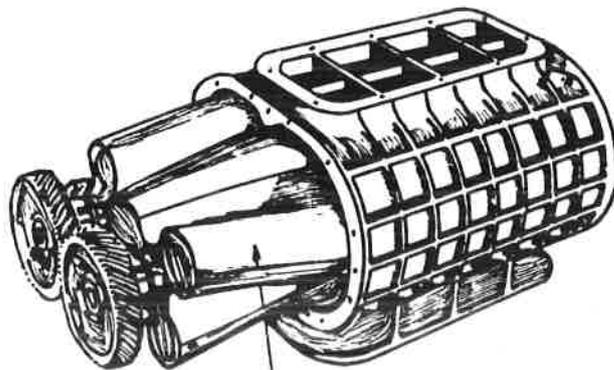
Fig. 63.1.3.

Entrée de l'air



Sortie d'air

Fig. 63.4.1.



Lobes

Fig. 63.4.2.

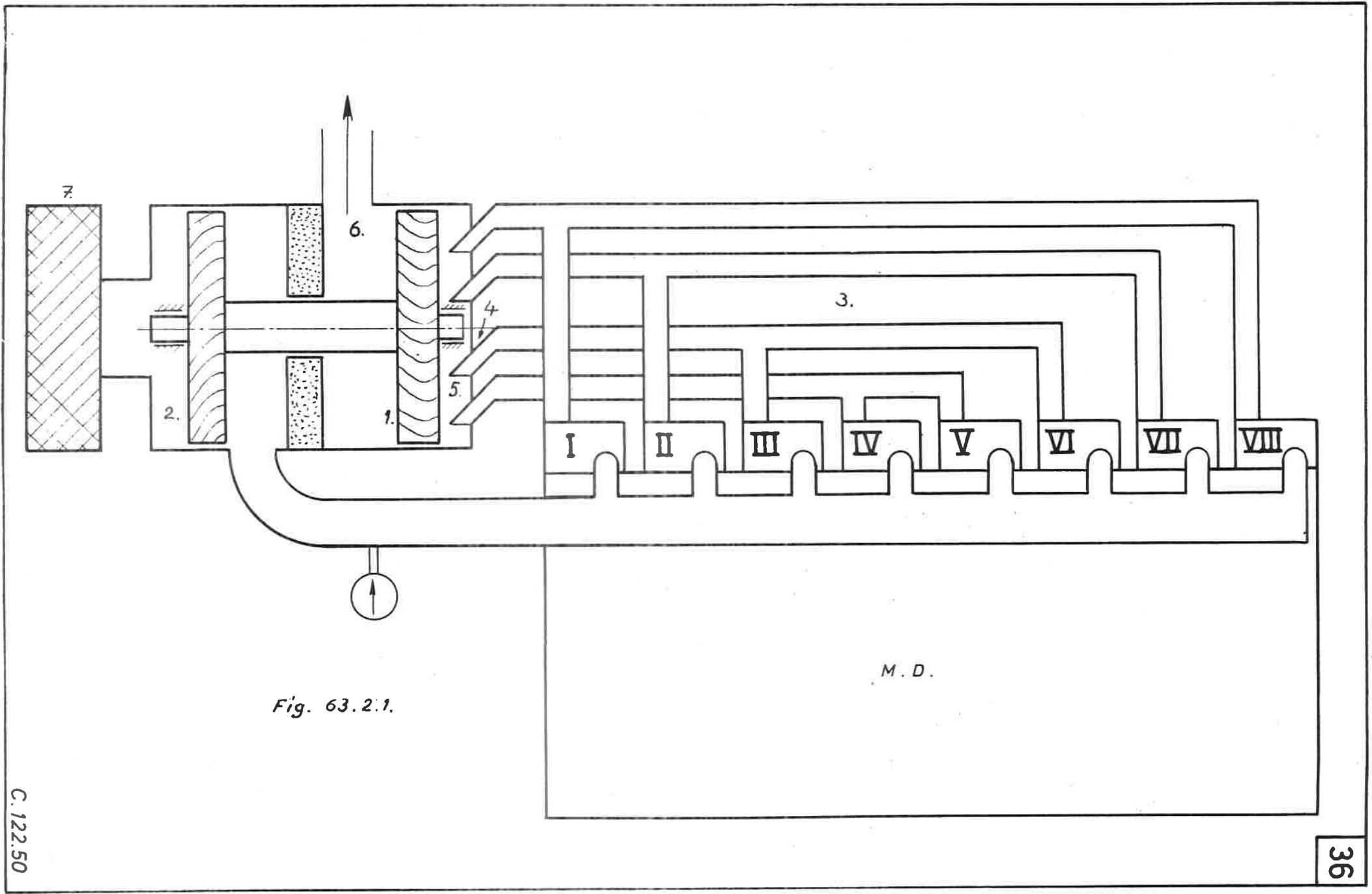


Fig. 63.2.1.

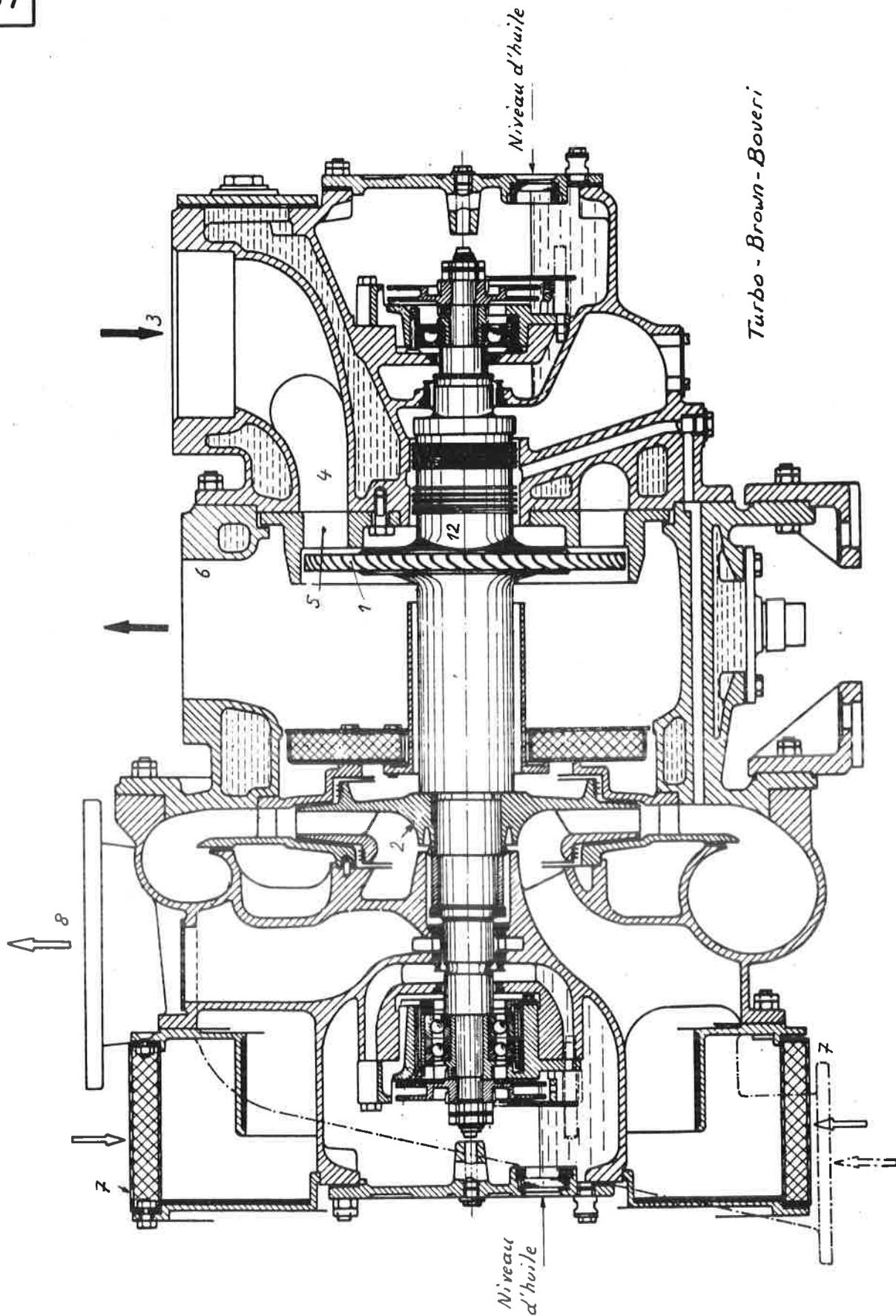


Fig. 63.2.2.

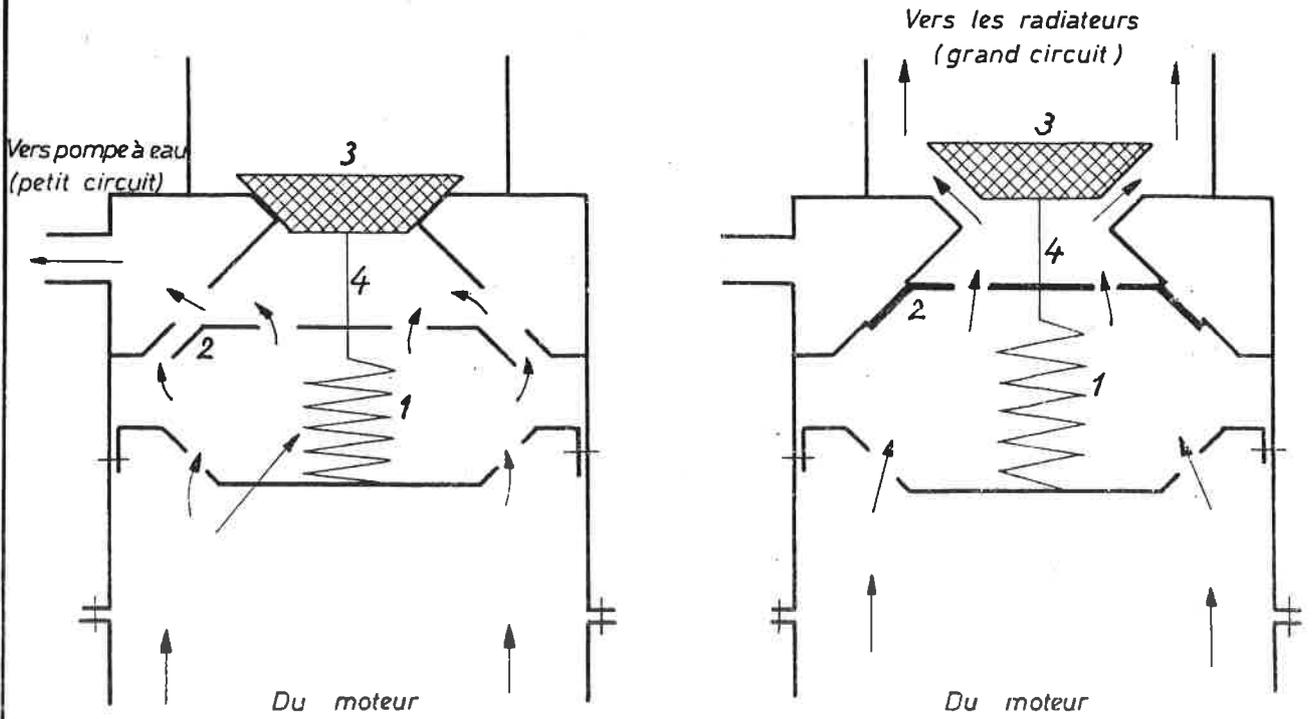


Fig. 65.4.1.

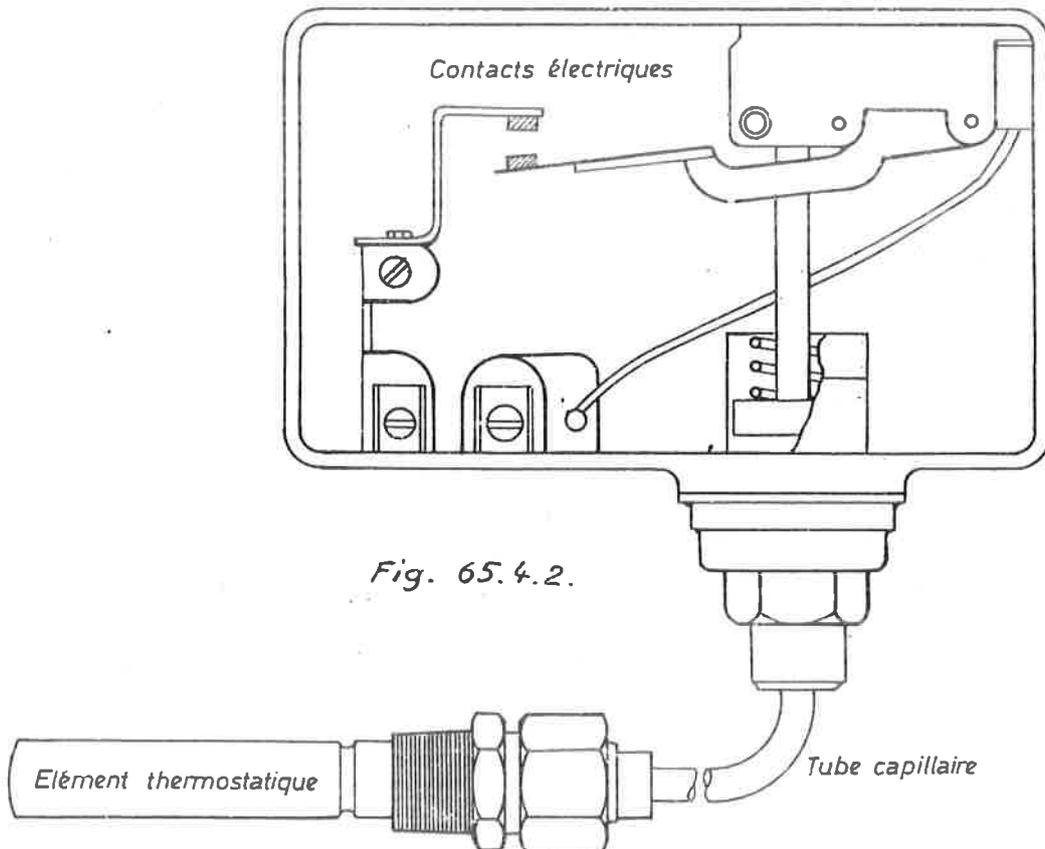


Fig. 65.4.2.

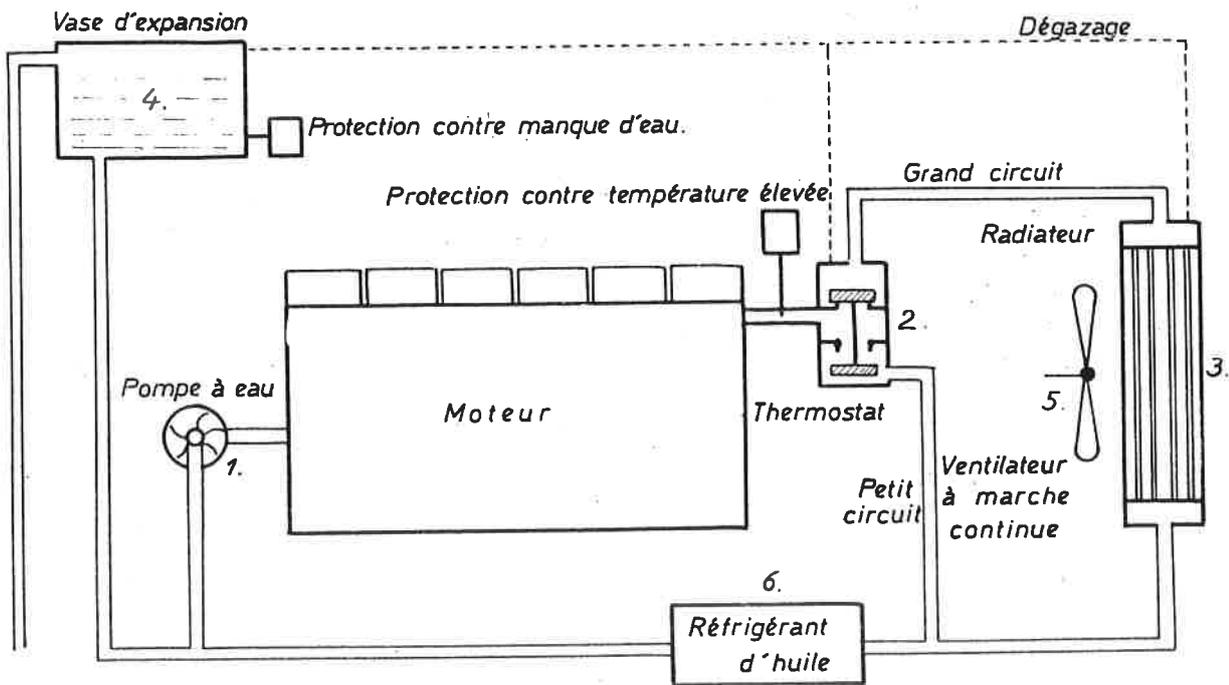


Fig. 65. 6. 1.

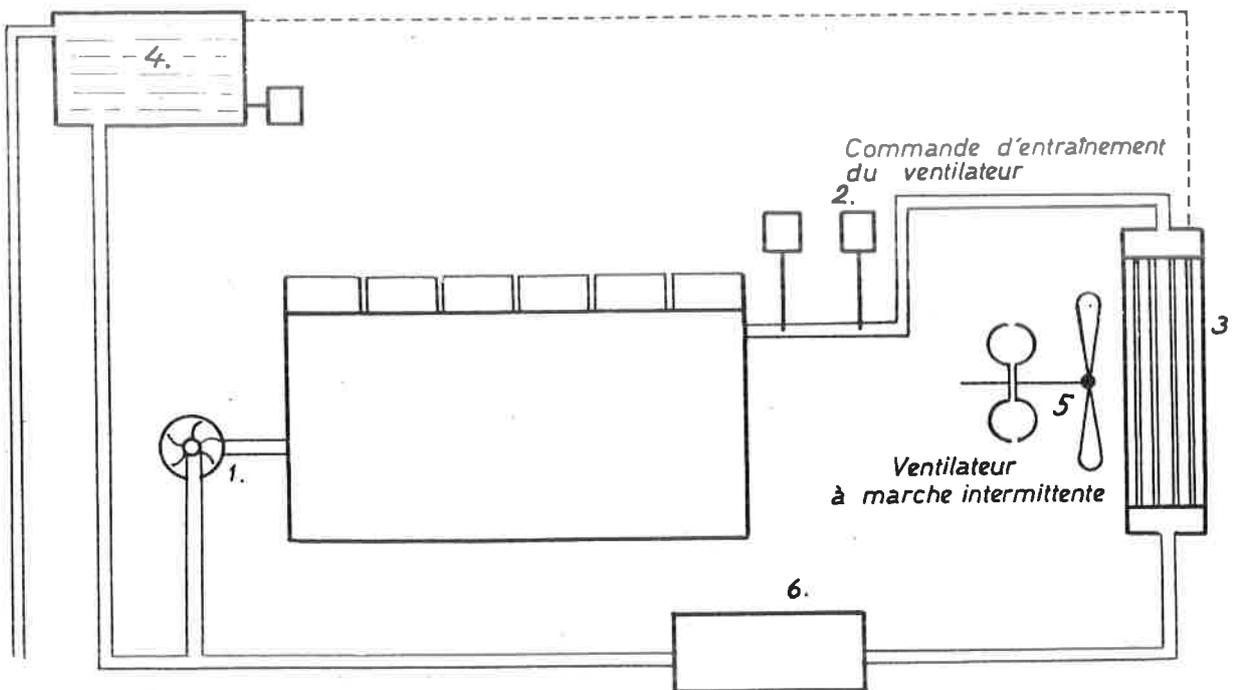
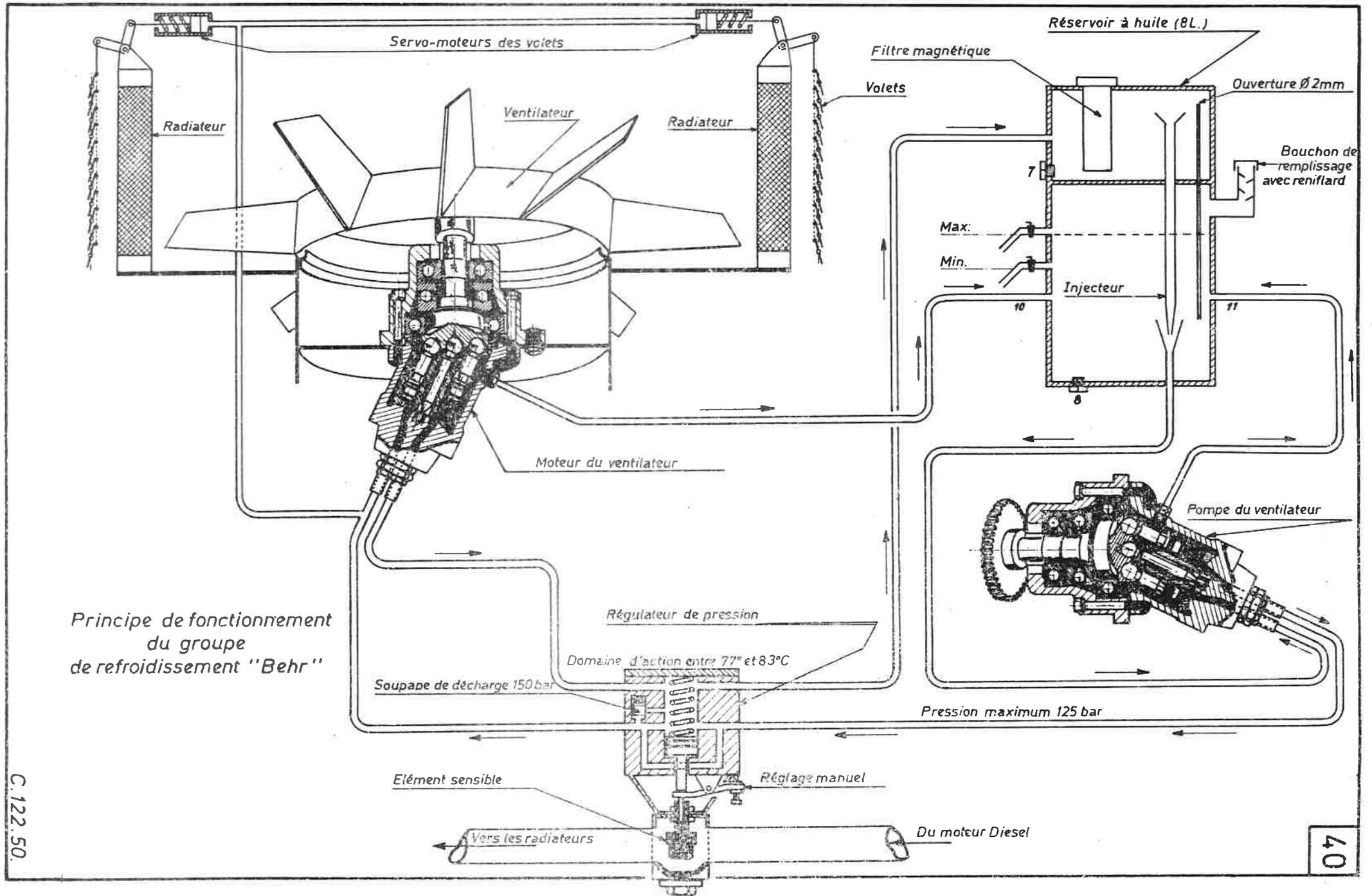


Fig. 65. 7. 1.



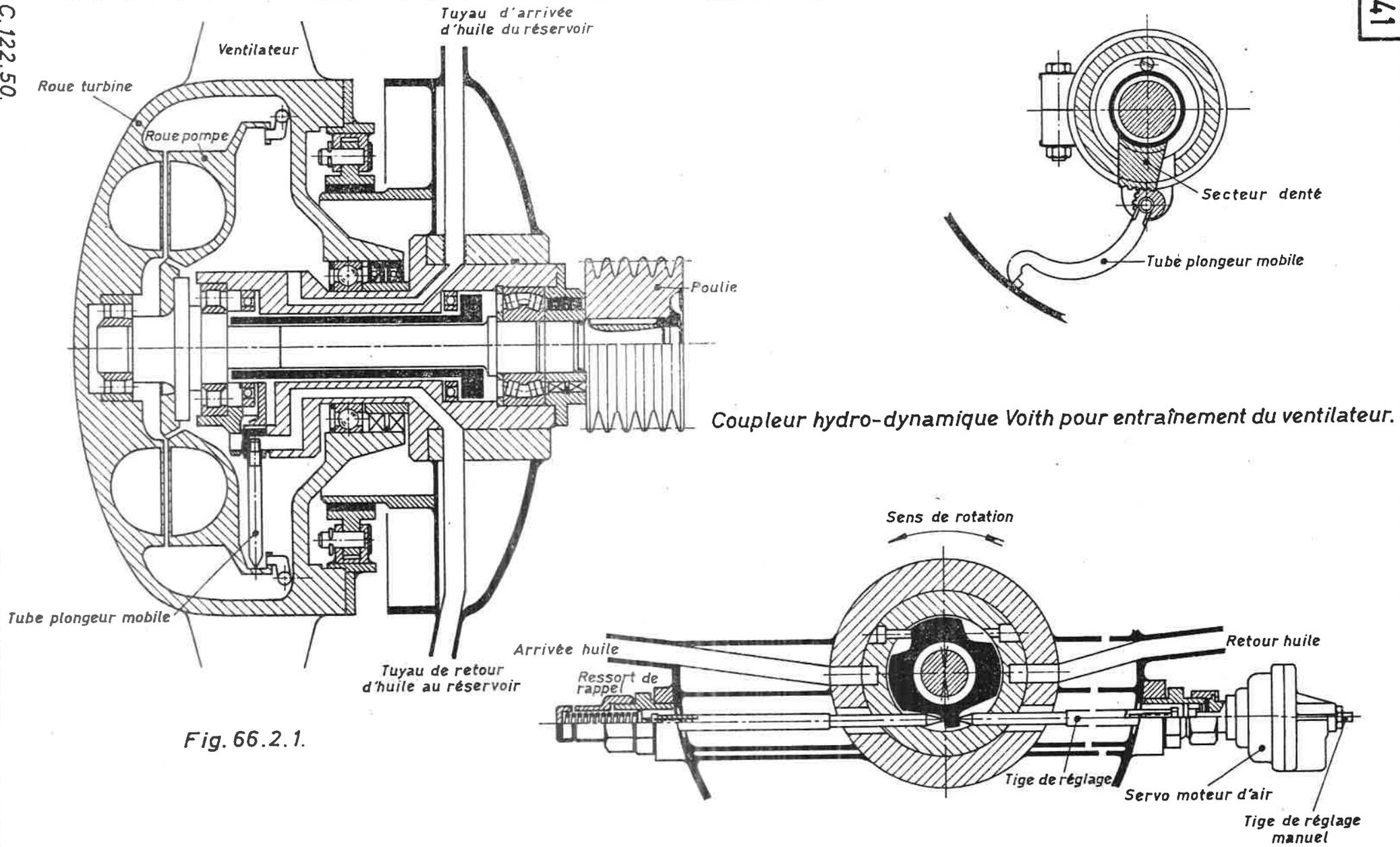


Fig. 66.2.1.



Fig. 69.5.1

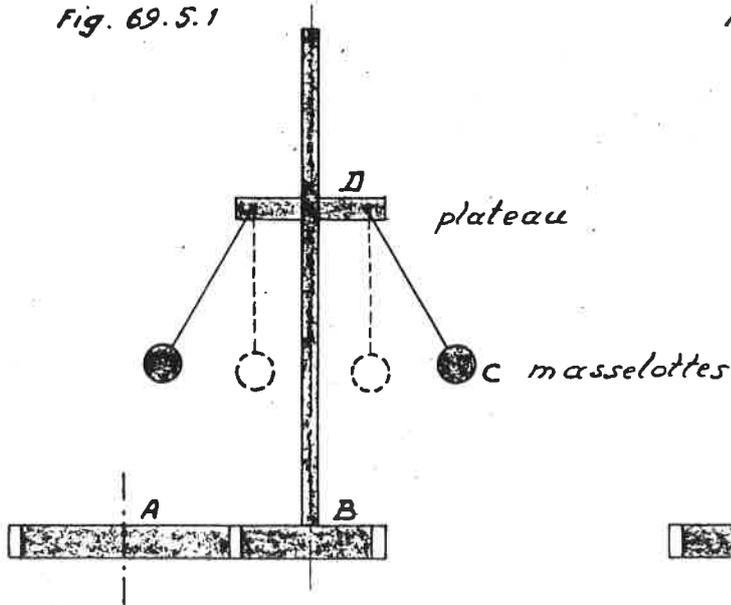


Fig. 69.5.2.

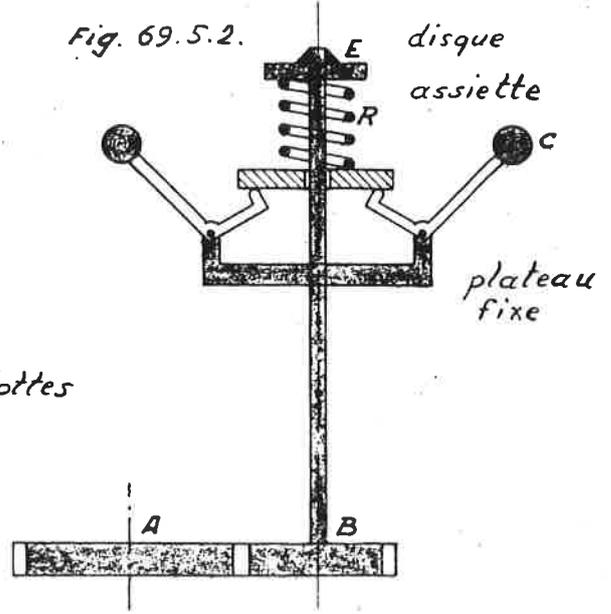


Fig. 69.5.3

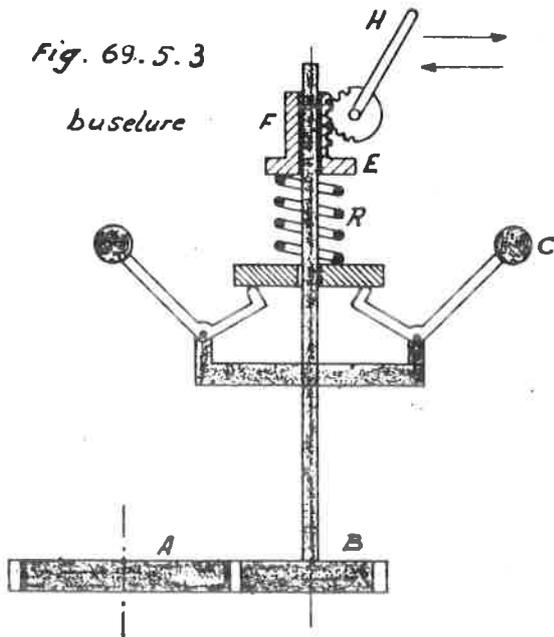


Fig. 69.5.4

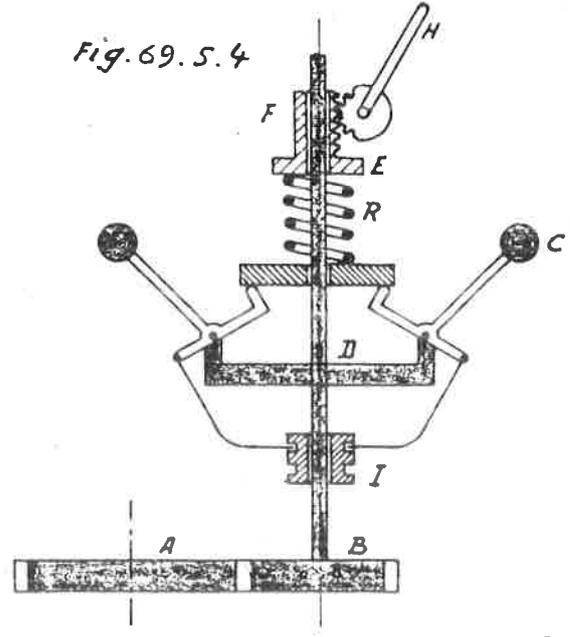


Fig. 69.5.5

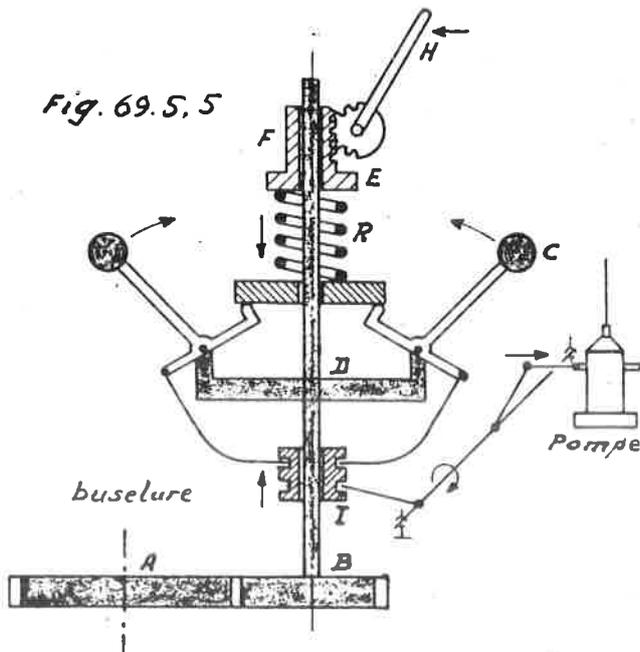
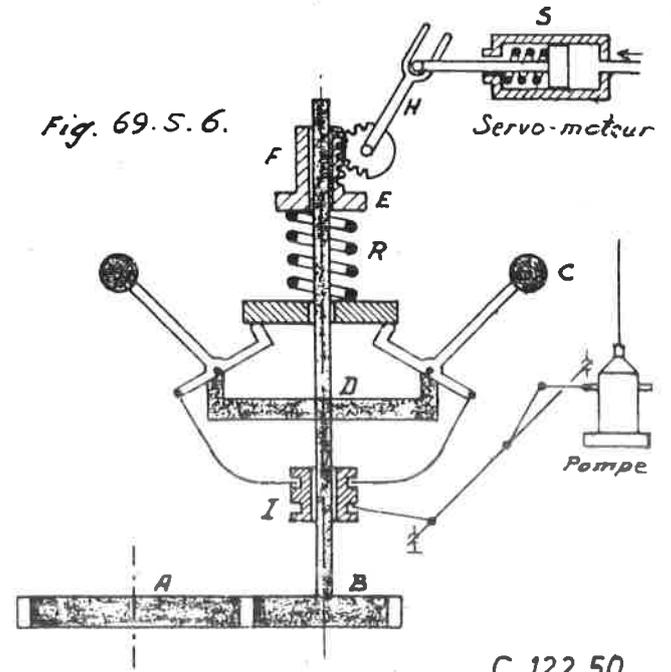


Fig. 69.5.6.



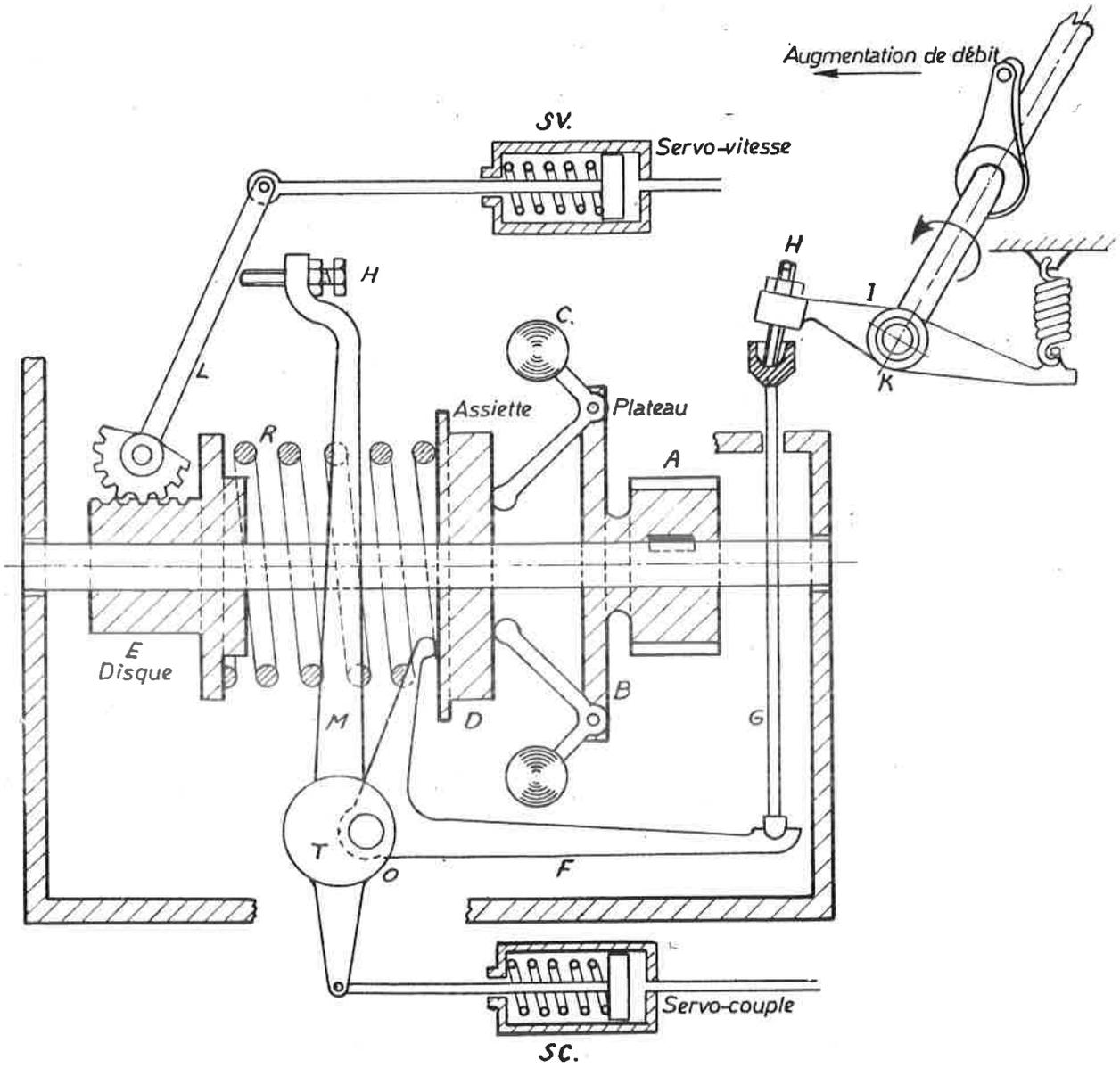


Fig. 70.0.1.

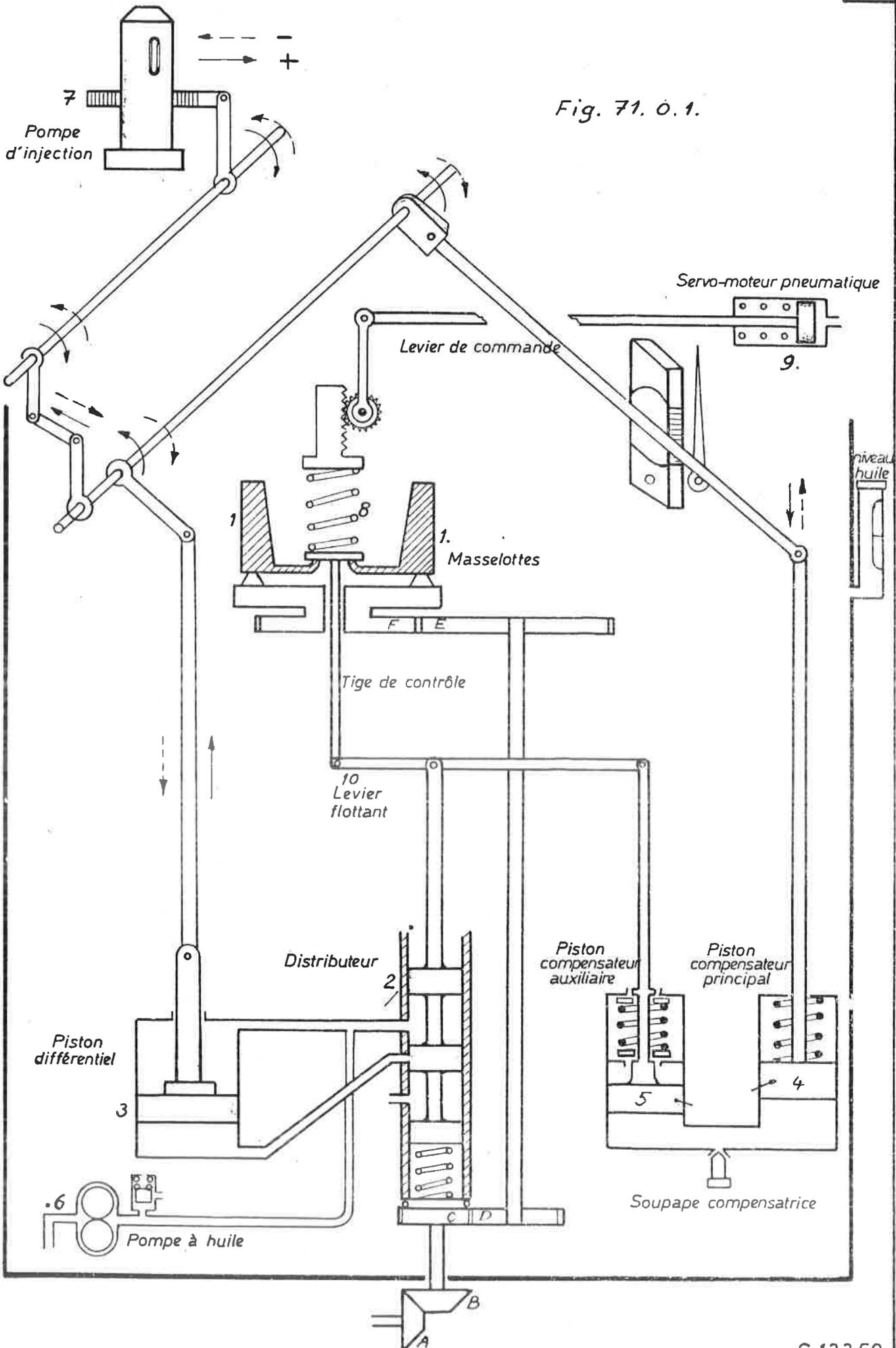


Fig. 71. 0. 1.

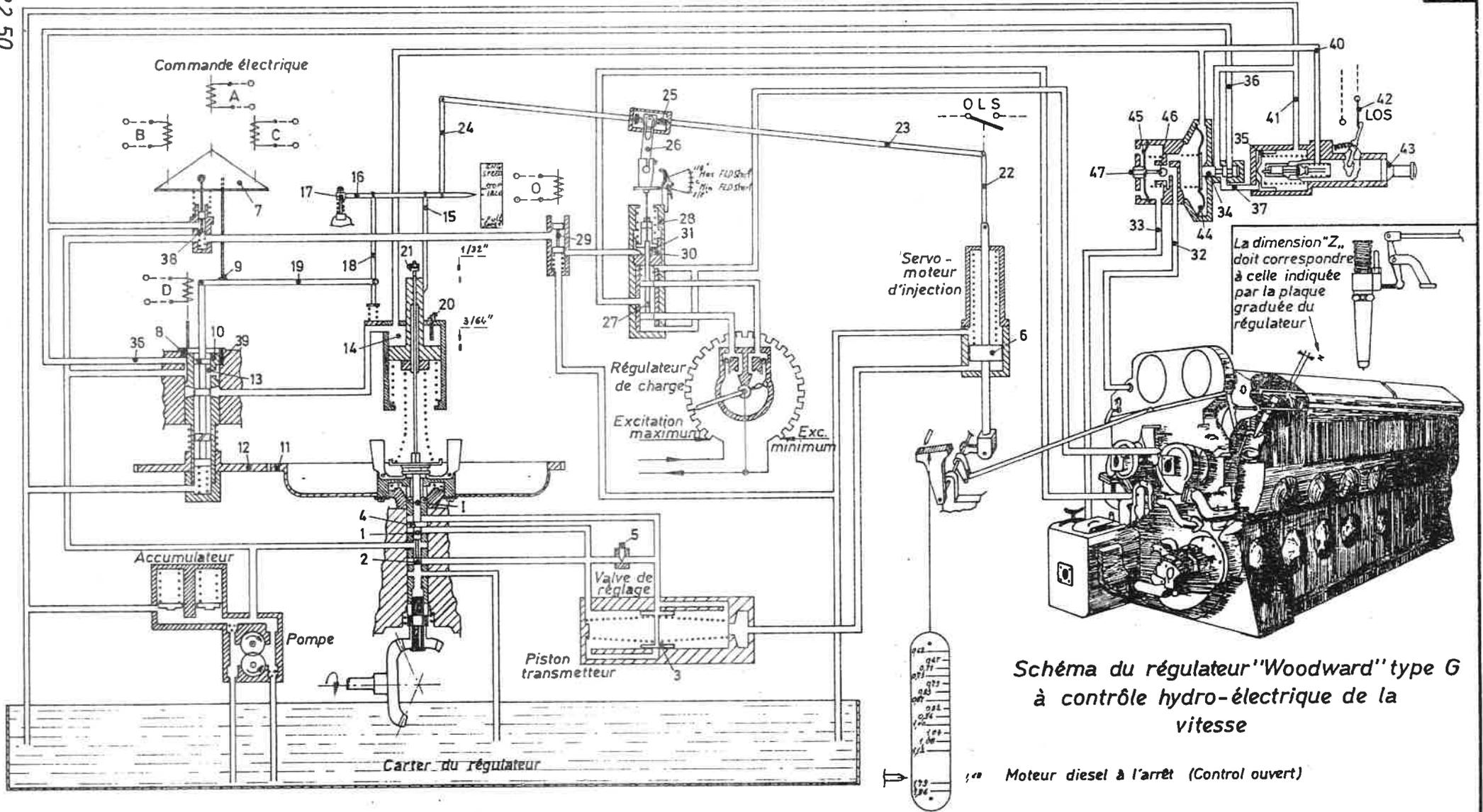


Fig. 71.0.2.

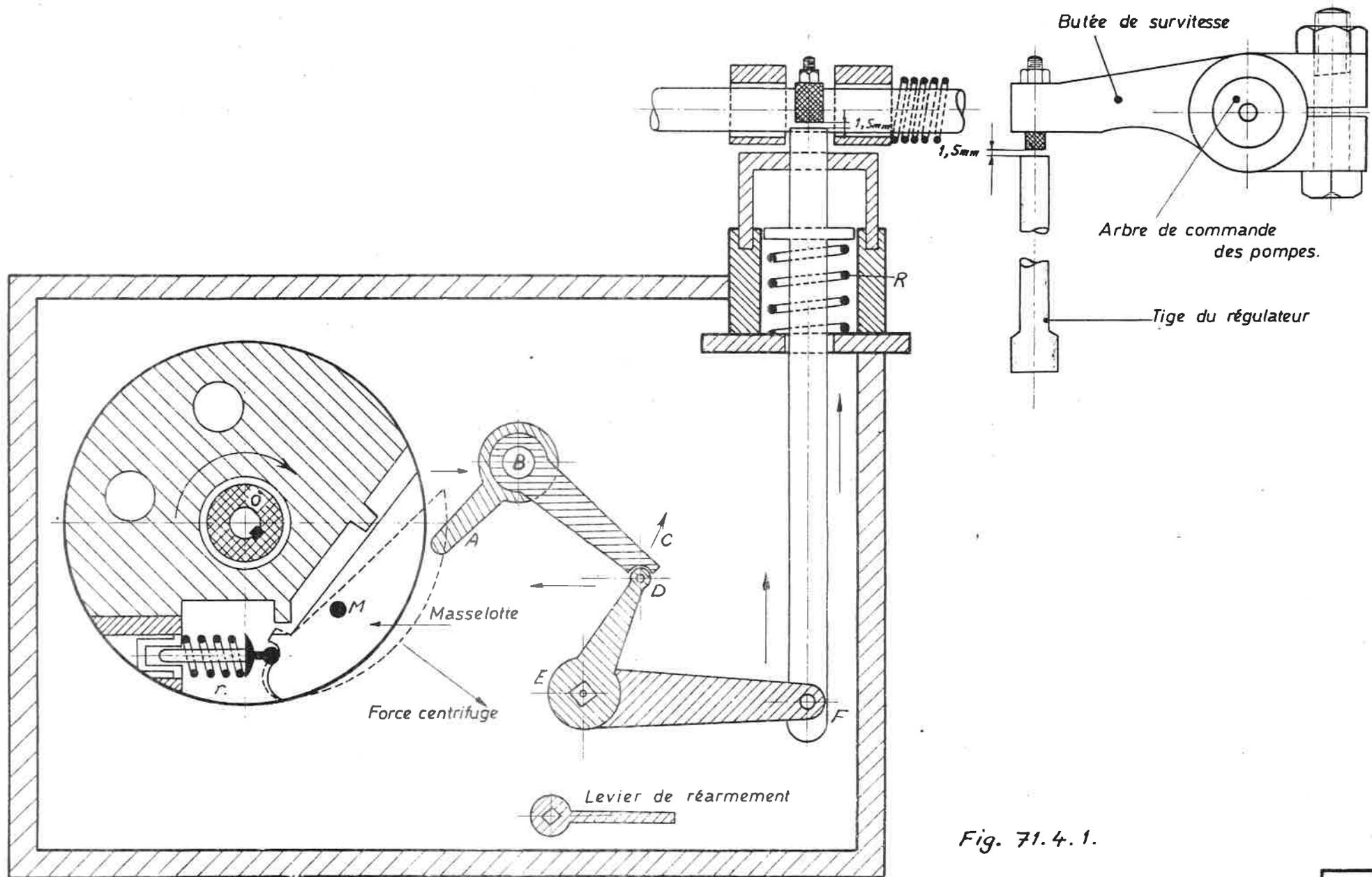


Fig. 71.4.1.

Fig. 73.5.1.

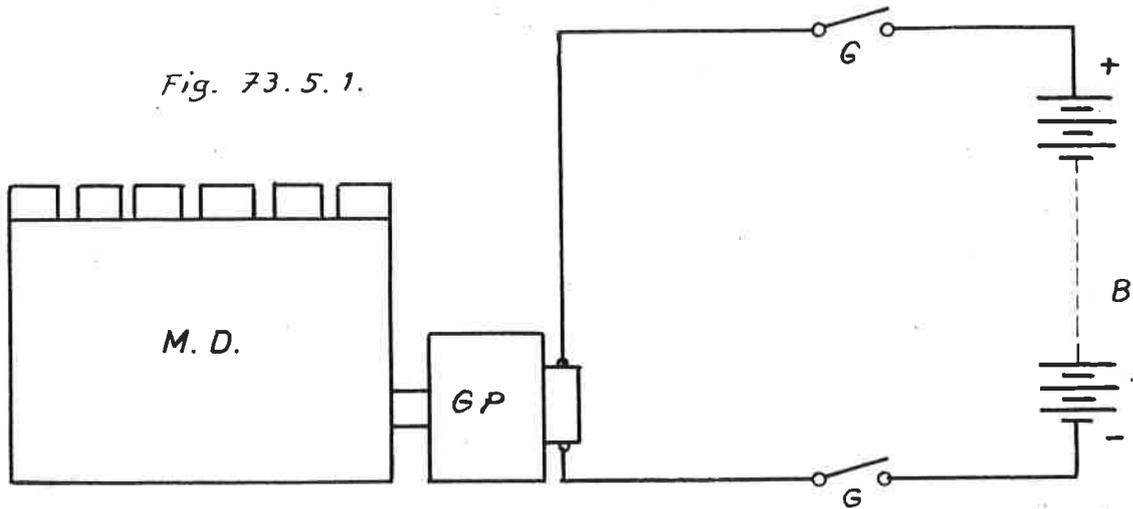


Fig. 73.6.1.

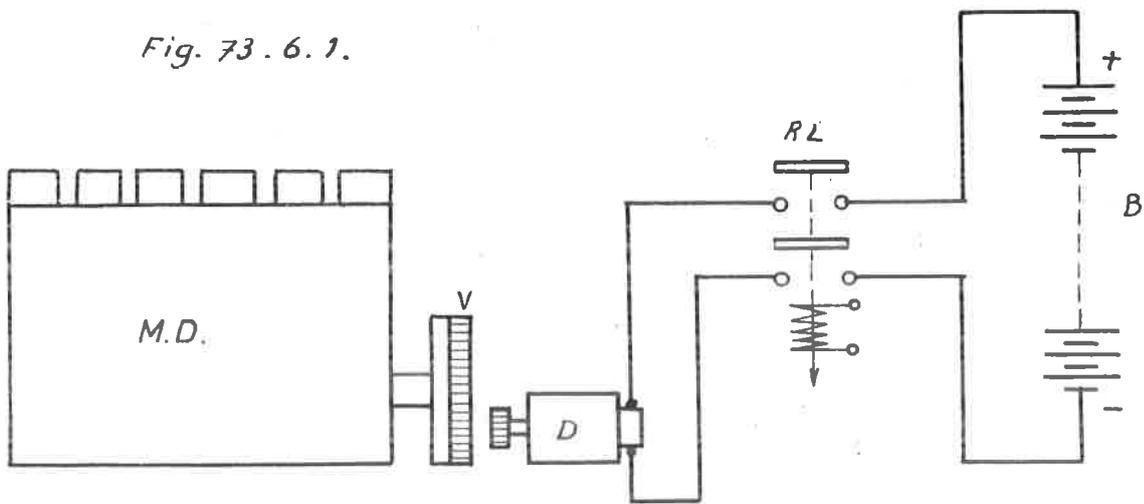
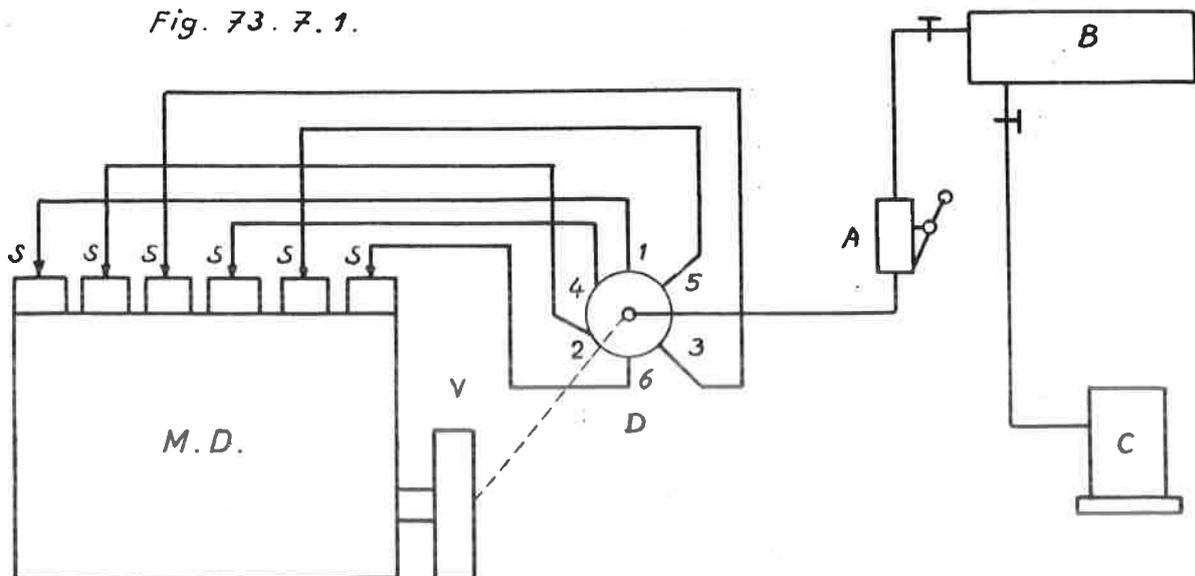


Fig. 73.7.1.



Lancement avec G.P. en moteur série

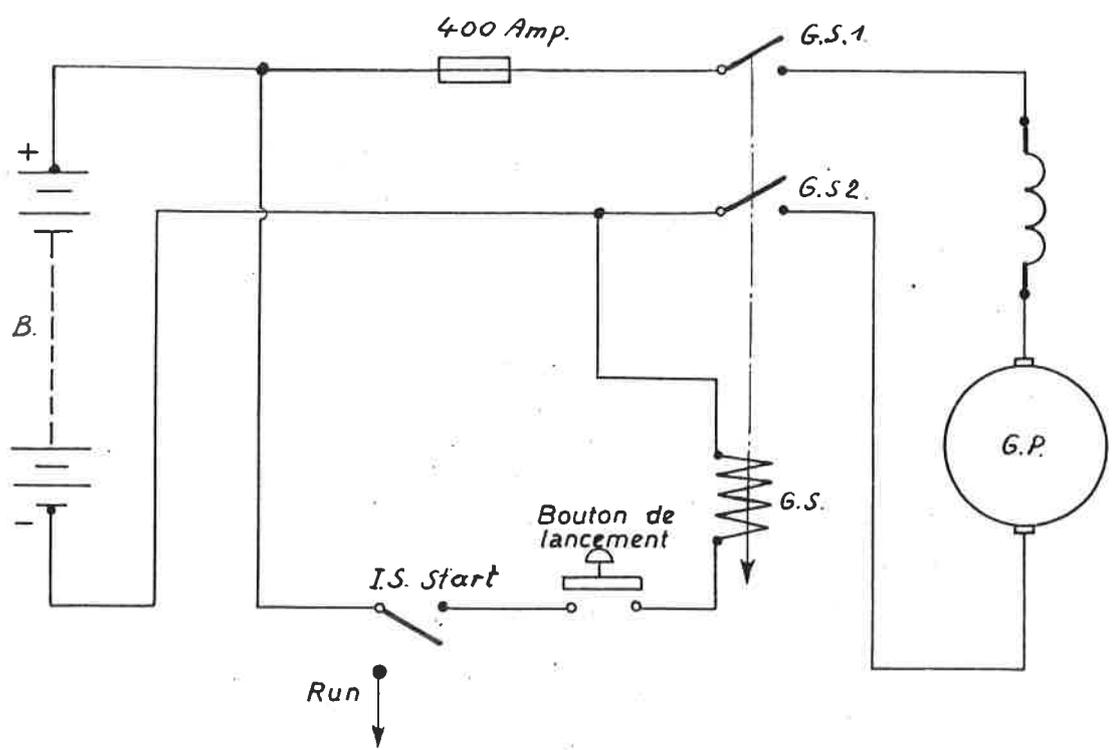


Fig. 74. 1.1.

Lancement avec G.P. en moteur shunt

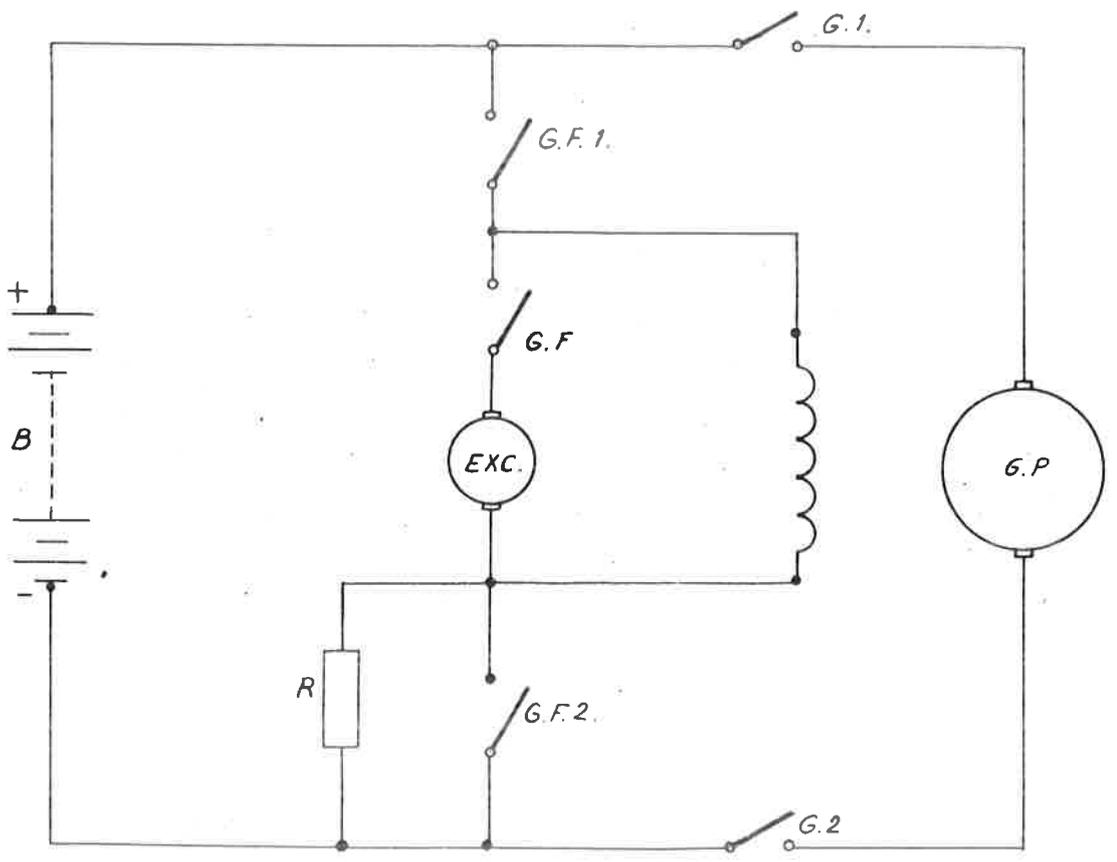


Fig. 74. 2.1.

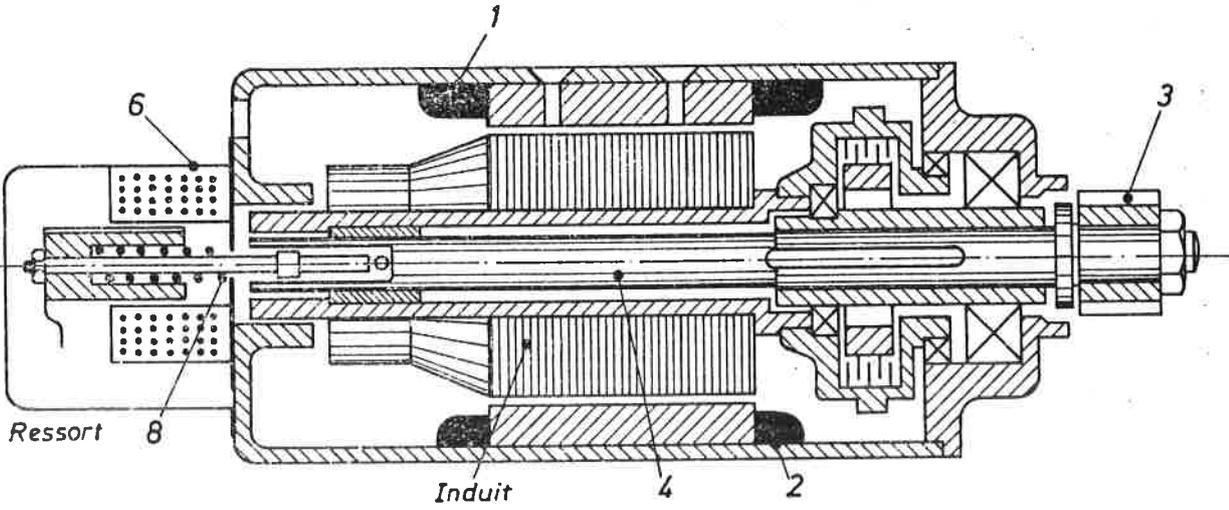


Fig. 74.5.1.

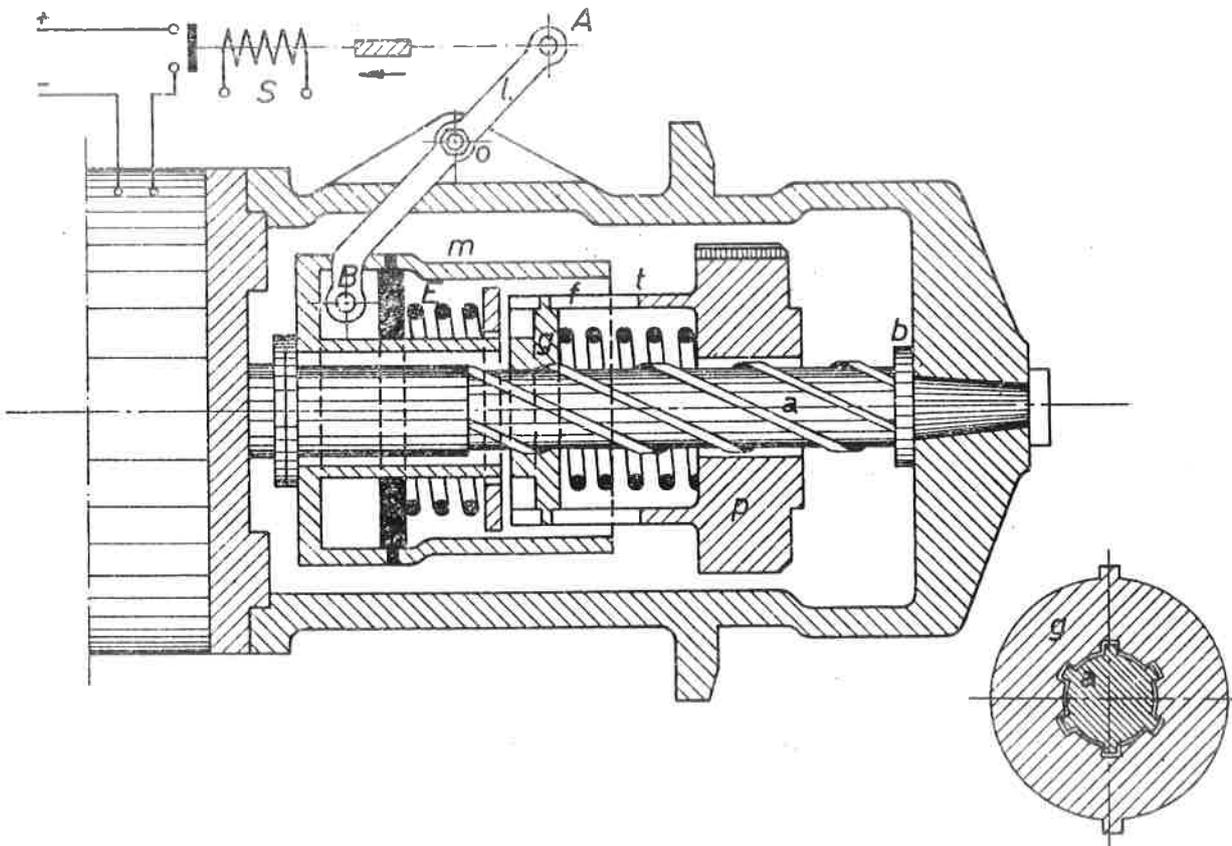


Fig. 74.8.1.



*Schéma de principe du circuit de lancement avec démarreur.*

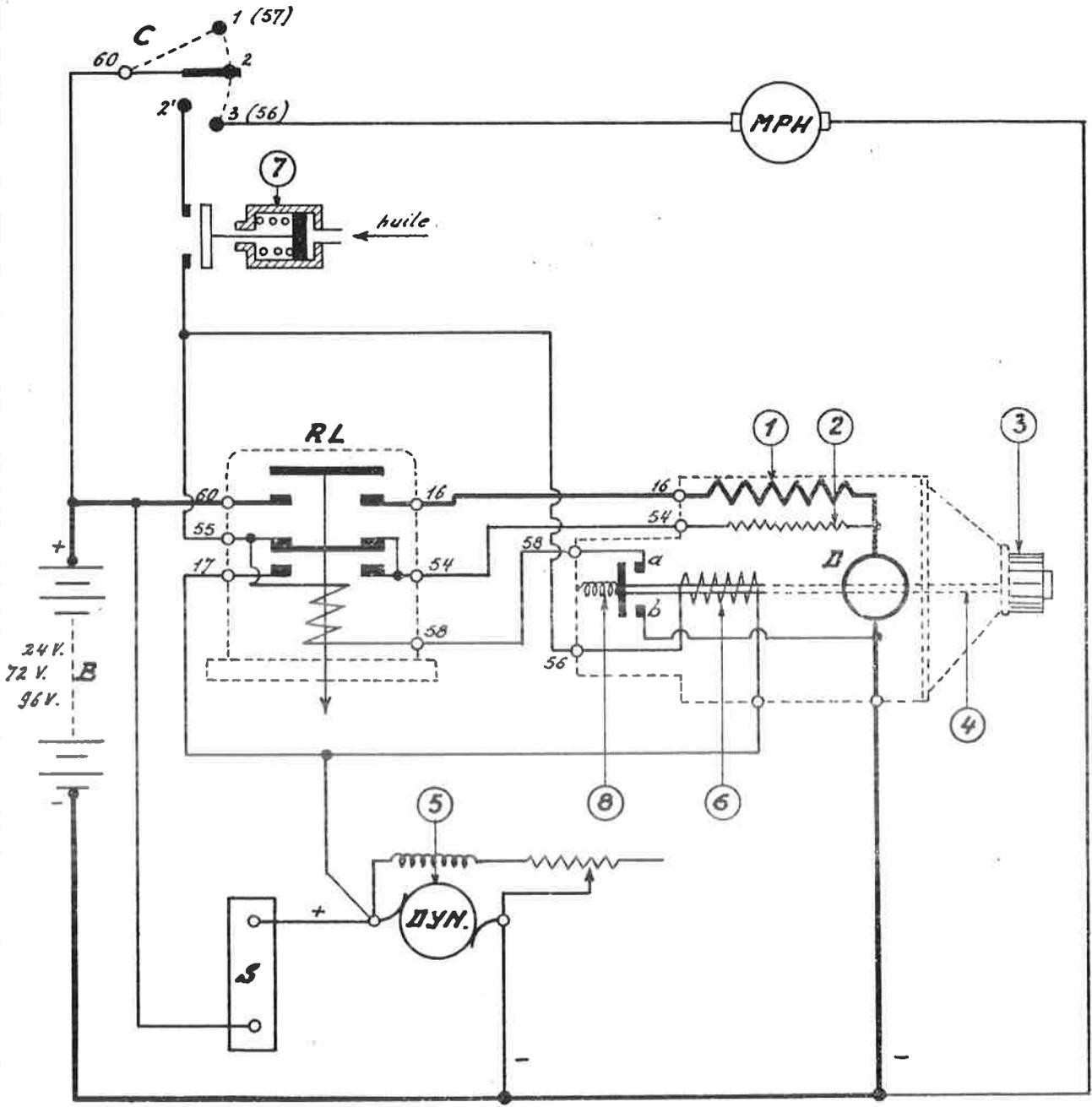
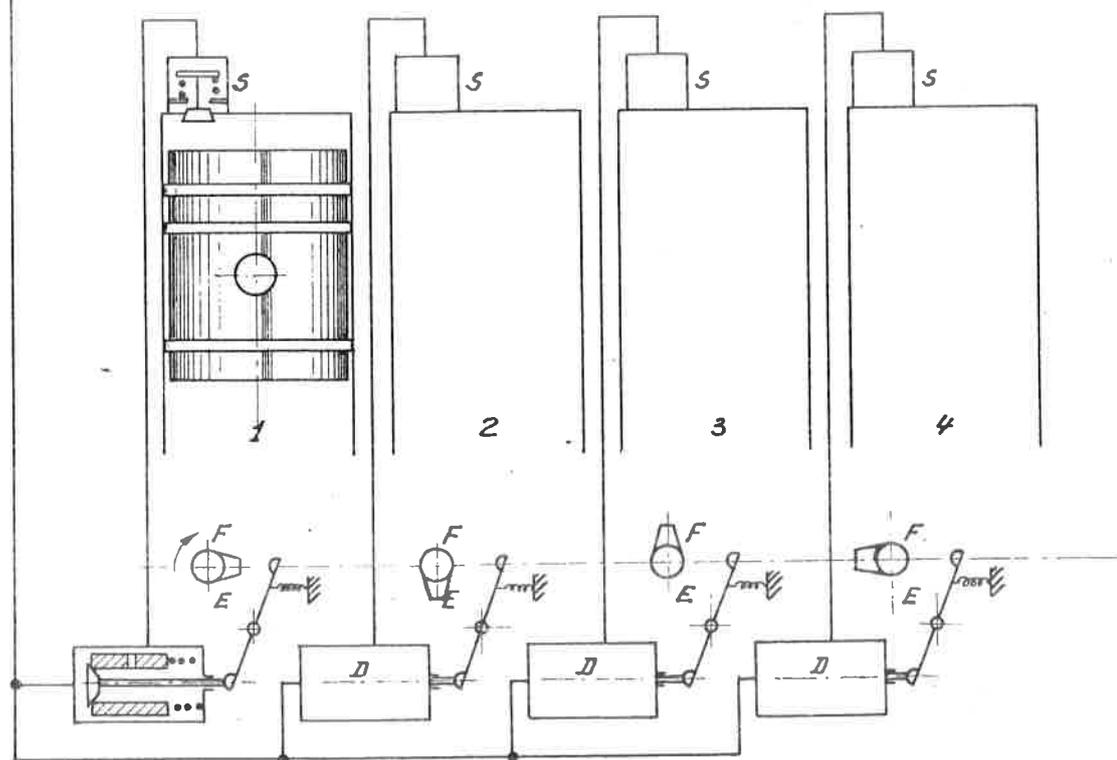
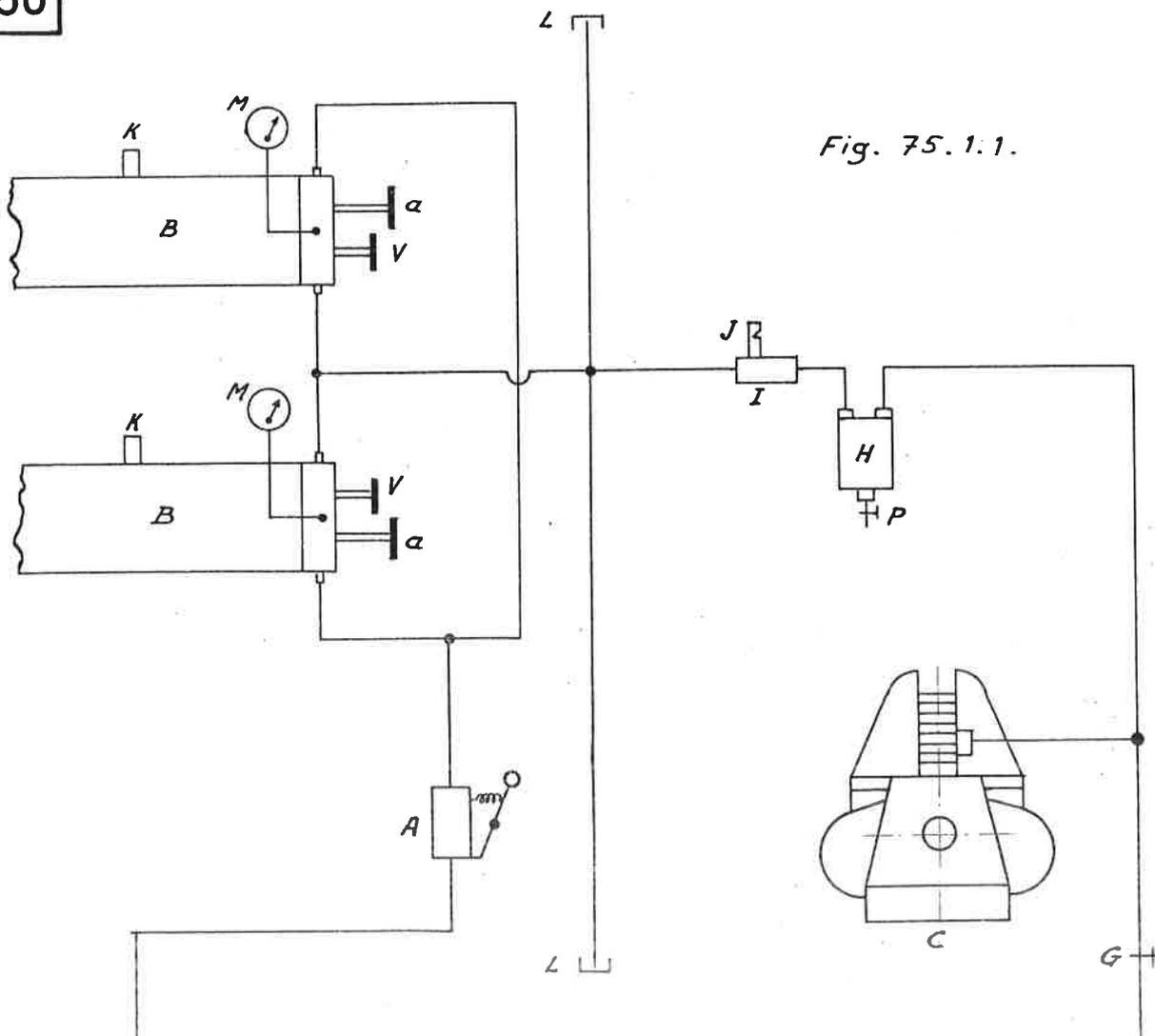


Fig. 74.5.2.

Fig. 75.1.1.



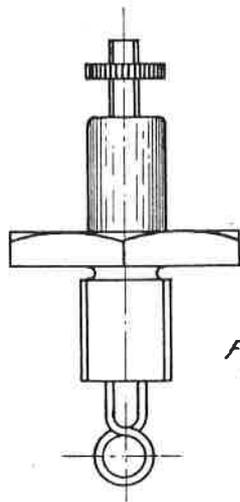


Fig. 75.5.1.

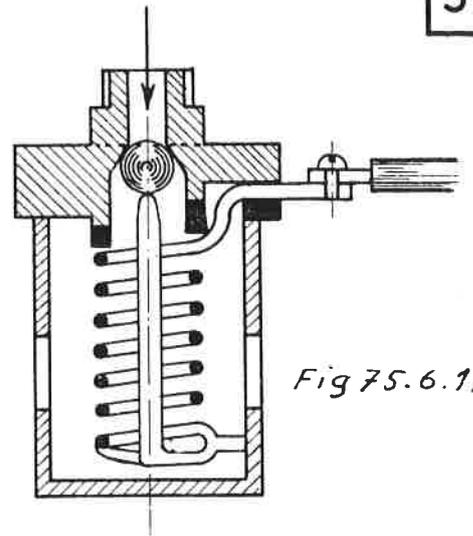


Fig. 75.6.1.

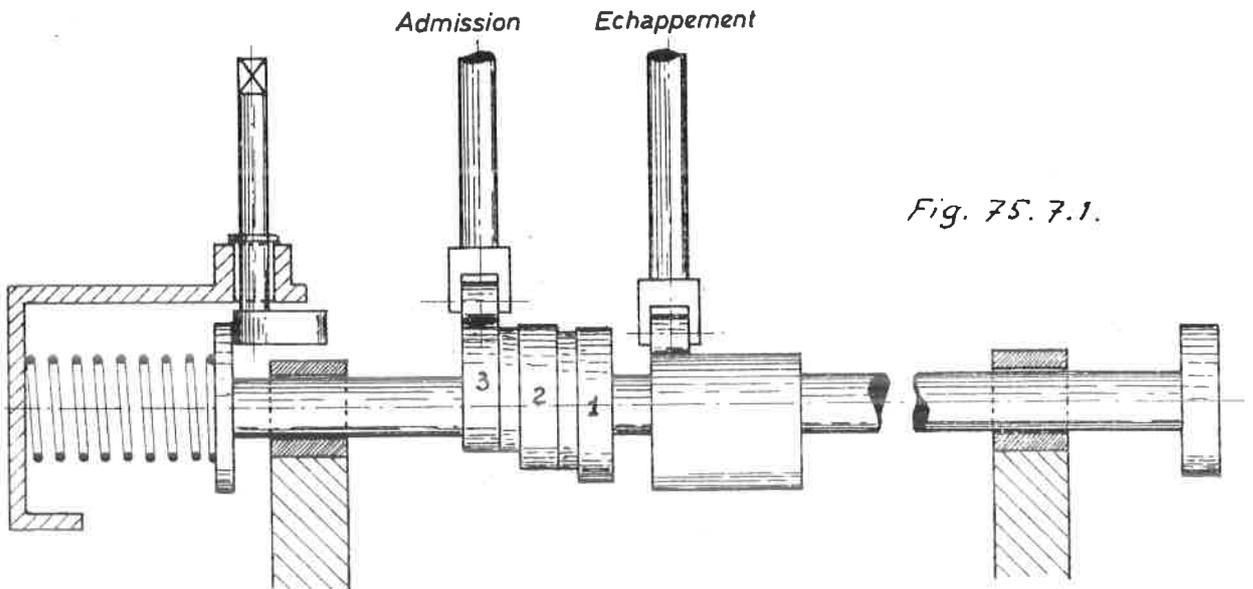


Fig. 75.7.1.

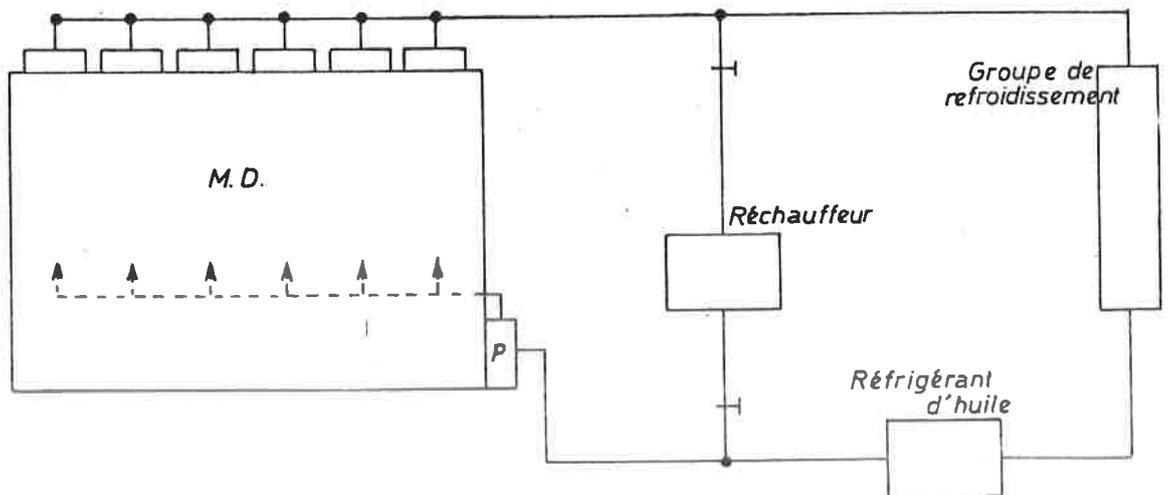


Fig. 75.8.1.

## Série 72

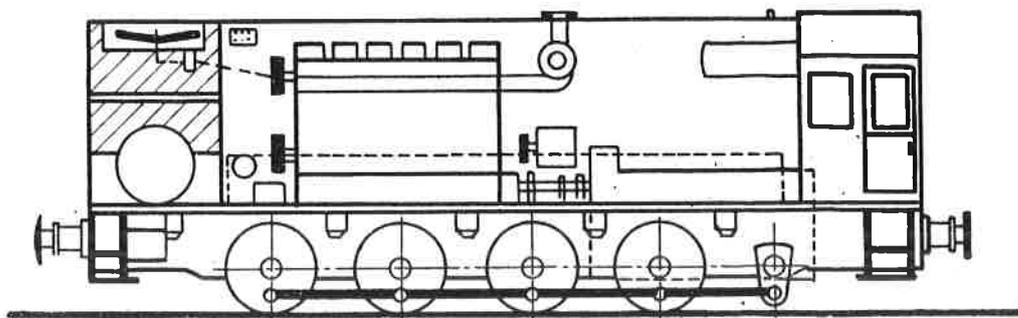


Fig. 77.6.1.

## Série 1

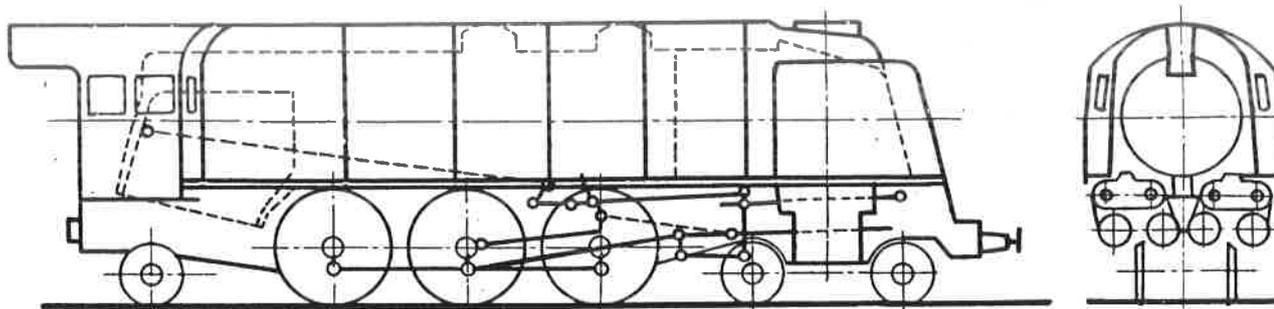


Fig. 77.6.2.

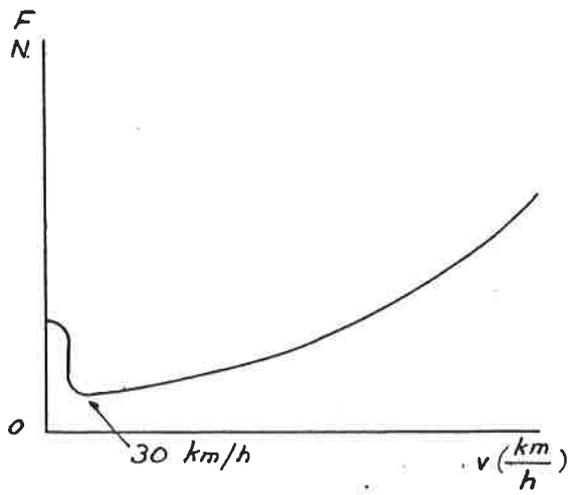


Fig. 78.0.1.

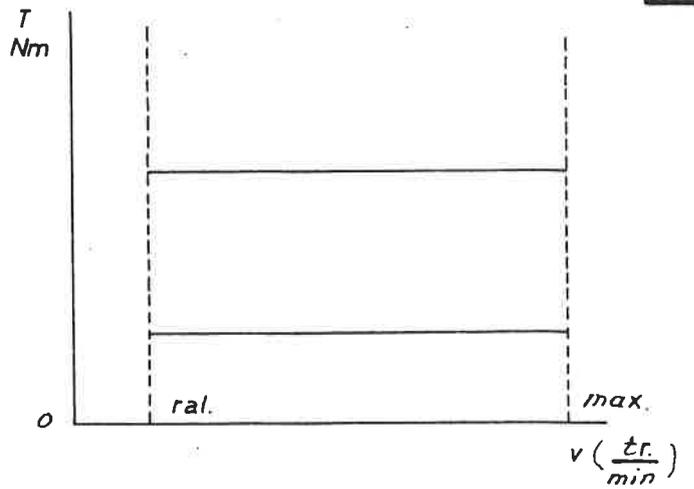


Fig. 78.2.4.

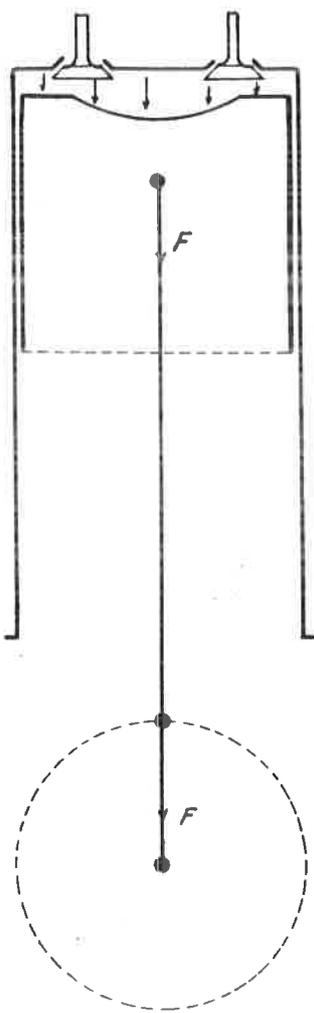


Fig. 78.2.1.

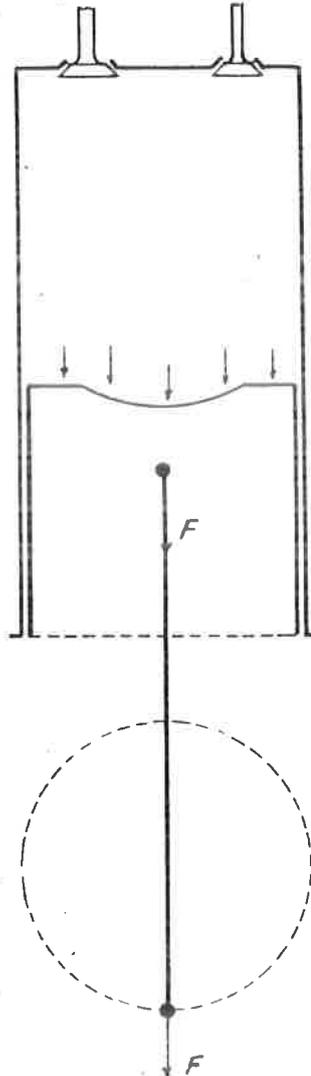


Fig. 78.2.2.

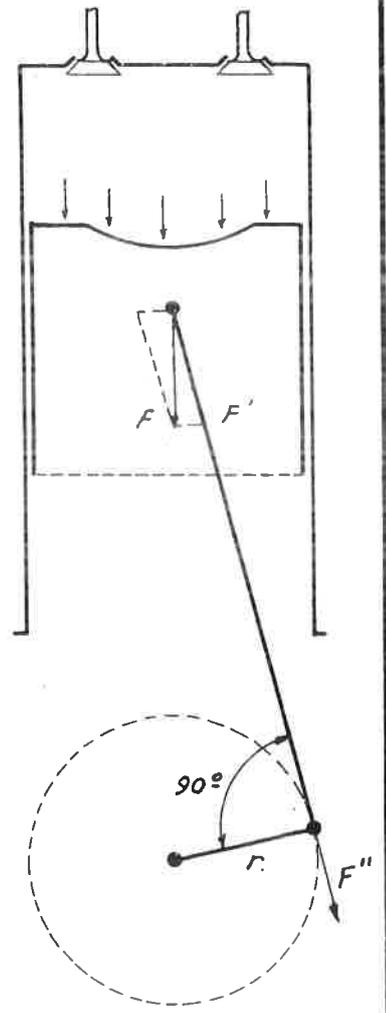


Fig. 78.2.3.

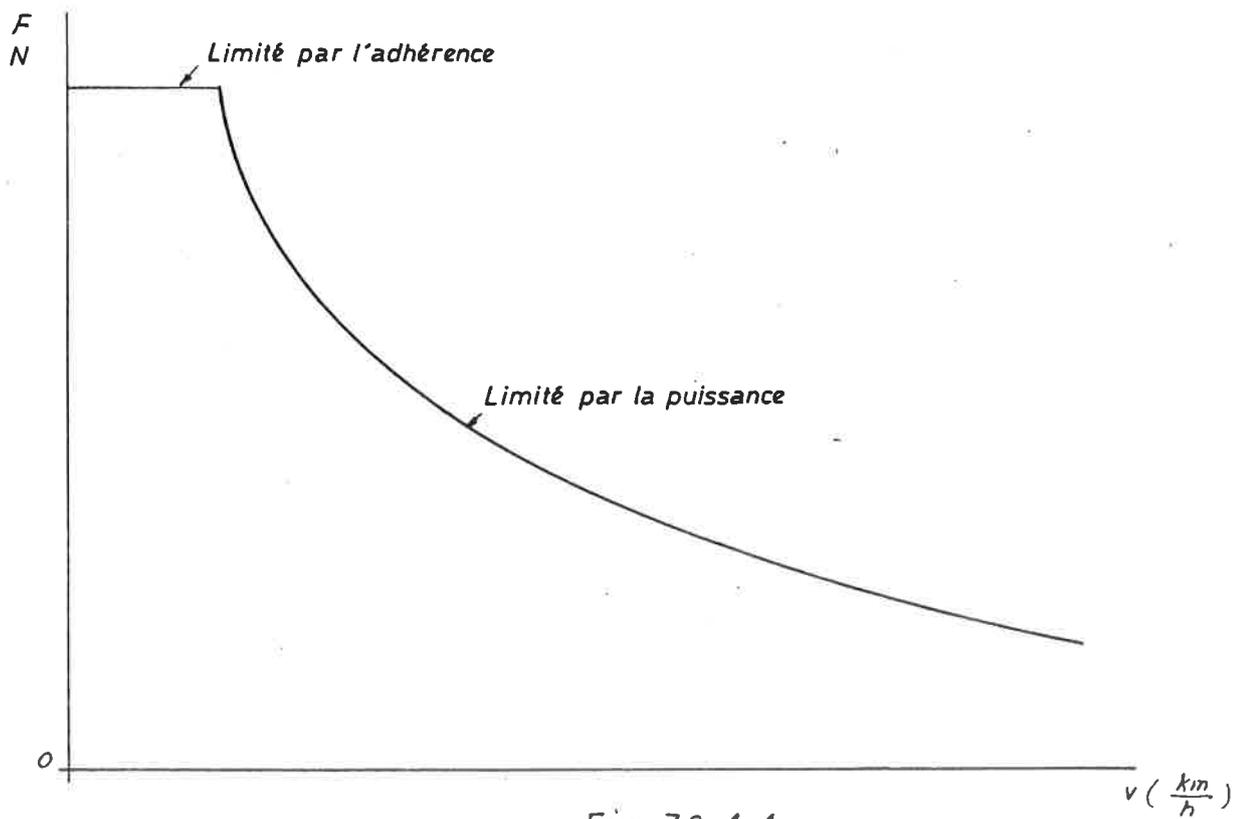


Fig. 78. 1. 1.

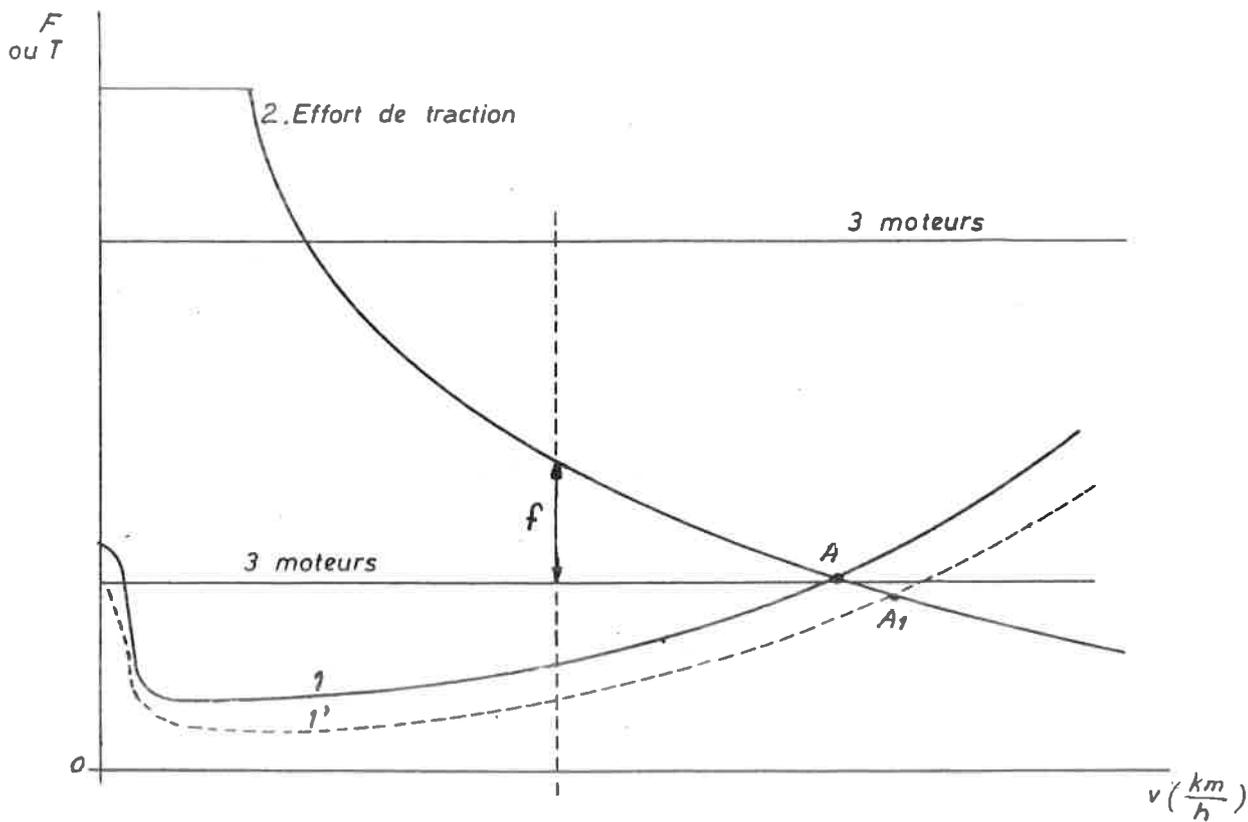


Fig. 78. 4. 1.

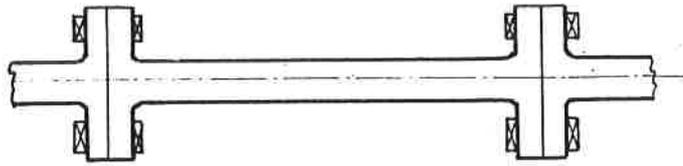


Fig. 79.1.1.

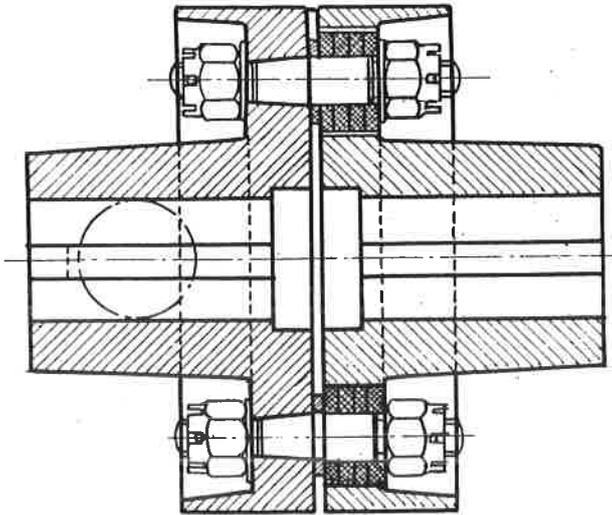


Fig. 79.2.1.

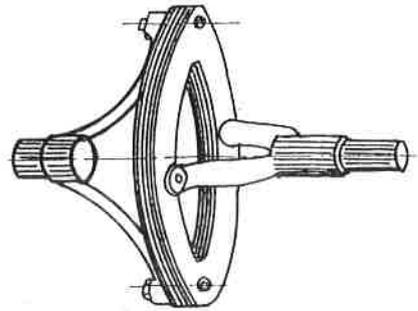


Fig. 79.2.2.

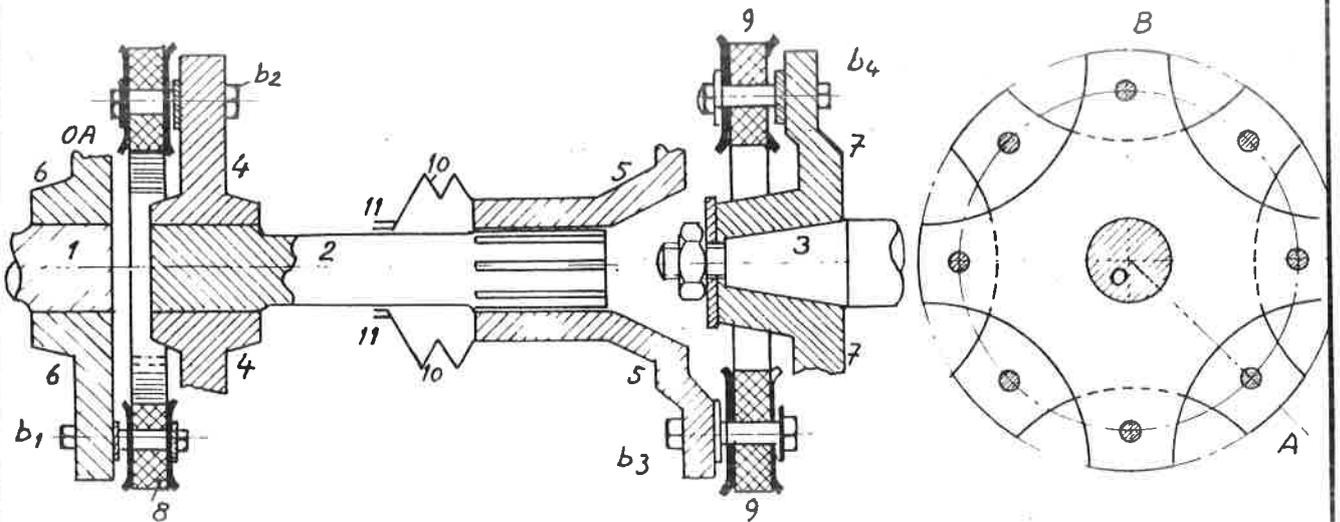


Fig. 79.2.3.

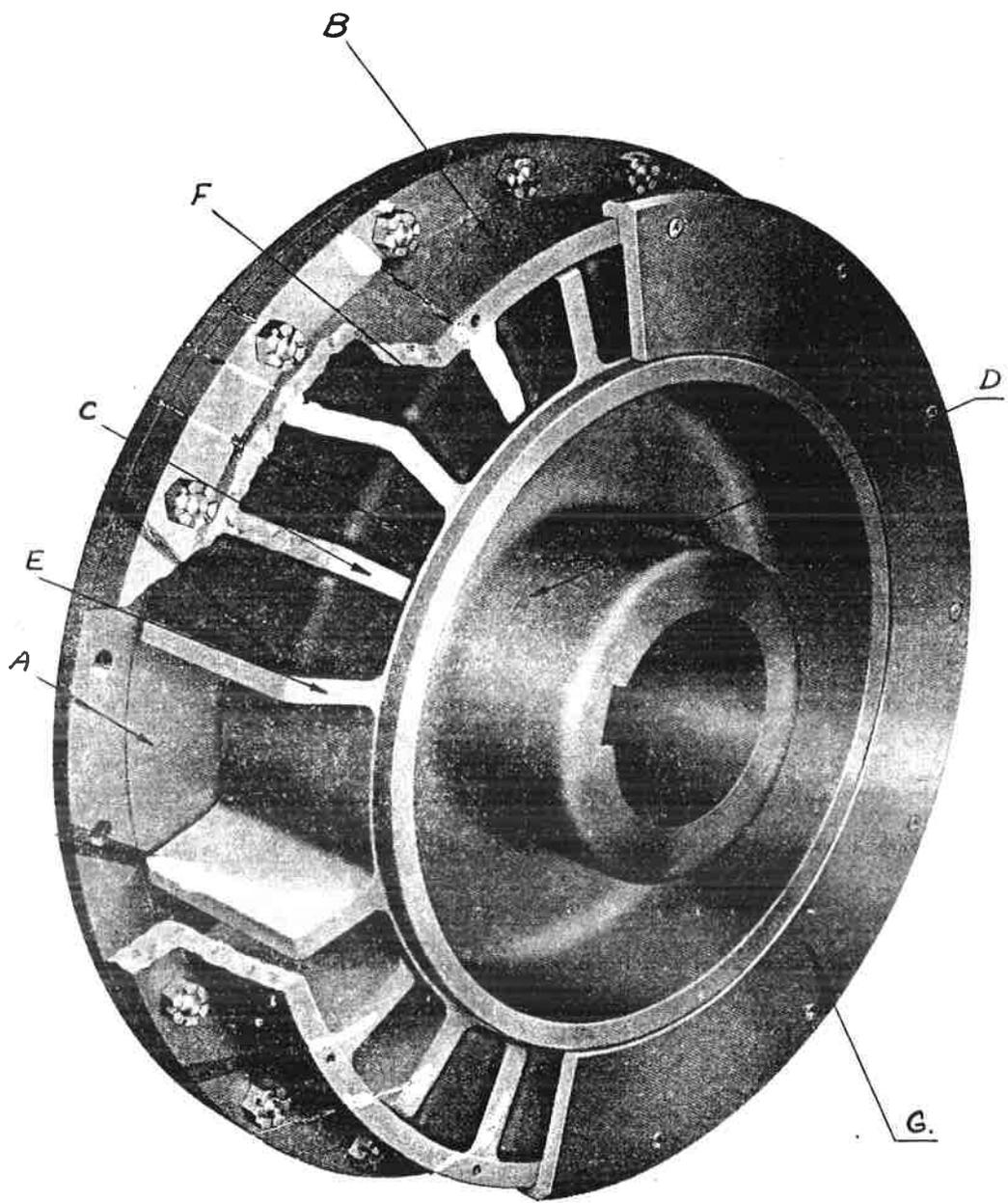


Fig. 79.2.4.



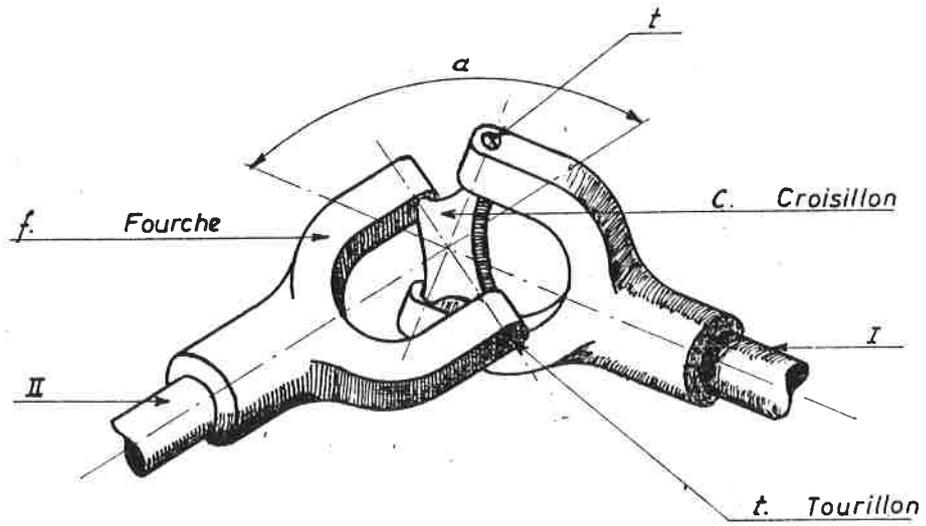


Fig. 79.4.1.

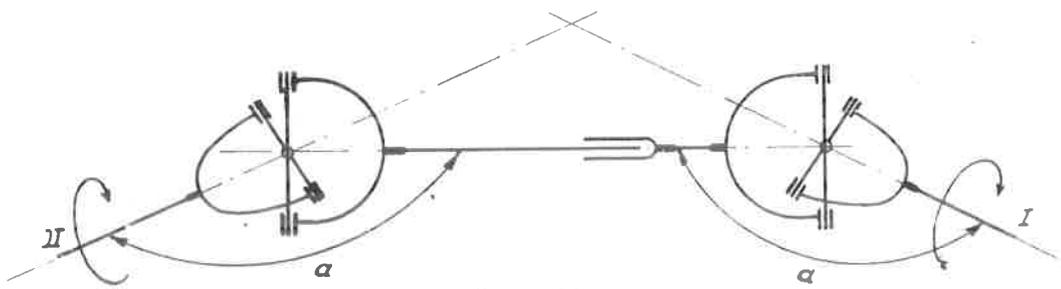


Fig. 79.4.2.

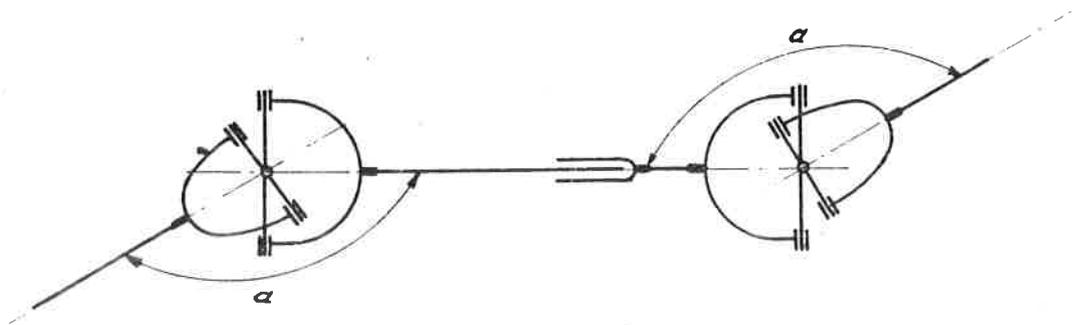


Fig. 79.4.3.

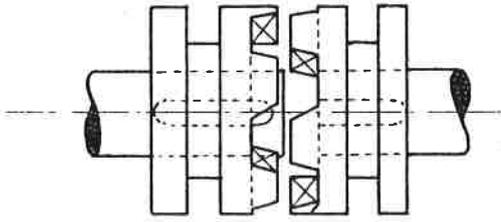


Fig. 79.5.1.

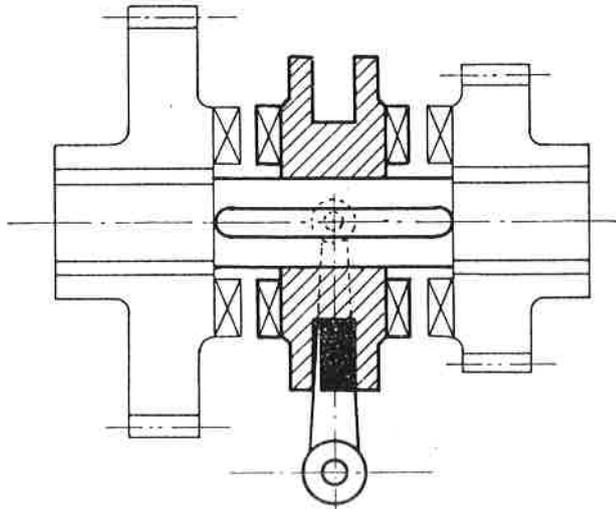


Fig. 79.5.2.

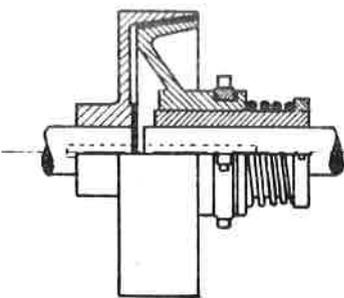


Fig. 79.6.1.

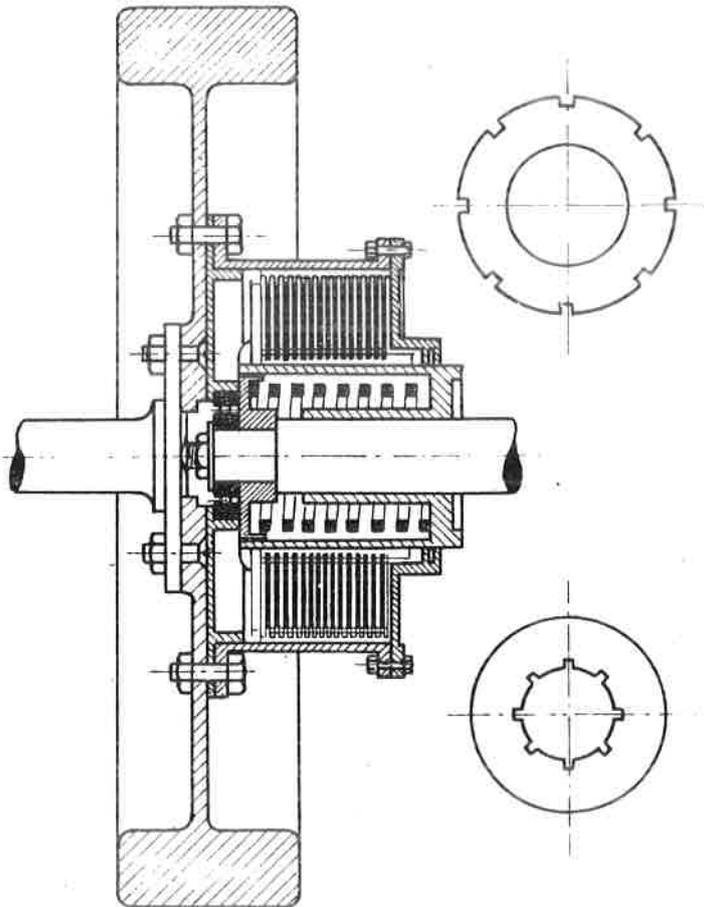


Fig. 79.6.2.

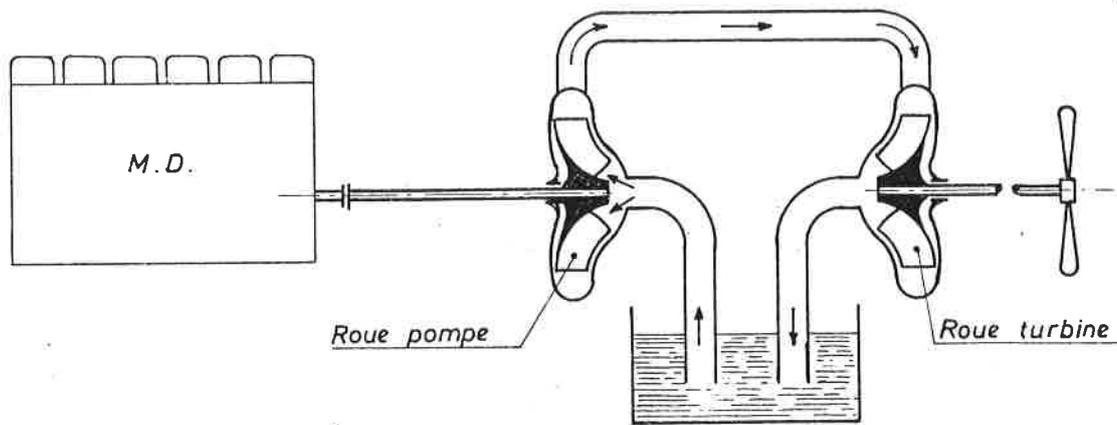


Fig. 79. 7. 1.

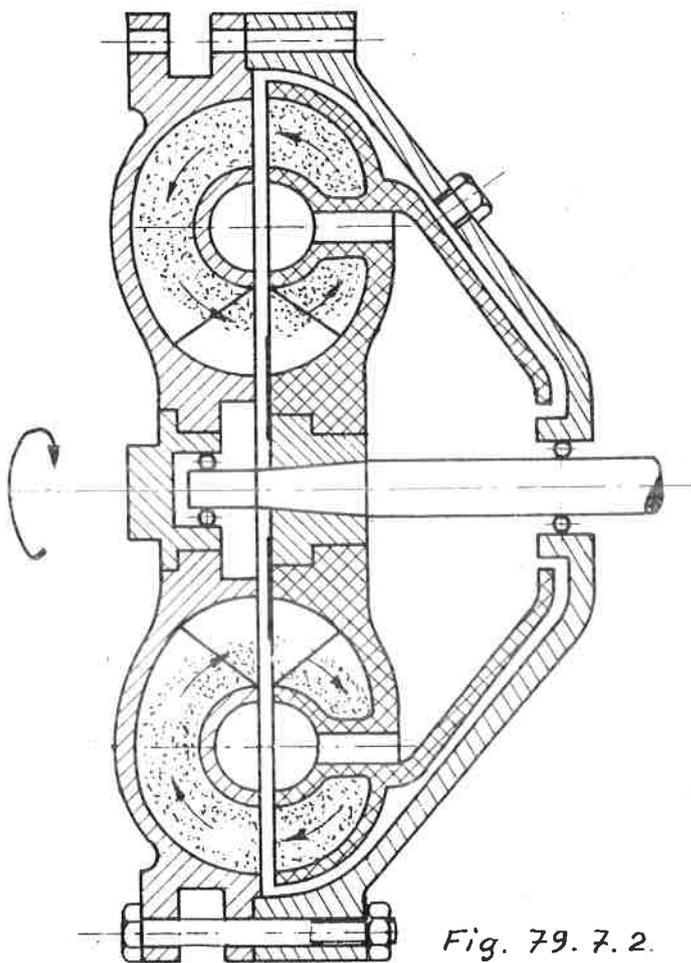


Fig. 79. 7. 2.

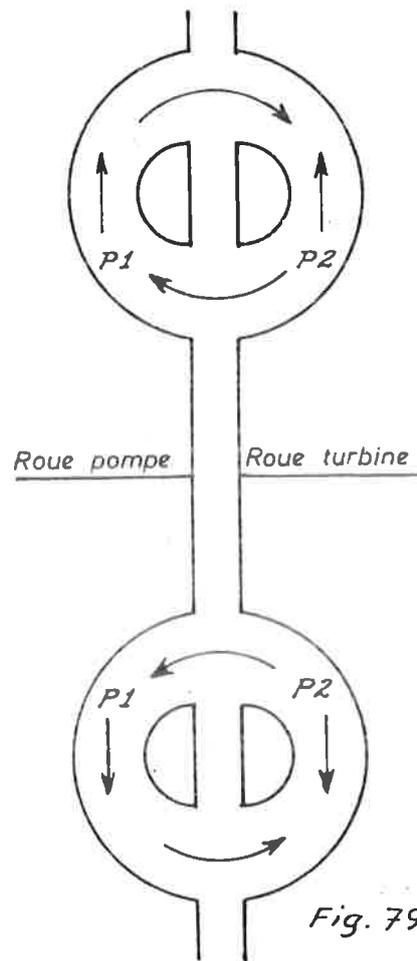


Fig. 79. 7. 4.

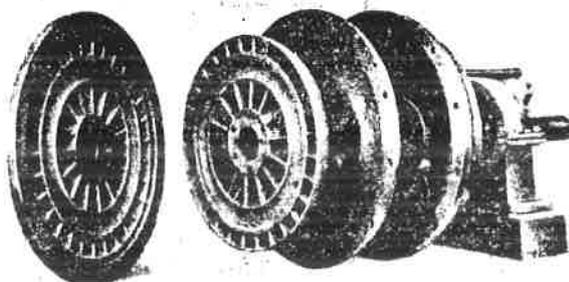


Fig. 79. 7. 3.

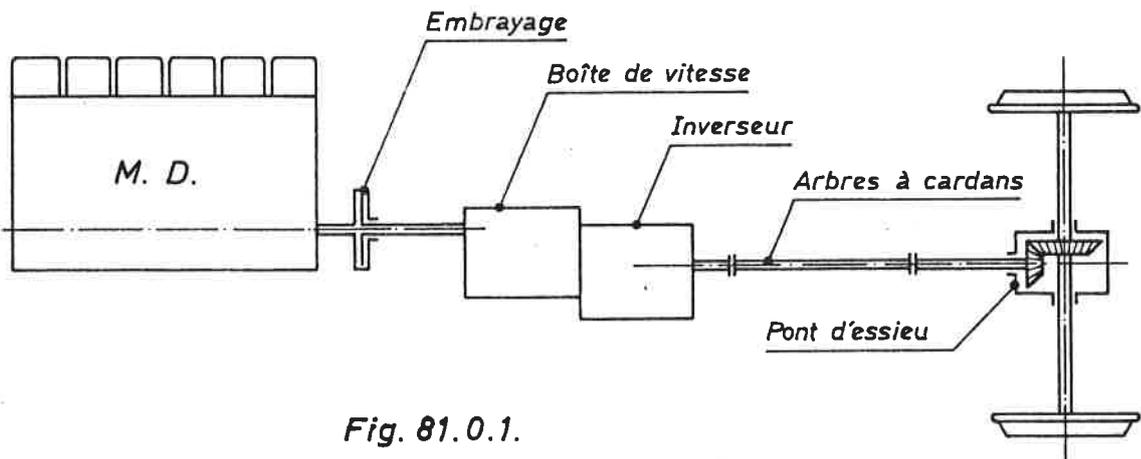


Fig. 81.0.1.

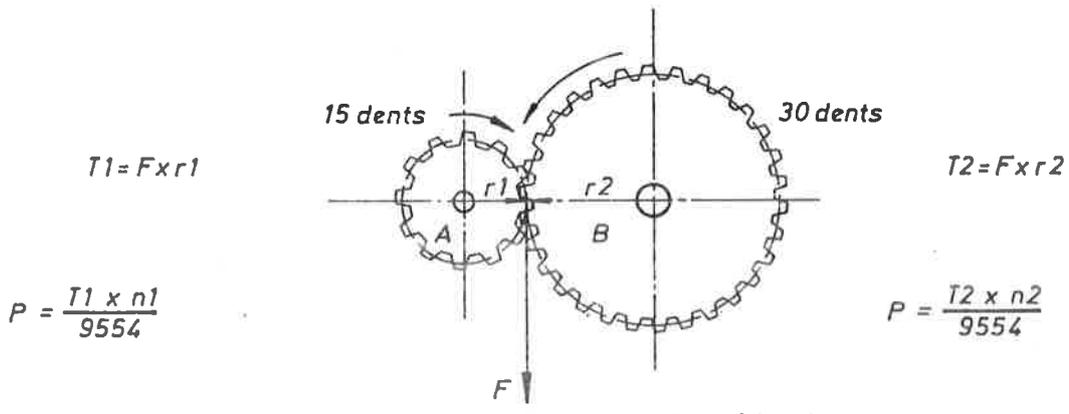


Fig. 81.2.1.

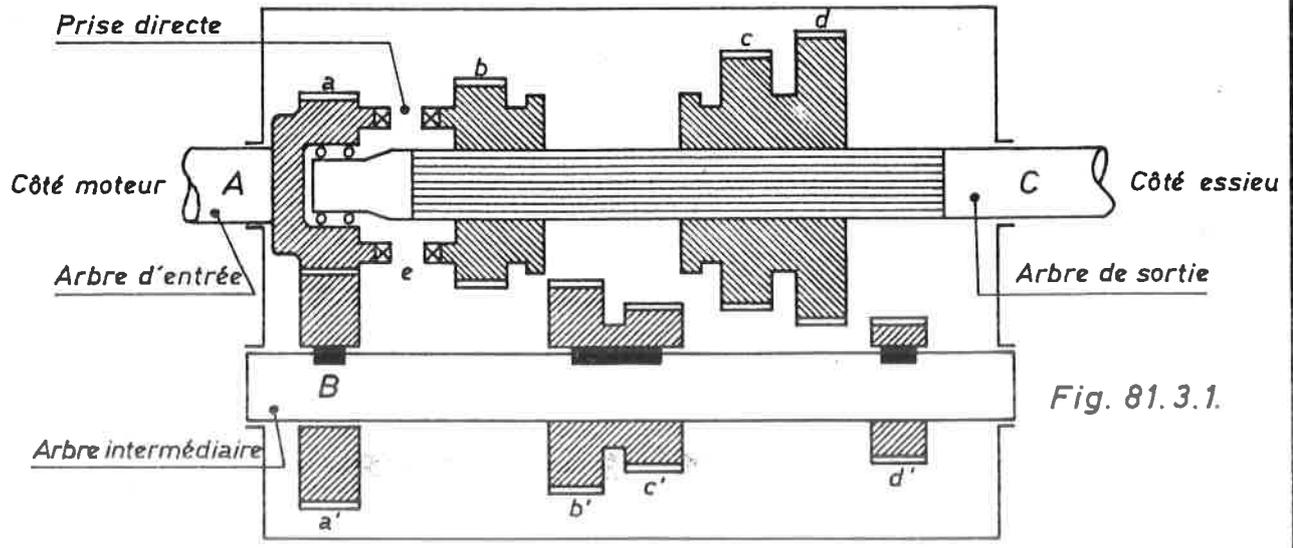


Fig. 81.3.1.

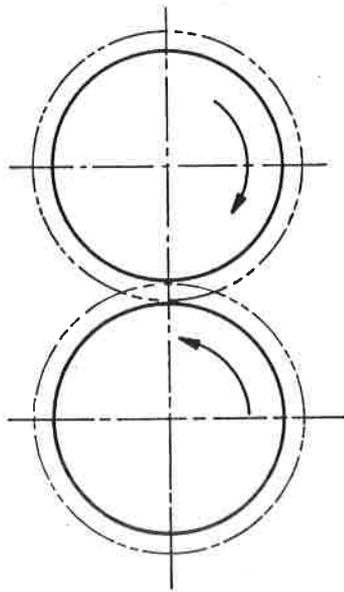


Fig. 81.4.1.

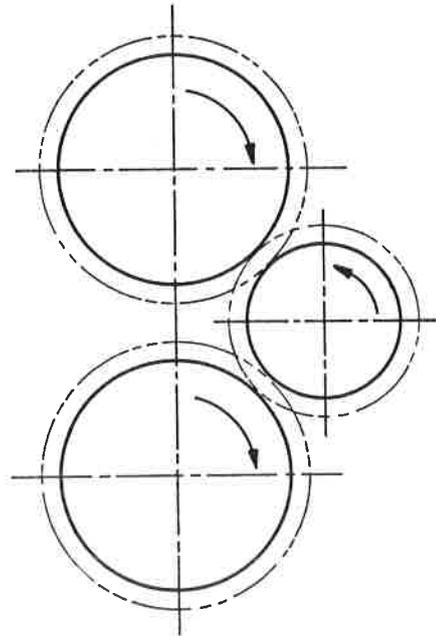


Fig. 81.4.2.

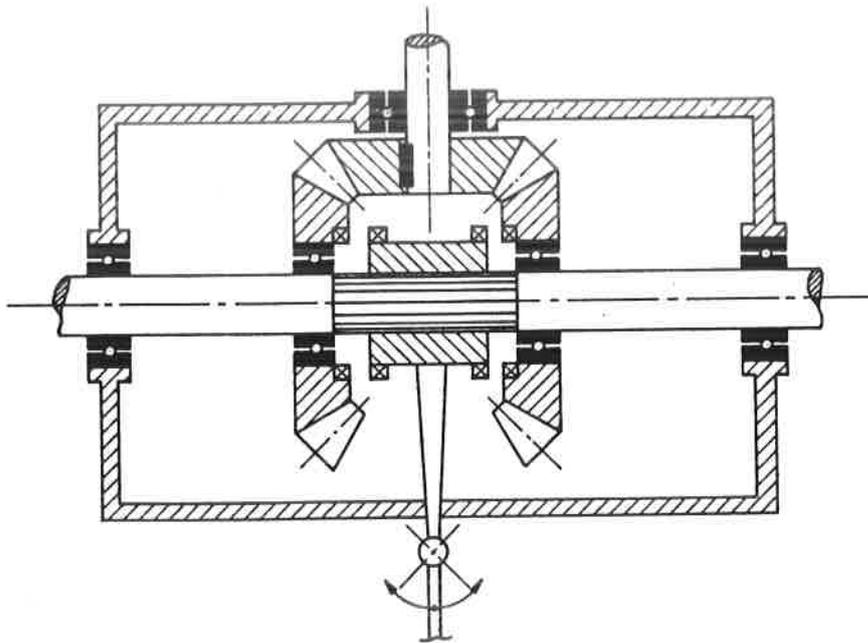
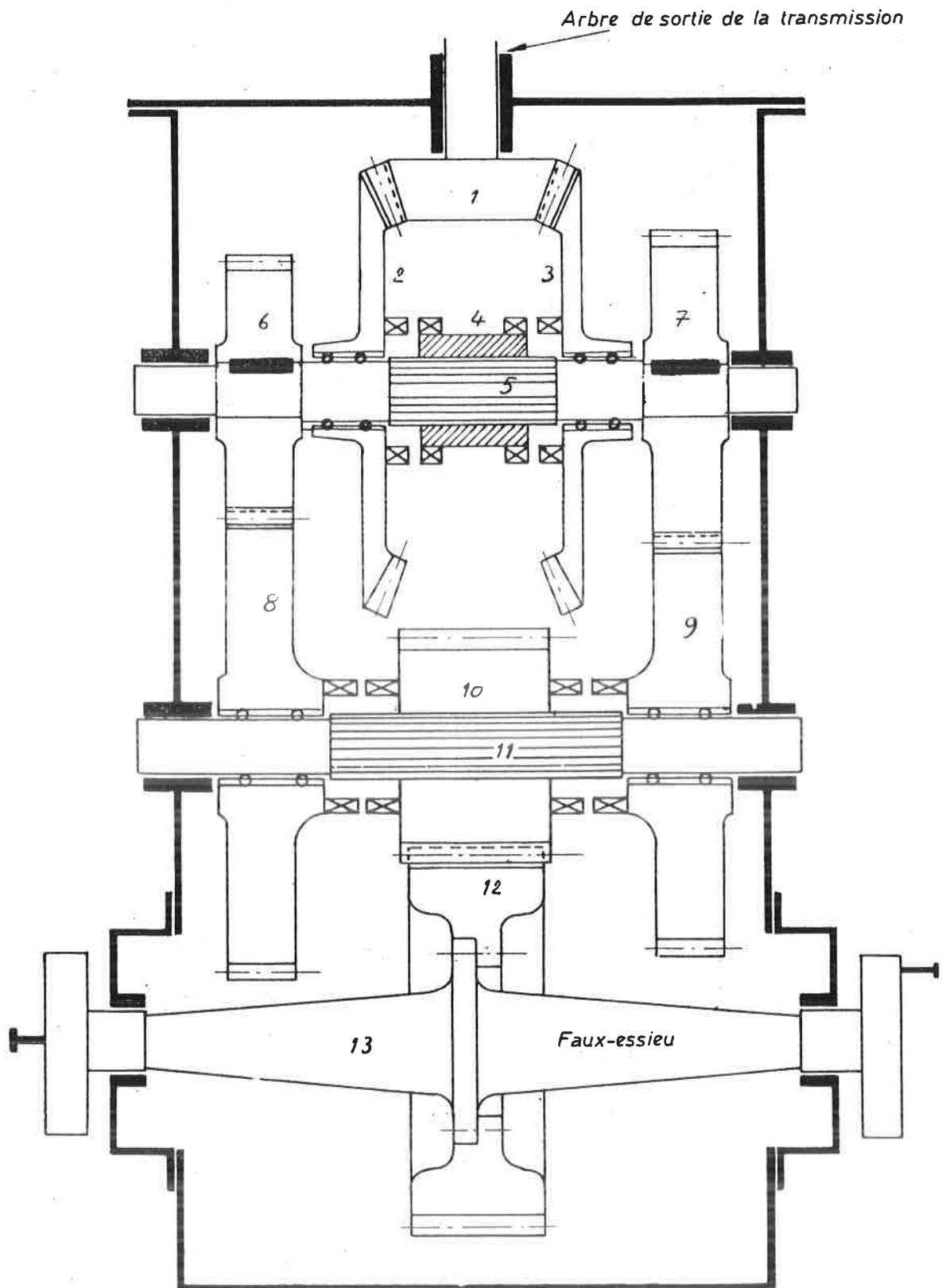


Fig. 81.4.3.



Régime manoeuvre

Fig. 82.0.1.

Régime de ligne

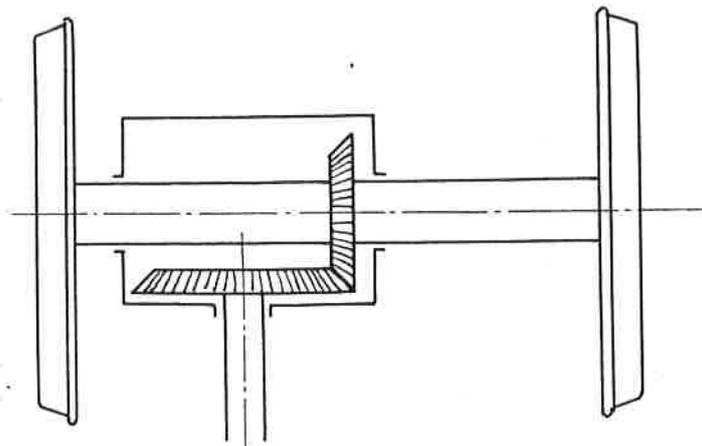


Fig. 82.1.1.

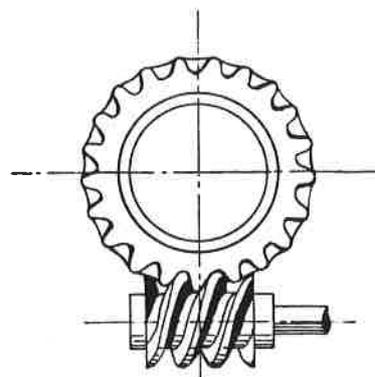


Fig. 82.1.2.

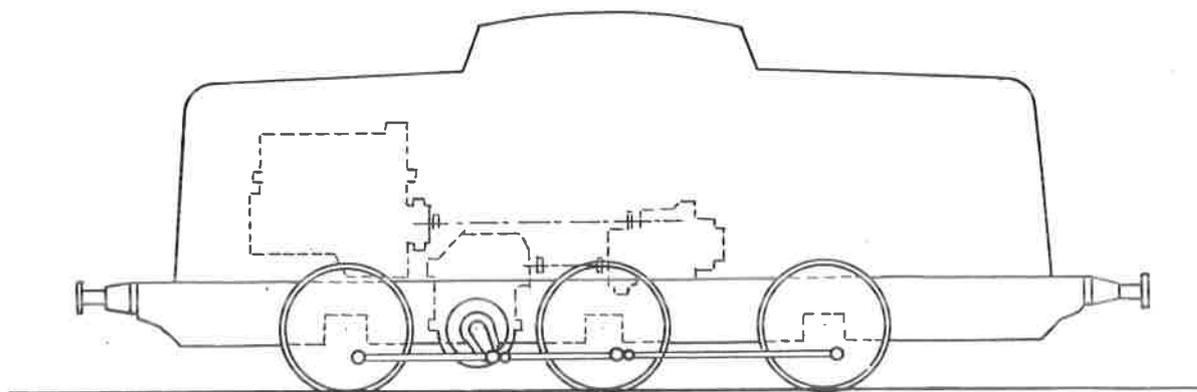


Fig. 82.1.3.

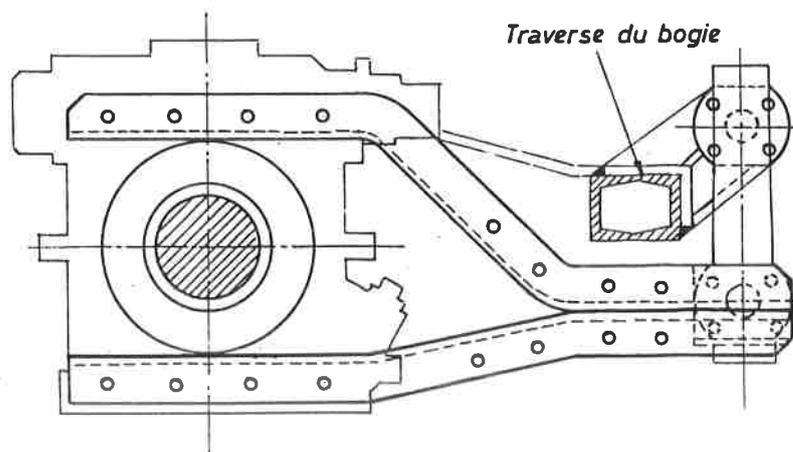


Fig. 82.2.1.

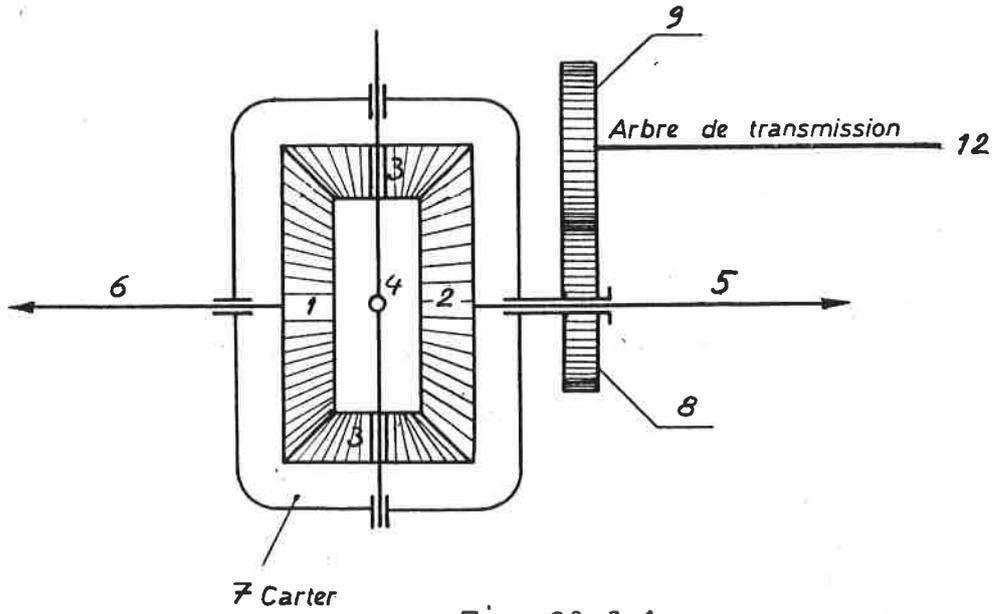


Fig. 82.3.1.

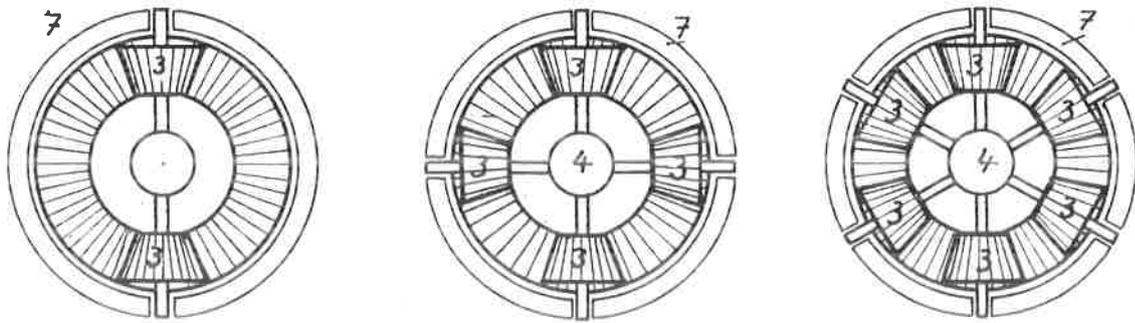


Fig. 82.3.2.

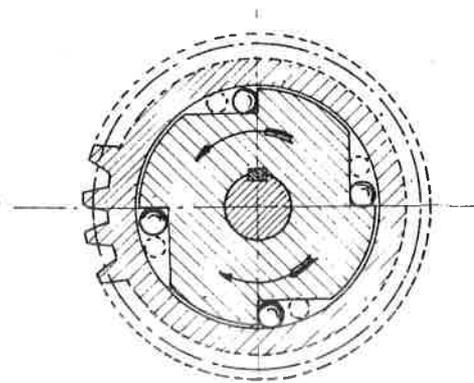


Fig. 82.4.1.



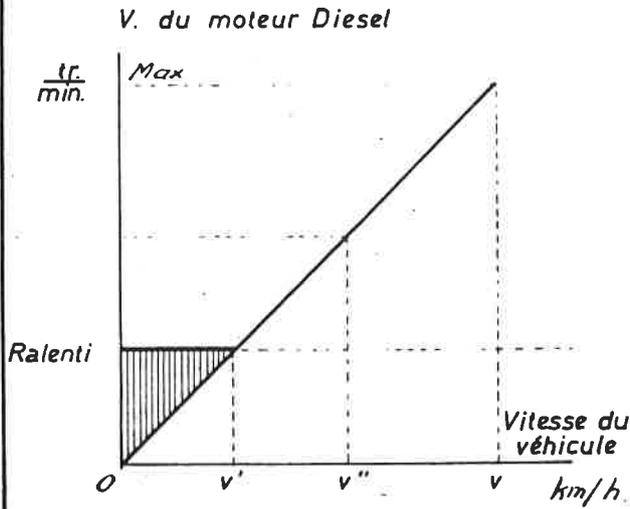


Fig. 83.2.1.

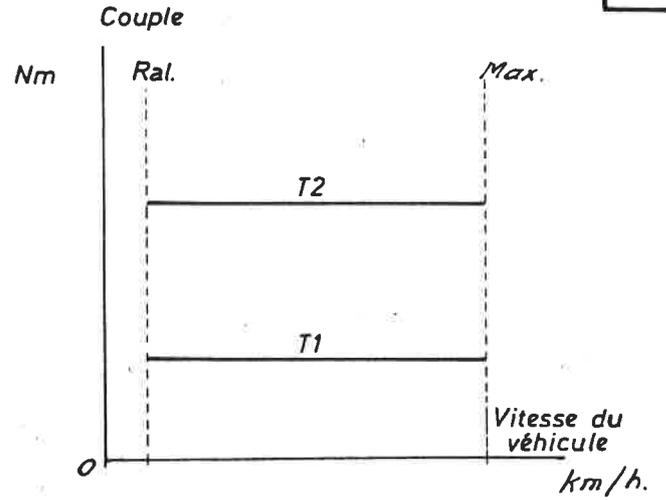


Fig. 83.3.1.

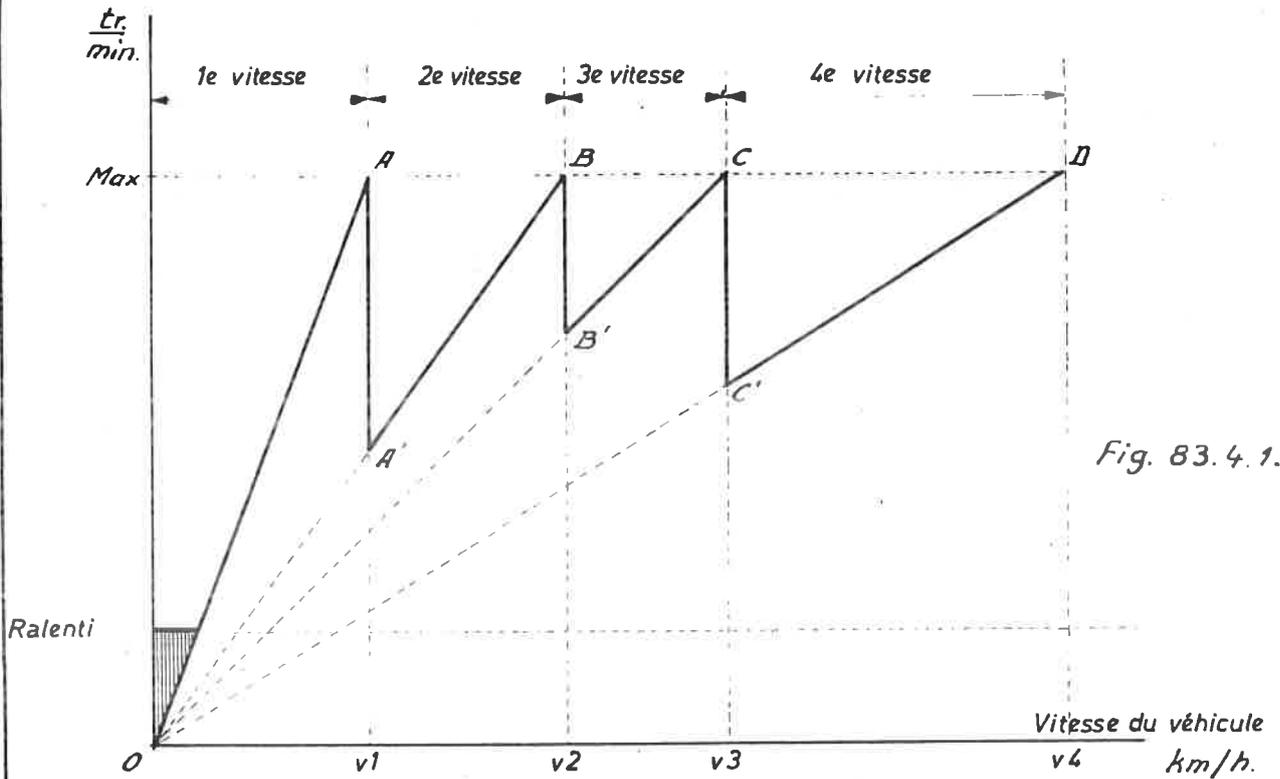


Fig. 83.4.1.

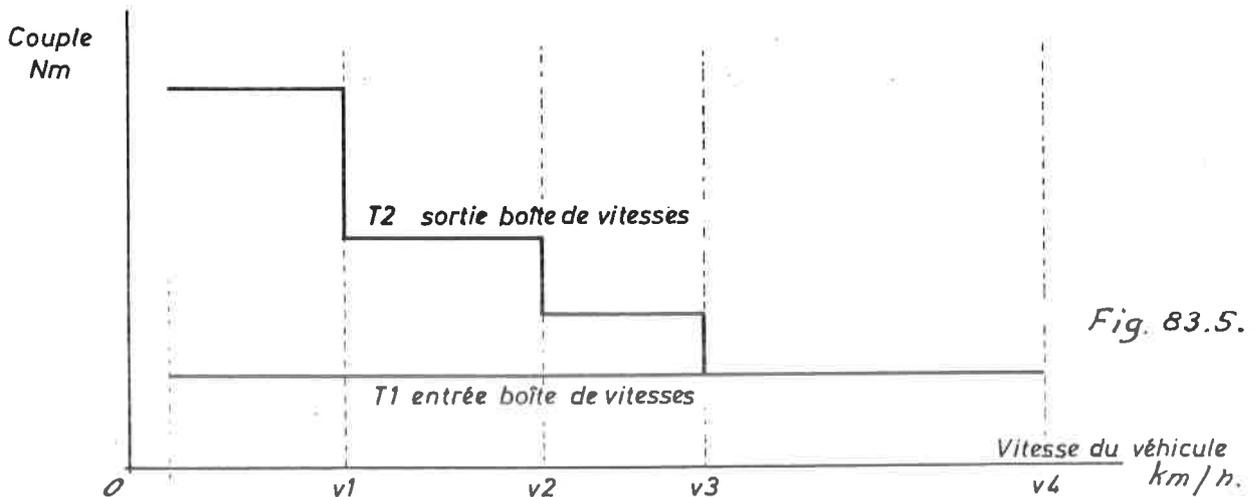


Fig. 83.5.1.

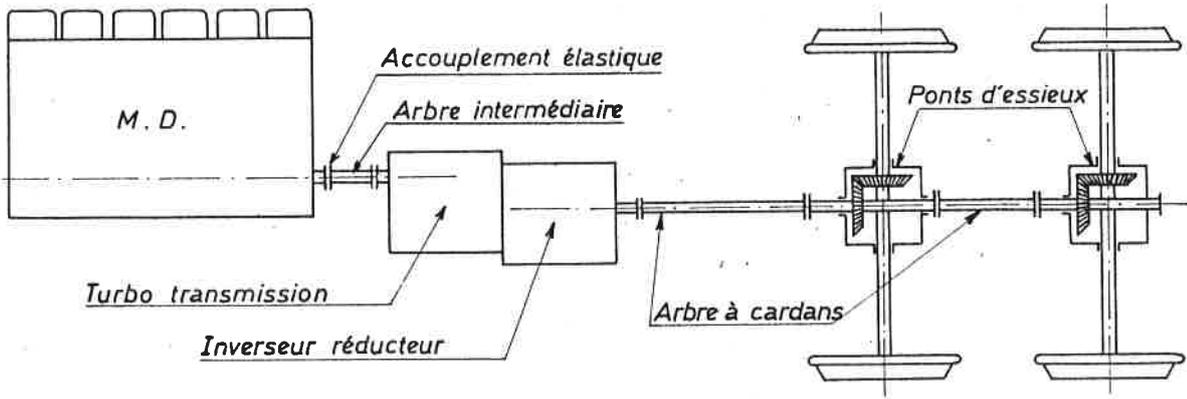
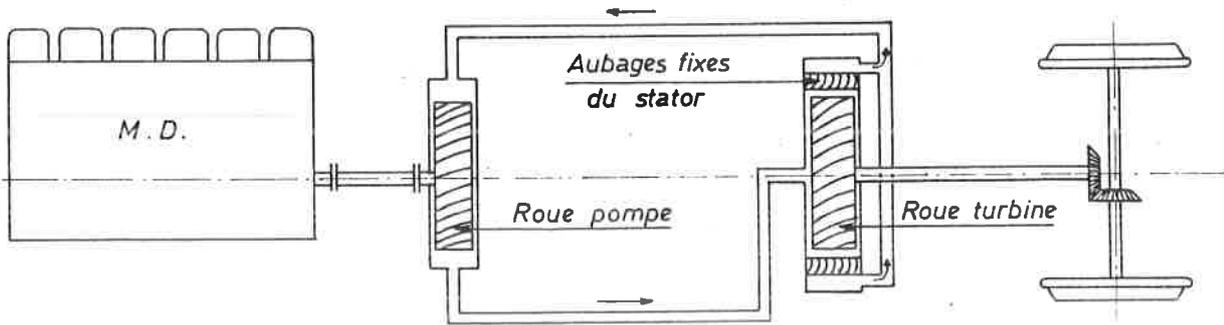


Fig. 85.0.1.



Energie mécanique → Energie cinétique du fluide → Energie mécanique

Fig. 85.1.1.

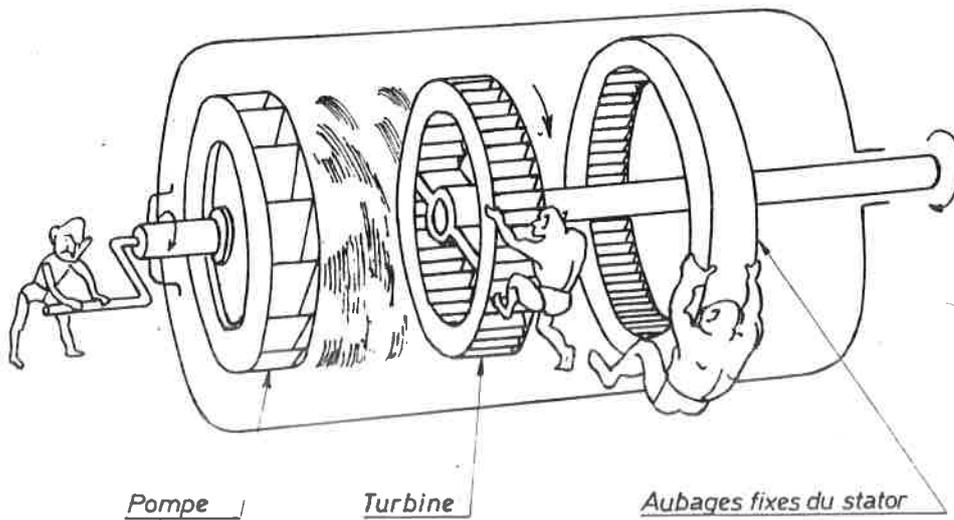


Fig. 85.1.2.

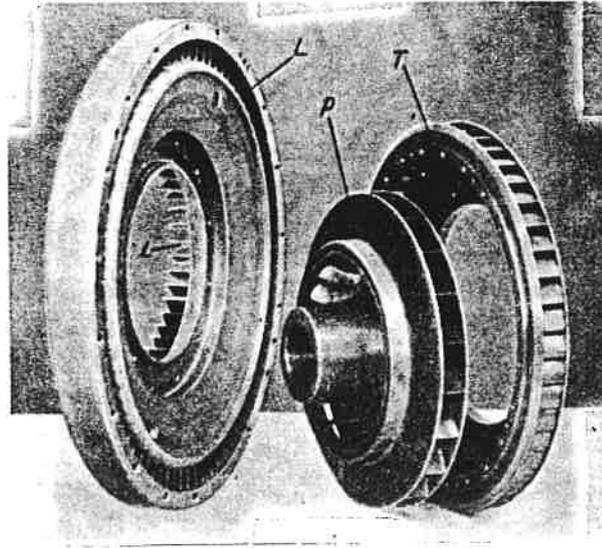


Fig. 85.2.1.

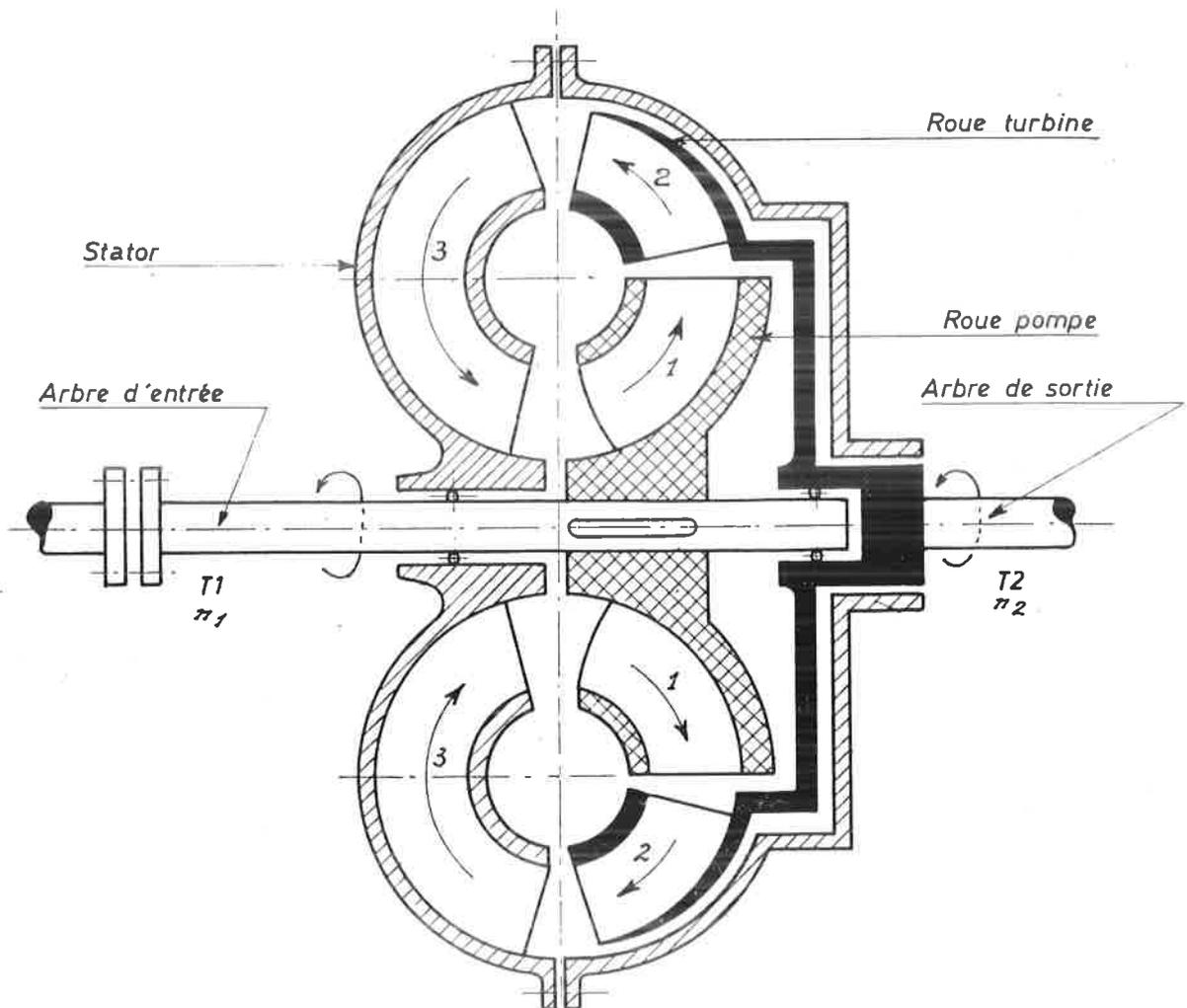


Fig. 85.2.2.

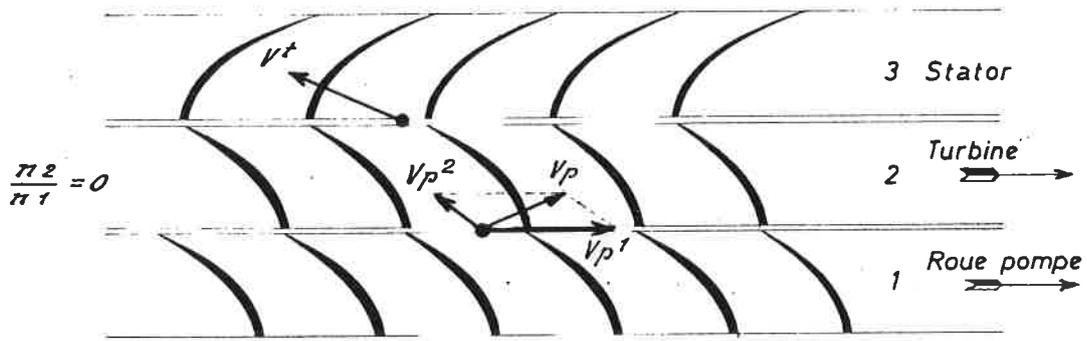


Fig. 85.3.1.

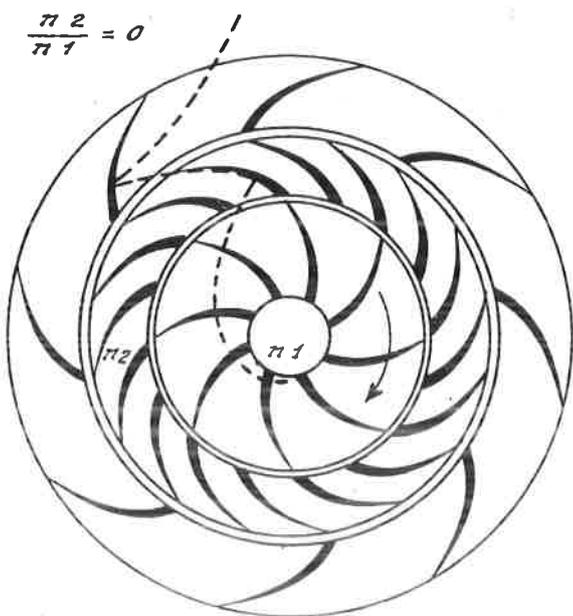


Fig. 85.3.2

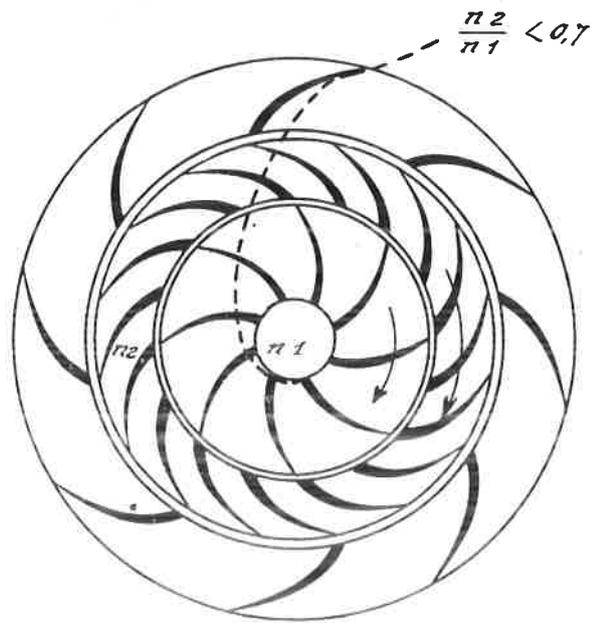


Fig. 85.3.3.

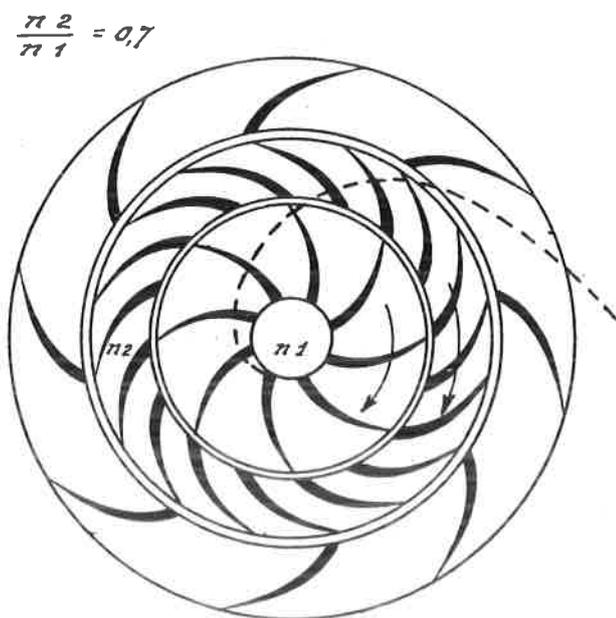


Fig. 85.3.4.

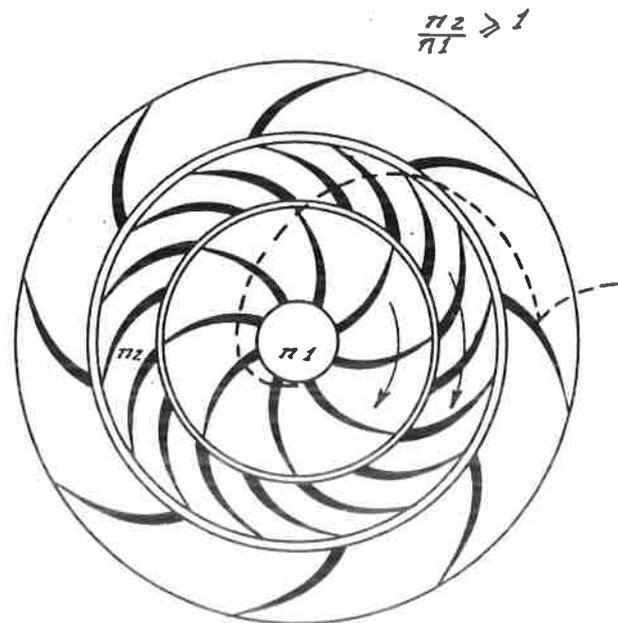
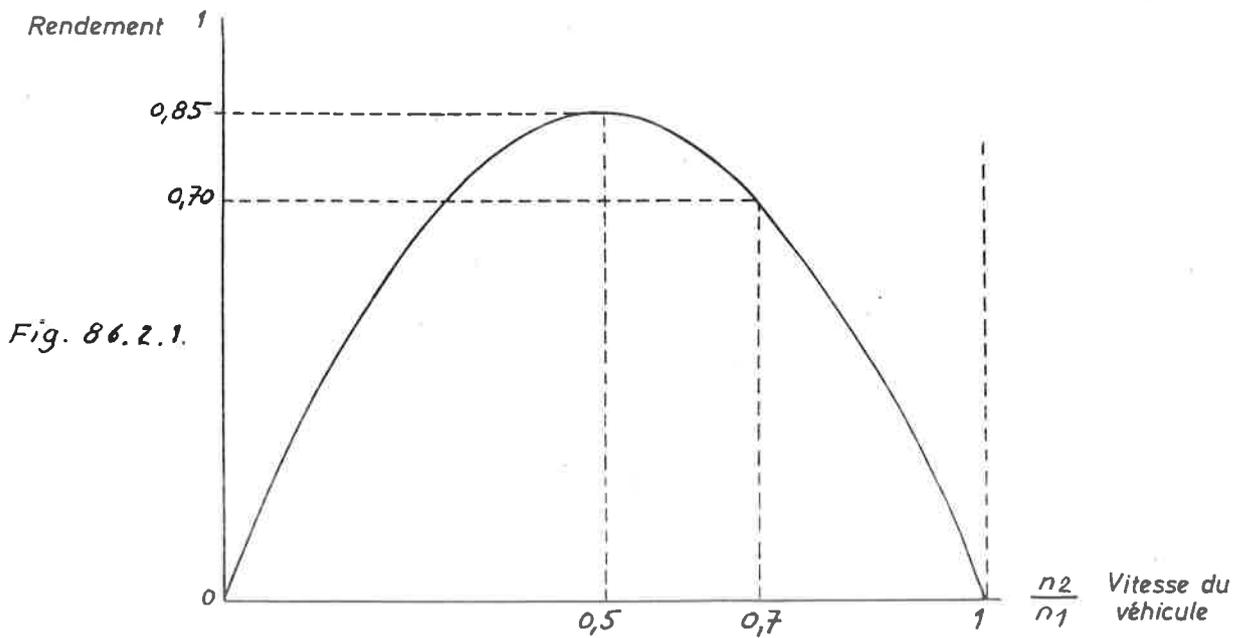
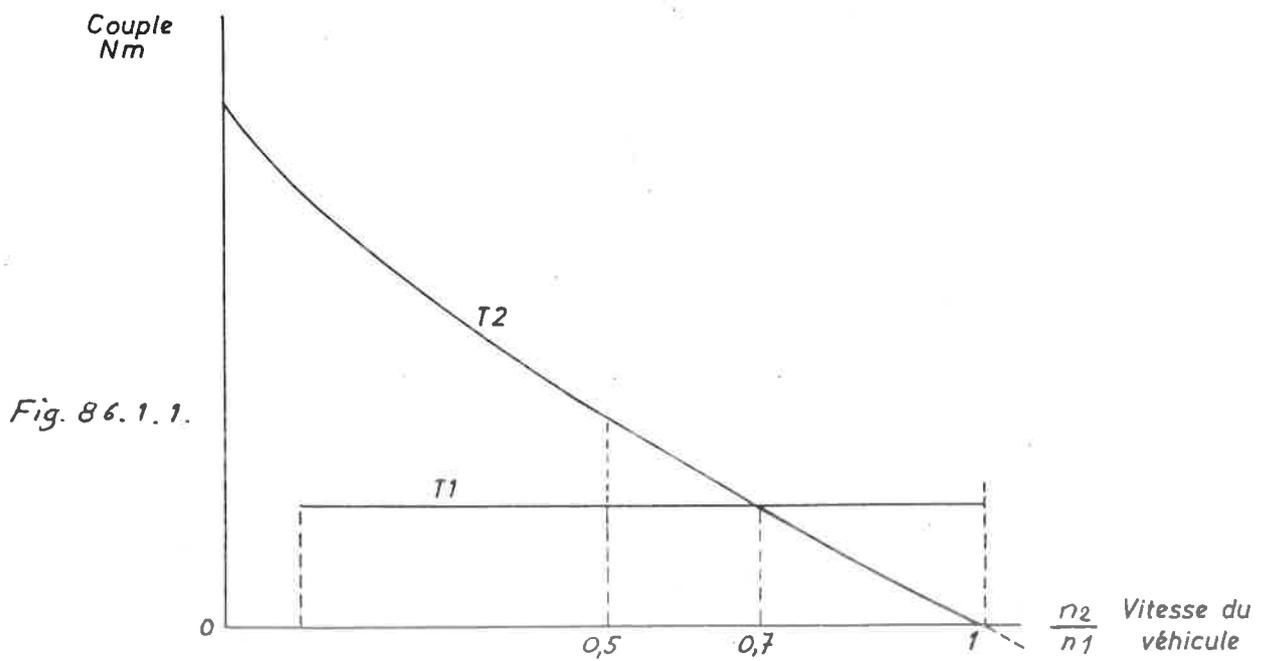
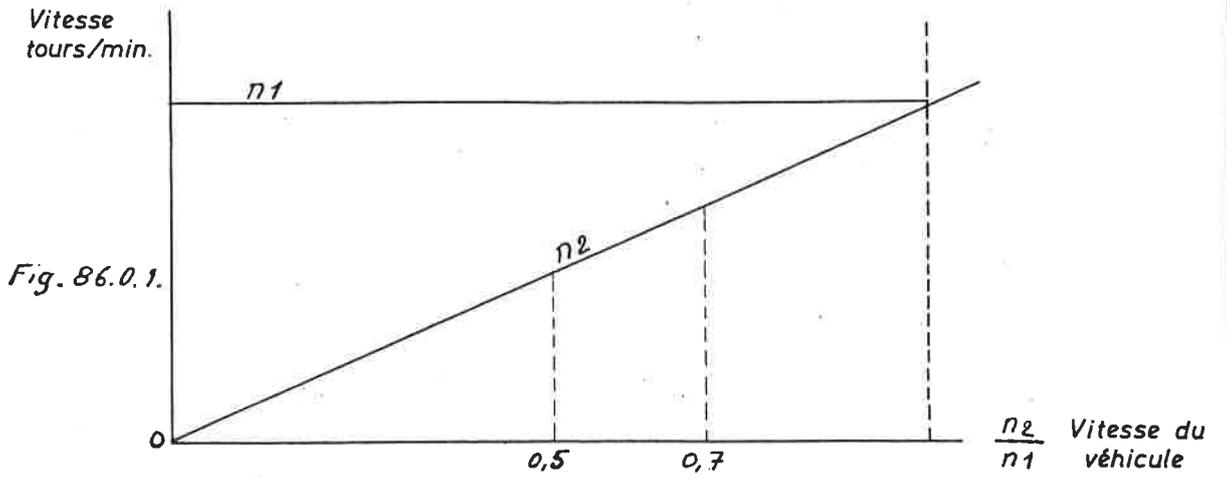
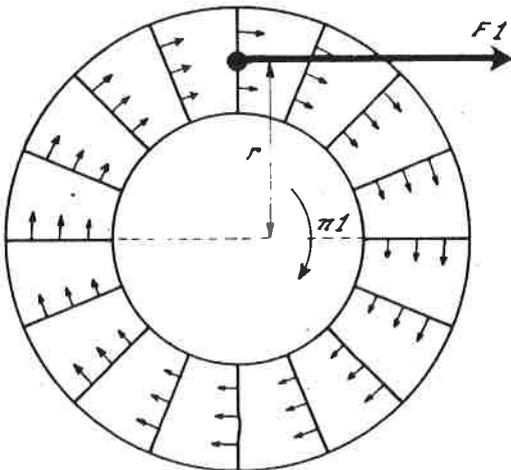


Fig. 85.3.5.



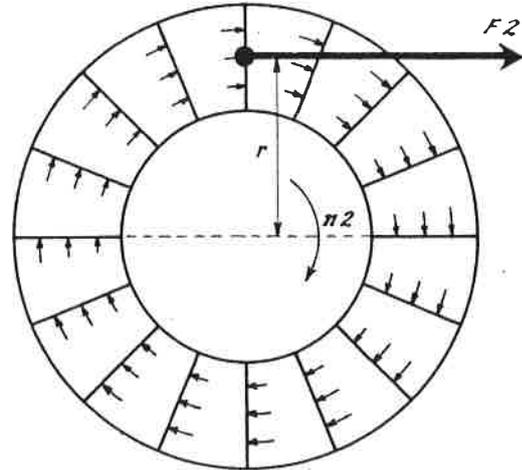
Roue pompe



Résultante de la pression des aubes sur le fluide  $F_1$   
Couple d'entraînement  $T_1 = F_1 \times r$

Fig. 87.1.1.

Roue turbine



Résultante de la pression du fluide sur les aubes  $F_2$   
Couple développé  $T_2 = F_2 \times r$

Fig. 87.1.2.

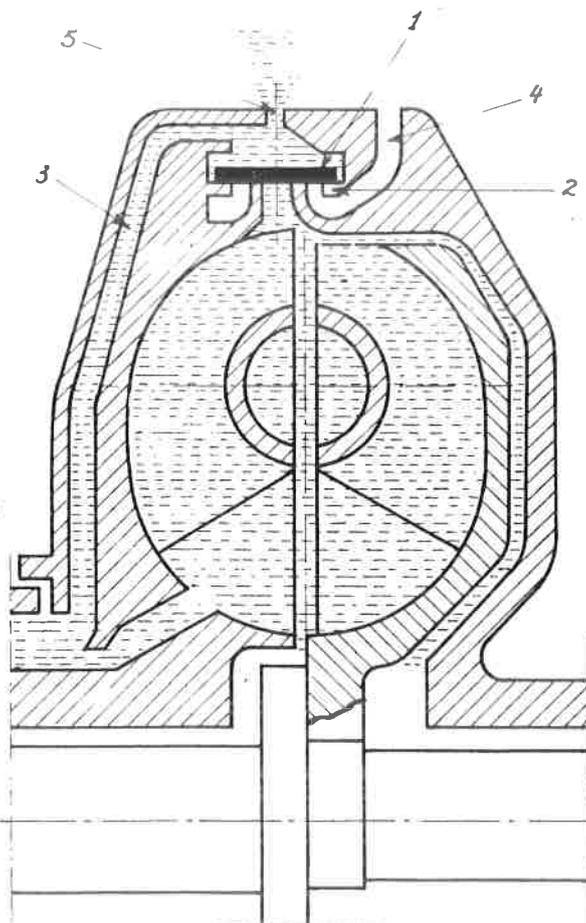


Fig. 87.4.1.

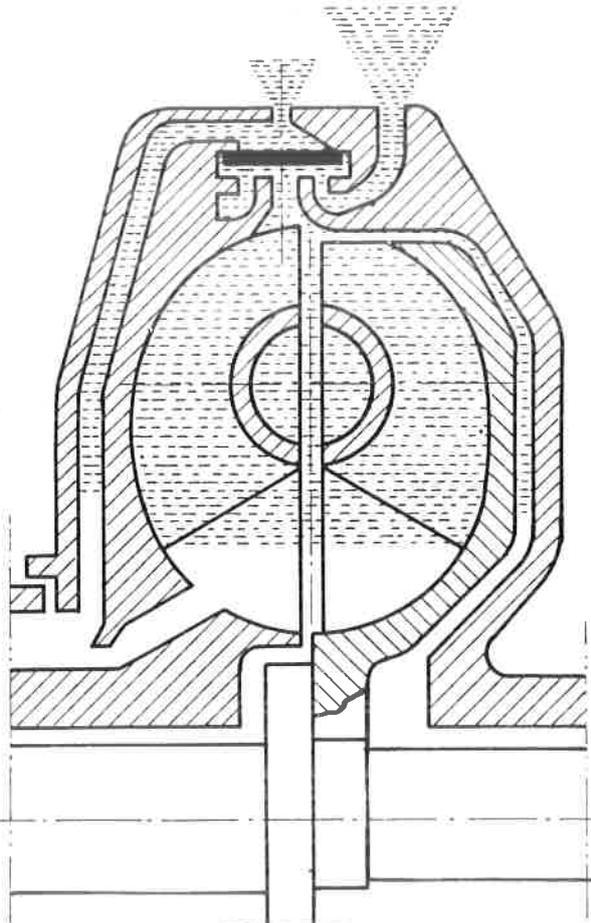


Fig. 87.4.2.

Couple  
Nm

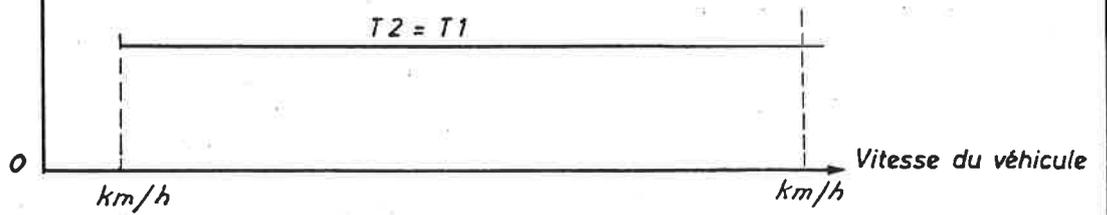


Fig. 87.1.3.

Vitesse M.D.  
tours/min.

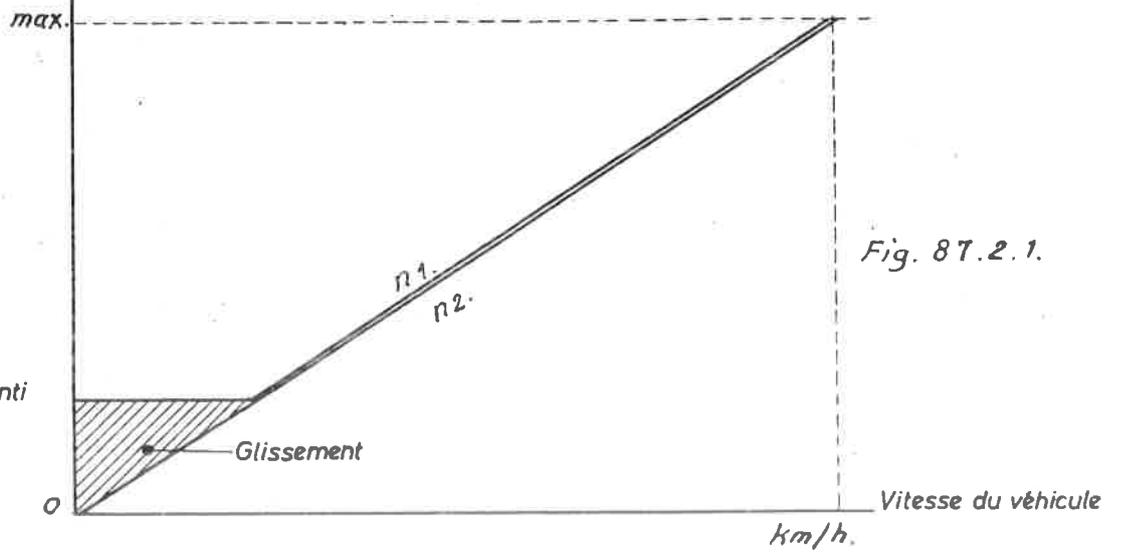


Fig. 87.2.1.

Rendement  $\frac{1}{0,97}$

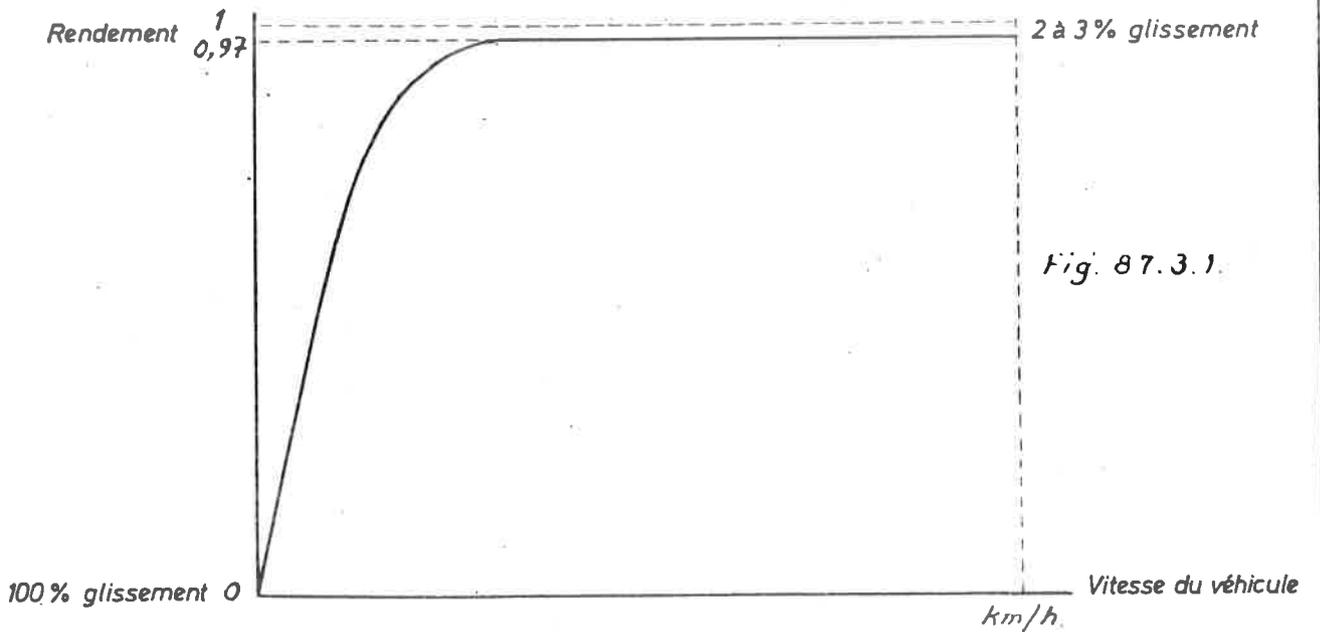


Fig. 87.3.1.

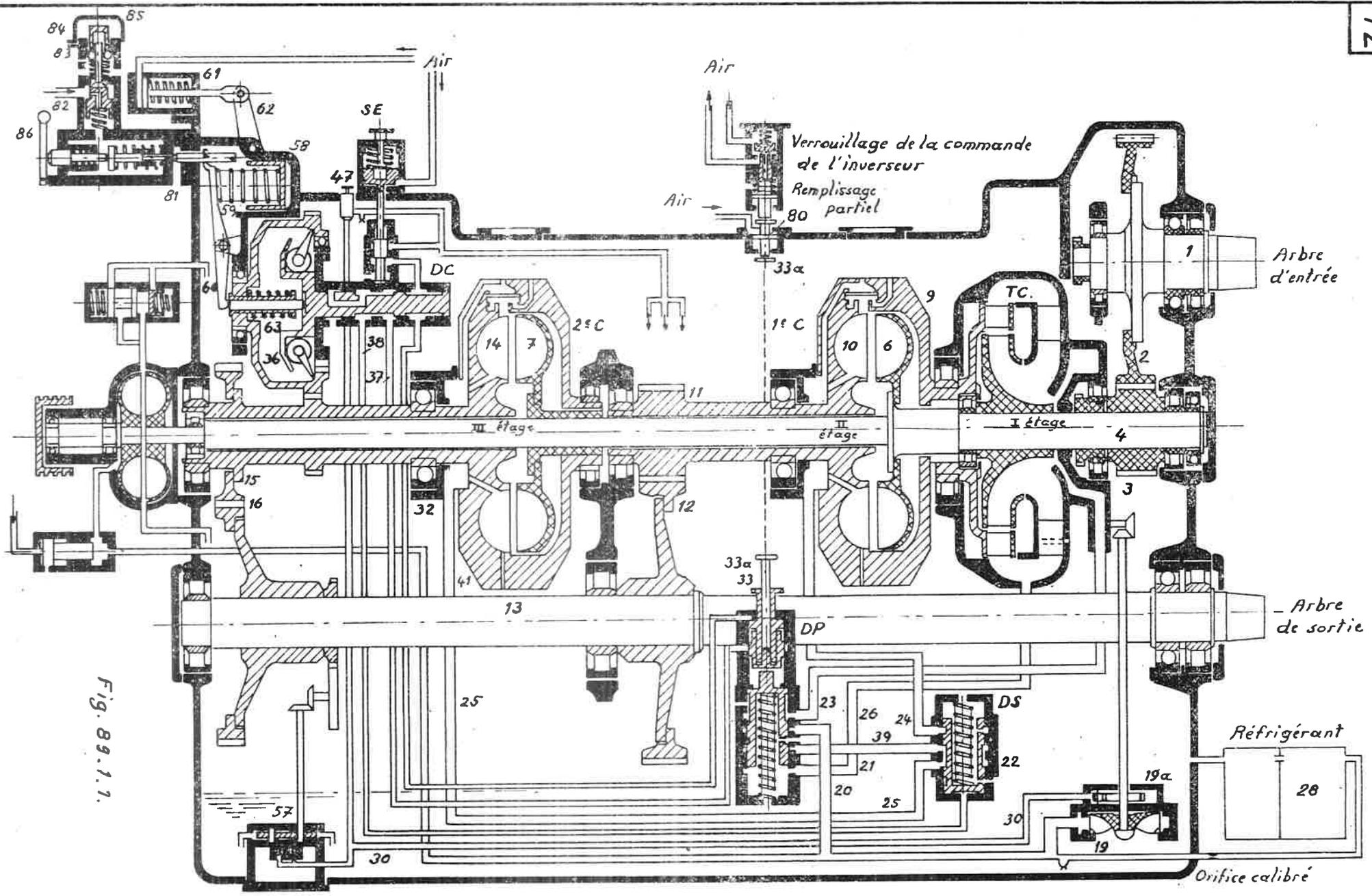


Fig. 89.1.1.



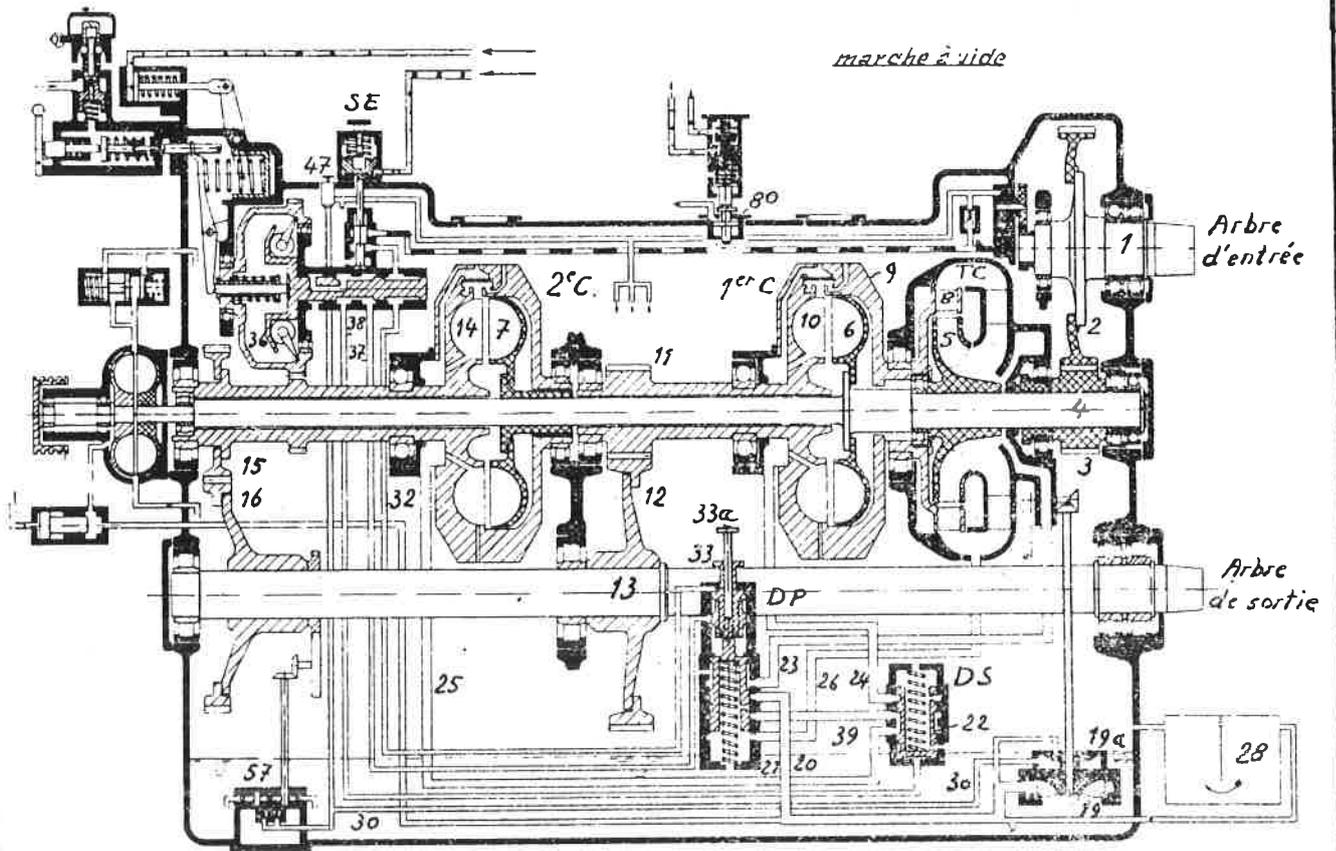


Fig 89.2.1.

1<sup>er</sup> Etage

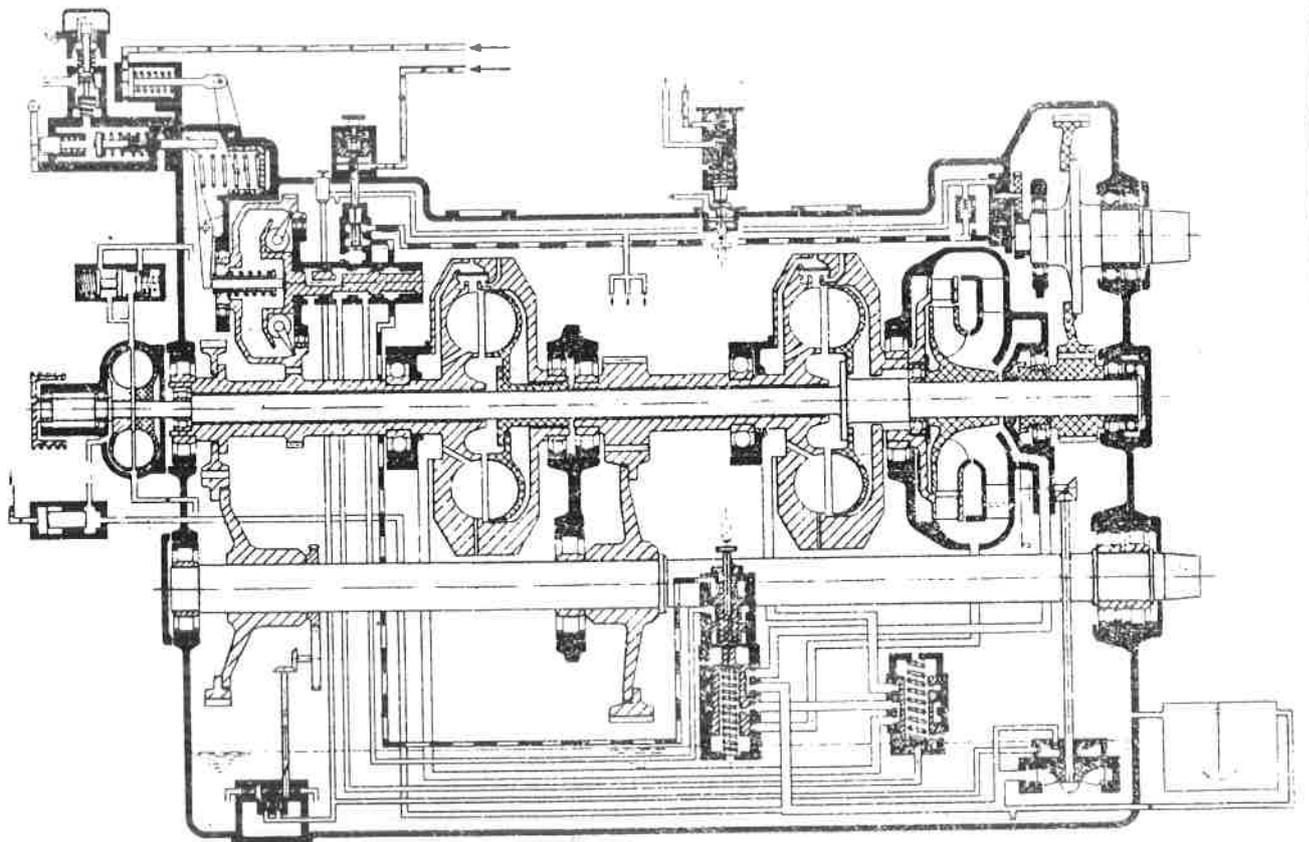


Fig. 89.2.2.

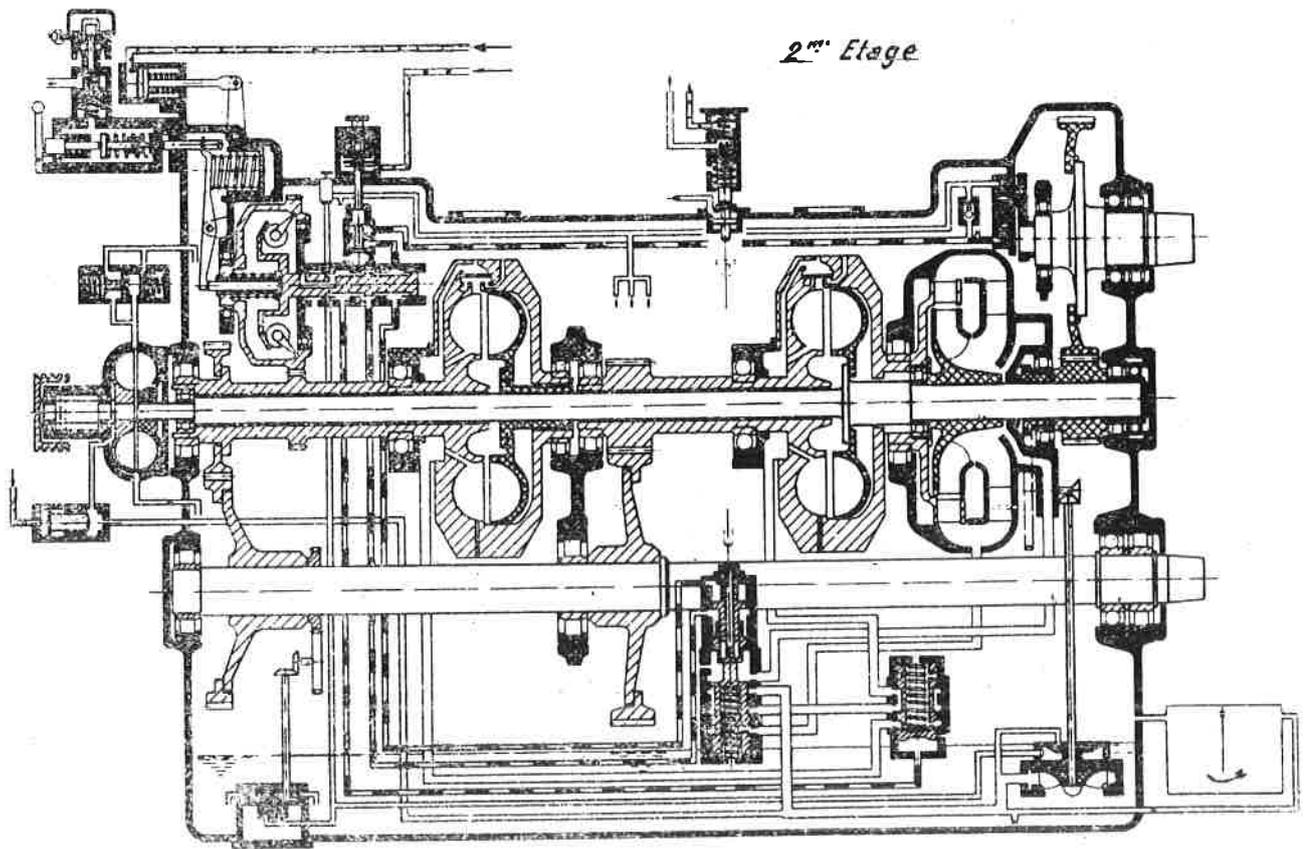


Fig. 89. 2. 3.

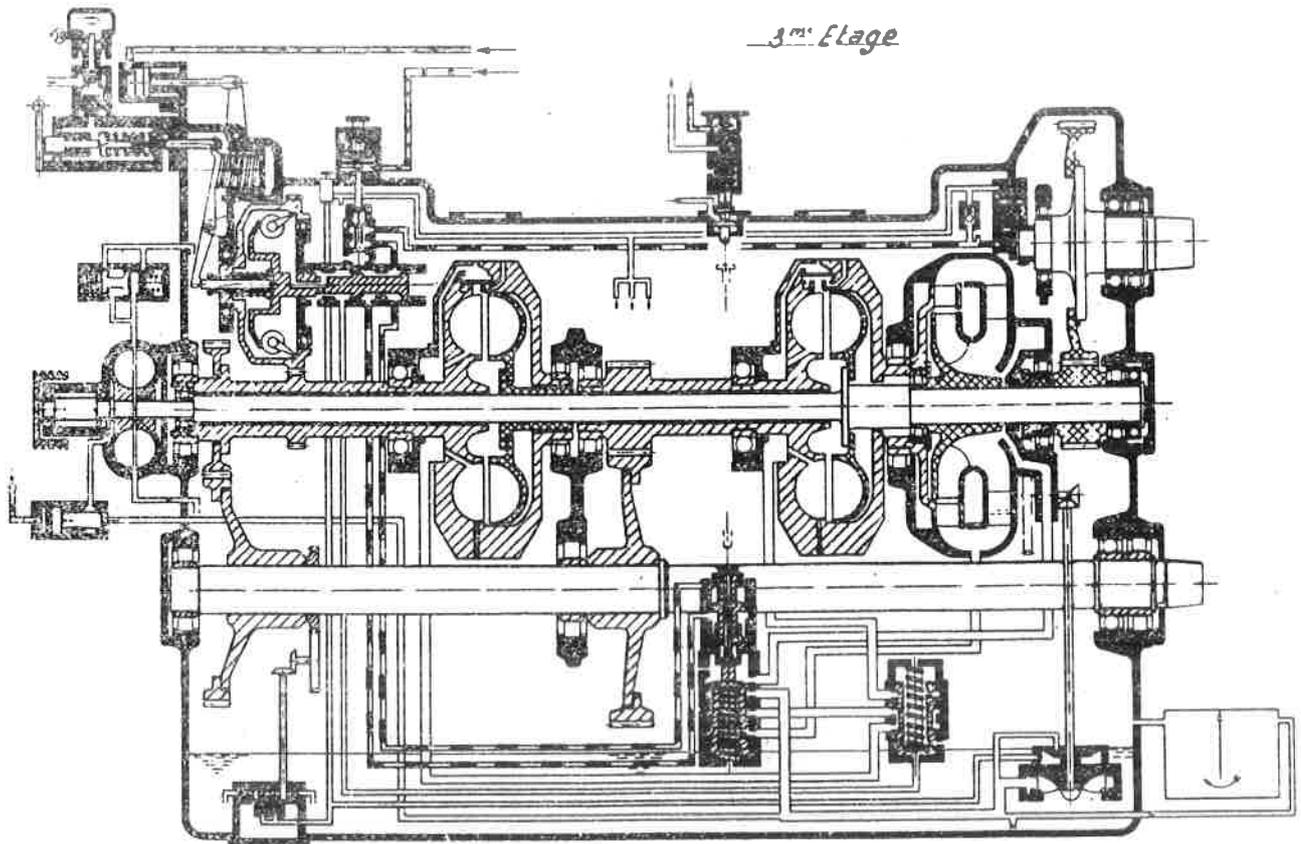


Fig. 89. 2. 4.

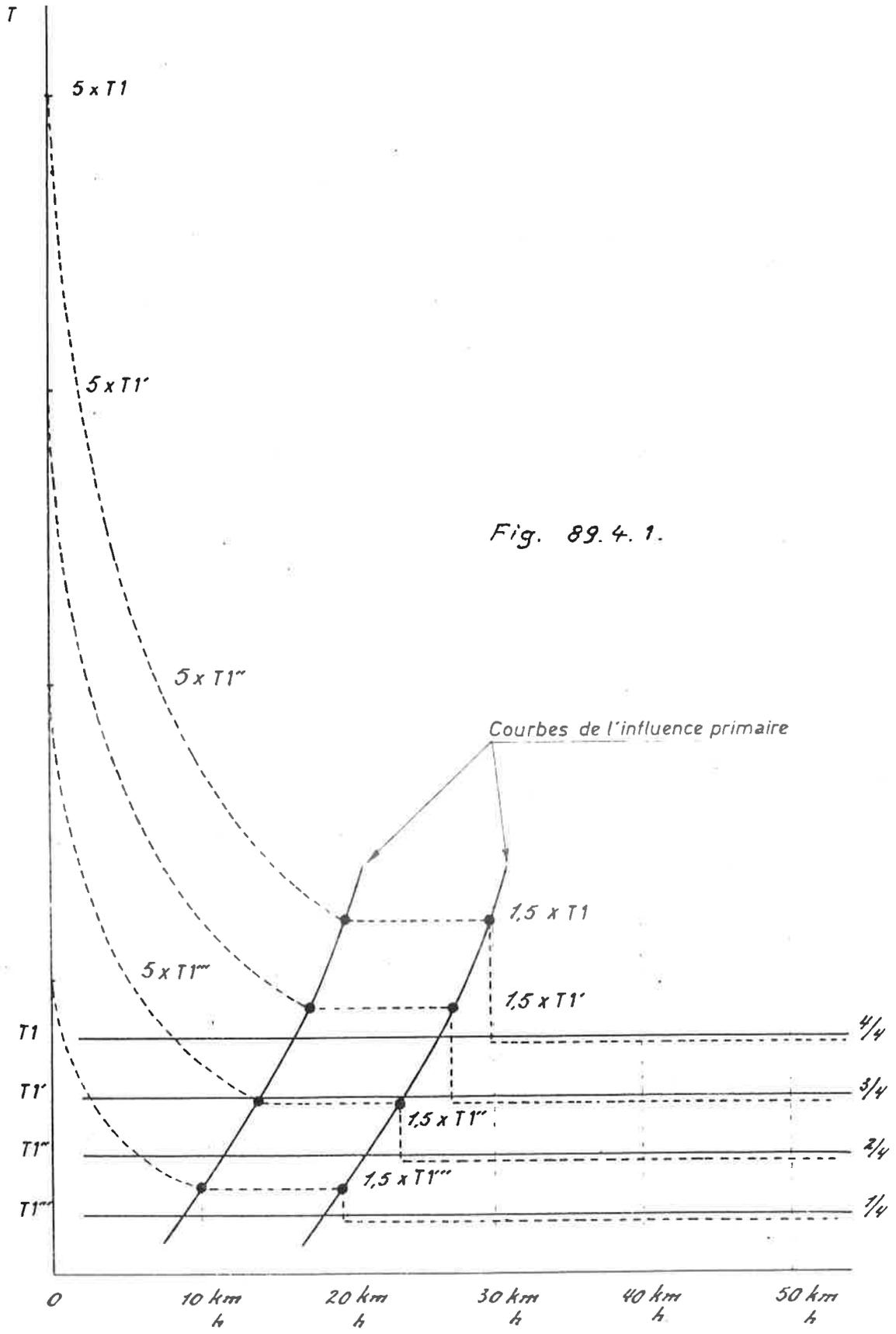


Fig. 89.4.1.

Courbes de l'influence primaire

$T_1$  — Couple moteur  
 $T_2$  ---- Couple transmission

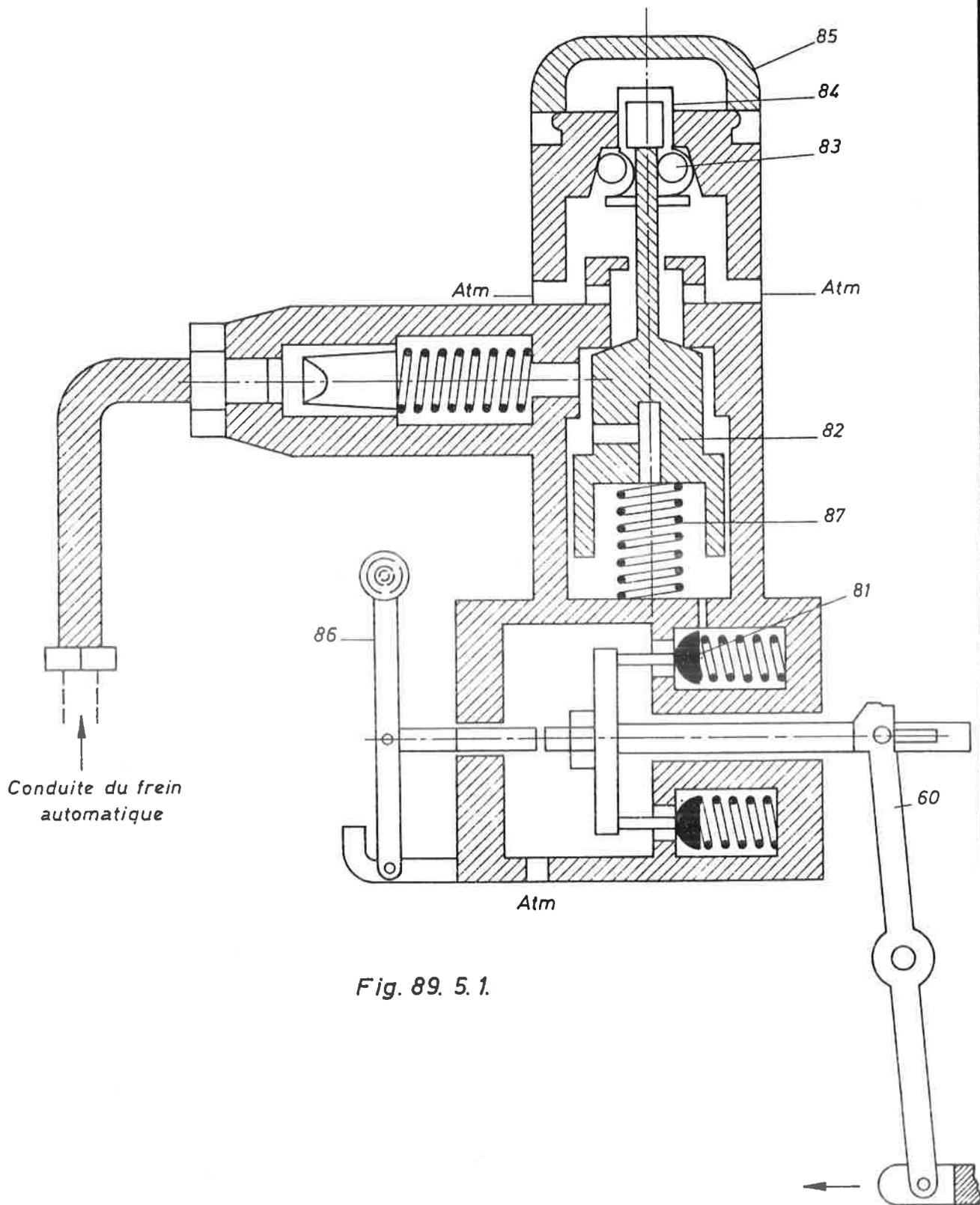


Fig. 89. 5. 1.

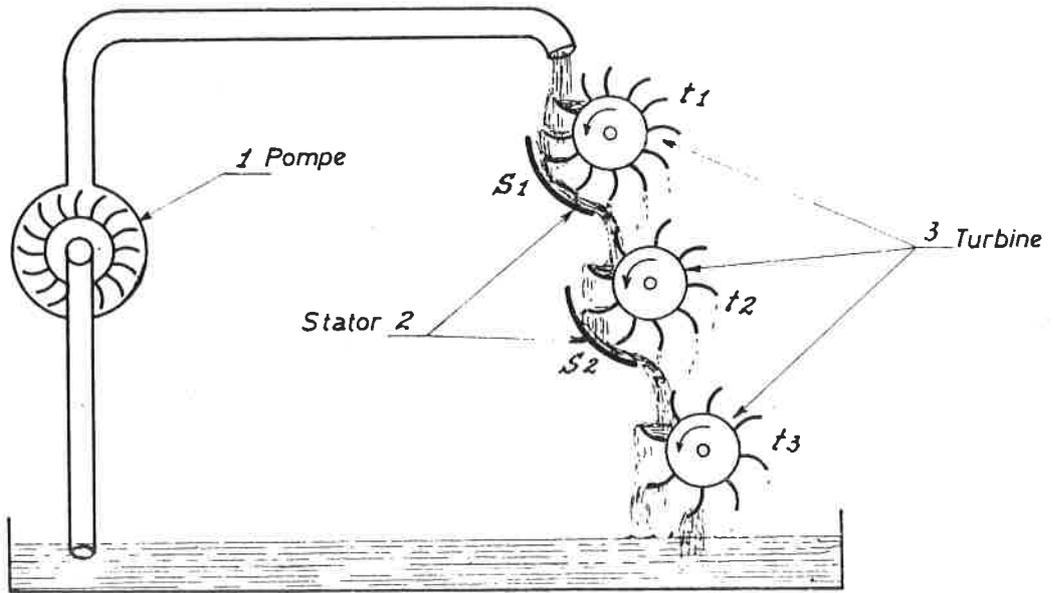


Fig. 89.6.1.

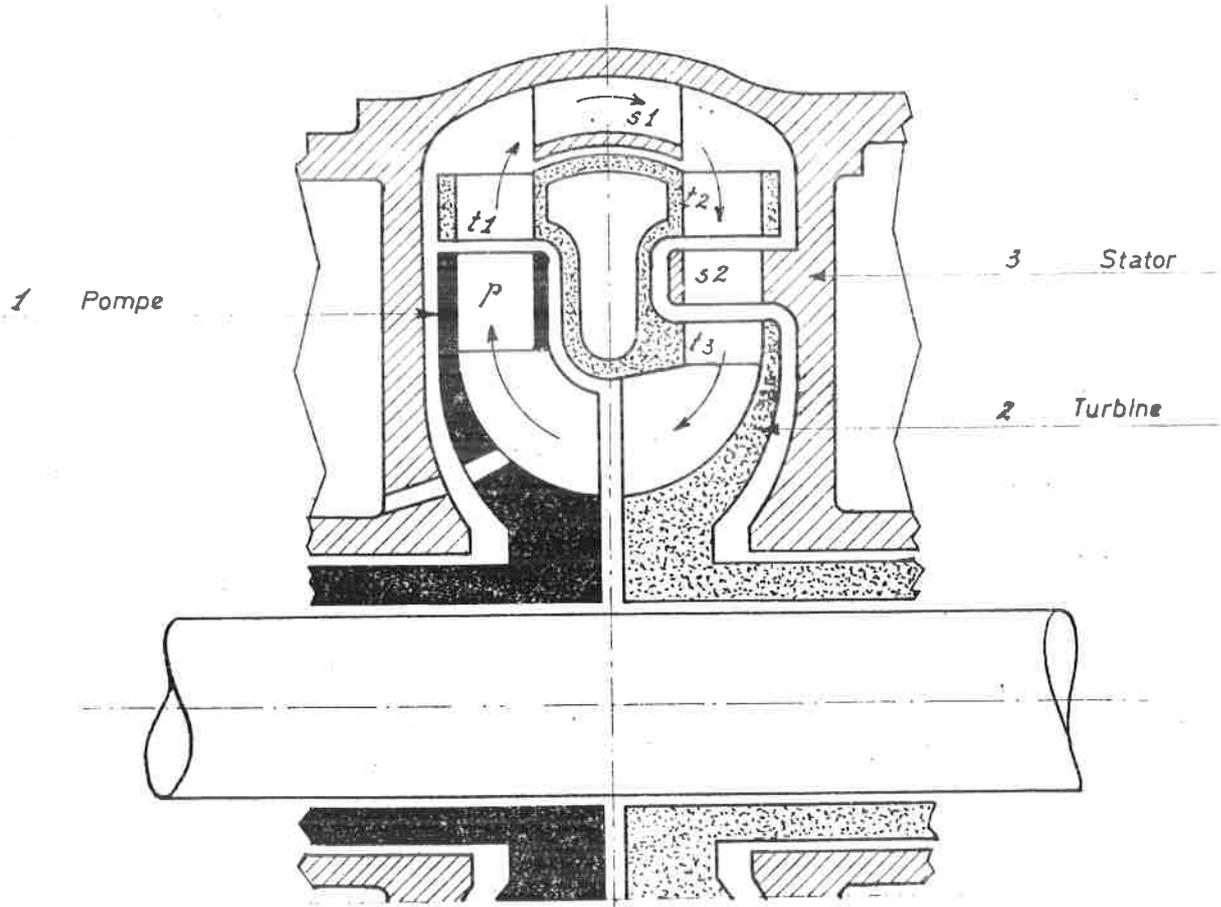
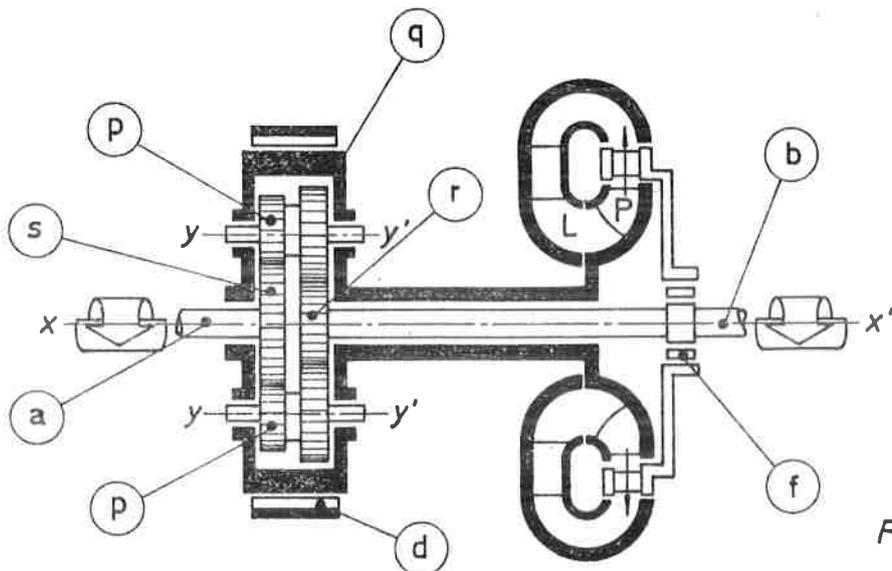
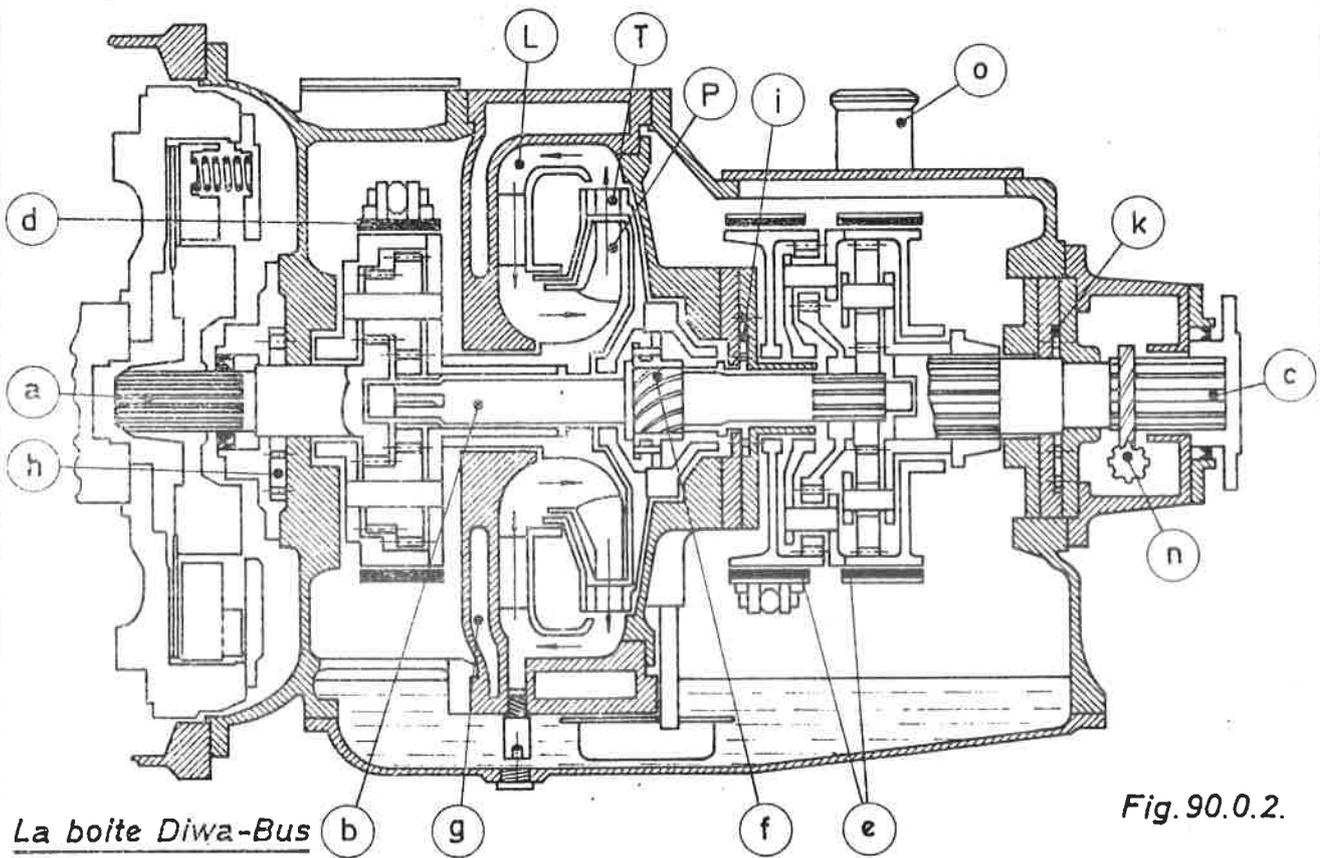
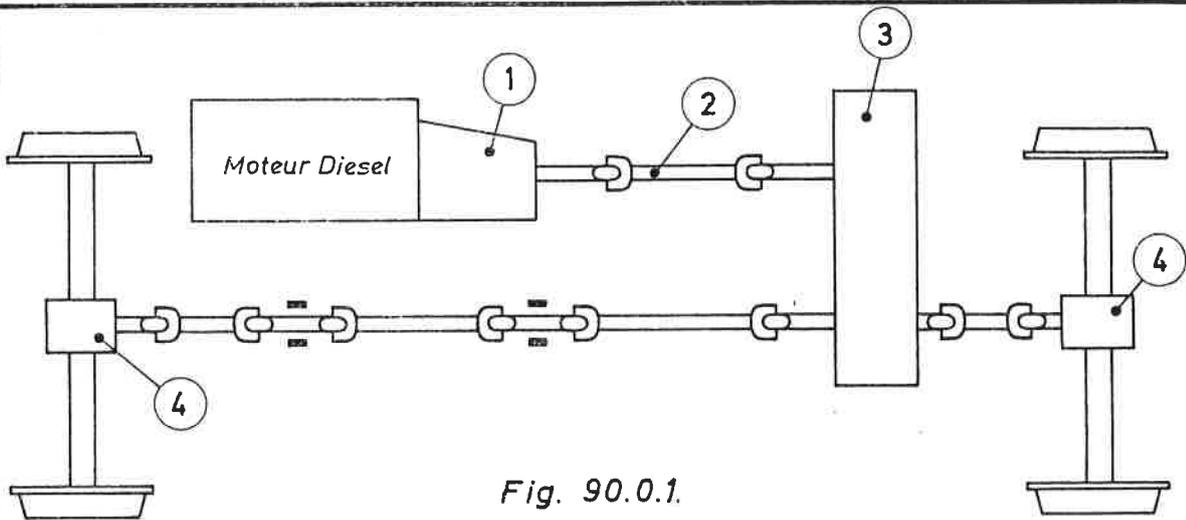


Fig. 89.6.2.



Le circuit hydraulique

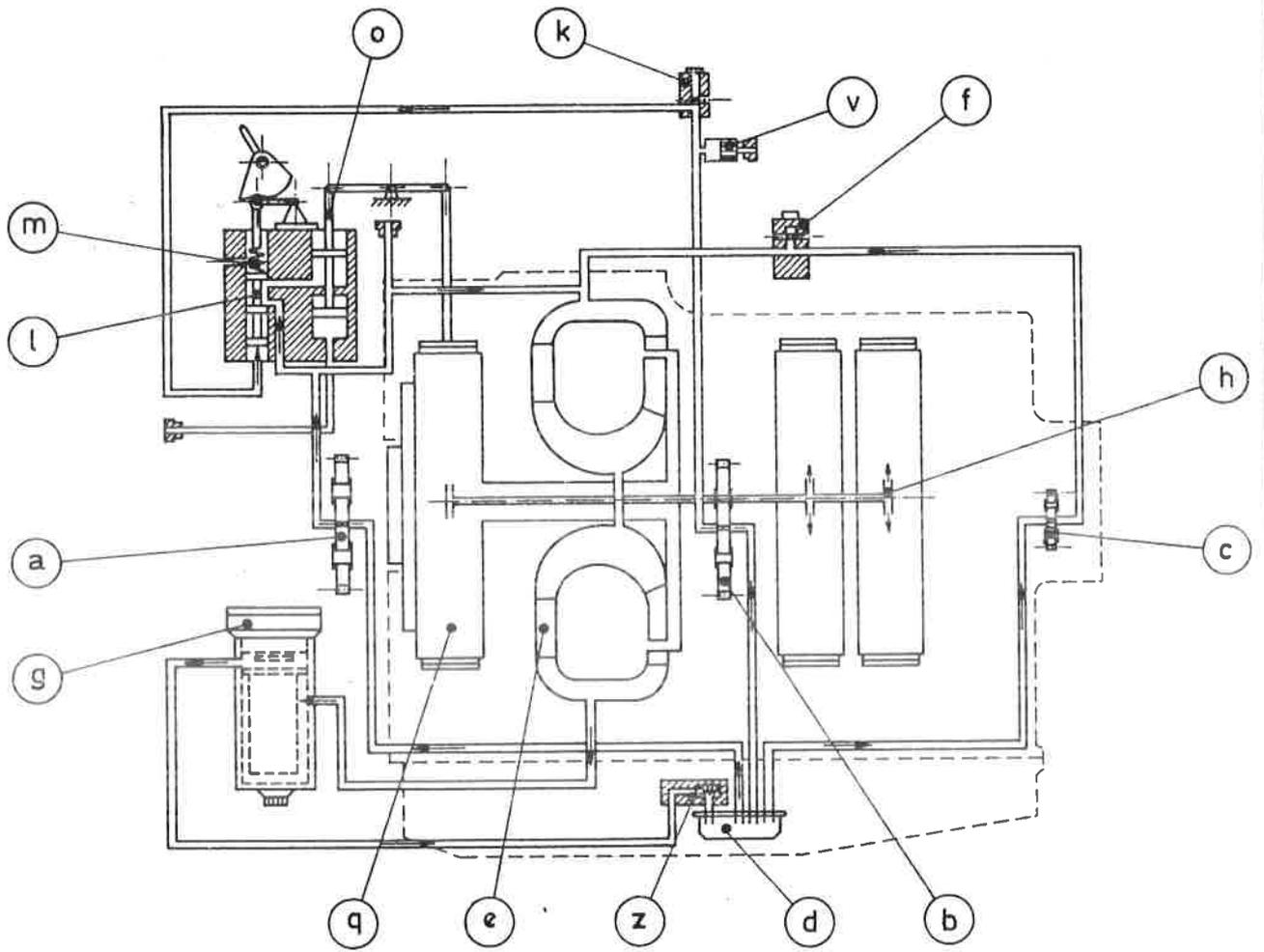


Fig. 90. 2. 1.

Sélection d'une gamme de vitesse

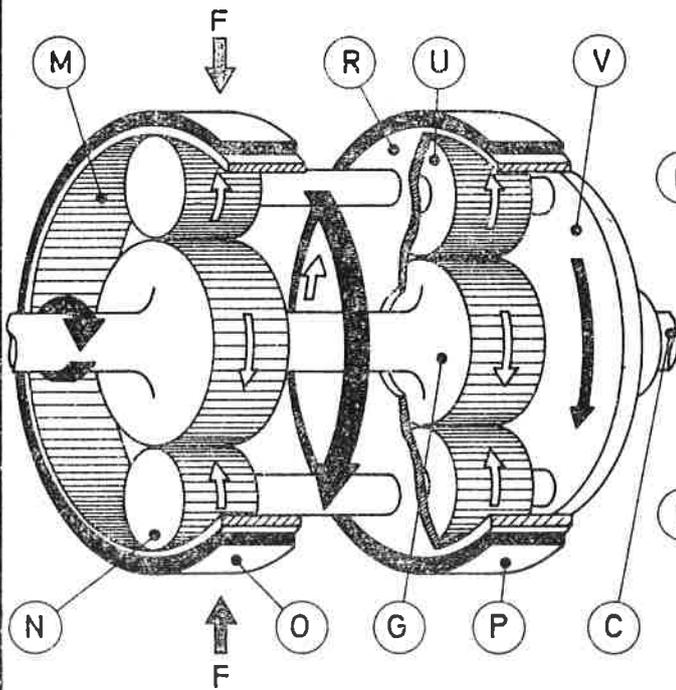


Fig. 90. 4. 1.

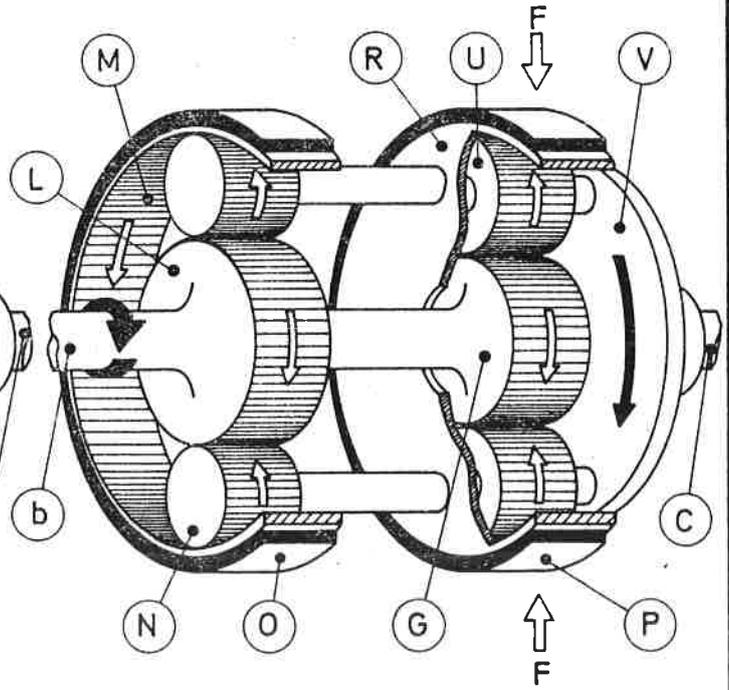


Fig. 90. 4. 2.

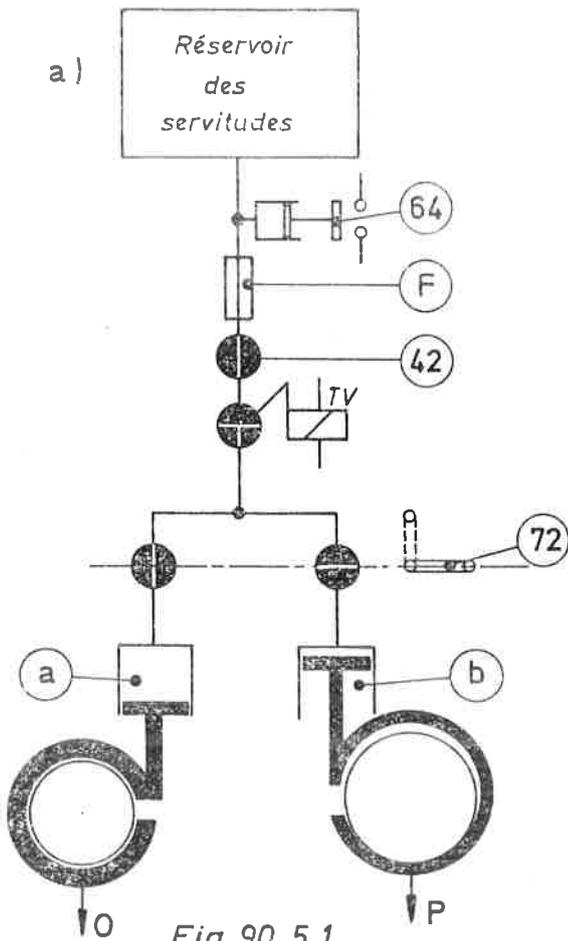


Fig. 90. 5. 1.

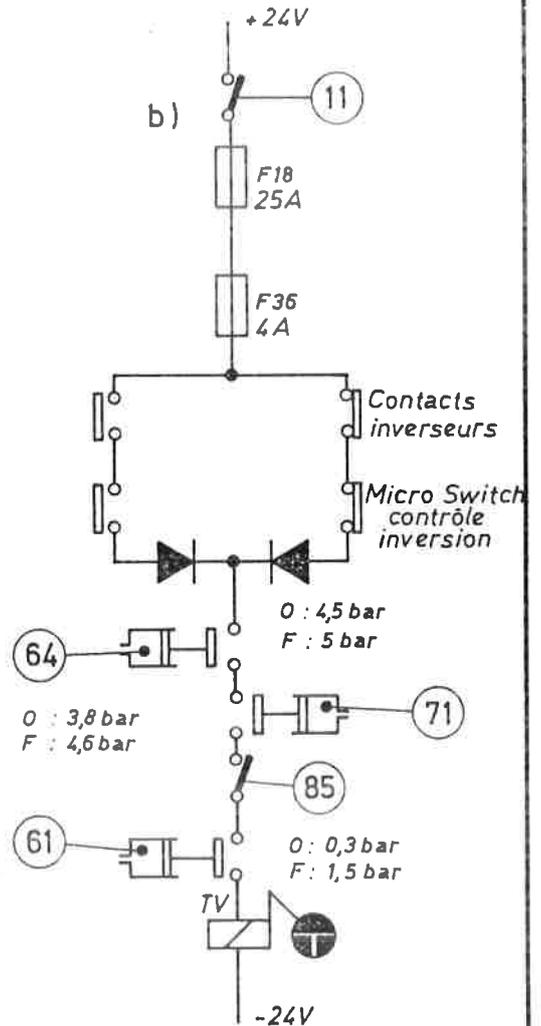


Fig. 90. 5. 2.



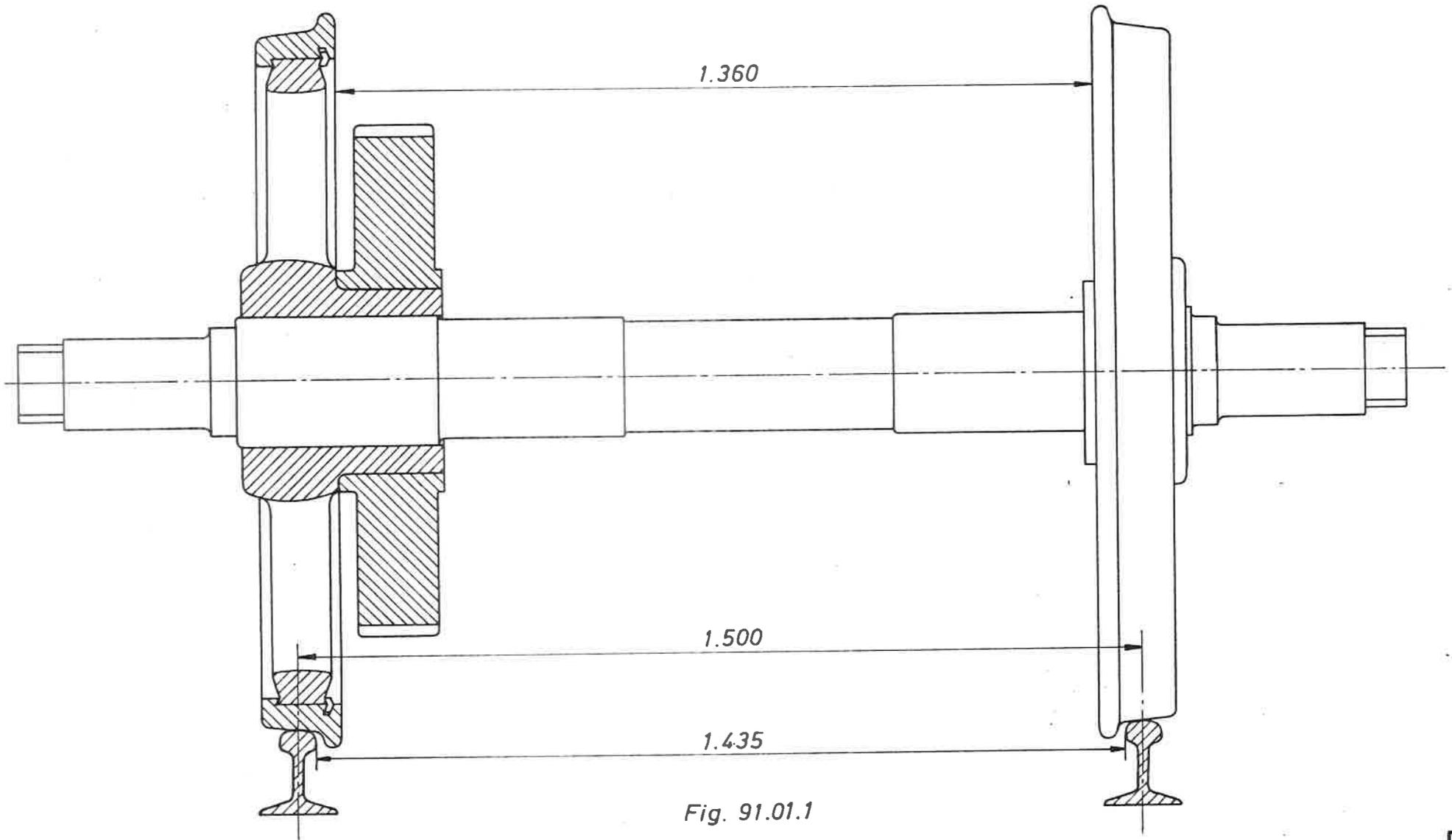


Fig. 91.01.1

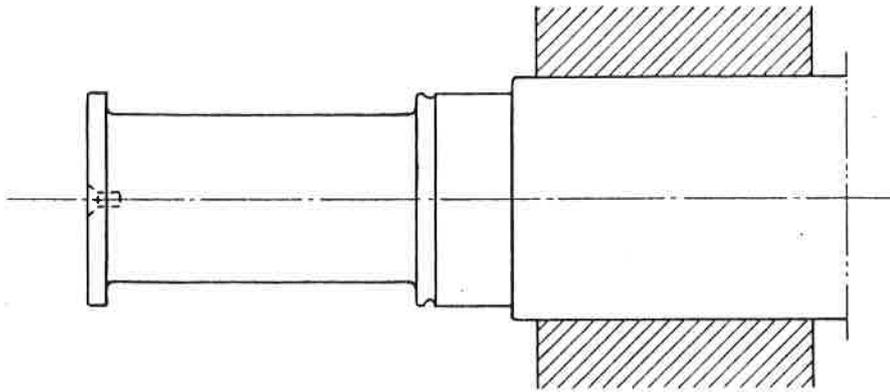


Fig. 91.02.1.

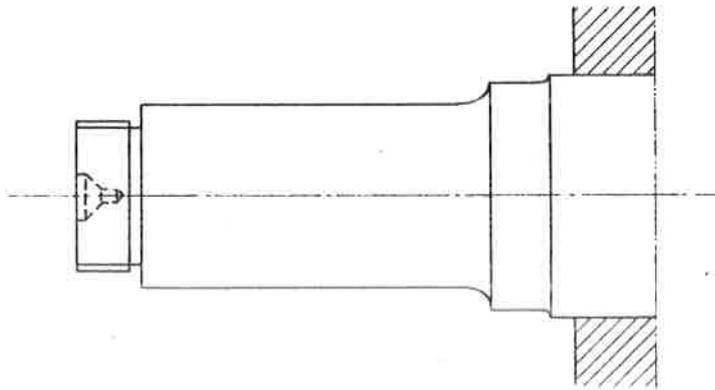


Fig. 91.02.2.

Graisseur à épinglette

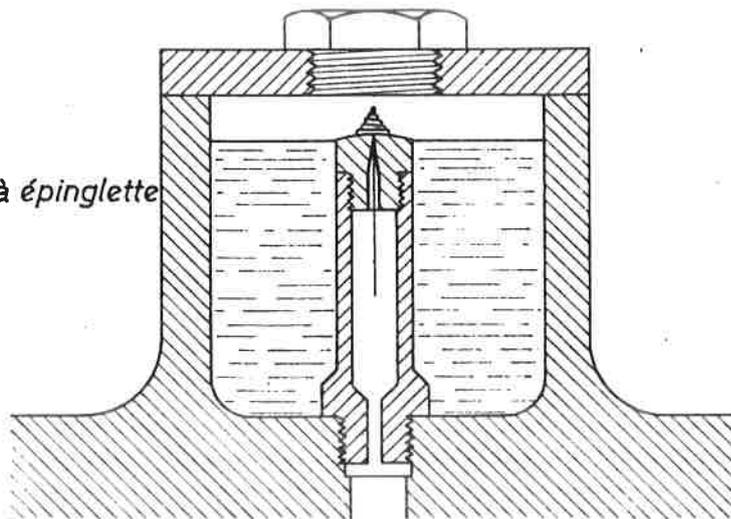


Fig. 91.06.1.

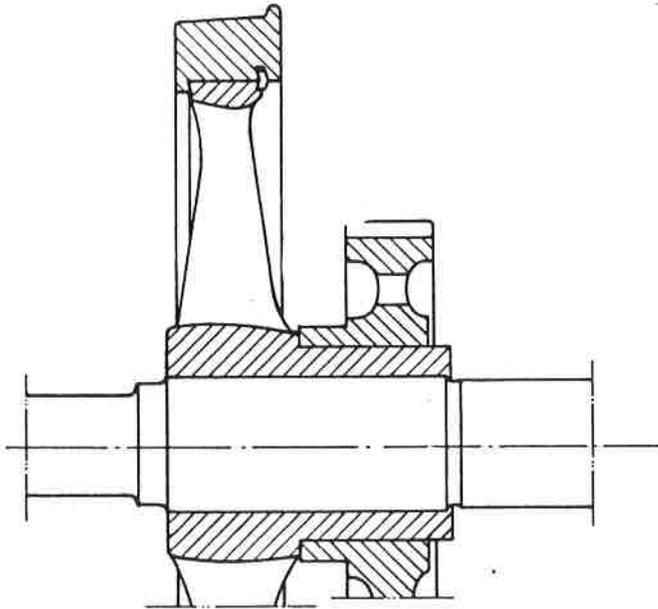


Fig. 91.03.1.

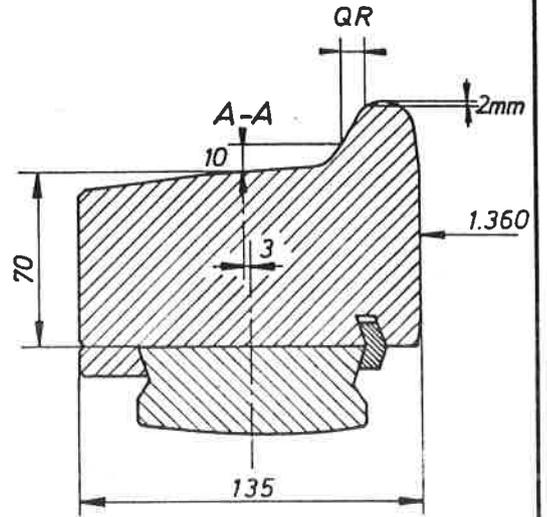


Fig. 91.04.1.

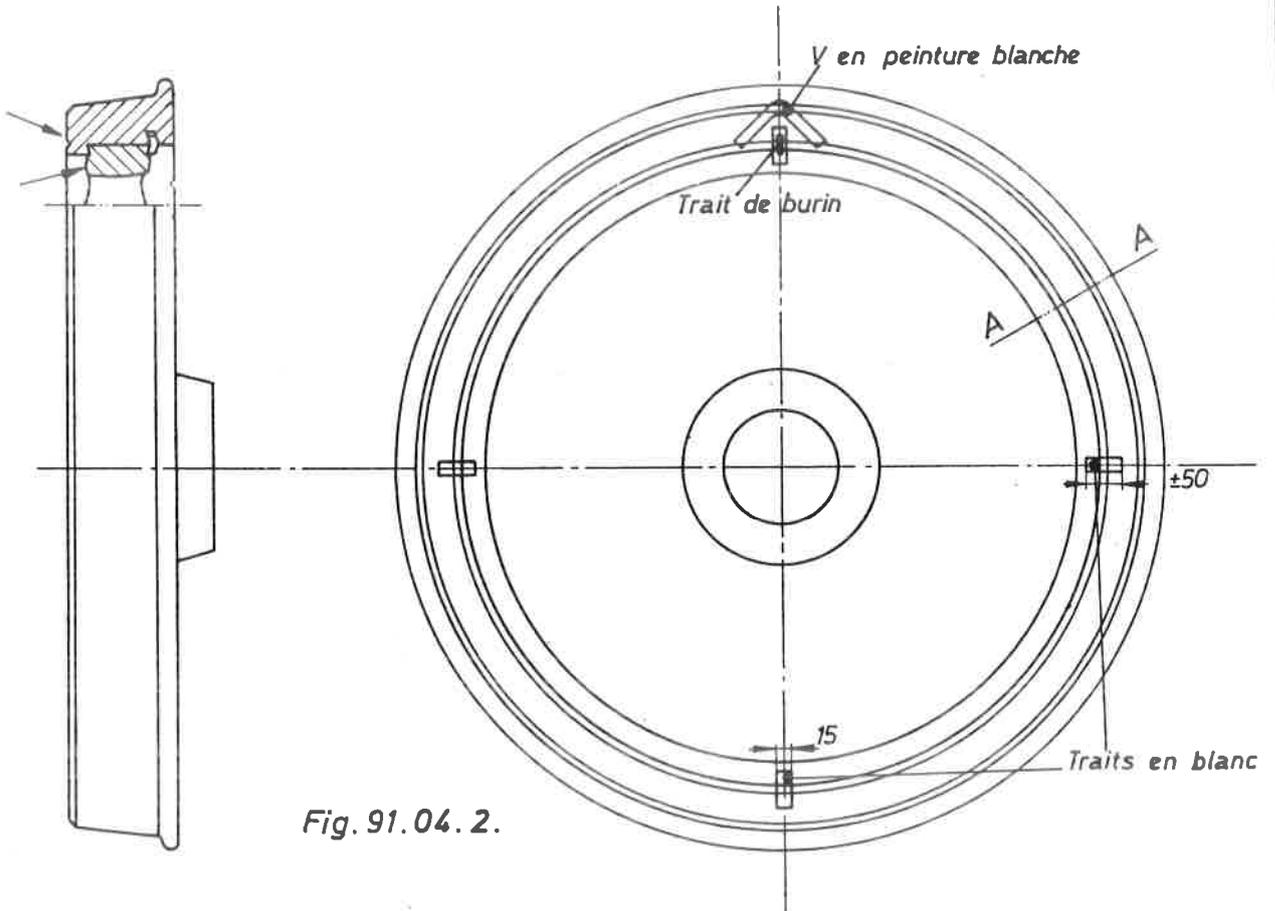


Fig. 91.04. 2.

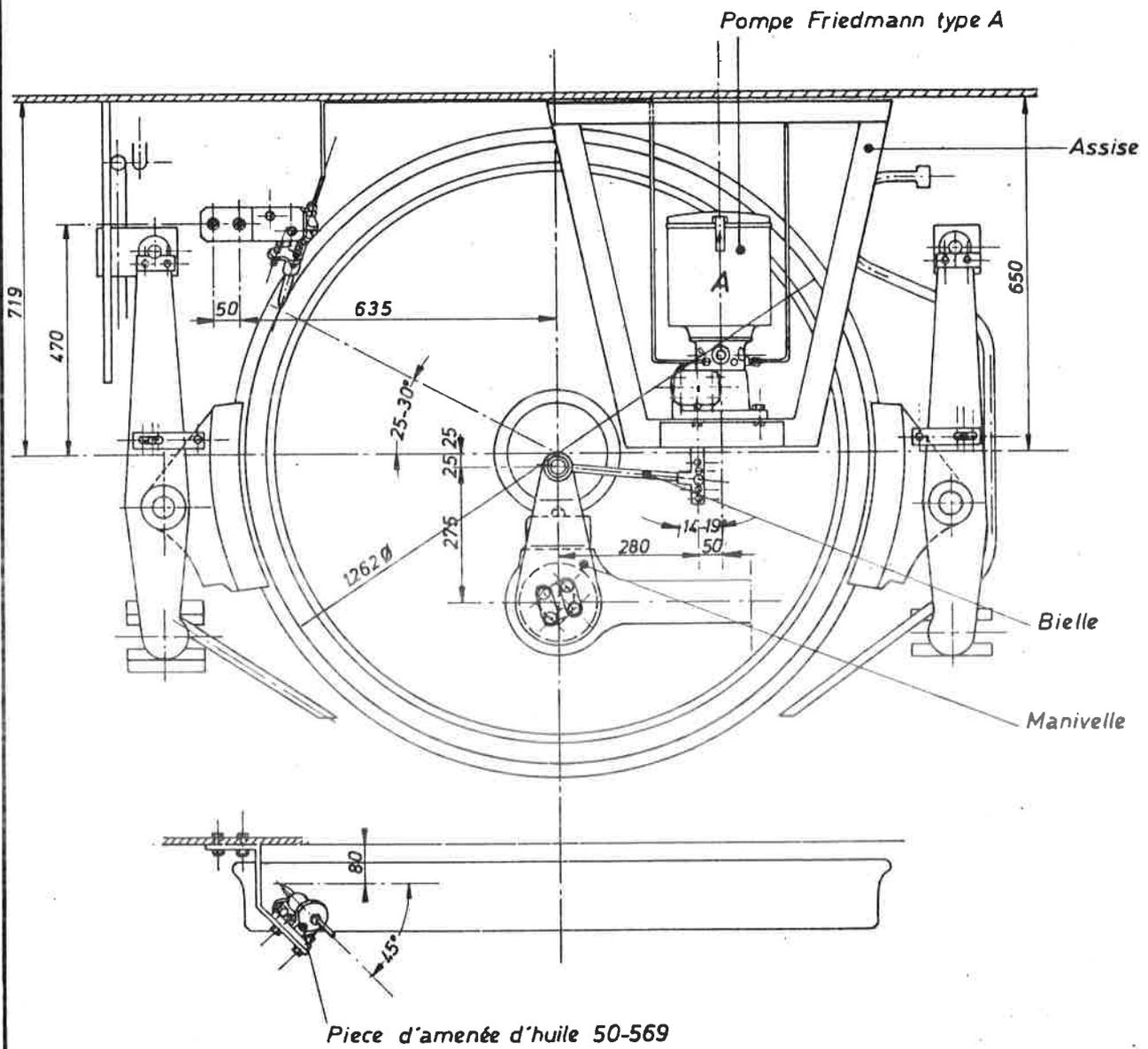


Fig. 91.05.1.

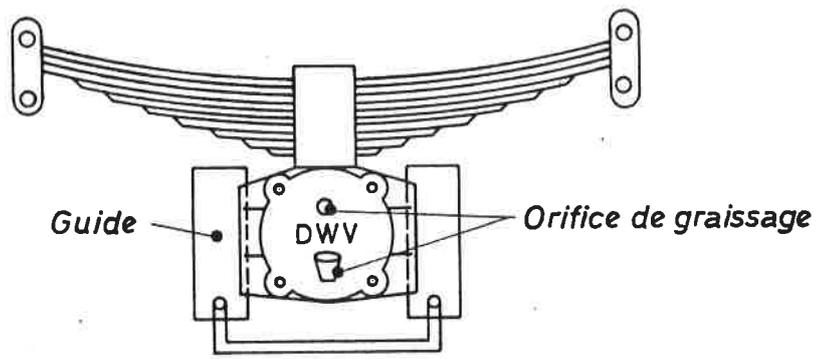


Fig.91.07.1

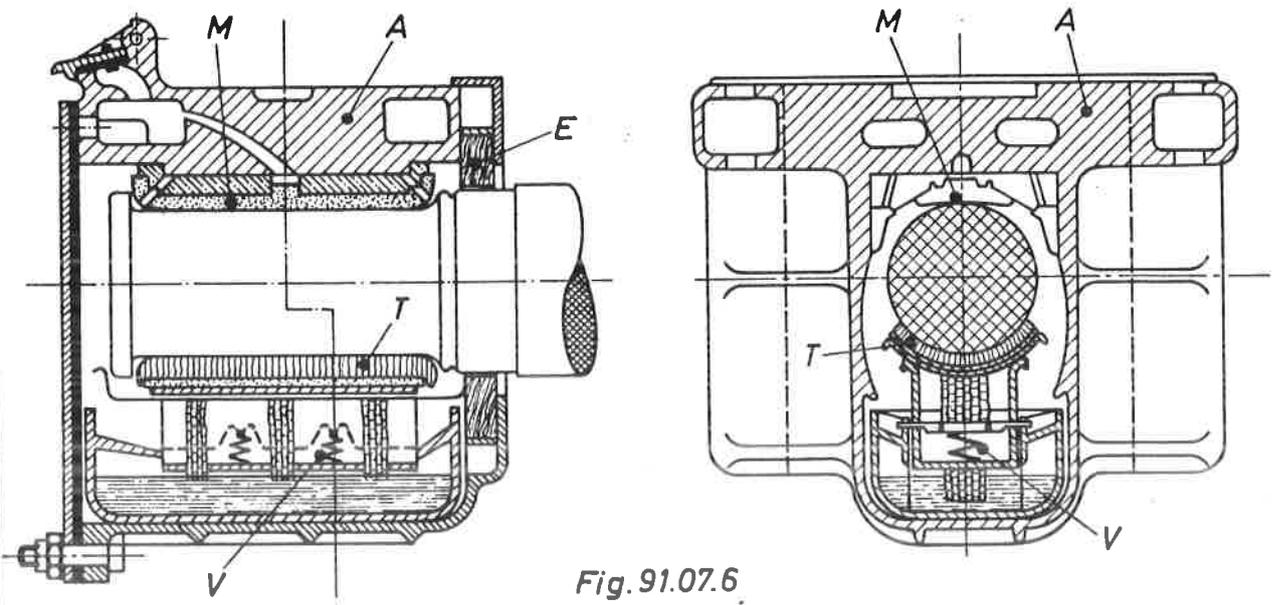


Fig.91.07.6

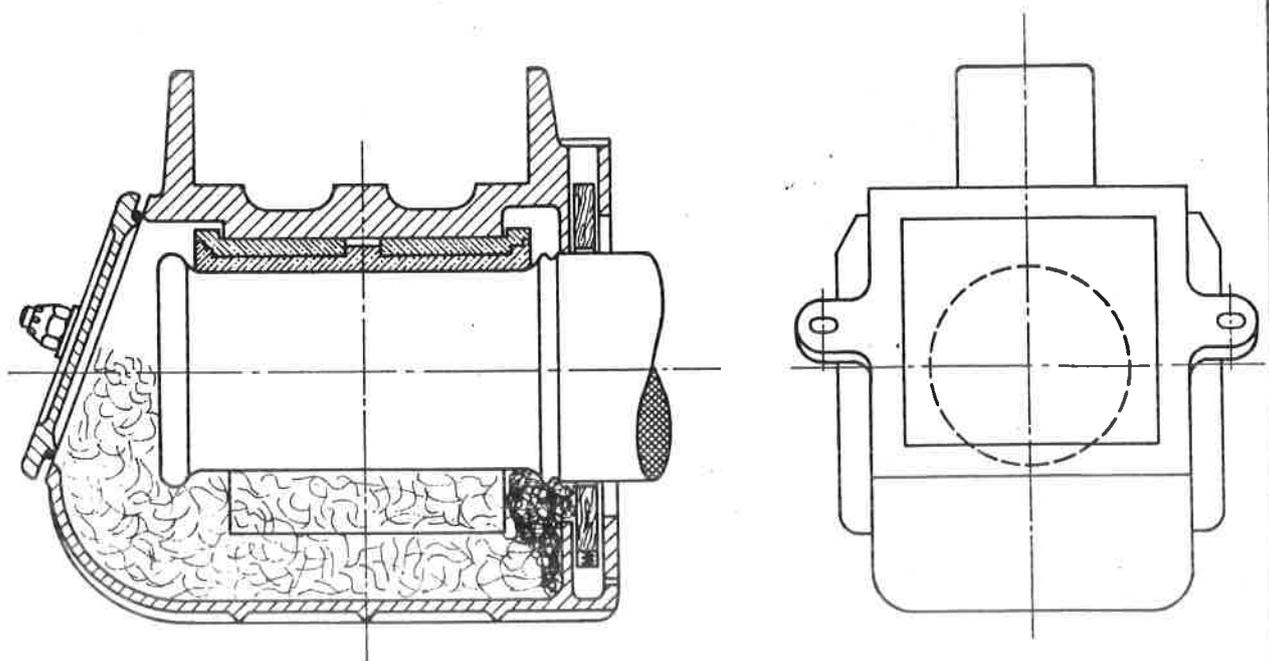


Fig.91.07.7

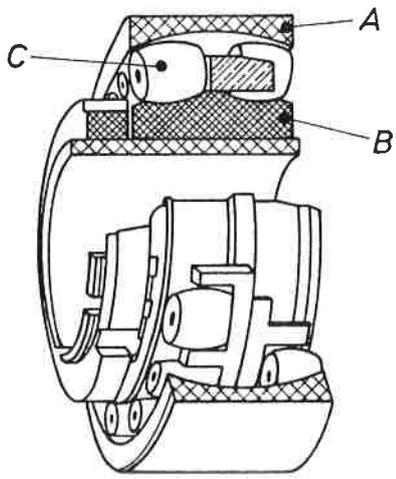


Fig. 91.07.2

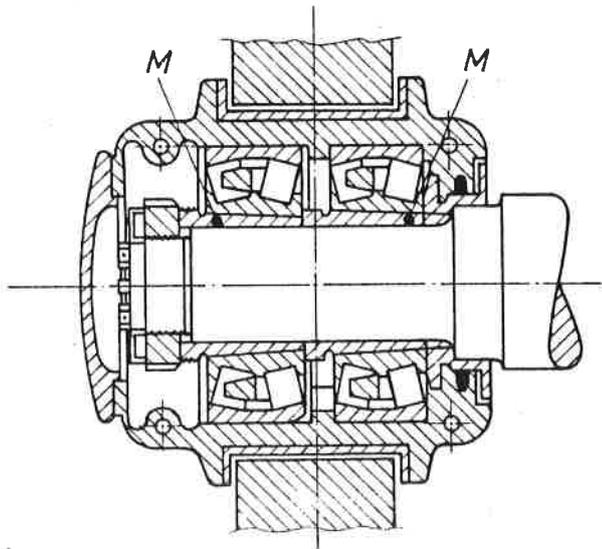


Fig. 91.07.3

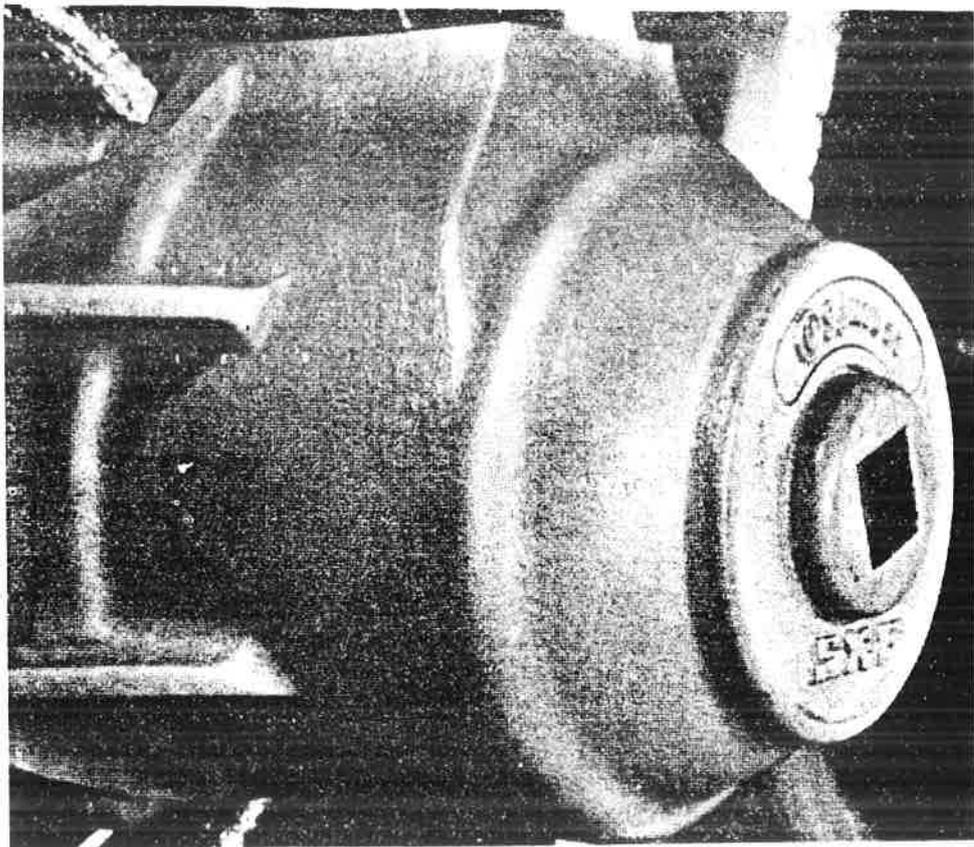


Fig. 91.07.4

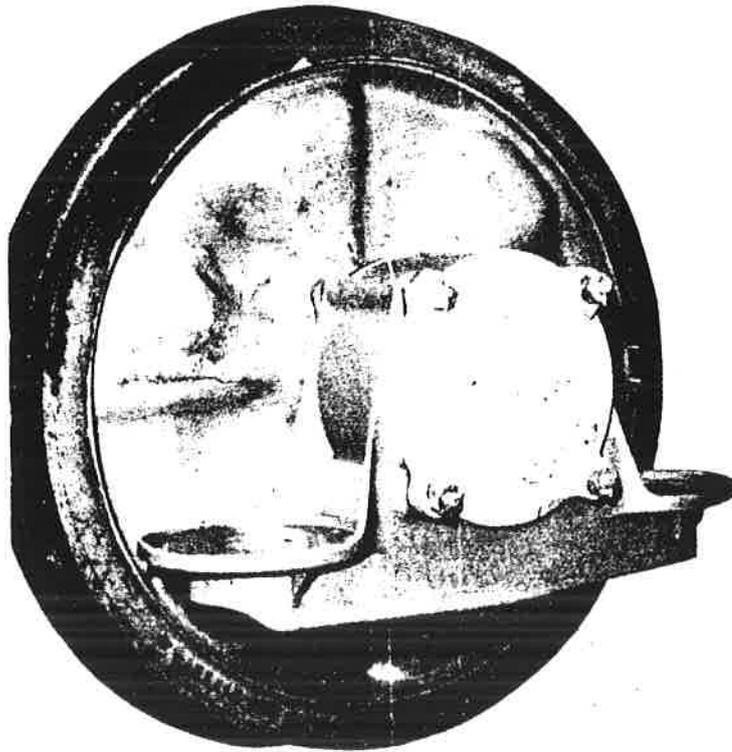
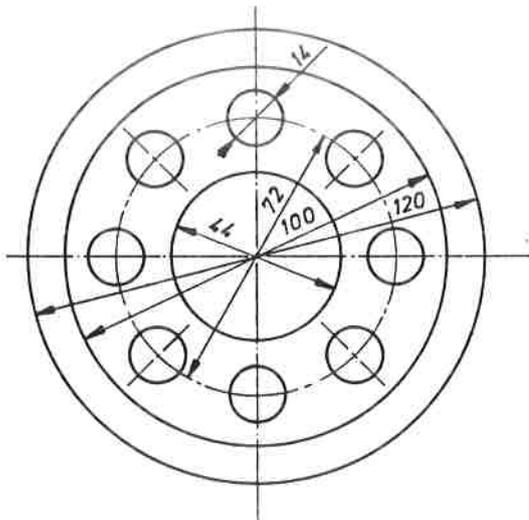
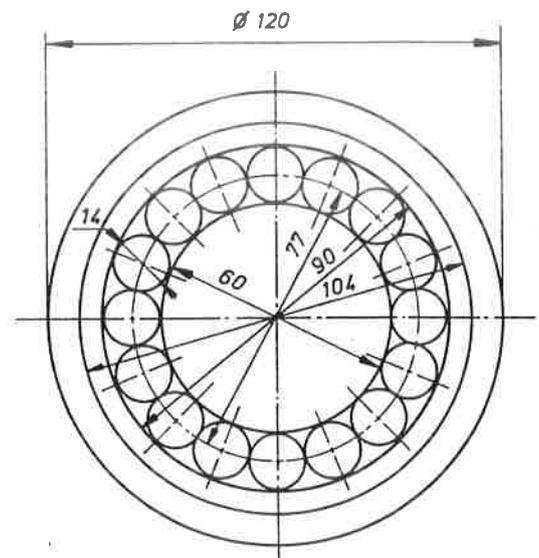


Fig. 91.07.5

F.S./S.N.C.B. - Réseau.



S.N.C.F. Réseau.



Les deux repères sont peints en blanc et le point central est peint complètement en blanc.

Fig. 91.09.1.

ISOTHERMOS

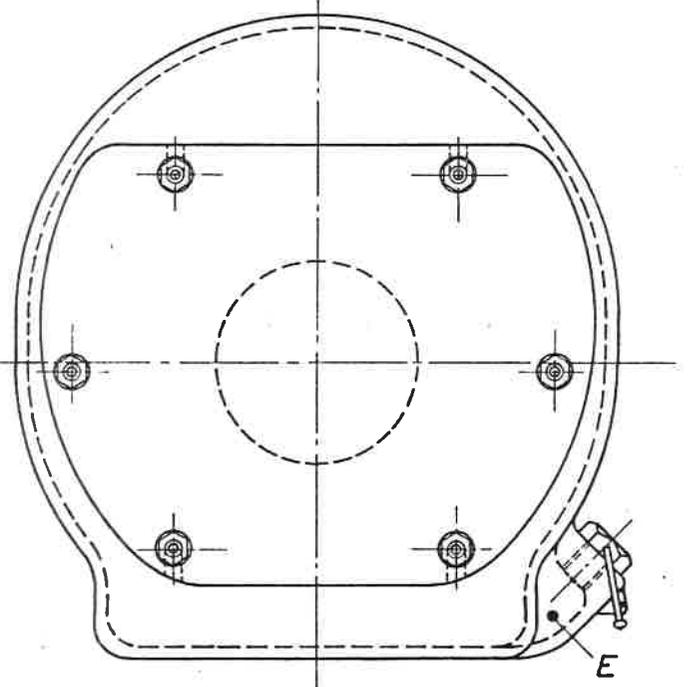
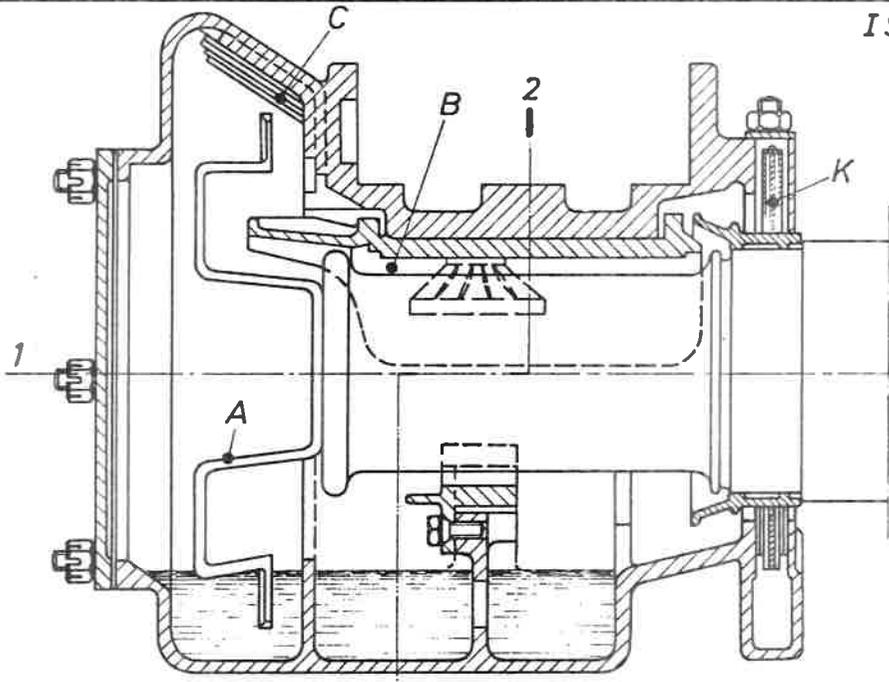
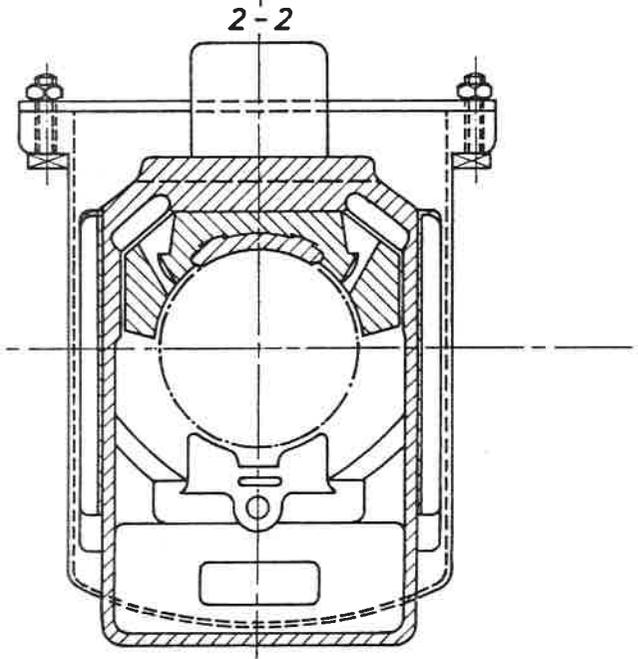
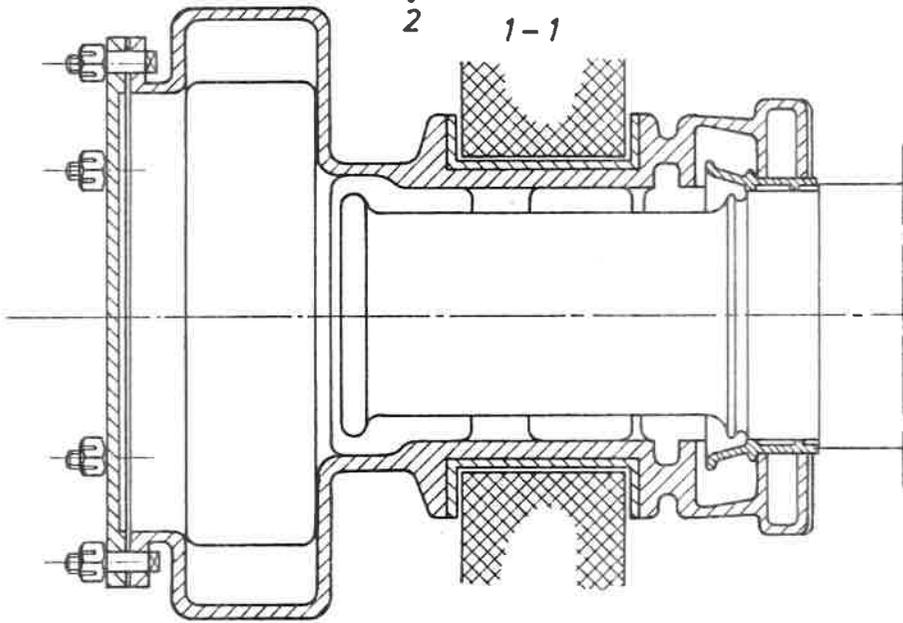


Fig. 91.07.8





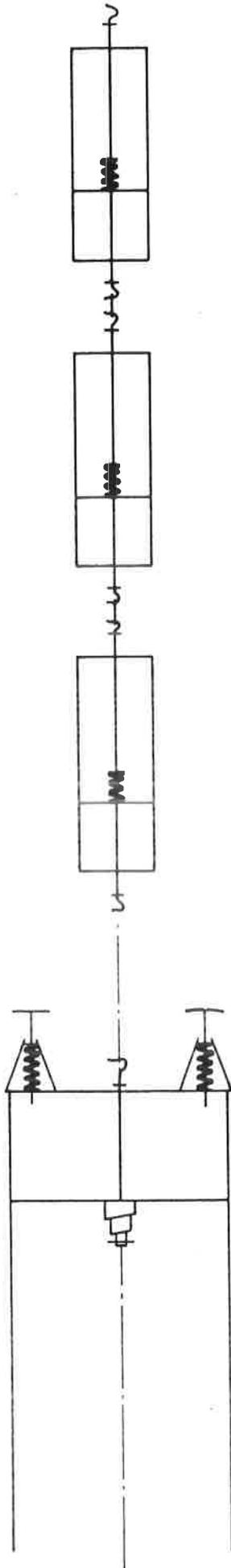


Fig. 91.11.1

Fig. 91.11.3

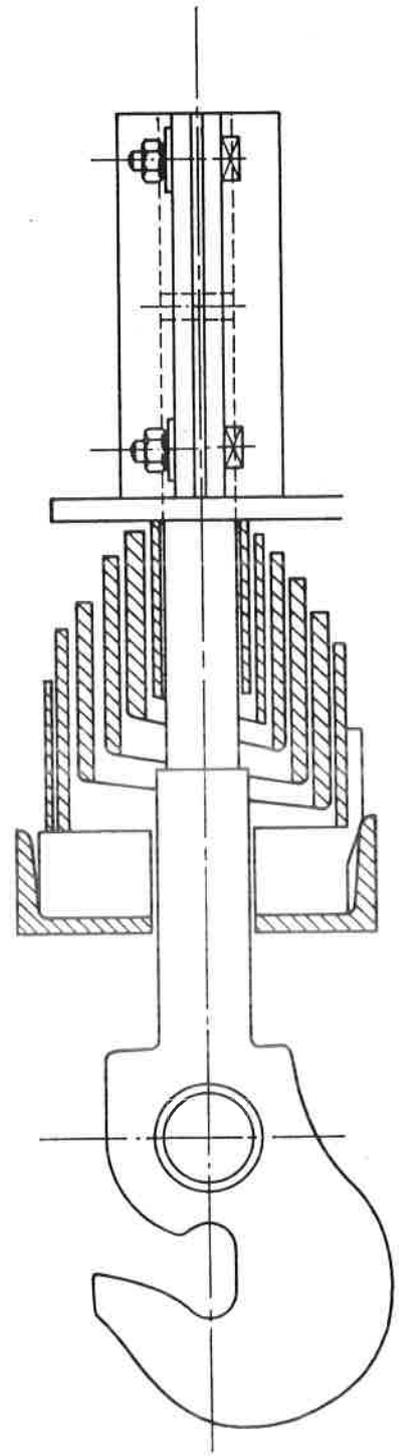


Fig. 91.11.2

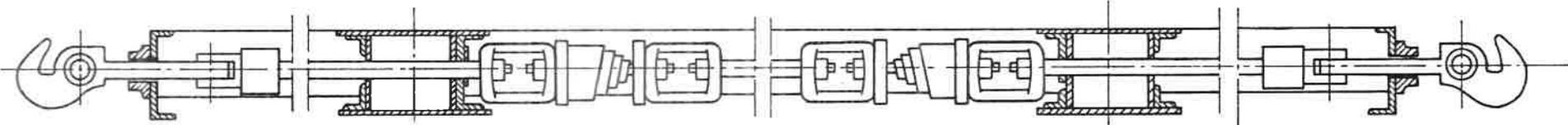


Fig. 91.11.4.

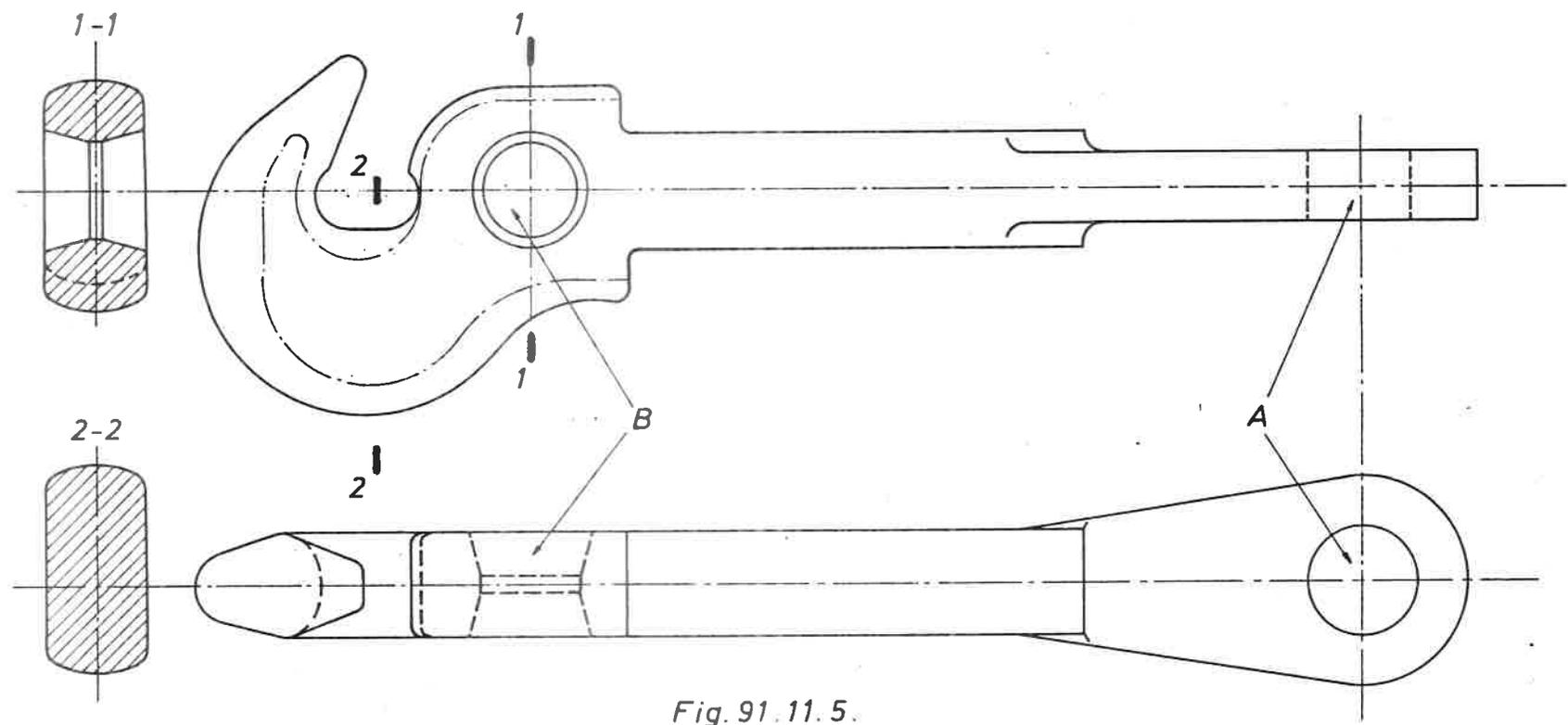


Fig. 91.11.5.

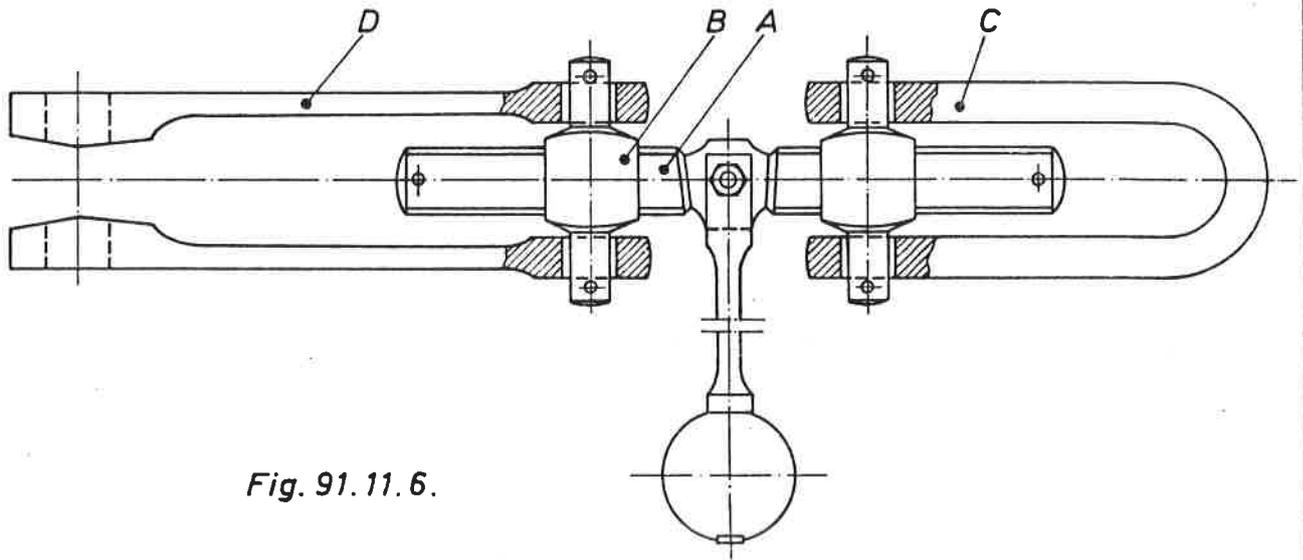


Fig. 91.11.6.

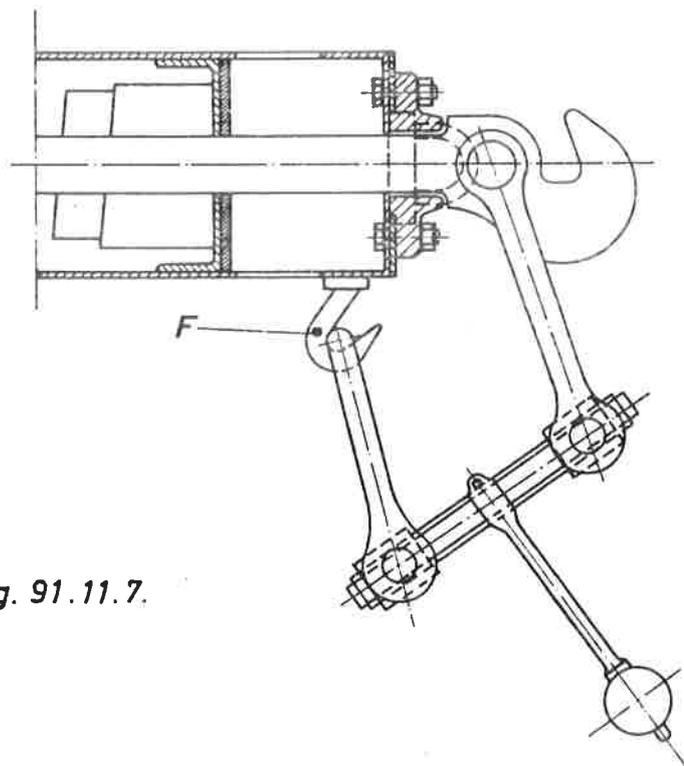


Fig. 91.11.7.

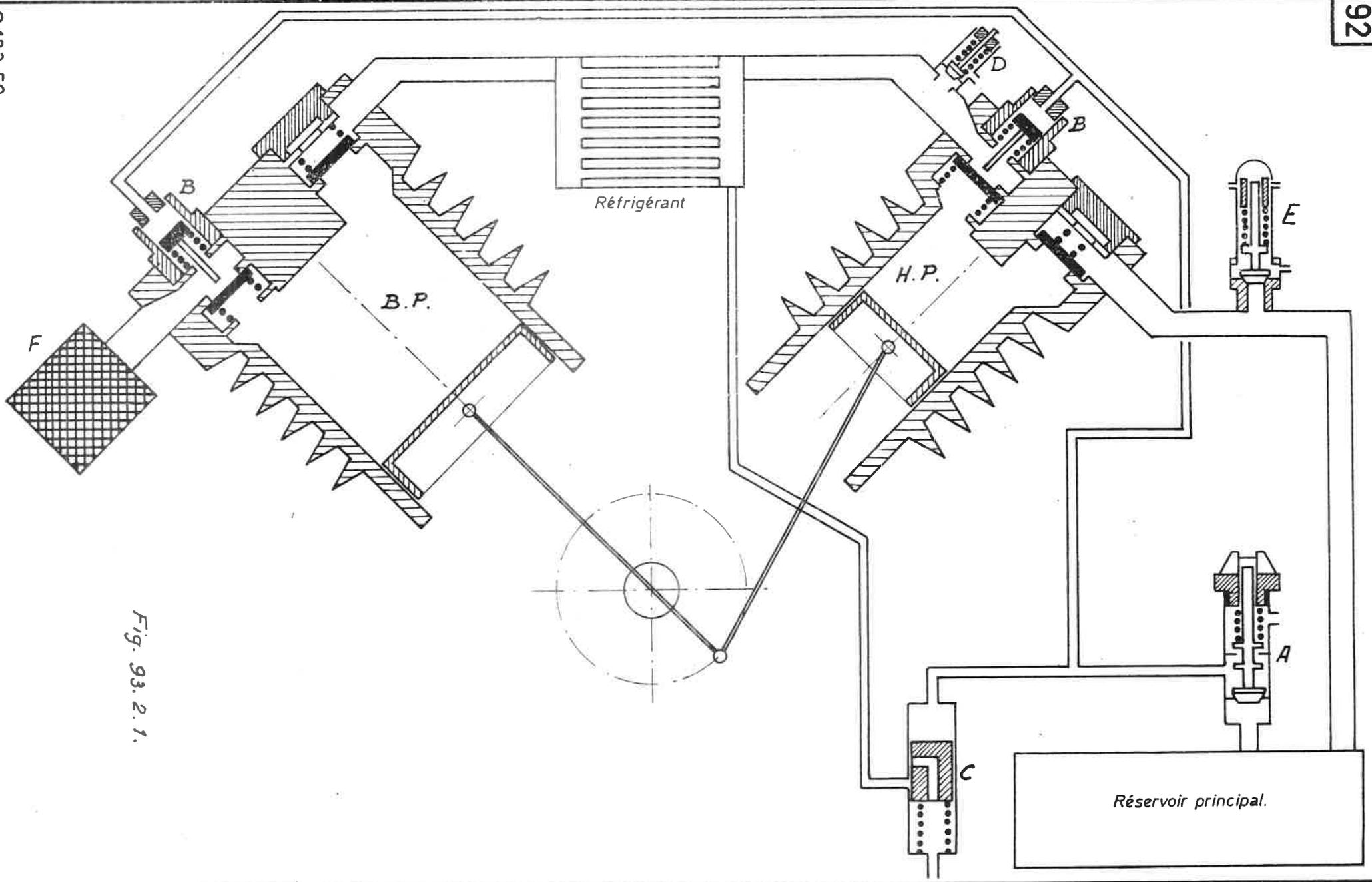


Fig. 93.2.1.

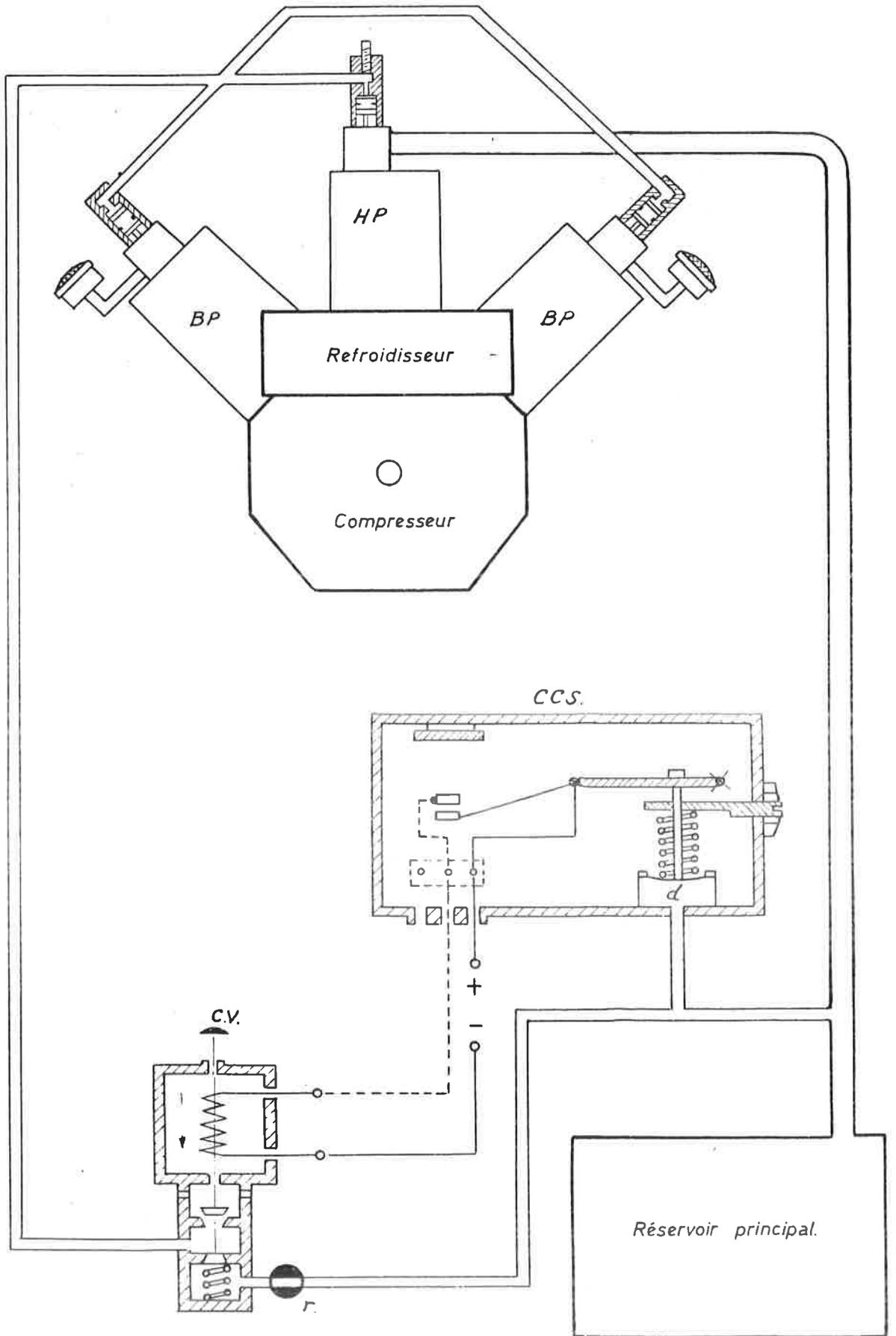


Fig. 93.3.1.

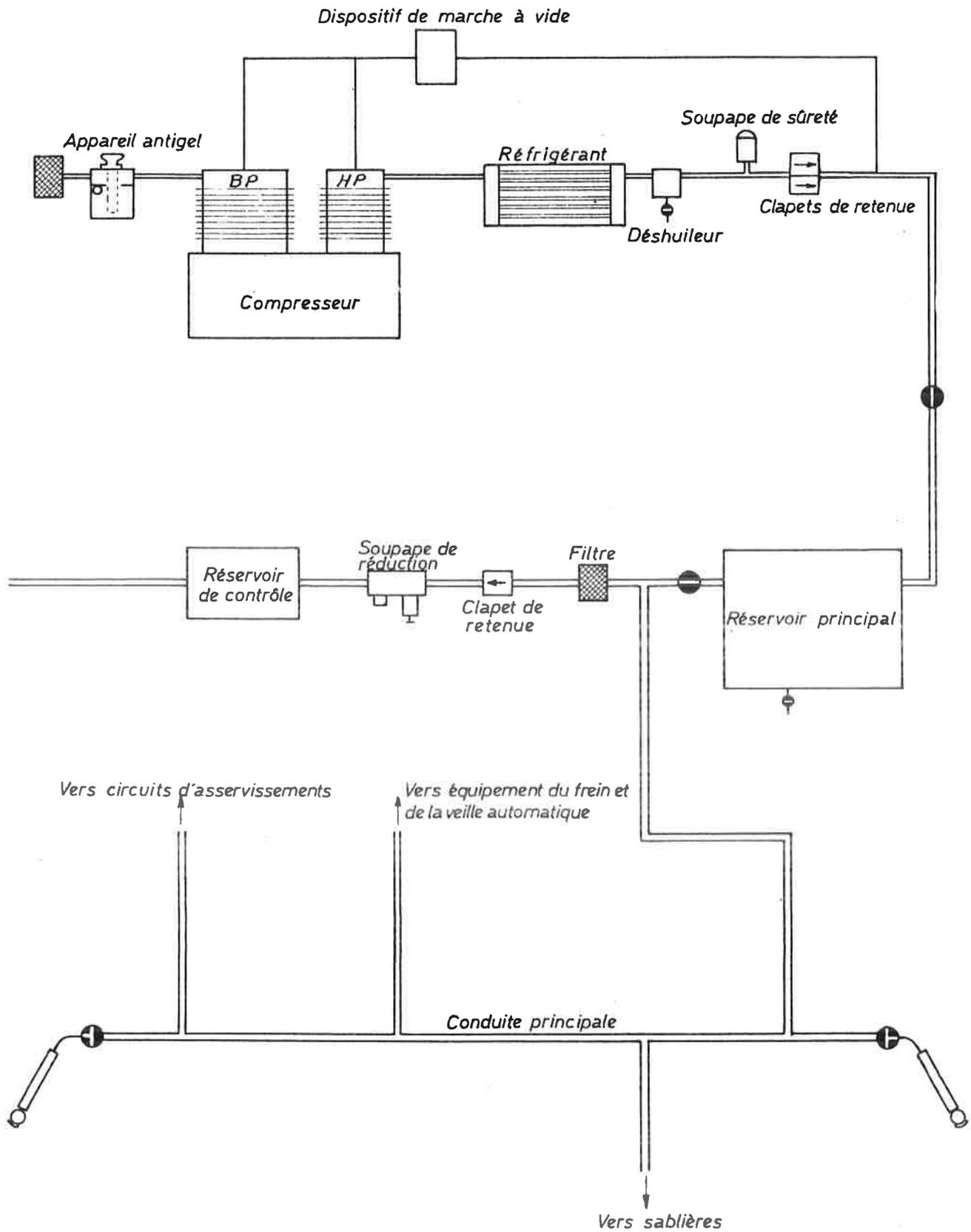


Fig. 94.0.1.

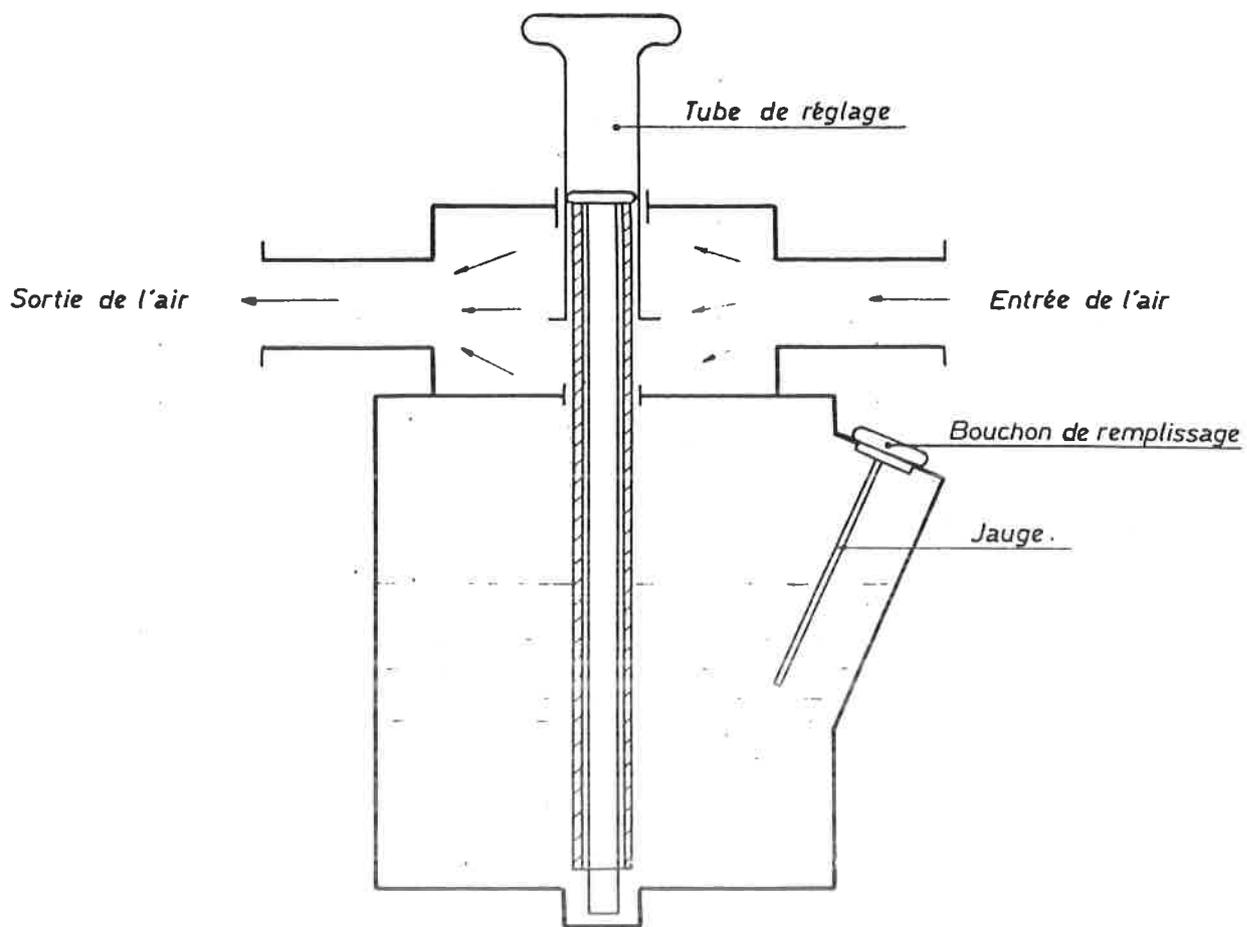


Fig. 94.2.1.





## LEGENDE

1. Palpeur
2. Inverseur de marche
3. Changeur de gammes
5. Verrouillage volant
6. Verrouillage volant
7. Valve d'admission
8. Mano détenteur
10. Relais commande verrouillage
11. Commande influence primaire
12. Robinet d'isolement
13. Soupape de remplissage Voith.
14. Double valve d'arrêt
15. Poussoir déverrouillage
17. Valve relais pneumatique
18. Servo d'accélération MD
20. Robinet d'isolement survitesse Voith.
22. Isolement V.A.
27. Valve d'urgence
33. Verrouillage changeur de gammes
34. Verrouillage inversion
36. Soupape de sécurité remplissage transmission
37. Servo remplissage partiel
38. Changement de gammes
39. Changement de marche
44. Soupape de survitesse Voith.
45. Robinet d'isolement V.A.
50. Robinet d'isolement du reservoir de contrôle
53. Valve d'étranglement
54. Valve d'arrêt

# VEILLE AUTOMATIQUE (TRACTION SIMPLE) S. 82

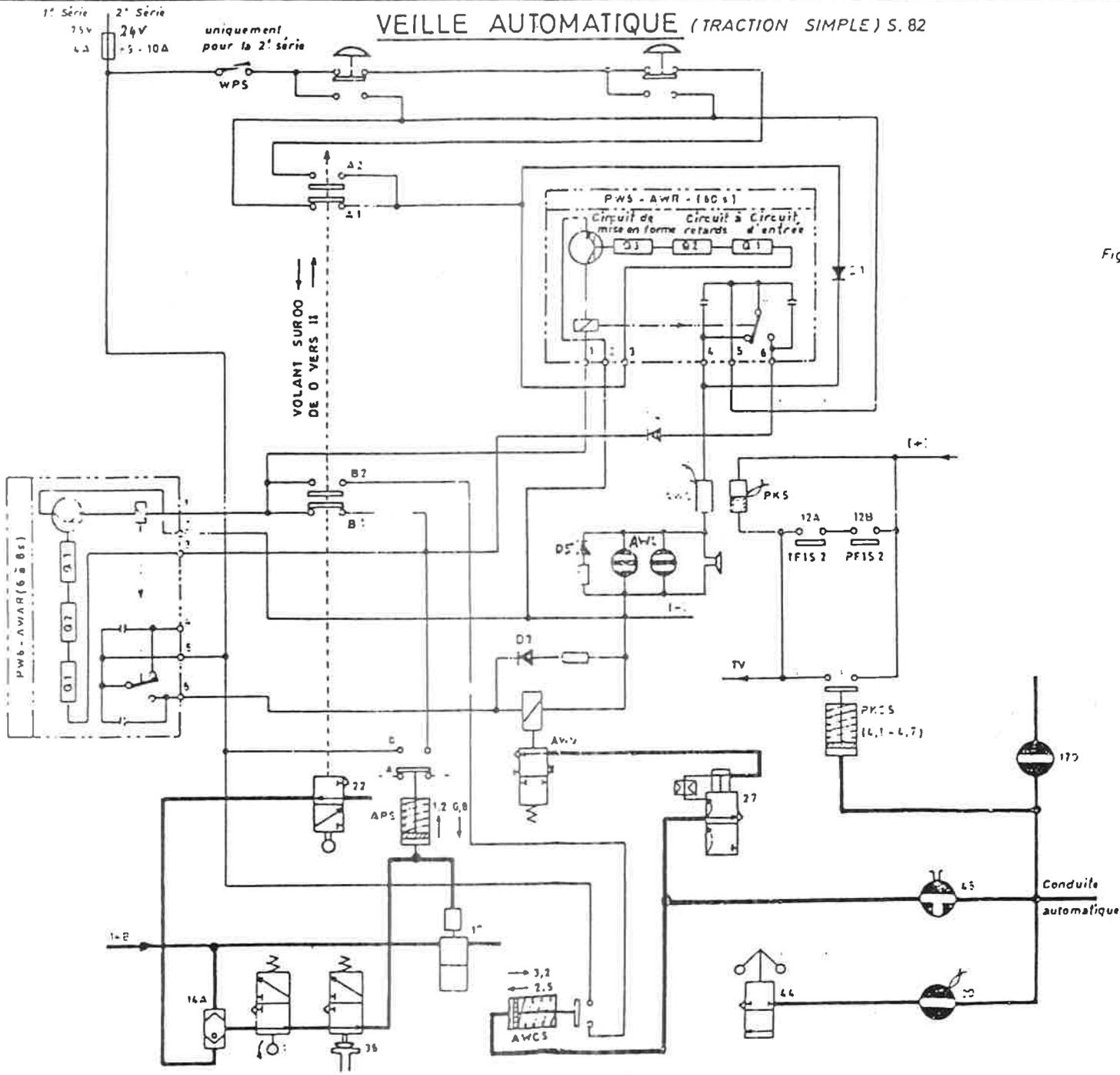


Fig 94 11 1



