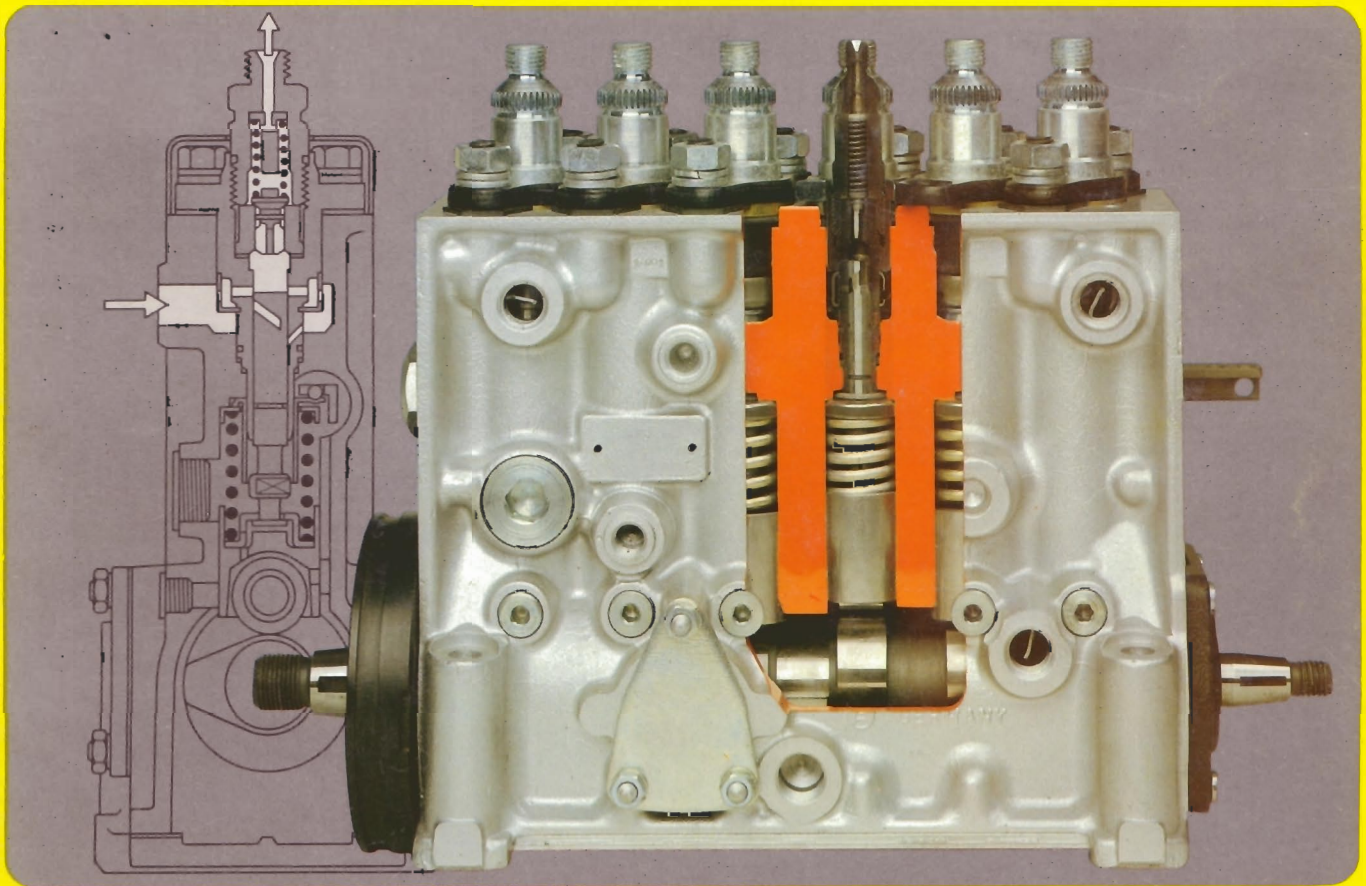


3

BOSCH

Cahier technique



Pompes d'injection Diesel Types PE et PF

Pompes d'injection Diesel

Types PE et PF

4	Le moteur Diesel
4	Principe du moteur Diesel
4	Le moteur Diesel et les gaz d'échappement
5	Equipement d'injection
5	Aperçu
5	Réservoir de carburant
5	Disposition des conduites
6	Pompes d'alimentation
8	Filtre à carburant
8	Pompes d'injection
8	Conduites de refoulement
9	Porte-injecteur
10	Injecteurs
12	Pompes d'injection en ligne
12	Généralités
12	Entraînement de la pompe d'injection
12	Construction
13	Actionnement des éléments de refoulement
14	Elément de refoulement
15	Dosage du carburant
16	Soupape de refoulement
16	Frein de réaspiration
16	Régulation du débit
18	Régulation de la vitesse de rotation
20	Explication de la désignation des pompes
21	Série de construction des pompes
22	Taille de pompe M
22	Taille de pompe A
22	Taille de pompe MW
23	Taille de pompe P
24	Variateur d'avance
26	Pompes d'injection Type PF
26	Pompe PF sans poussoir à galet
26	Pompe PF avec poussoir à galet
28	Pompes pour moteurs à polycarburant
28	Pompe d'alimentation pour moteurs à polycarburant
28	Pompe d'injection pour moteurs à polycarburant
29	Maintenance de la pompe d'injection
29	Réglage de la pompe d'injection
30	Purge de l'équipement d'injection
30	Lubrification
31	Mise à l'arrêt prolongé de la pompe d'injection
32	Annexes
32	Résumé
33	Glossaire
36	La page des tests

En complément:

Régulateurs de vitesse pour pompes d'injection en ligne

Dans ce cahier, sont décrits les régulateurs de vitesse correspondant aux pompes d'injection en ligne Type PE.

Référence: VDT-UBP 210/1

Moteurs Diesel pour les véhicules et pour les applications stationnaires:
De la locomotive jusqu'à la



moissonneuse

On ne peut plus s'imaginer la technique sans les moteurs Diesel. Que ce soit pour les chemins de fer ou pour les véhicules automobiles, pour les chantiers navals, pour les machines agricoles et pour les moteurs stationnaires, ils servent à l'entraînement dans les domaines d'utilisation les plus divers. Partout, les moteurs Diesel fonctionnent d'une manière fiable, économique et ménagent l'environnement. Mais, pour un fonctionnement fiable et économique, la condition préalable est d'avoir à disposition des équipements d'injection qui fonctionnent avec précision. L'équipement d'injection injecte le volume de carburant nécessaire à une certaine puissance du moteur, dans le cylindre du moteur, à un moment bien précis et à la pression requise. Il y a deux types de construction principaux de pompes d'injection: les pompes d'injection types PE et PF avec chaque fois un piston par cylindre de moteur et la pompe d'injection type VE qui a un seul piston pour plusieurs cylindres de moteur.

Ce chapitre technique vous explique comment les équipements d'injection peuvent être combinés avec les pompes d'injection types PE et PF et comment ils fonctionnent.

Le moteur Diesel

Principe du moteur Diesel

Pendant la course d'admission, le moteur Diesel n'aspire que de l'air. Pendant la course de compression, l'air s'échauffe. Le gazole injecté s'enflamme au contact de l'air surchauffé.

Les moteurs Diesel du type de construction actuel sont en majeure partie des moteurs fonctionnant d'après le cycle à quatre temps (admission, compression, explosion, échappement). Les moteurs Diesel à deux temps ne sont employés que rarement. Les caractéristiques du moteur Diesel sont les suivantes:

- De l'air est aspiré.
- Cet air est très fortement comprimé. Taux de compression: 1 à 20 environ.
- Au cours de la compression l'air est ainsi porté à une température très élevée de l'ordre de 500 à 750°C environ.
- Du carburant est injecté dans l'air comprimé.
- Le carburant s'enflamme au contact de l'air surchauffé.

Dans les moteurs Diesel, on s'efforce, dès le début de l'inflammation, d'obtenir une combustion à pression uniforme; autrement dit: la quantité de carburant injecté doit être répartie au cours de la durée d'injection de telle manière que la pression de combustion reste le plus possible uniforme (pratiquement, on ne peut obtenir cela que sur les gros moteurs). Par conséquent, par degré de rotation de vilebrequin, on ne doit injecter que la quantité de carburant qui peut être brûlée pendant ce laps de temps sans que la pression de combustion augmente exagérément.

Le moteur Diesel et les gaz d'échappement

Dans les moteurs à combustion interne, des gaz d'échappement nocifs sont produits par la combustion incomplète. Par rapport au moteur à essence, le moteur Diesel se distingue par des gaz d'échappement contenant moins de matières nocives.

La composition du mélange ne peut plus comme autrefois être choisie uniquement en fonction d'une conduite agréable et d'une faible consommation, mais, à cause des prescriptions de plus en plus sévères, la composition du mélange doit permettre une diminution des substances nocives dans les gaz d'échappement. On donne aujourd'hui la priorité à la réduction des émissions toxiques, surtout aux Etats-Unis.

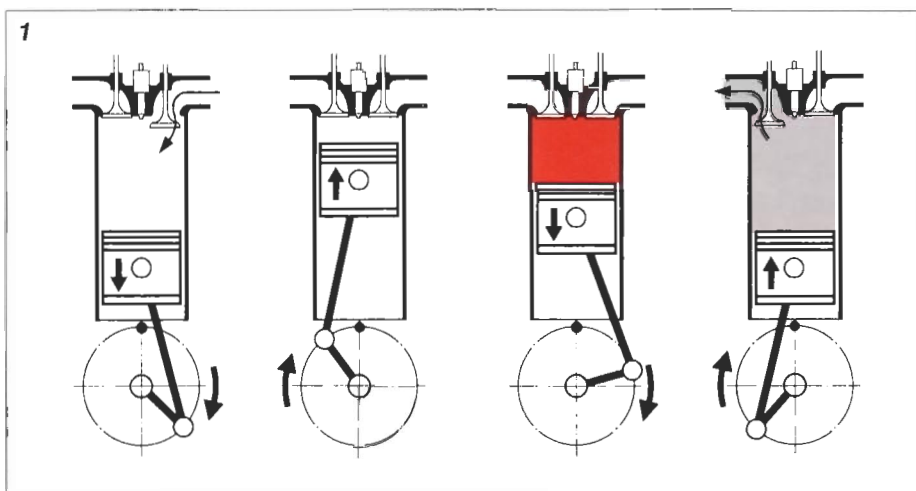


Figure 1 Moteur Diesel à cycle à quatre temps.

1er temps: admission, 2e temps: compression, 3e temps: explosion (temps moteur), 4e temps: échappement

Les moteurs à combustion interne actuels, les moteurs à essence comme les moteurs Diesel, fonctionnent en brûlant des carburants à base d'huiles minérales qui, au point de vue chimique, sont des hydrocarbures. La combustion complète des hydrocarbures dégage du dioxyde de carbone et de l'eau. Toutefois, la combustion n'est pas complète. Les charges différentes appliquées au moteur, les vitesses de rotation différentes, le mauvais mélange de l'air et du carburant, les températures insuffisantes dans la chambre de combustion causent des réactions partielles ou parasites qui engendrent des gaz d'échappement toxiques. Les composants toxiques des gaz d'échappement sont:

- le monoxyde de carbone CO issu d'un manque local d'oxygène,
- les hydrocarbures imbrûlés ou partiellement brûlés,
- les oxydes d'azote NO_x provenant de la réaction de l'oxygène avec l'azote de l'air
- le carbone ou l'émission de fumées noires
- les aldéhydes, c'est-à-dire: des liaisons d'hydrocarbures à fortes odeurs.

On n'a pas de problèmes avec le dégagement d'oxyde de carbone étant donné que la combustion dans les moteurs Diesel peut se produire avec un surplus élevé d'air et d'oxygène. Par contre, la formation d'hydrocarbures partiellement brûlés, causée par des conditions de service à basses charges ou par un fonctionnement à froid, constitue un problème pour les moteurs Diesel. Les oxydes d'azote sont engendrés localement par de très hautes températures qui se produisent brièvement à cause des pointes de pression au cours de la combustion; donc, dans la plupart des cas, ce phénomène apparaît aux vitesses de rotation et aux charges élevées.

Le dégagement des fumées noires, désigné communément: fumée Diesel, est la conséquence d'un manque d'oxygène se produisant localement au cours de la combustion; il provoque la fission du carbone pur qui forme la fumée noire, un nuage de fines particules.

Le taux de pollution des gaz d'échappement est fixé et contrôlé par les organismes des divers états. Pour le moment, les Etats-Unis et le Japon ont la réglementation la plus sévère en matière de gaz d'échappement. Jusqu'à maintenant, le moteur Diesel est à même de respecter les valeurs limites imposées sans qu'il soit nécessaire de prendre des mesures supplémentaires. Un recul supplémentaire des valeurs limites obligerait les constructeurs de moteurs Diesel à procéder aussi à des modifications, par exemple:

- dans la construction du moteur
- dans la formation du mélange
- dans la préparation du mélange
- par un recyclage des gaz d'échappement.

Equipement d'injection

Aperçu

Les composants suivants font partie du réseau basse pression de l'équipement d'injection: le réservoir de carburant, la pompe d'alimentation, le filtre à carburant, la galerie d'alimentation de la pompe d'injection, la soupape de décharge et les conduites de carburant correspondantes.

La pompe d'alimentation accolée à la pompe d'injection aspire le carburant du réservoir et le refoule dans la galerie d'alimentation de la pompe d'injection. Dans le circuit d'alimentation en carburant, il y a des filtres qui protègent la pompe d'injection, fabriquée avec une grande précision, contre les saletés se trouvant dans le carburant.

La pression de carburant nécessaire à l'injection est engendrée du côté haute pression de la pompe d'injection. A cet effet, le carburant est refoulé vers l'injecteur en passant par la soupape de refoulement, la conduite de refoulement et le porte-injecteur. Sous l'effet de la pression de carburant, l'aiguille de l'injecteur se soulève de son siège et le gazole parvient dans la chambre de combustion du moteur d'une manière finement répartie.

Un dispositif de variation de l'avance influence le débit de refoulement en fonction de la vitesse de rotation et de la charge. Le variateur d'avance est intégré à la pompe d'injection et, dans la plupart des cas, le régulateur est accolé à la pompe d'injection.

Réservoir de carburant

Suivant la grosseur du véhicule ou de la place à disposition pour le réservoir de carburant sur le véhicule, les réservoirs sont de taille et d'exécution différentes.

Les réservoirs de carburant se distinguent principalement par leur forme et par leur capacité. Normalement, le réservoir de carburant est fabriqué en tôle d'acier. Intérieurement, il est verni pour le protéger contre la corrosion. Il a deux raccords reliés à la pompe d'injection: un pour l'alimentation de la pompe et l'autre pour le retour au réservoir; il y a en plus un raccord pour faire le plein, une vis de vidange et un dispositif de dégazage.

Disposition des conduites

Pour le fonctionnement de la pompe d'injection il est nécessaire que le carburant parvienne continuellement à la pompe d'injection sous pression et sans bulles d'air. Cette alimentation en carburant est assurée par les dispositions suivantes des conduites:

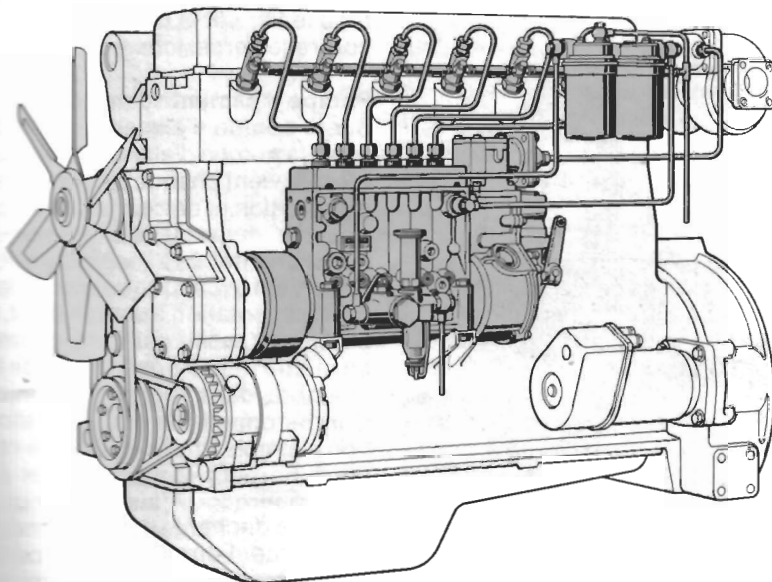
- réservoir en charge
- pompe d'alimentation pour aspirer le combustible

Réservoir en charge (par gravité)

Le réservoir en charge est utilisé principalement sur les tracteurs et pour les moteurs Diesel de petite cylindrée. Sur ce genre d'installation, le carburant parvient par gravité au filtre et à la pompe d'injection. Si la différence de niveau est très faible entre le réservoir et le filtre à carburant ou la pompe d'injection, il est avantageux d'utiliser des

conduites ayant des sections plus grosses. Ainsi, dans ce cas, on est assuré d'avoir une alimentation en carburant suffisante de la pompe d'injection. Il est recommandé de monter un robinet d'arrêt entre le réservoir et le filtre à carburant. En cas de réparation ou de travaux d'entretien, on peut ainsi interrompre l'alimentation en carburant; il n'est plus alors nécessaire de vider le réservoir de carburant.

2



3

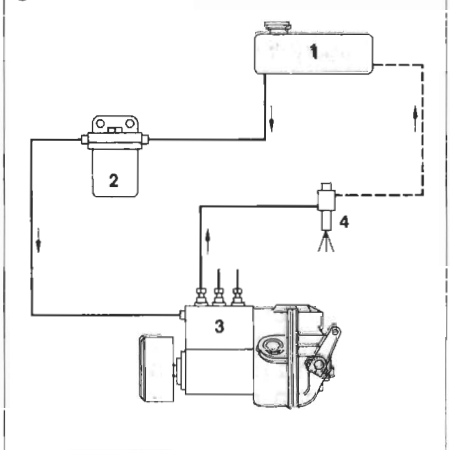


Figure 2 Moteur Diesel et équipement d'injection.

Figure 3 Installation d'injection à réservoir en charge.

1 réservoir de carburant, 2 filtre à carburant, 3 pompe d'injection, 4 injecteur, — sous pression, --- sans pression.

Équipement d'injection avec pompe de préalimentation

Sur les véhicules à grande différence de niveau et (ou) à distance élevée entre le réservoir de carburant et la pompe d'injection, une pompe de préalimentation a été incorporée. Normalement, elle est bridée sur la pompe d'injection. Suivant les conditions d'utilisation et les caractéristiques du moteur, il est nécessaire d'avoir des dispositions différentes des conduites. Les figures 4 et 5 représentent deux possibilités différentes de disposition des conduites.

Si le filtre à carburant se trouve à proximité immédiate du moteur, cela risque de provoquer la formation de bulles de gaz à l'intérieur du système de conduites. Pour l'éviter, la galerie d'alimentation de la pompe d'injection doit être balayée par le carburant. Le montage d'une soupape de décharge dans la galerie d'alimentation de la pompe d'injection (figure 4) évite la formation de bulles. Le surplus de carburant peut retourner au réservoir par la soupape de décharge et par la conduite de retour au réservoir. Si dans le compartiment moteur on a une température ambiante élevée, il est alors possible de prévoir une disposition des conduites suivant la figure 5. Dans ce cas, un étrangleur de décharge est monté sur le filtre à carburant. Au cours du fonctionnement, une partie du carburant retourne au réservoir en passant par cet étrangleur et entraîne les bulles de gaz et de vapeur qui se sont dégagées. Les bulles de gaz qui se forment dans la galerie d'alimentation de la pompe d'injection sont entraînées au réservoir par l'intermédiaire de la conduite de retour par le surplus de carburant sortant de la soupape de décharge. La pompe d'injection est refroidie par le balayage continu de la galerie d'alimentation et on évite ainsi la formation de bulles de gaz.

Pompes d'alimentation

La pompe d'alimentation aspire le carburant du réservoir et elle le refoule sous pression dans la galerie d'alimentation de la pompe d'injection à travers le filtre à carburant.

Pour les moteurs Diesel de véhicules, équipés de pompes d'injection en ligne, le carburant doit être conduit sous pression (pression relative environ 1 bar) à la galerie d'alimentation de la pompe d'injection sinon le remplissage du cylindre de la pompe ne serait pas assuré. La pression dans la galerie d'alimentation, nécessaire au remplissage du cylindre, est obtenue en utilisant un réservoir de carburant (en charge) au-dessus de la pompe d'injection ou une pompe d'alimentation. Dans ce cas, le réservoir de carburant peut être placé sous la pompe d'injec-

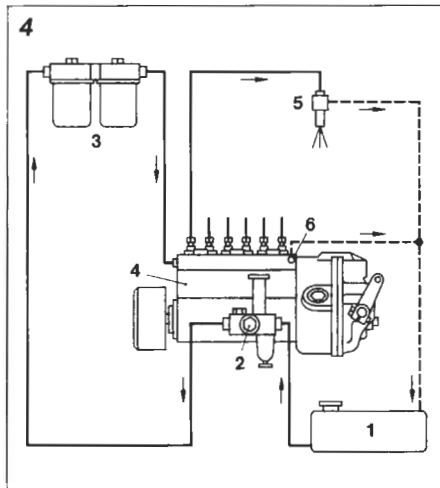


Figure 4 Équipement d'injection avec soupape de décharge sur la pompe d'injection.
1 réservoir de carburant, 2 pompe d'alimentation, 3 filtre à carburant, 4 pompe d'injection, 5 injecteur, 6 soupape de décharge, — sous pression, --- sans pression.

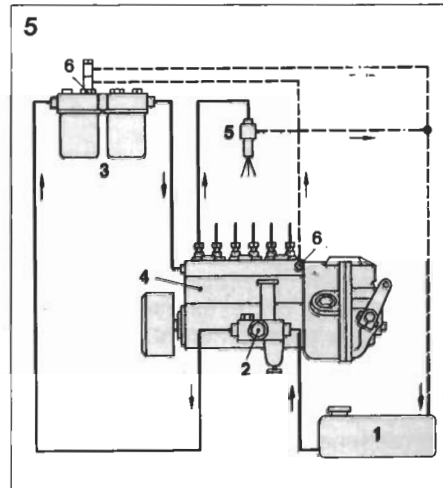


Figure 5 Équipement d'injection avec étrangleur de décharge supplémentaire dans le filtre à carburant.
1 réservoir de carburant, 2 pompe d'alimentation, 3 filtre à carburant, 4 pompe d'injection, 5 injecteur, 6 soupape ou étrangleur de décharge, — sous pression, --- sans pression.

tion et (ou) à une grande distance de celle-ci.

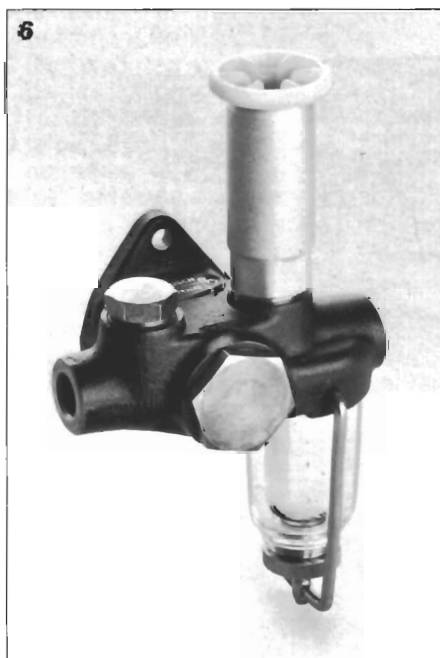
La pompe d'alimentation est une pompe mécanique à piston et, généralement, elle est fixée sur la pompe d'injection. La pompe d'alimentation est entraînée par l'arbre à cames de la pompe d'injection. Une pompe à commande manuelle peut être aussi accolée sur la pompe d'alimentation. Elle sert au remplissage et à la purge du côté aspiration de l'équipement d'injection lors de la mise en marche ou après des travaux d'entretien.

Il y a des pompes d'alimentation à simple et à double effet. Suivant la taille de la pompe d'injection, on monte une ou deux pompes d'alimentation sur la pompe d'injection.

Pompe d'alimentation à simple effet

La pompe d'alimentation à simple effet

Figure 6 Pompe d'alimentation.



comprend deux chambres qui sont séparées par un piston mobile. Le mouvement de la course du piston est engendré par l'excentrique sur l'arbre à cames de la pompe d'injection par l'intermédiaire d'un poussoir à galet et d'une tige-poussoir. Lors de la course déterminée par le ressort, le carburant s'écoule par le clapet de non-retour dans la chambre de pression, côté refoulement. Lors de la course de la came, le piston revenant sous l'action de la pression du ressort de piston refoule le carburant vers la pompe d'injection. En même temps, la pompe d'alimentation aspire aussi du carburant du réservoir par le préfiltre et le clapet de non-retour (côté aspiration). Si dans la conduite de refoulement, la pression dépasse une certaine valeur, la force du ressort de piston ne suffit plus pour exécuter une course complète. Le débit devient de plus en plus faible et il peut tomber à zéro si la pression continue à augmenter. De cette manière, la pompe d'alimentation protège le filtre et la conduite à carburant contre les pressions trop élevées.

Pompe d'alimentation à double effet

Sur la pompe d'alimentation à double effet, la pompe d'alimentation à simple effet devient chaque fois une chambre d'aspiration et de compression combinée par deux clapets de non-retour supplémentaires à l'aspiration et au refoulement. A chaque course de la pompe d'alimentation à double effet, le carburant est aspiré dans une chambre et en même temps il est refoulé de l'autre chambre dans la pompe d'injection. Contrairement à la pompe d'alimentation à simple effet, le débit de refoulement ne peut jamais tomber à zéro. C'est pourquoi, il faut prévoir une soupape de décharge dans la conduite de refoulement ou sur le filtre à carburant permettant au surplus de carburant de retourner au réservoir.

7

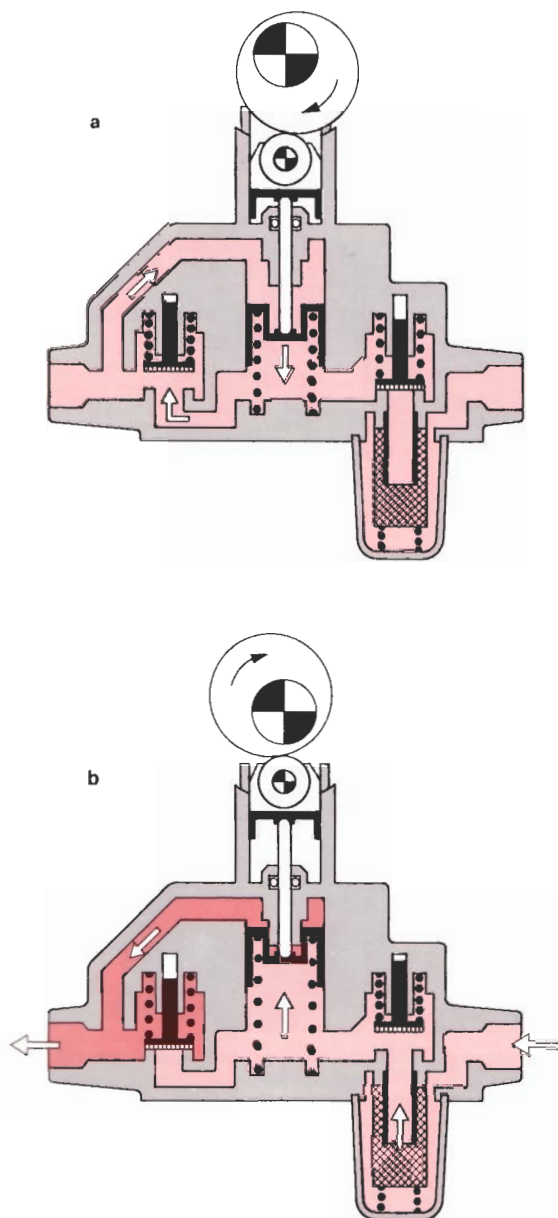


Figure 7 Fonctionnement de la pompe d'alimentation à simple effet.
a course intermédiaire, b course de refoulement et d'aspiration.

8

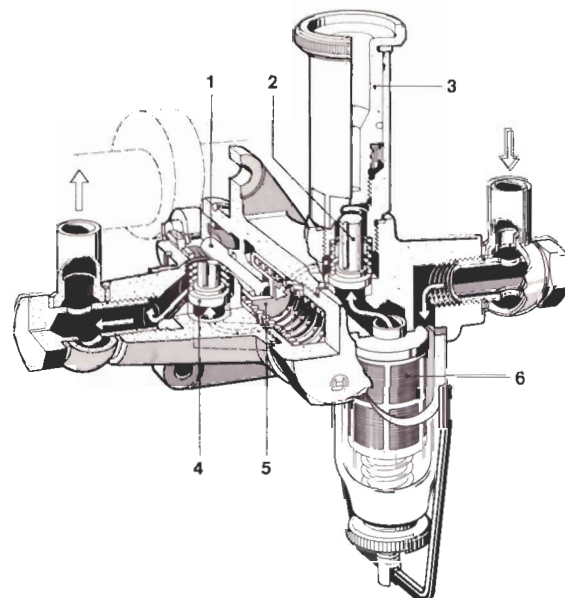


Figure 8 Pompe d'alimentation à simple effet.
1 poussoir, 2 clapet de non-retour (côté aspiration), 3 pompe à main, 4 clapet de non-retour (côté refoulement), 5 piston, 6 préfiltre.

9

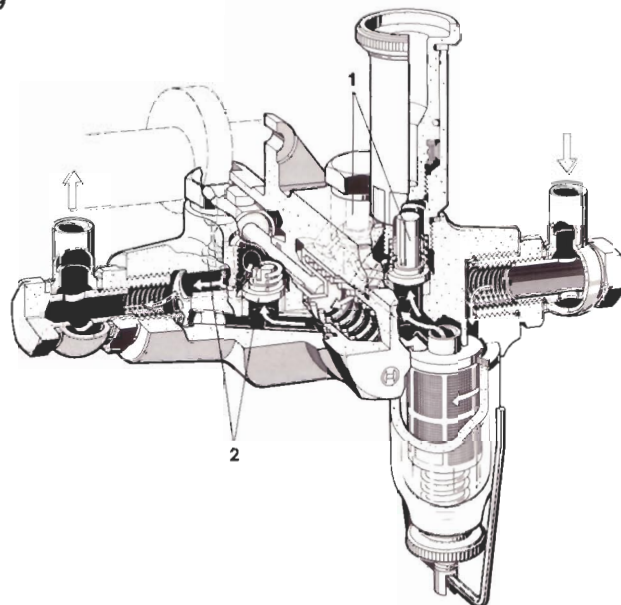


Figure 9 Pompe d'alimentation à double effet.
1 clapet de non-retour (côté aspiration), 2 clapet de non-retour (côté refoulement).

Filtres à carburant

Le filtre à carburant arrête les saletés du carburant. La qualité du filtre influence la longévité de la pompe d'injection.

Les éléments de refoulement de la pompe d'injection, engendrant la pression, et les injecteurs sont appariés les uns par rapport aux autres avec une précision de quelques millièmes de millimètre. Par conséquent, les saletés se trouvant dans le carburant qui sont aussi de quelques millièmes de millimètre provoquent l'usure et elles peuvent nuire au bon fonctionnement des pièces usinées avec grande précision. C'est pourquoi, un mauvais filtrage peut provoquer des avaries aux pistons de la pompe, aux soupapes de refoulement et aux injecteurs. Les conséquences d'une forte usure sont:

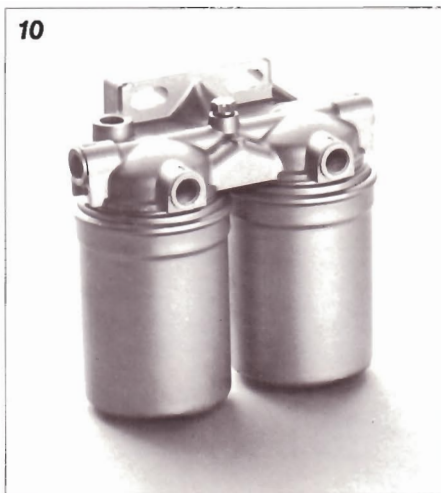
- une mauvaise combustion
- une consommation de carburant élevée
- la formation de fumées à l'échappement
- des démarrages difficiles
- un ralenti saccadé
- une perte de puissance au moteur.

Le nettoyage du carburant est donc d'une grande importance et doit être effectué par des filtres spéciaux adaptés parfaitement aux exigences de la pompe d'injection. Suivant le type d'application, on distingue les filtres à un étage, les filtres à plusieurs étages et les filtres en parallèle, chaque fois avec et sans collecteur d'eau.

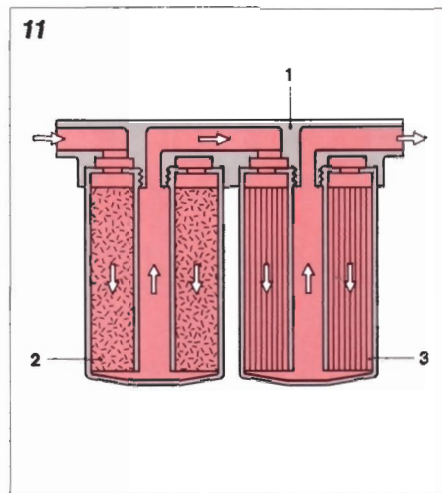
Dans la plupart des cas, les saletés en suspension dans l'air pénètrent dans le carburant pendant qu'on fait le plein de carburant du véhicule. En outre, de la poussière parvient dans le carburant par l'orifice d'aération du réservoir. Les variations de température dans le réservoir provoquent la formation d'eau de condensation. Cette eau de condensation peut être vidangée, aux intervalles prévus, sur les filtres à carburant qui ont un collecteur d'eau. Dans les filtres à carburant qui n'ont pas de collecteur d'eau, l'eau de condensation s'accumule au fond du boîtier du filtre. Dans ce cas, l'eau est enlevée quand on change la cartouche du filtre. Suivant le domaine d'utilisation de la pompe d'injection, on utilise un filtre à carburant ou une cartouche filtrante. Il y a deux sortes de cartouche filtrante: les filtres de feutre et les filtres de papier. La dimension de leurs pores est en moyenne de 15 μm environ (0,015 mm).

Lors du passage du carburant du côté propre, les particules de poussière et de saleté sont retenues dans la cartouche filtrante. Les périodicités de remplacement prescrites des cartouches filtrantes doivent donc être respectées et tous les travaux exécutés sur l'équipement d'injection doivent être accomplis en observant une grande propreté.

10



11



12



Pompes d'injection

A quoi servent-elles?

L'équipement d'injection sert à injecter le carburant à la quantité exacte, mesurée et à un moment bien déterminé.

La pompe d'injection engendre la pression nécessaire à l'injection du carburant et elle conduit le carburant aux cylindres correspondants du moteur Diesel. Les processus de combustion dans le moteur Diesel dépendent grandement de la quantité et de la manière dont le carburant est conduit au moteur. Voici les critères les plus importants:

- le moment où le carburant est injecté
- la durée de l'injection du carburant
- la répartition du carburant dans la chambre de combustion
- le moment du début de la combustion
- la quantité de carburant amenée par degré de rotation de vilebrequin
- la quantité totale du carburant amené en fonction de la charge du moteur.

Ces conditions doivent être remplies d'une manière optimale pour assurer le fonctionnement parfait du moteur Diesel. Dans la pratique l'équipement d'injection se charge de ces tâches ou il les influence grandement.

Conduites de refoulement

Les conduites de refoulement relient la pompe d'injection aux porte-injecteur. Elles sont posées de telle manière qu'il n'y ait pas de coudes brusques. Le rayon de courbure des conduites de refoulement ne doit pas être inférieur à 50 mm. Sur les moteurs de véhicules, dans la plupart des cas, les conduites de refoulement sont fixées avec des pièces de serrage qui sont placées à intervalles bien définis. On évite ainsi que les vibrations soient transmises aux conduites de refoulement ou, du moins, légèrement. Les conduites de refoulement sont des tubes en acier sans soudure qui peuvent avoir des cotes (diamètres) différentes suivant la taille de la pompe d'injection.

13

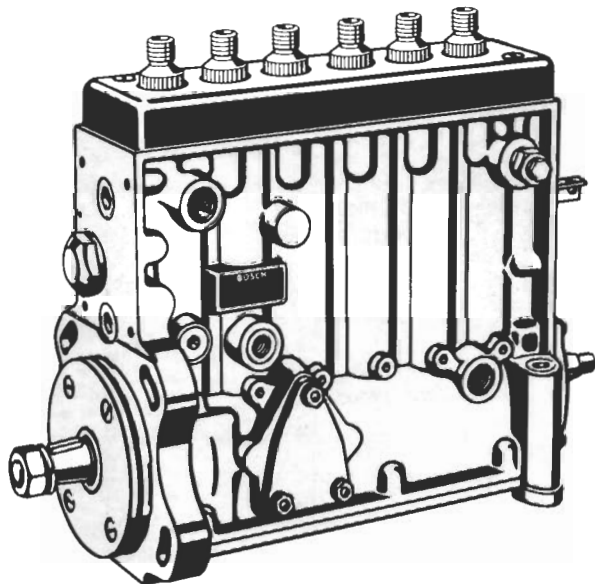


Figure 10 Filtre à carburant (filtre-box à deux étages).

Figure 11 Filtre à carburant (filtre à deux étages).

1 couvercle du filtre et fixation, 2 filtre grossier, 3 filtre fin.

Figure 12 Cartouches filtrantes.

1 tube central perforé, 2 papier filtre.

Figure 13 Pompe d'injection en ligne PE..P.

Figure 14 Raccord de conduite de refoulement.

1 écrou-raccord, 2 joint d'étanchéité, 3 cône d'étanchéité du tube, 4 raccord de refoulement.

Figure 15 Ensemble injecteur/porte-injecteur.

1 canal d'arrivée, 2 corps du porte-injecteur, 3 canal de refoulement, 4 disque intermédiaire, 5 écrou-raccord d'injecteur, 6 écrou-raccord pour la conduite de refoulement, 7 filtre-tige, 8 raccord de récupération des fuites de carburant, 9 rondelles de compensation, 10 ressort de pression d'injection, 11 tige-poussoir, 12 ergots de positionnement (positionnement de l'injecteur), 13 injecteur.

Attention! Sur les équipements d'injection, les conduites de refoulement sont déterminées en fonction de la courbe d'injection en ce qui concerne la longueur, le diamètre de passage et l'épaisseur de la paroi. Pour cette raison, les cotes des conduites de refoulement prescrites doivent être absolument respectées. A l'extrémité de la conduite de refoulement, on a fixé le cône d'étanchéité; il est brasé dur ou refoulé à froid.

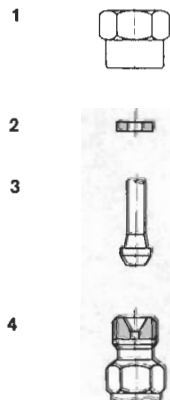
Porte-injecteur

Le porte-injecteur sert à fixer l'injecteur dans la culasse du moteur. Il réalise la liaison avec les conduites de refoulement et il contient un ressort qui détermine la pression d'ouverture de l'injecteur.

Construction

L'ensemble injecteur/porte-injecteur comprend le porte-injecteur et l'injecteur.

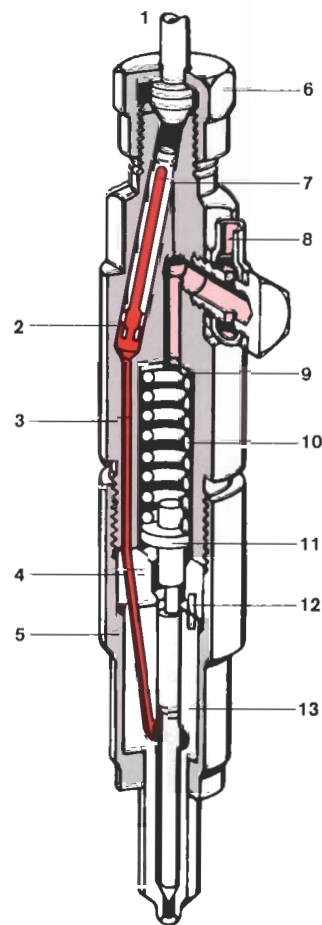
14



teur. Le porte-injecteur est formé par le corps du porte-injecteur, le disque intermédiaire et l'écrou-raccord d'injecteur, ainsi que par la tige-poussoir, le ressort de pression, les rondelles de compensation et les ergots de positionnement (pas pour les injecteurs à tétan).

L'injecteur est fixé et centré dans le corps du porte-injecteur à l'aide de l'écrou-raccord d'injecteur. Lorsqu'on visse l'écrou-raccord d'injecteur sur le corps du porte-injecteur, le disque intermédiaire est pressé contre la surface annulaire du corps du porte-injecteur. La tige-poussoir, le ressort de pression et les rondelles de compensation se trouvent dans le corps du porte-injecteur, le ressort de pression venant s'ajuster sur la tige-poussoir. La tige-poussoir est guidée par l'aiguille d'injecteur. Dans le corps du porte-injecteur, le canal de refoulement mène à l'alésage d'arrivée du corps d'injecteur et il relie ainsi l'injecteur à la conduite de refoulement de la pompe d'injection. Il est possible, en fonction du domaine d'utilisation du porte-injecteur, de monter un filtre-tige dans le canal de refoulement du corps du porte-injecteur.

15



Mode de fonctionnement

Le ressort de pression, dans le corps du porte-injecteur, exerce une pression sur l'aiguille d'injecteur par l'intermédiaire de la tige-poussoir. La pré-tension de ce ressort détermine la pression d'ouverture de l'injecteur. La pression d'ouverture est réglée au moyen de rondelles de compensation. Le carburant parvient au siège de l'aiguille en passant par l'alésage d'arrivée dans le corps du porte-injecteur, par le disque intermédiaire et l'injecteur. Lors du processus d'injection, l'aiguille d'injecteur est soulevée par la pression d'injection et le carburant s'écoule par le trou borgne et les trous d'injection dans la chambre de combustion. Lorsque la pression d'injection retombe, le ressort repousse l'aiguille d'injecteur sur son siège. L'injection est terminée.

Injecteurs

L'injecteur injecte le carburant dans la chambre de combustion. L'injecteur est piloté par la pression de carburant qui est engendrée par la course utile du piston de la pompe d'injection.

Généralités

La carburant refoulé à haute pression par la pompe est injecté dans la chambre de combustion du moteur par l'injecteur. L'injecteur comprend le corps et l'aiguille d'injecteur. Ils sont appariés l'un par rapport à l'autre à un ajustement fin (de 2 à 4 μm); c'est pourquoi, ils ne doivent être utilisés que comme unité complète. À l'aide d'un porte-injecteur, l'injecteur est monté dans la culasse du moteur.

Mode de fonctionnement

La pression de carburant engendrée par la pompe d'injection est appliquée

le sur son siège en agissant sur le téton de pression par l'intermédiaire de la tige-poussoir. L'injecteur est ainsi refermé jusqu'à la course de refoulement suivante.

Types de construction

Le bon fonctionnement du moteur Diesel est seulement assuré si les injecteurs sont adaptés au procédé de combustion et aux caractéristiques particulières du moteur.

On distingue deux types principaux de construction:

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

Il existe de nombreuses variantes de ces deux types en fonction de la grande diversité des moteurs.

Injecteurs à trous

L'aiguille de l'injecteur à trous a un cône à son extrémité qui sert de siège à l'aiguille. Il y a des injecteurs à un et à plusieurs trous. Les injecteurs à un seul trou ont leur trou percé latéralement ou au centre. Dans les injecteurs à plusieurs trous, les trous d'injection forment un angle entre eux, l'angle des trous d'injection (jusqu'à 180°). On dispose jusqu'à 12 trous, la plupart du temps symétriquement, pour obtenir une répartition optimale du carburant dans la chambre de combustion. Le diamètre et la longueur du trou influencent la forme et la profondeur de pénétration du jet. Les exécutions standard des injecteurs sont fabriquées avec des diamètres de trous d'injection de 0,2 mm augmentant, graduellement, de 0,02 mm. Dans la plupart des cas, la pression d'ouverture varie entre 150 et 250 bars (figure 18).

Injecteurs à trous refroidis

Sur les gros moteurs à basse vitesse de rotation à pleine charge, qui ont donc une lente évacuation des gaz, ou sur les moteurs à suralimentation élevée, l'injecteur est exposé plus longtemps à la chaleur de la combustion. Pour des moteurs de ce type, on utilise des injecteurs à trous refroidis par un fluide extérieur pour que la température de service des injecteurs ne soit pas trop élevée.

Le corps de ces injecteurs a trois alésages: un pour l'alimentation en carburant, deux pour l'alimentation et pour le retour du fluide de refroidissement. L'extrémité inférieure du corps d'injecteur a un filetage à 2 filets, renfermé dans une enveloppe de refroidissement. Le fluide de refroidissement passe du canal d'arrivée du porte-injecteur dans le canal d'arrivée de l'injecteur, descend ensuite par un des filets du filetage double dans l'espace annulaire d'où il est refoulé, par l'autre filet du filetage et l'alésage de sortie, vers le canal de retour du porte-injecteur.

17

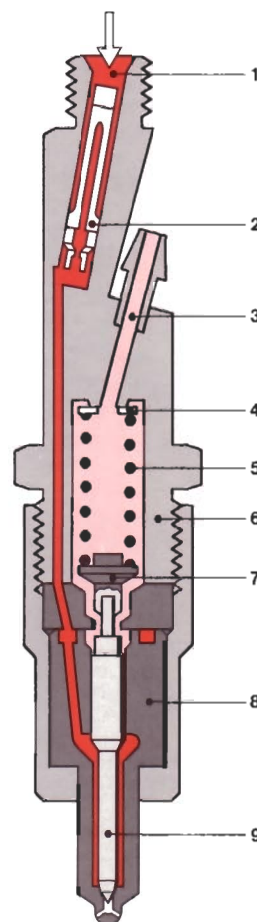


Figure 17 Injecteur et porte-injecteur.

1 canal d'arrivée, 2 filtre-tige, 3 retour du carburant, 4 rondelle de compensation, 5 ressort de pression, 6 corps du porte-injecteur, 7 tige-poussoir, 8 corps d'injecteur, 9 aiguille de l'injecteur.

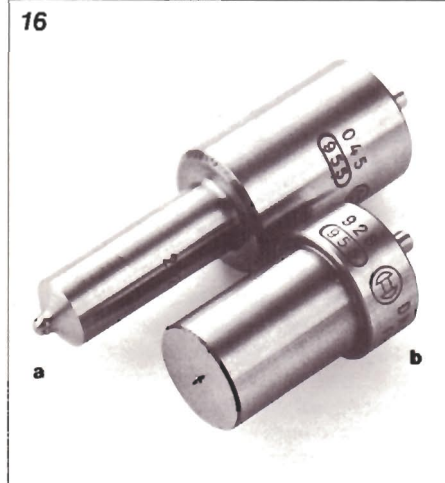


Figure 16 Injecteurs.

a injecteur à trou, b injecteur à téton.

dans la chambre de pression contre le cône d'attaque de l'aiguille d'injecteur. Si la pression du carburant est supérieure à la force antagoniste exercée par le ressort de pression dans le porte-injecteur, l'aiguille de l'injecteur est alors soulevée de son siège. Le trou ou les trous de l'injecteur sont démasqués et le carburant est injecté dans la chambre de combustion. La pression d'ouverture de l'injecteur est déterminée par la tension initiale (réglable) du ressort de pression dans le porte-injecteur. La course de l'aiguille est limitée par l'épaule entre la tige de l'aiguille et le téton de pression.

Lors de l'injection, le combustible parcourt le chemin suivant: conduite de refoulement – canal d'arrivée (par la rainure circulaire) – chambre de pression – trous d'injection de l'injecteur – chambre de combustion. Le carburant qui suinte le long de l'aiguille est ramené au réservoir par une conduite de retour, raccordée au porte-injecteur par le raccord de récupération.

Après injection de la quantité de carburant débitée par la pompe d'injection, le ressort de pression repousse l'aiguille

Comme fluides de refroidissement, on utilise soit de l'huile, soit des émulsions eau – huile, des fluides qui n'attaquent pas l'acier.

Injecteurs à téton

On utilise les injecteurs à téton sur les moteurs à préchambre et à chambre de turbulence. Dans ces moteurs, la préparation du mélange combustible est assurée principalement par le tourbillonnement de l'air et facilitée par une forme adéquate du jet. La pression d'ouverture des injecteurs à téton varie entre 110 et 135 bars. L'aiguille des injecteurs à téton porte à l'une de ses extrémités un téton d'injection de forme particulière qui s'engage avec un faible jeu dans le trou d'injection du corps d'injecteur. En utilisant des tétons de diverses dimensions et formes, on obtient des jets adaptés aux exigences correspondantes. En outre, le téton empêche la formation de dépôts dans le trou d'injection.

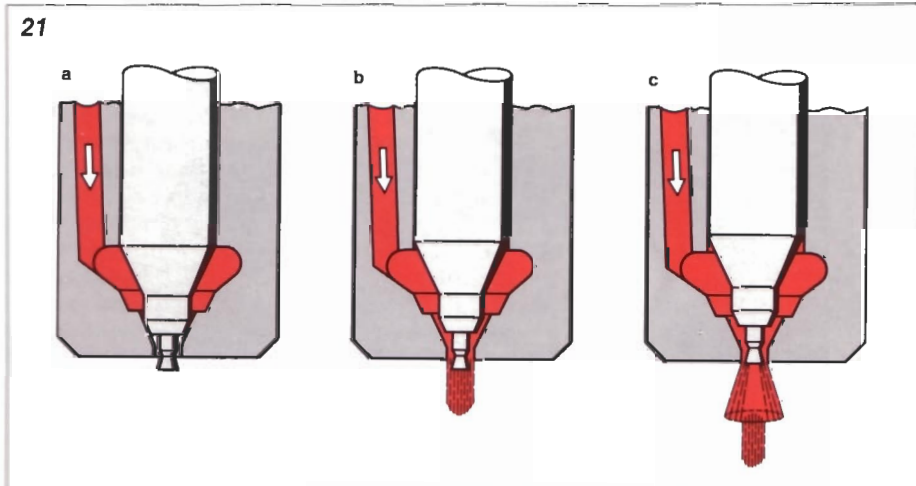
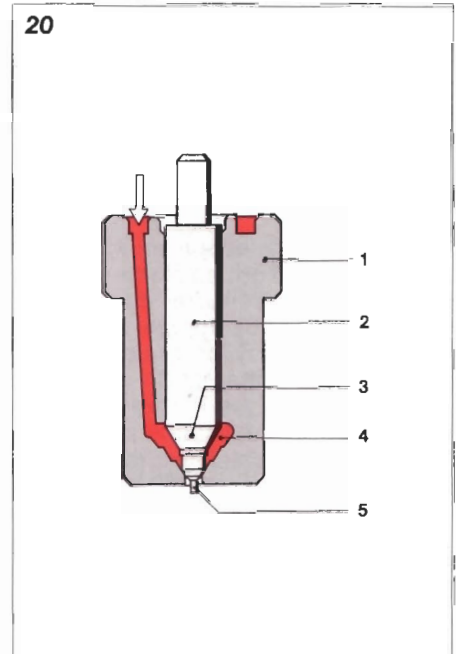
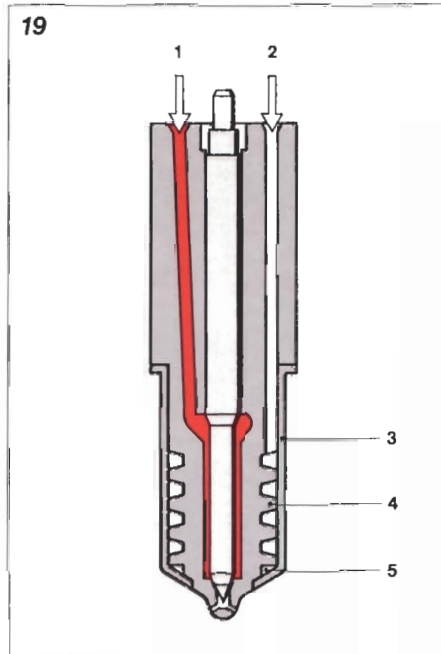
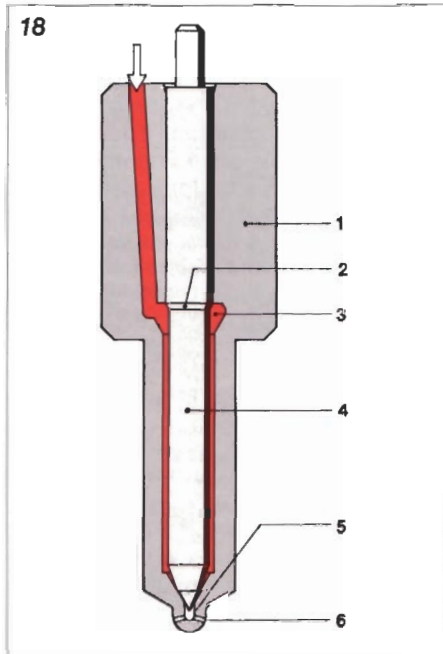


Figure 18 Coupe de l'injecteur à trou.

1 corps d'injecteur, 2 cône d'attaque, 3 chambre de pression, 4 aiguille d'injecteur, 5 trou borgne, 6 trous d'injection.

Figure 19 Coupe de l'injecteur à trou, refroidi.

1 arrivée de carburant, 2 arrivée du fluide de refroidissement, 3 enveloppe de refroidissement, 4 filetage à deux filets, 5 espace annulaire.

Figure 20 Coupe de l'injecteur à téton.

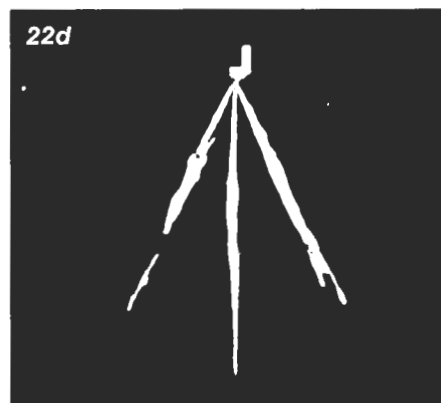
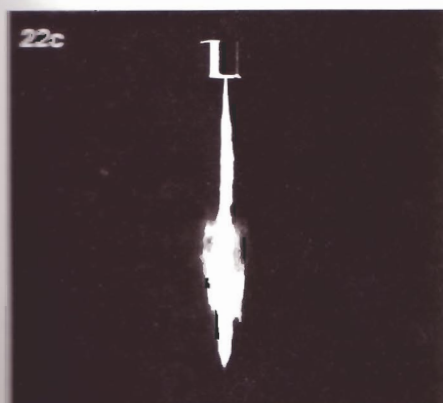
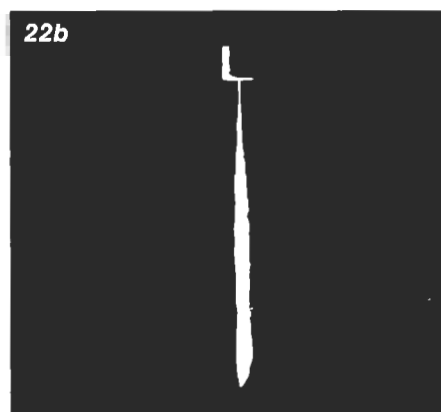
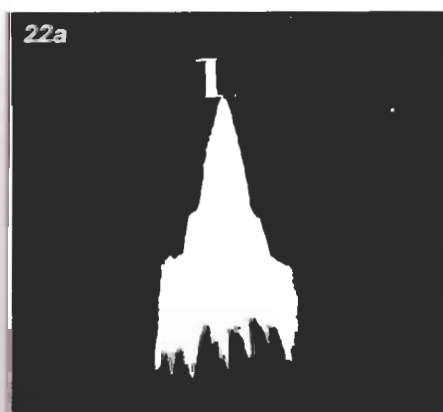
1 corps d'injecteur, 2 aiguille d'injecteur, 3 cône d'attaque, 4 chambre de pression, 5 téton d'injection.

Figure 21 Injecteur à téton et étranglement, caractéristique d'injection.

a fermé, b à peine ouvert (préjet), c entièrement ouvert (jet principal).

Figure 22 Représentation des jets des injecteurs.

a et b injecteur à téton, c injecteur à téton et étranglement, d injecteur à trou.



Injecteurs à téton et étranglement

L'injecteur à téton et étranglement est un injecteur dont le téton a des dimensions particulières. Une préinjection est obtenue par la forme de son téton d'injection. Tout d'abord, l'aiguille de l'injecteur, lors de l'ouverture, libère seulement une fente annulaire très étroite qui ne laisse passer que très peu de carburant (effet d'étranglement). Au fur et à mesure que l'aiguille continue à se soulever (ce qui est dû à l'augmentation de la pression), la section de passage devient plus grosse et ce n'est que vers la fin de la course de l'aiguille que le volume principal de carburant est injecté. L'injecteur à téton et étranglement permet une combustion plus souple et donc un fonctionnement du moteur plus souple parce que la pression croît plus lentement dans la chambre de combustion. L'effet d'étranglement désiré est obtenu par la forme du téton d'injection en combinaison avec les caractéristiques du ressort de pression (dans le porte-injecteur) et avec le jeu dans la fente annulaire.

Pompes d'injection en ligne

Généralités

Les pompes d'injection en ligne des types PE et PES ont un élément de refoulement par cylindre du moteur. Chaque élément de pompe comprend un piston et un cylindre. Le pilotage temporel de l'alimentation en carburant est effectué par l'arbre à cames. Toutefois, pour l'utilisation sur le moteur, il est généralement nécessaire de se servir d'un ensemble de pompe d'injection. L'ensemble complet comprend les composants suivants :

- la pompe d'injection pour engendrer la pression d'injection
- le régulateur mécanique pour la régulation de la vitesse de rotation du moteur
- le variateur d'avance pour l'avance du début d'injection en fonction de la vitesse de rotation
- la pompe d'alimentation mécanique pour aspirer et refouler le carburant du réservoir vers la galerie d'alimentation de la pompe d'injection.

Entraînement de la pompe d'injection

Les pistons des pompes d'injection en ligne PE sont entraînés par un arbre à cames propre à la pompe.

L'arbre à cames de la pompe d'injection est entraîné par le moteur Diesel. Sur les moteurs Diesel à deux temps, l'arbre de la pompe d'injection tourne à la même vitesse que l'arbre à cames du moteur. Pour assurer des temps d'injection synchronisés avec la position du vilebrequin, la liaison entre l'arbre à cames de la pompe et le dispositif d'entraînement sur le moteur doit être effectuée par l'intermédiaire de pièces d'accouplement rigides. Pour la transmission du couple et de la vitesse de rotation, on utilise des roues dentées, des accouplements à emboîtement, des courroies dentées et des chaînes de commande. Le dispositif d'entraînement sélectionné dépend chaque fois du type de construction du moteur.

Construction

L'arbre à cames des pompes d'injection en ligne est intégré dans un corps en fonte d'aluminium, coulée sous pression. Il est accouplé par l'intermédiaire d'un bloc d'accouplement, d'un variateur d'avance ou directement par le dispositif d'entraînement du moteur.

Le poussoir à galet et la cuvette de ressort se trouvent au-dessus de la came

23

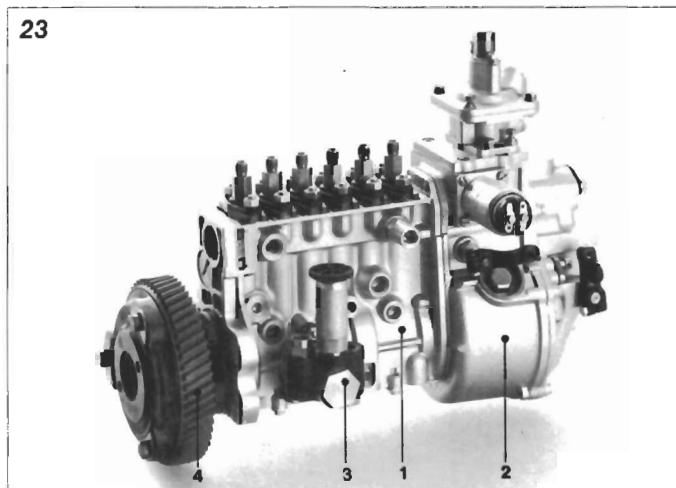


Figure 23
Ensemble de pompe d'injection.

1 pompe d'injection,
2 régulateur,
3 pompe d'alimentation,
4 variateur d'avance.

24

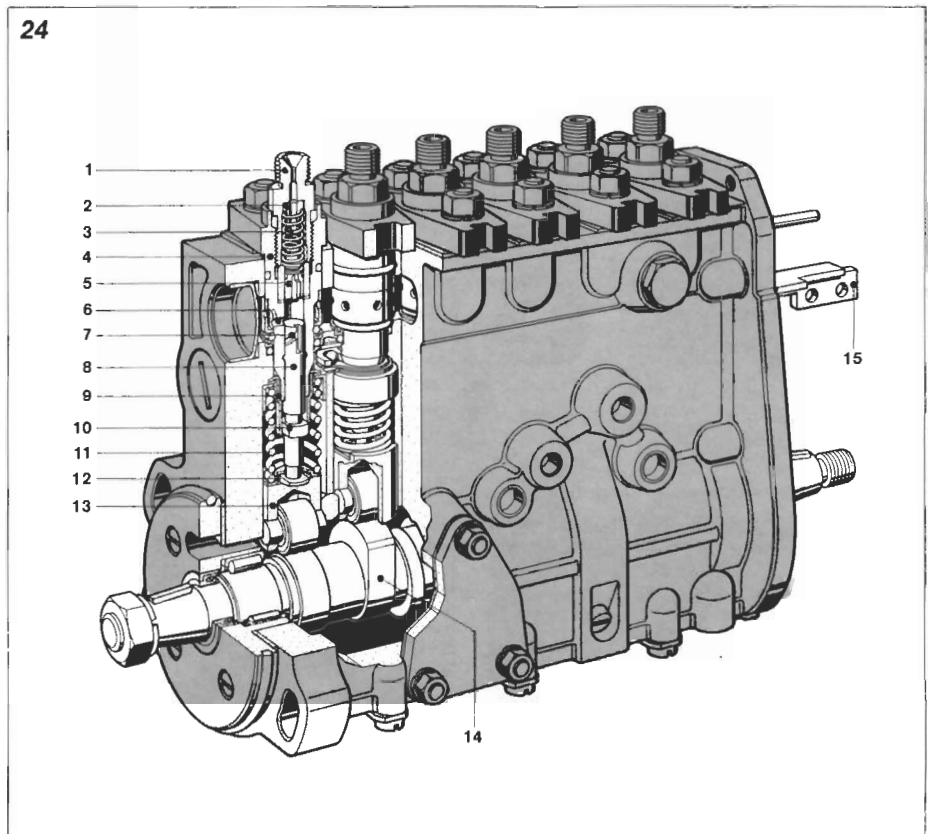


Figure 24 Pompe d'injection en ligne, type PES.

1 raccord de refoulement, 2 pièce de remplissage, 3 ressort de la soupape de refoulement, 4 cylindre de pompe, 5 soupape de refoulement, 6 orifice d'aspiration et de décharge, 7 rampe hélicoïdale, 9 douille de réglage, 10 entraîneur, 11 ressort de piston, 12 cuvette de ressort, 13 poussoir à galet, 14 came, 15 tige de réglage.

de l'arbre à cames. Le piston de pompe est relié dynamiquement au poussoir à galet par la cuvette de ressort. Le piston de la pompe est guidé par le cylindre de pompe. Le piston et le cylindre de pompe sont aussi désignés sous la dénomination élément de refoulement. Un ou deux orifices d'amenée se trouvent dans le cylindre de pompe; ils sont reliés à la galerie d'alimentation de la pompe d'injection. Le raccord de refoulement et la soupape de refoulement se trouvent au-dessus de l'élément de refoulement. Pour la régulation du débit, le piston de pompe est solidaire de la douille de réglage. Le piston de pompe est mis en rotation

par la tige de réglage et elle règle ainsi le débit du démarrage jusqu'au régime de pleine charge.

Actionnement des éléments de refoulement

Le mouvement de rotation de l'arbre à cames est transformé dans la pompe d'injection en un mouvement de course verticale par le poussoir à galet. Ce faisant, le galet du poussoir à galet tourne sur une came aux cotes bien définies en exécutant une course. La came exécute le mouvement en direction PMH; le ressort du piston se charge du mouvement du poussoir à galet en direction PMB. C'est lui aussi qui empêche que le poussoir à galet soit chassé de la came par suite de l'accélération élevée. La disposition des cames, c'est-à-dire le décalage angulaire des cames l'une par rapport à l'autre est calculé de telle manière que l'ordre d'injection corresponde à l'ordre d'allumage du moteur.

Profils des cames

En plus de leur fonction d'entraînement du piston de pompe, le profil des cames influence la durée d'injection, la puissance de la pompe et la vitesse de refoulement. Les critères déterminants, à ce sujet, de la came de la pompe d'injection sont la course de la came et la vitesse de soulèvement (elle correspond à la vitesse du piston) relative par rapport à l'angle de came. La figure 26 représente la courbe de la course et la vitesse du piston en fonction de l'angle de came. Seule la partie médiane, où la vitesse de soulèvement est grande, est utilisée pour obtenir une courte durée d'injection lors du processus d'injection. L'injection est terminée avant que la vitesse de soulèvement ait atteint son maximum. Ceci est nécessaire pour que la pression sur la surface entre le poussoir à galet et la came ne dépasse pas une certaine valeur. Pour cette raison, lors du processus d'injection, on respecte une marge de sécurité de 0,3 mm. On limite ainsi la sollicitation des matériaux à la valeur admissible prévue. Pour l'utilisation pratique, il y a des profils de came de différentes exécutions. Ceci est nécessaire étant donné que des formes de chambre de combustion différentes et des procédés de combustion différents exigent des conditions d'injection individuelles. Pour cette raison, pour chaque type de moteur, on réalise une adaptation spéciale du processus d'injection. À partir de profils de came normalisés, on peut déterminer des variantes par calculs pour permettre un déroulement de l'injection la plus optimale possible et les pressions les plus élevées possibles. Ainsi, chaque arbre à cames peut être pourvu des cames ayant le profil approprié. On utilise des profils de came symétriques (figure 26a), asymétriques (figure 26b) et antiretour (figure 26c). Antiretour signifie que le moteur ne peut pas être démarré en sens contraire. Le profil de came utilisé dépend du type de pompe, de la conception du moteur et de leur domaine d'utilisation.

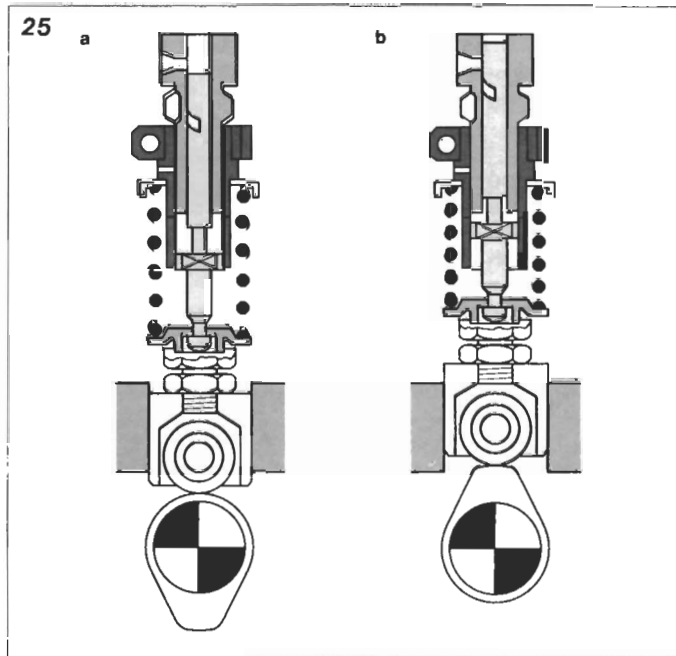


Figure 25
Entrainement des
éléments de refoulement de la pompe.
a PMB
b PMH

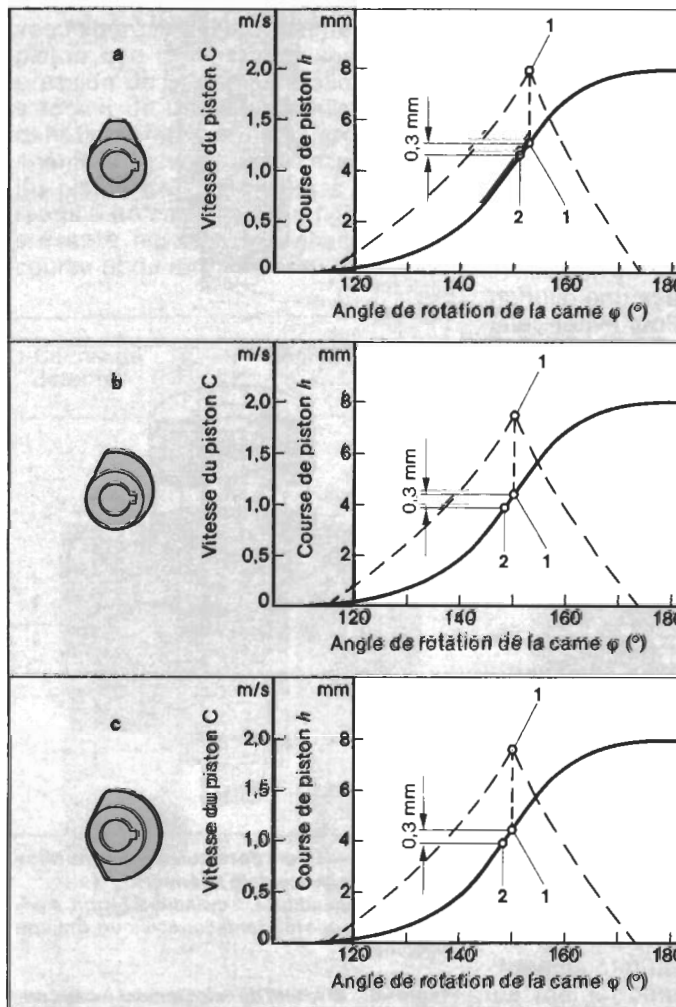


Figure 26
Profils des cames.
a profil de came
symétrique,
b profil de came
asymétrique,
c profil de came
antiretour,
— course de piston,
--- vitesse de piston,
1 point de transition
vers le petit rayon,
2 fin du refoulement
maximal.

Élément de refoulement

Les éléments de refoulement fonctionnent d'après le principe de la décharge à commande par rampe hélicoïdale.

Le piston et le cylindre de pompe constituent ensemble l'élément de refoulement. Le piston est ajusté dans le cylindre avec une telle précision que l'étanchéité est assurée même aux plus hautes pressions et aux plus basses vitesses de rotation. A cet effet, on n'a pas besoin d'éléments d'étanchéité supplémentaires. Eu égard à la lubrification du piston, de légères fuites sont nécessaires.

En plus d'une rainure longitudinale, le piston de pompe à une échancrure latérale. L'arête oblique en résultant, dans la paroi du piston, est appelée rampe hélicoïdale.

Dans le cylindre, il y a un ou deux orifices pour l'arrivée du carburant et pour le refoulement.

A cause de l'appariement exact du piston et du cylindre de pompe, les éléments de refoulement ne doivent être remplacés qu'ensemble; en aucun cas, il ne faut remplacer le cylindre ou le piston séparément.

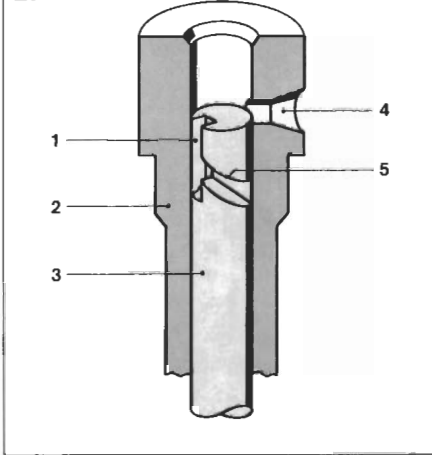
Élément de refoulement avec conduite de retour de l'huile de fuite

Si la pompe d'injection est raccordée au circuit de lubrification du moteur, le carburant de fuite cause une dilution de l'huile du moteur. Pour éviter cela, on utilise des éléments avec la reconduction des fuites de carburant dans la galerie d'alimentation. A cet effet, il y a une rainure annulaire, dans le cylindre de pompe, qui est reliée à la galerie d'alimentation de la pompe d'injection par un canal de récupération. Le carburant de fuite se détend dans cette rainure et retourne à la galerie d'alimentation.

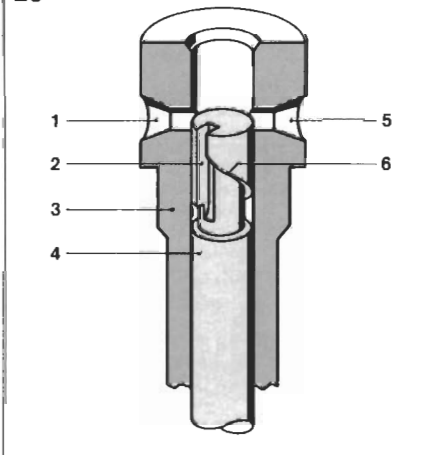
Variantes

Pour répondre à des exigences particulières, p.ex. la diminution du bruit ou des mesures influençant les gaz d'échappement, il peut être nécessaire de modifier le début du refoulement en fonction de la charge. A cet effet, on utilise des pistons de pompe qui, en plus de la rampe hélicoïdale inférieure, ont une rampe hélicoïdale supérieure. A l'aide de ces pistons de pompe, on peut non seulement modifier la fin mais encore le début du refoulement. Pour améliorer le comportement au démarrage de certains moteurs, on utilise des pistons de pompe spéciaux qui ont une rainure supplémentaire sur la rampe supérieure, appelée l'encoche autoretard. Cette encoche a seulement de l'effet dans la position de démarrage du piston de pompe et elle produit un début de refoulement retardé de 5 à 10° par rapport à la position du vilebrequin.

27



28



29

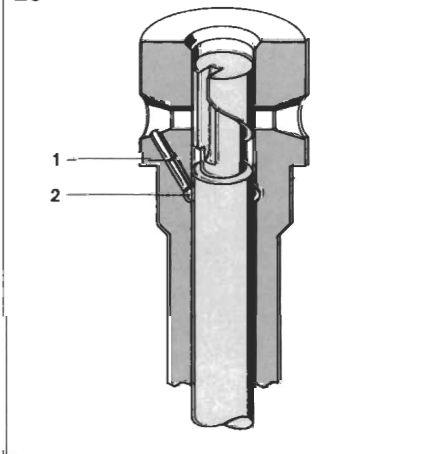


Figure 27 Élément de refoulement à un orifice avec rampe hélicoïdale inférieure.

1 rainure longitudinale, 2 cylindre, 3 piston, 4 orifice de décharge (alimentation et retour), 5 rampe hélicoïdale.

Figure 28 Élément de refoulement à deux orifices avec rampe hélicoïdale inférieure.

1 orifice d'alimentation, 2 rainure longitudinale, 3 cylindre, 4 piston, 5 orifice de décharge (alimentation et retour), 6 rampe hélicoïdale.

Figure 29 Élément de refoulement avec récupération de l'huile de fuite.

1 récupération de l'huile de fuite, 2 rainure annulaire.

30

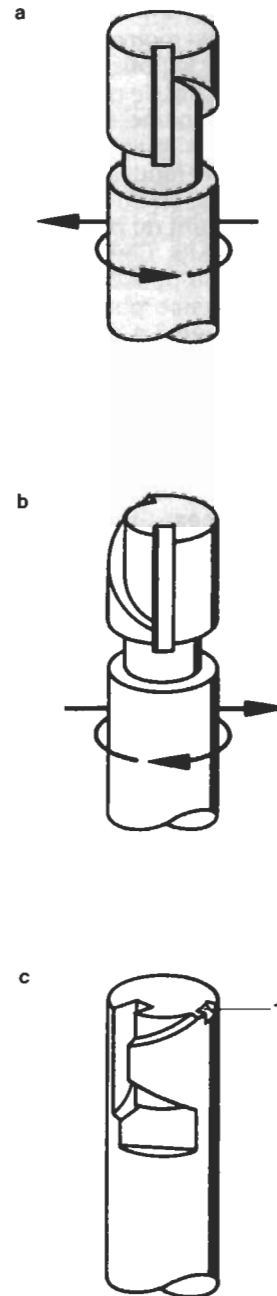


Figure 30 Variantes des pistons de pompe.

a rampe hélicoïdale inférieure, b rampe hélicoïdale supérieure, c rampes hélicoïdales inférieure et supérieure; 1 encoche d'autoretard.

Dosage du carburant

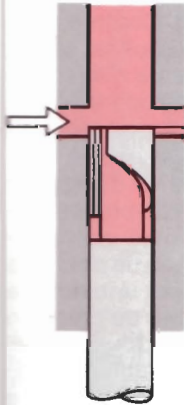
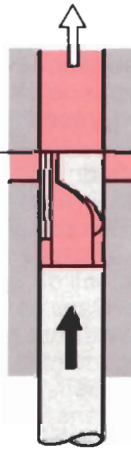
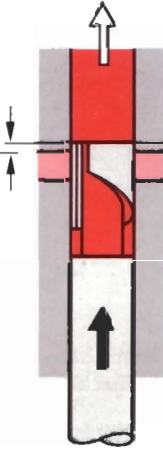
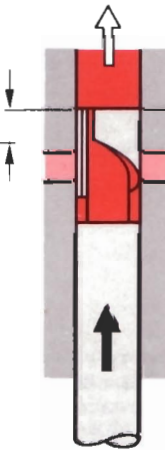
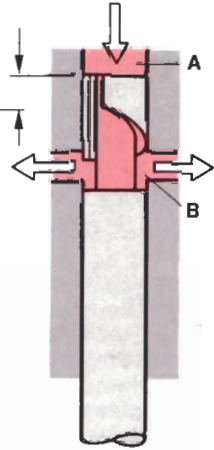
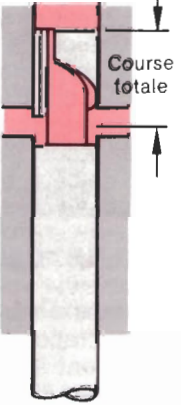
Le refoulement du carburant des pompes d'injection est un processus dynamique. Il comprend plusieurs phases de course. La pression nécessaire à l'injection est engendrée par le piston de pompe.

Les orifices d'alimentation, dans la position la plus basse du piston (PMB), sont libérés par le piston de pompe. Le carburant soumis à la pression engendrée par la pompe d'alimentation s'écoule par les orifices d'alimentation de la galerie d'alimentation dans la chambre de haute pression. Le mouvement ascendant du piston de pompe obture les orifices d'alimentation. Cette phase de course de piston est appelée précourse. Lors du déroulement ultérieur de la course, la pression de carburant est augmentée. Ainsi, la soupape de refoulement est déjà légèrement soulevée de son siège sans cependant s'ouvrir complètement. Cette phase de la course suivant immédiatement la précourse est appelée la course de détente. La course utile proprement dite suit la course de détente (pour la variation de la course utile, voir la page suivante). La pression engendrée par le mouvement du piston, dans la chambre haute pression, ouvre maintenant complètement la soupape de refoulement et le carbu-

rant s'écoule par la conduite de refoulement vers le porte-injecteur et vers l'injecteur. La course utile est terminée quand la rampe hélicoïdale du piston de pompe libère l'orifice de décharge ou l'orifice d'alimentation. A partir de ce moment, il n'y a plus de carburant refoulé vers l'injecteur. Au cours de la course restante, le carburant est refoulé maintenant dans la galerie d'alimentation B par la liaison existante, réalisée par la rainure longitudinale entre la chambre de pression A et la galerie d'alimentation B au cours du déplacement du piston vers le point mort haut (PMH).

Après le renversement du mouvement au point mort haut, le carburant retourne tout d'abord au cylindre de pompe par la rainure longitudinale jusqu'à ce que la rampe hélicoïdale obture à nouveau l'orifice d'alimentation. Lorsque le piston continue à descendre, il se produit une dépression dans le cylindre de la pompe. Ce n'est que lorsque les orifices d'alimentation sont à nouveau libérés par l'arête supérieure du piston que le carburant soumis à la pression de la pompe d'alimentation s'écoule de la galerie d'alimentation dans la chambre de haute pression. La chambre de haute pression au-dessus du piston de pompe est à nouveau remplie de carburant. La figure 31 représente les diverses phases de la course et du refoulement.

Figure 31 Phases de la course de piston.

Point mort bas Alimentation en carburant	Précourse	Course de détente	Course utile	Course restante	Point mort haut
					
Le carburant s'écoule de la galerie d'alimentation de la pompe d'injection dans la chambre haute pression de l'élément de refoulement	Course du piston de pompe du point mort bas jusqu'à la fermeture des orifices d'alimentation par l'arête supérieure du piston (sélectionnée suivant l'élément de refoulement)	Course du piston de pompe de la fin de la précourse jusqu'à l'ouverture de la soupape de refoulement	Course du piston de pompe de l'ouverture de la soupape de refoulement jusqu'à la libération de l'orifice d'alimentation par la rampe hélicoïdale (trop-plein)	Course du piston de pompe de la libération de l'orifice d'alimentation (fin de refoulement) jusqu'au point mort haut	Renversement du sens de marche du piston de pompe

Soupape de refoulement

La soupape de refoulement détend le carburant dans la conduite de refoulement et elle maintient une pression résiduelle dans la conduite de refoulement.

La soupape de refoulement sert à séparer la conduite de refoulement du circuit de haute pression et à assurer la détente du carburant dans la conduite de refoulement.

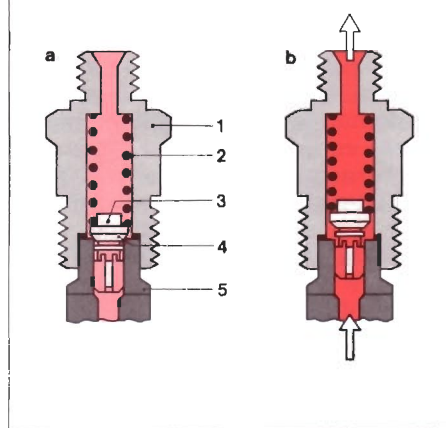
Lors du refoulement, la soupape de refoulement est soulevée de son siège par la pression engendrée dans la chambre de haute pression. Le carburant est refoulé vers l'injecteur par le raccord de refoulement et par la conduite de refoulement. La pression dans la chambre haute pression baisse dès que la rampe hélicoïdale du piston de pompe met fin à la phase d'injection. A la suite de quoi, le ressort de la soupape repousse la soupape de refoulement sur son siège. Ainsi, le circuit d'injection et le circuit de haute pression sont séparés jusqu'à la prochaine course de refoulement.

Une partie de la tige de soupape a la forme d'un piston et elle est positionnée par une encoche dans le guide-soupape. Lors de la fin du refoulement, ce piston de détente plonge d'abord dans le guide-soupape et il interrompt ainsi la liaison entre la conduite de refoulement et la chambre de refoulement au-dessus du piston de pompe. De ce fait, le volume du piston de détente vient s'ajouter au volume disponible pour loger le carburant dans la conduite de refoulement. Le volume de détente est fixé d'après la longueur de la conduite de refoulement. C'est pourquoi, la longueur de la conduite de refoulement ne doit pas être modifiée. Dans des cas particuliers, des soupapes de correction de débit sont utilisées pour obtenir la courbe caractéristique de refoulement désirée. Elles ont une encoche supplémentaire sur le piston de détente. La figure 33 montre un exemple d'exécution.

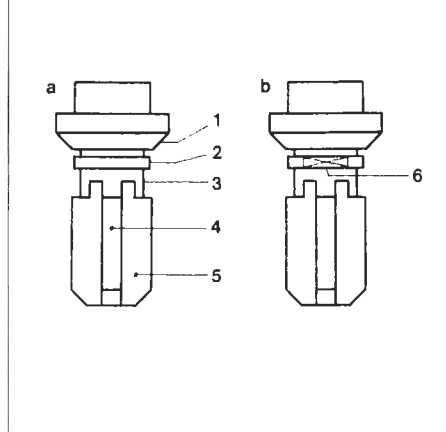
Frein de réaspiration

Le frein de réaspiration peut être incorporé au raccord de refoulement en supplément à la soupape de refoulement. Il est disposé de telle manière qu'il se trouve entre la soupape de refoulement et l'injecteur. Grâce à lui, les phénomènes d'usure, dans le système haute pression, qui sont provoqués par des liquides s'écoulant à grande vitesse (cavitation) et par les variations rapides de pression, sont diminués. Pendant le refoulement du carburant, la pression de carburant est tellement élevée que la plaque porte-soupape est soulevée en s'opposant à la force antagoniste du ressort et que le carburant peut s'écouler librement vers l'injecteur. A la fin de la course utile, une onde de pression, dans le sens contraire à la direction du refoulement, est li-

32



33



34

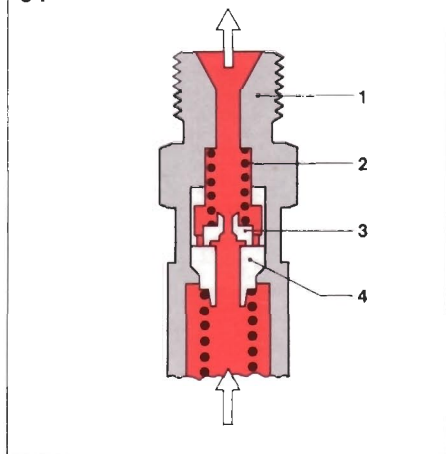


Figure 32 Raccord de refoulement avec soupape de refoulement.

a fermé, b lors du refoulement; raccord de refoulement, 2 ressort de la soupape de refoulement, 3 soupape de refoulement, 4 siège de la soupape, 5 porte-soupape.

Figure 33 Soupape de refoulement.

a soupape de refoulement, b soupape de correction de débit; 1 cône de soupape, 2 piston de détente, 3 rainure annulaire, 4 tige, 5 rainure longitudinale, 6 encoche.

Figure 34 Raccord de refoulement avec frein de réaspiration.

1 raccord de refoulement, 2 ressort de soupape de refoulement, 3 plaque porte-soupape, 4 porte-soupape.

bérée par la fermeture de l'aiguille de l'injecteur. Ceci peut provoquer de la cavitation. En même temps, le ressort

de pression repousse la plaque porte-soupape sur son siège et le carburant doit retourner par la section d'étranglement; ainsi, l'onde de pression est amortie et elle est rendue inoffensive.

Régulation du débit

Le débit de refoulement est piloté par la régulation de la course utile. Cette régulation est effectuée par le régulateur de vitesse par l'intermédiaire de la tige de réglage.

La puissance délivrée par un moteur Diesel dépend, entre autres, de la quantité de carburant injecté. Donc, la pompe d'injection en ligne doit avoir un

35

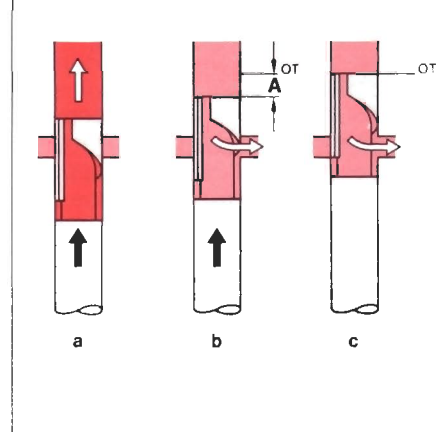


Figure 35 Processus de refoulement.

a refoulement, b fin de refoulement, c PMH (OT), A course restante.

dispositif permettant d'adapter la quantité de carburant injecté à la charge du moteur en respectant la plage de la puissance du moteur. Comme nous l'avons déjà mentionné dans les chapitres précédents, la pompe d'injection en ligne fonctionne à une course constante du piston de pompe. Le moment de la fin du refoulement et ainsi le volume du carburant refoulé est déterminé par la rotation du piston de pompe, autrement dit, la course utile est modifiée. Dans ce but, le piston de pompe a une fraisure hélicoïdale et une rainure longitudinale. La chambre de pression au-dessus du piston est toujours reliée, dans le piston, par la rainure longitudinale, avec la chambre qui se trouve en dessous de la fraisure hélicoïdale. La fraisure forme une rampe hélicoïdale servant à influencer le débit de refoulement.

Comme nous l'avons déjà décrit, en position de point mort bas, le carburant s'écoule dans le cylindre de pompe par les orifices d'aspiration. Le piston, au cours de son mouvement ascendant, obture l'orifice d'aspiration et il comprime le carburant en le faisant passer par la soupape de refoulement vers l'injecteur. A une longueur de course déterminée, la rampe hélicoïdale démasque l'orifice d'aspiration dans le cylindre de pompe. A partir de ce mo-

36

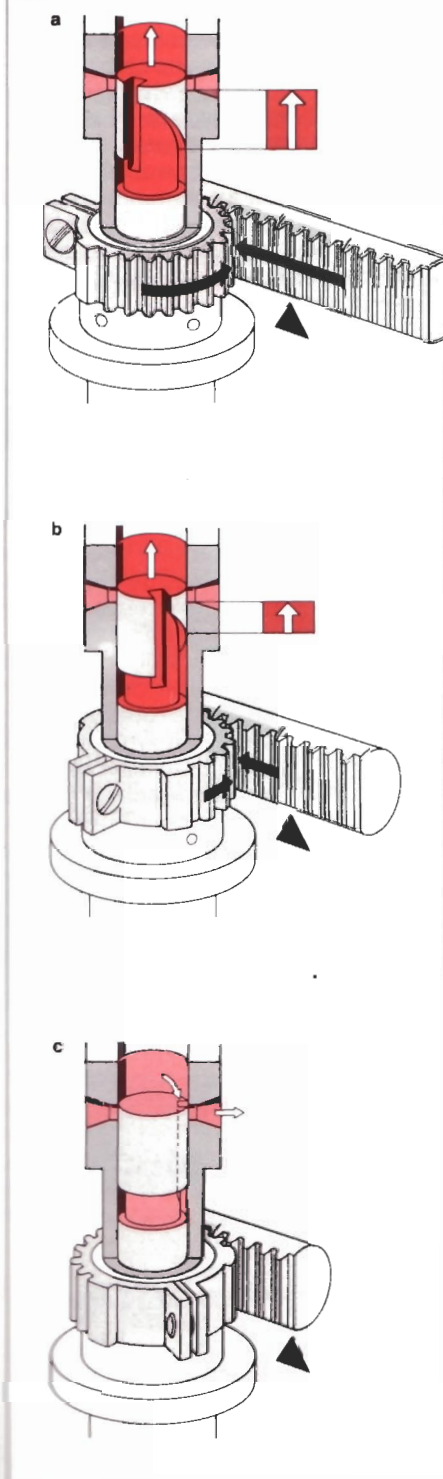


Figure 36 Position du piston de pompe à différents débits d'injection.
a plein débit, b débit partiel, c débit nul.

ment, dans la chambre de pression, le carburant s'écoule par la rainure longitudinale, en passant à côté de la rampe hélicoïdale et dans la galerie d'alimentation par l'orifice d'aspiration. Ce processus est appelé «fin du refoulement». Le piston de pompe, après la fin du refoulement, ne refoule plus de carburant vers l'injecteur jusqu'à ce qu'il ait atteint le point mort haut (PMH). Sur tout le pourtour du piston de pompe, la rampe a un profil hélicoïdal. La course parcourue par le piston de pompe jusqu'à la fin du refoulement dépend de la position de la rampe hélicoïdale par

rapport à l'orifice d'aspiration. Cette position peut être modifiée par la rotation du piston de pompe.

Dans l'exemple illustré, cela signifie que, en position du piston plein débit, la fin du refoulement n'a lieu qu'après obtention totale de la course utile maximale, donc après refoulement du débit le plus grand possible. Si le piston de pompe est tourné dans la position débit partiel, la fin de refoulement est effectuée plus tôt suivant la position du piston. En position de fin de course, pour le débit nul, la rainure longitudinale se trouve directement devant l'orifice d'aspiration. Ainsi, la chambre de pression au-dessus du piston de pompe est reliée à la galerie d'alimentation pendant toute la course. Dans cette position, il n'y a donc plus de carburant refoulé. Le piston de pompe est amené dans cette position quand le moteur doit être arrêté.

Mécanisme de régulation

La tige de réglage, actionnée par le régulateur de vitesse, fait tourner la douille de réglage. La douille de réglage transmet ce mouvement de rotation par l'intermédiaire d'un entraîneur au piston (méplat sur la tige de piston).

La position du piston de pompe est modifiée, par l'intermédiaire de la douille de réglage, par la tige de réglage actionnée par le régulateur de vitesse. Ainsi, la position de la rampe hélicoïdale

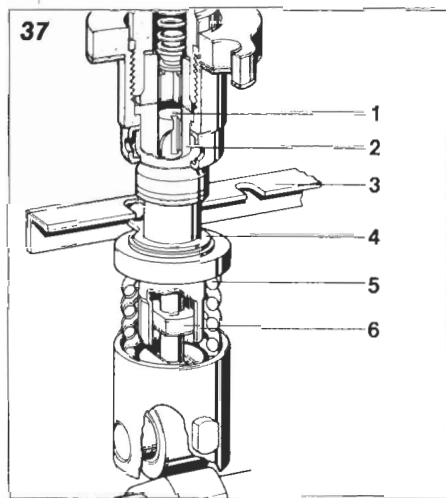


Figure 37 Mécanisme de régulation (Type de pompe P).

1 piston, 2 cylindre, 3 tige de réglage, 4 douille de réglage, 5 ressort de piston, 6 entraîneur.

coïdale du piston est modifiée dans le cylindre de pompe par rapport à l'orifice de décharge. Suivant la taille et le type de pompe, cela est effectué de deux façons différentes: régulation par pignon et régulation par guide.

Sur l'exécution à pignon, la douille de réglage enfilée sur le cylindre de pompe porte à son extrémité supérieure un secteur denté (couronne dentée); en dessous, la douille a une fente longitudinale dans laquelle l'entraîneur coulisser. La tige de réglage dentée engrène le segment denté. Sur le modèle à régulation par guide, la tige de réglage



Celui qui recherche une information rapide dans le domaine de la technique automobile peut se fier à ce manuel. Concis mais précis, il présente les derniers développements de la technique. Le technicien y trouve des réponses explicites aux différentes questions. - Les explications techniques sont même très accessibles au non-spécialiste. L'édition anglaise «Automotive Handbook» sera bien accueillie par tous ceux qui s'intéressent à la littérature spécialisée automobile en langue anglaise.

Contenu:

223 sujets. Entre autres: tables de conversion, statistiques techniques, rayonnement lumineux, machines électriques, semi-conducteurs, propriétés des matériaux, pouvoir antidétonnant, consommation de carburant, sonde «Lambda», pompe distributrice Diesel, équipement de freinage, schémas des circuits, allumage transistorisé, bougies d'allumage, correcteurs d'orientation des projecteurs, code de la route.

Présentation:

Format A 6, forte reliure plastique.

Edition allemande:

ISBN 3-18-41003-4

Edition anglaise:

ISBN 3-18-418004-2

Veuillez adresser toute commande à votre librairie spécialisée

ou directement à
VDI-Verlag GmbH
Graf-Recke-Straße 84
Postfach 1139
D-4000 Düsseldorf

a une fente de guidage transversale pour chaque élément de refoulement, dans laquelle un levier relié à la douille de réglage engrène soit avec une rotule soit avec un ergot.

Butées de la tige de réglage

Les butées de la tige de réglage limitent le débit de pleine charge des pompes d'injection.

Dans la plupart des cas, la course de la tige de réglage est limitée par une butée réglable (débit de pleine charge). Pour cette limitation, on a plusieurs types de butées de tige de réglage à disposition. On distingue les butées côté pompe: les butées de tige de réglage intégrées dans la pompe d'injection et les butées de tige de réglage côté régulateur. Dans le cadre de ce cahier technique nous étudierons seulement les butées de la tige de réglage côté pompe. Les butées de la tige de réglage côté régulateur sont traitées dans le cahier technique «Équipements d'injection pour moteurs Diesel (2), Régulateurs pour pompes d'injection en ligne».

Butées de la tige de réglage, côté pompe

Sur les butées de la tige de réglage, côté pompe, on distingue les butées fixes et les butées automatiques. La butée fixe est réglable avec une vis qui est assurée par un contre-écrou. Elle peut être réglée sur le débit de pleine charge ou sur le débit de démarrage. Dans le cas des moteurs exigeant au démarrage une quantité de carburant supérieure à la consommation du régime de pleine charge, il est recommandé de monter, sur la tige de réglage ou sur la tringlerie, une butée qui limite en service le débit maximal (pleine charge), mais que l'on peut neutraliser au moment du démarrage (fig. 38). La butée automatique de tige de réglage est incorporée dans la plupart des cas aux régulateurs mini-maxi. Le réglage est opéré par le vissage de la douille de réglage qui est ensuite assurée par un contre-écrou. Cette butée limite le débit maximal de pleine charge quand la vitesse de rotation de la pompe dépasse 400 à 500 tr/min. Lorsque le conducteur appuie à fond sur la pédale d'accélérateur, le moteur arrêté (donc pour le démarrage), le ressort placé dans la butée est comprimé. Le déplacement de la tige de réglage, et par conséquent le débit est alors supérieur à celui à pleine charge. Cependant, dès que le moteur tourne, le régulateur entre en action et il ramène la tige de réglage dans la position de ralenti (coupure du débit) juste avant que la vitesse moyenne de ralenti soit atteinte.

Régulation de la vitesse de rotation

La régulation du débit de carburant injecté est effectuée par des régulateurs mécaniques ou pneumatiques.

Un régulateur de vitesse est nécessaire pour assurer, sur les pompes d'injection, une variation du débit définie en fonction de la vitesse de rotation et de la charge. A cet effet, dans la plupart des cas, on utilise des régulateurs mécaniques. En outre, pour les pompes d'injection en ligne, il y a aussi des régulateurs pneumatiques. En appuyant sur la pédale de l'accélérateur, le chauffeur choisit la vitesse souhaitée par le levier de réglage de vitesse de l'ensemble de pompe d'injection. Le régulateur doit maintenant se charger de modifier le débit de l'équipement d'injection de telle sorte que la vitesse de consigne choisie soit atteinte. Autrement dit le débit est modifié

continuellement jusqu'à ce que la vitesse de rotation effective coïncide avec la vitesse de consigne. Si une charge variable est appliquée au véhicule ou à la machine d'entraînement (p.ex.: une montée), la vitesse de rotation tombe. Dans le cadre de la plage de régulation, le régulateur règle sur un nouveau débit (dans ce cas plus important) et la vitesse de rotation de consigne est de nouveau atteinte.

Régulateur de vitesse

Tous les régulateurs de vitesse ont pour tâche de maintenir une vitesse donnée à l'intérieur d'une plage de tolérances bien définie.

Le régulateur de vitesse règle la vitesse de rotation du moteur Diesel. Il a pour tâche, dans la plage de régulation, de faire en sorte que la vitesse de rotation du moteur ne tombe pas en dessous d'une certaine valeur. D'autre part, on n'a pas le droit de dépasser une certaine vitesse de rotation, sinon le moteur se détruirait lui-même. Dans ce but, le régulateur doit faire coulisser la tige de réglage dans le sens butée de démarrage ou dans le sens butée stop. Pour obtenir une mesure de la variation de la course de la tige de réglage, le régulateur renferme un dispositif qui mesure la vitesse de rotation instantanée; ce dispositif la compare à la valeur de

Figure 38 Butée de tige de réglage fixe.

1 tige de réglage, 2 vis de réglage, 3 surface de butée, 4 capuchon de fermeture.

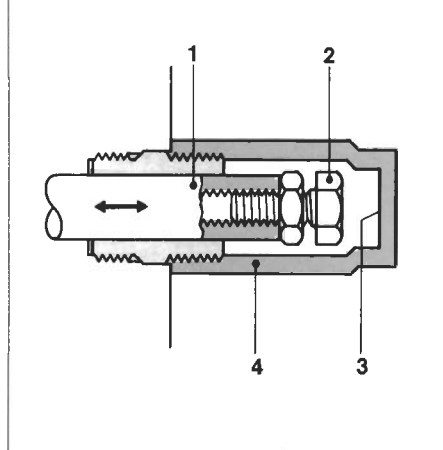
Figure 39 Butée automatique de tige de réglage.

a position de pleine charge, b position de démarrage; 1 tige de réglage, 2 contre-écrou, 3 douille de réglage, 4 douille de butée, 5 ressort de pression, 6 butée.

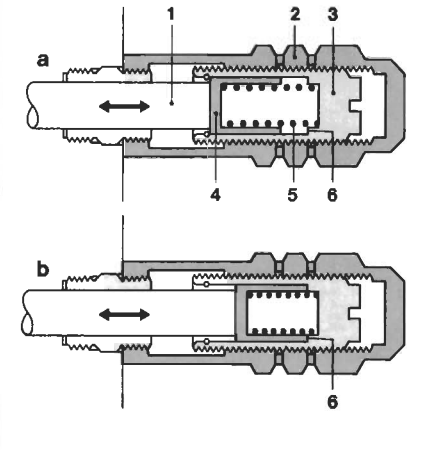
Figure 40 Pompe d'injection et régulateur de vitesse accolés.

1 régulateur de vitesse.

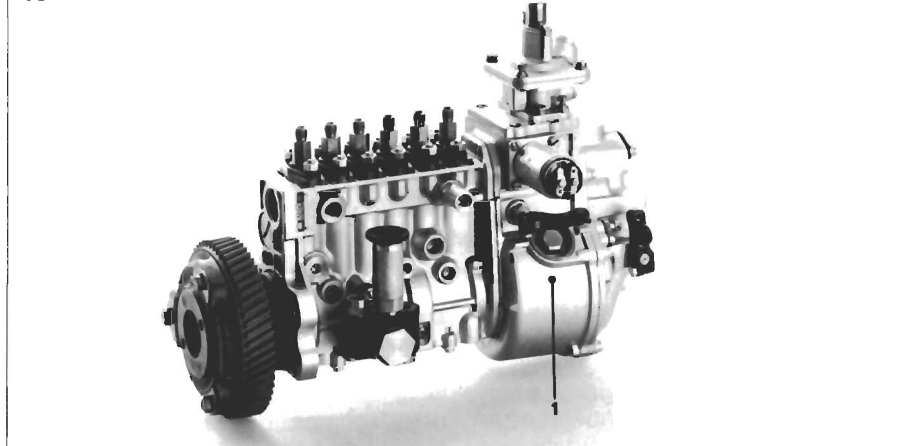
38



39



40



consigne et, en cas de différence, il fait coulisser la tige de réglage dans le sens correspondant jusqu'à ce que la valeur instantanée soit identique à la valeur de consigne.

En plus de cette tâche, le régulateur se charge de fonctions supplémentaires comme la libération ou le blocage automatique du débit de démarrage, la correction du débit de pleine charge en fonction de la vitesse de rotation (correction de débit), pression de l'air de suralimentation et correction altimétrique.

Ces fonctions diverses de régulation ont conduit au développement des types de régulateur suivants:

- régulateurs de vitesse maximale limitant la vitesse maximale de rotation;
- régulateurs mini-maxi, utilisés en majeure partie sur les véhicules. La vitesse minimale et la vitesse maximale sont réglées, mais pas les vitesses intermédiaires. Ici, le débit d'injection est influencé par la pression exercée sur la pédale de l'accélérateur;
- régulateurs toutes vitesses. En plus des vitesses minimale et maximale, ils règlent aussi les vitesses intermédiaires.

L'actionnement des régulateurs est effectué en fonction de la vitesse de rotation par des masselottes ou pneumatiquement en enregistrant les rapports de pression dans le collecteur d'air du moteur.

La construction, le mode de fonctionnement et le comportement en service des régulateurs pour pompes d'injection sont décrits en détail dans le cahier technique VDT-UBP 210/1 Fr «Équipements d'injection pour moteurs Diesel (2), Régulateurs pour pompes d'injection en ligne».

Histoire du Diesel

Tout le monde sait que les moteurs Diesel sont économiques et qu'ils durent longtemps. Mais peu de monde sait que c'est Robert Bosch qui a permis l'utilisation du moteur Diesel sur l'automobile.



Rudolf Diesel (1858-1913)



Robert Bosch (1861-1942)

En 1895, Rudolf Diesel a présenté pour la première fois au public son invention: un moteur à allumage par compression. Par rapport au moteur à essence, qui déjà avait fait ses preuves, ce moteur présentait des avantages, consommation de carburant bien plus réduite; il pouvait fonctionner avec un carburant relativement meilleur marché et, en outre, il pouvait être conçu pour développer des puissances bien plus élevées.

Cette invention s'imposa rapidement et bientôt il n'y eut plus d'alternatives pour les moteurs de bateaux et pour les moteurs stationnaires.

Toutefois, le moteur Diesel avait un inconvénient grave: il ne pouvait pas atteindre des vitesses de rotation élevées.

Plus le moteur Diesel était employé et plus les avantages du système Diesel devenaient connus; mais aussi, plus les demandes pour un petit moteur à allumage spontané à vitesse de rotation élevée augmentaient.

L'obstacle le plus important pour le moteur Diesel à grande vitesse de rotation était le manque d'un dispositif permettant une alimentation adéquate en carburant. Le système d'insufflation utilisé jusqu'alors, qui constituait à souffler du carburant dans la chambre de combustion en utilisant l'air comprimé, ne permettait pas une élévation correspondante de la vitesse de rotation. En outre, cette «pompe à air» exigeait un appareillage important et onéreux de telle sorte que la taille et le poids ne se laissaient pas grandement réduire.

Fin 1922, Robert Bosch décida de se mettre à développer un système d'injection pour moteurs Diesel.

Les conditions techniques préalables étaient favorables: on avait déjà de l'expérience en ce qui concernait les moteurs à essence; la technique de fabrication était bien développée et surtout on pouvait mettre à profit toutes les connaissances tirées de la fabrication des pompes de lubrification.

Robert Bosch et son équipe travaillaient sans répit à cette nouvelle tâche. Déjà au dé-

but de l'année 1923, une douzaine de projets différents de pompes d'injection avaient été conçus. A la mi-1923, les premiers essais ont été réalisés sur le moteur.

Les spécialistes attendaient chaque jour la sortie de la pompe d'injection dont ils attendaient de nouvelles impulsions pour la construction du moteur Diesel.

Dans le courant de l'été 1925, le projet définitif sur le type de construction de la pompe d'injection était achevé; en 1927, les premières pompes d'injection fabriquées en série quittaient les usines.

Cette pompe d'injection développée par Bosch permit finalement au moteur Diesel d'atteindre des vitesses de rotation élevées et donna au moteur Diesel un essor aux dimensions insoupçonnées. Il gagna une plage d'utilisation de plus en plus importante, surtout dans le secteur automobile.

Le développement continu du moteur Diesel et de l'équipement d'injection se poursuivait.

Un véhicule d'essai à moteur Diesel, équipé d'un système d'injection Bosch, à une vitesse de pointe dépassant 360 km/h, a montré, dernièrement, ce dont est capable, actuellement, un groupe d'entraînement Diesel. Normalement, en ce qui concerne les véhicules ayant battu des records, on ne parle pas volontiers de leur consommation. C'est différent quand il s'agit du Diesel: le véhicule ayant battu les records a consommé à la vitesse maximale de 360 km/h seulement 13,6 l aux 100 km et à la vitesse de 250 km/h, ce Diesel de course s'est contenté de 6 l aux 100 km.

La succession laissée par Diesel, même au bout de plusieurs décennies, montre bien qu'elle peut s'adapter et qu'elle peut se développer; il suffit de constater, surtout pour les voitures particulières le développement annuel du pourcentage de Diesel dans le parc automobile. Entre-temps, presque tous les constructeurs européens d'automobiles ont au moins une voiture Diesel dans leur programme.

Série de construction des pompes

Il y a des pompes d'injection de diverses tailles, adaptées aux puissances du moteur correspondantes.

Le débit de carburant maximal à injecter dépend du volume de la course par cylindre. La pression maximale d'injection à appliquer par la pompe peut varier de 400 à 700 bars. On utilise divers types de pompes d'injection pour répondre aux diverses exigences. Les types de pompes sont regroupés en séries de construction qui se recoupent au point de vue puissance. Ainsi, pour chaque but d'utilisation, on a à disposition la pompe d'injection qui convient. A l'intérieur de la série de construction des pompes d'injection PE, il y a deux modes de construction différents: les pompes M-, A- et ZW et les pompes MVV, P et CW. La figure 42 montre les différences principales des deux types d'exécution.

Suivant le principe de la pompe A, le cylindre de pompe est monté directement par en haut directement dans le corps en aluminium. Le cylindre de pompe et le raccord de refoulement sont pressés contre le corps de pompe par l'intermédiaire du support du raccord de refoulement. Les pressions d'étanchéité, qui sont bien plus élevées que les pressions hydrauliques de refoulement, doivent être suppor-

tées par le corps de pompe. Pour cette raison, dans la pompe M, cette pression de pointe est limitée à 400 bars et à 600 bars pour la pompe A.

La vis de réglage de la précourse, dans la pompe A et dans la pompe ZW, se trouve entre le poussoir à galet et la cuvette de ressort. A cet effet, elle est vissée dans le poussoir à galet et elle est fixée par un contre-écrou. Le segment denté se trouve sur la douille de réglage; ce segment denté sert à régler le débit uniforme des pistons de pompe. La douille de réglage se laisse tourner par rapport à la tige de réglage. Sur ce type de construction, ces opérations de réglage ne peuvent être effectuées que si le corps de pompe est ouvert et que si la pompe est arrêtée. Dans ce but, le corps de pompe a un couvercle de chambre à ressorts.

La pompe P se distingue de la pompe A principalement par le manchon à bride et/ou par l'élément à bride. Sur l'exécution avec manchon à bride, le cylindre de pompe est un élément indépendant, autrement dit: le manchon à bride est subdivisé. Par contre, l'élément à bride n'est pas subdivisé. Le manchon à bride, aussi bien que l'élément à bride, sont introduits dans le corps par en haut. Le support de la soupape de refoulement de la pompe P n'est pas vissé dans le corps comme sur la pompe A, mais dans la douille à bride ou dans l'élément à bride. Par ce procédé, on obtient une unité résistant mieux à

la pression. Pour cette raison, cette exécution de pompe peut supporter des pressions de pointe de 750 bars. La rondelle de compensation, servant au réglage de la précourse, se trouve entre le corps et la douille à bride ou l'élément à bride.

Le piston de pompe est, dans ce principe, relié sous l'action d'un ressort au poussoir à galet par l'intermédiaire de la cuvette de ressort inférieure. La douille de réglage a un levier d'accouplement avec rotule ou ergot qui s'engage dans la fente de guidage de la tige de réglage. Le réglage de l'uniformité du débit, à cause du mode de construction fermé, peut être fait de l'extérieur en faisant tourner la douille à bride ou l'élément à bride.

42

Figure 42
Comparaison des pompes d'injection en ligne.

a PE...A...;

b PE...P...;

1 raccord de refoulement

2 pièce de remplissage

3 soupape de refoulement

4 cylindre de pompe

5 élément à bride

6 piston de pompe

7 segment denté

8 douille de réglage

9 levier d'accouplement avec rotule

10 tige de réglage

11 entraîneur

12 ressort de piston

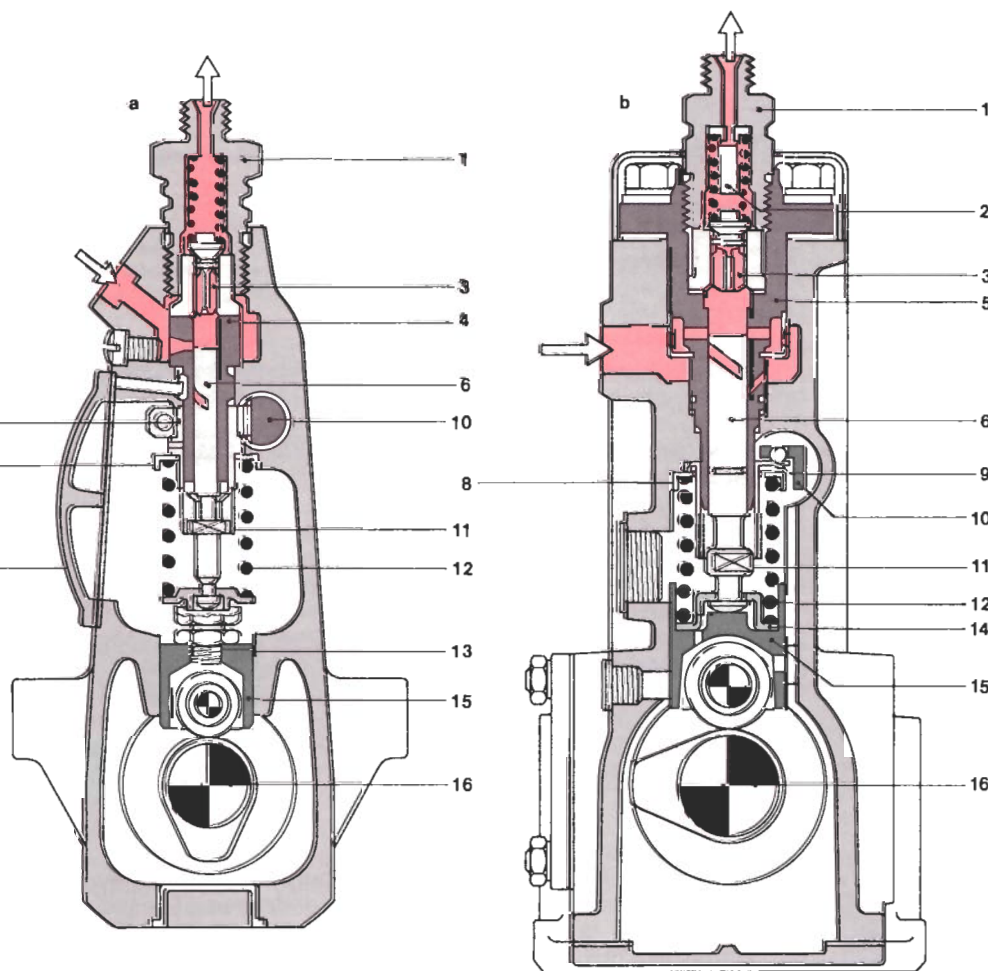
13 vis de réglage

14 cuvette de ressort

15 poussoir à galet

16 arbre à cames

17 couvercle de la chambre des ressorts.



Domaine d'application

La gamme de puissance des moteurs Diesel, équipés des pompes d'injection en ligne, varie de 10 kW à 200 kW par cylindre. Cette gamme de puissance étendue est rendue possible par la multitude des exécutions de pompe. Le domaine et le but d'utilisation des moteurs Diesel sont influencés par la vitesse de rotation, le volume de construction et le poids des pompes d'injection en ligne.

Les pompes d'injection en ligne sont surtout montées sur les moteurs Diesel des camions et des autobus. Mais on les trouve aussi sur les voitures, les tracteurs, les machines agricoles et même sur le matériel de travaux publics. Elles sont utilisées sur les pelles excavatrices, les chargeuses pelleuses, les bulldozers et les camions-bennes.

Les pompes d'injection en ligne sont aussi utilisées sur les moteurs marins. Par exemple, comme moteur auxiliaire sur les cargos et les paquebots ou comme entraînement à grande puissance pour les yachts à moteur, les remorqueurs, les bateaux de pêche, les bateaux pousseurs de chalands sur les voies de navigation intérieures.

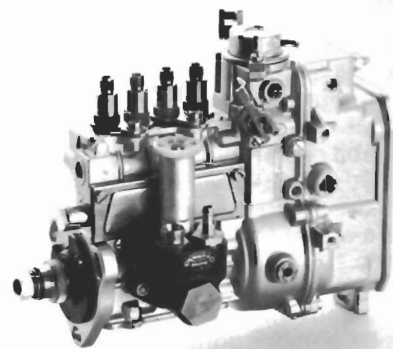
Le moteur Diesel occupe aussi une place importante pour les groupes électrogènes de secours pour que les ascenseurs ne restent pas arrêtés dans les gratte-ciels, dans les banques et les grands magasins, pour que les ordinateurs et les installations d'alarme continuent de fonctionner. Il y a aussi des groupes électrogènes de secours dans les hôpitaux pour assurer le fonctionnement des dispositifs vitaux en cas de pannes de courant.

Taille de pompe M

La taille de pompe M est la plus petite pompe d'injection en ligne de la série de construction PE. Son corps est muni d'un couvercle latéral et d'une plaque de fond. Les pistons de pompe reposent directement sur les poussoirs à galet. Pour le réglage de la précourse, on n'a donc pas besoin de vis de réglage. Dans ce cas, on règle la précourse en utilisant des galets de poussoir de différents diamètres.

Le débit des éléments de refoulement peut être réglé et corrigé l'un par rapport à l'autre après avoir démonté le couvercle latéral. Le réglage individuel est alors fait en faisant glisser les pièces de serrage sur la tige de réglage. En service, la régulation du débit est assurée par la tige de réglage. Sur la taille de pompe M, elle est constituée par une tige d'acier ronde aplatie. Les pièces de serrage, qui ont une rainure, sont fixées sur la tige de réglage. Le levier, qui est solidaire de la tige de réglage, assure la liaison avec la pièce de serrage par l'intermédiaire de son axe riveté. On appelle ce type de liaison: régulation par levier de guidage. En outre, la position du piston de pompe et donc le débit dépendent de la position de la douille de réglage. Pour la lubrification des pièces de la pompe en mouvement, p.ex.: l'arbre à cames, les poussoirs à galet, etc., il y a à cet effet dans la pompe d'injection un volume d'huile déterminé. Comme la pompe d'injection est raccordée au circuit de lubrification du moteur, la circulation de l'huile est assurée en cours de fonctionnement.

44



45

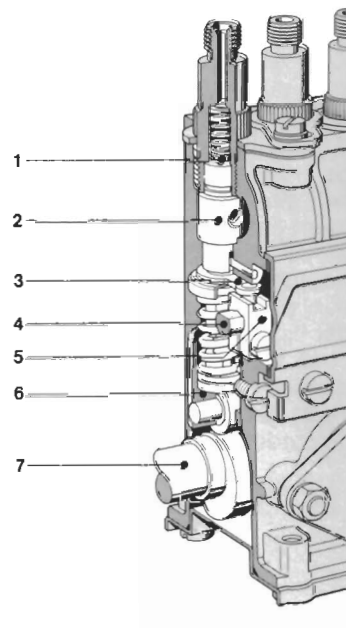


Figure 44 Pompe d'injection Type M.

Figure 45 Coupe du Type M.

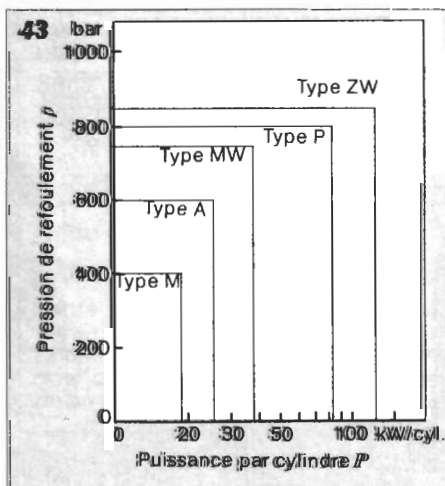
1 soupape de refoulement, 2 cylindre de pompe, 3 guide de la douille de guidage, 4 tige de réglage, 5 pièce de serrage, 6 poussoir à galet, 7 arbre à cames.

Comme sur la pompe M, la lubrification est assurée par raccordement au circuit de lubrification du moteur.

Taille de pompe A

La taille de pompe A suit immédiatement la taille de pompe M. Le débit maximal possible est supérieur à celui de la taille de pompe M. Comme sur la pompe d'injection M, le corps de pompe peut être ouvert sur le côté pour harmoniser le débit des éléments de refoulement l'un par rapport à l'autre. La modification de la position du piston de pompe et ainsi la variation du débit sont effectuées par l'intermédiaire de la régulation par pignon. Comme tige de réglage, on utilise une crémaillère. La tige de réglage, à son extrémité supérieure, porte un segment denté fixé par serrage. La denture de la tige de réglage et du segment denté engrène l'une dans l'autre. La douille de réglage peut être tournée de telle façon qu'un débit uniforme des éléments de refoulement soit obtenu pour corriger le débit individuel de chaque élément. Les poussoirs à galet ont des vis pour le réglage de la précourse. Un contre-écrou sert à les bloquer dans leur position de réglage. En outre, ils constituent une liaison mécanique avec le piston de pompe par l'intermédiaire de la cuvette de ressort inférieure.

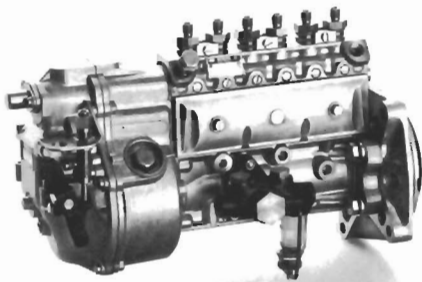
Figure 43 Plage de puissance des pompes d'injection en ligne.



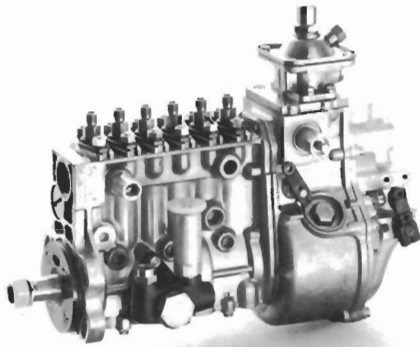
Taille de pompe MW

La taille de pompe MW a été développée pour obtenir des pompes ayant des performances plus élevées. Leur construction diffère grandement des séries M et A. La pompe MW est caractérisée par l'élément à bride. Cet élément est introduit dans le corps de pompe par en haut. Par conséquent, on peut utiliser un corps fermé, c'est-à-dire sans couvercle de chambre de ressorts. Les forces servant à l'étanchéité du circuit haute pression sont absorbées à l'intérieur de l'ensemble élément-soupape à grande rigidité. Le corps de pompe n'est plus sollicité par ces forces nécessaires à l'étanchéité permettant alors à la pompe MW d'engendrer des pressions d'injection plus élevées que sur les pompes M et A.

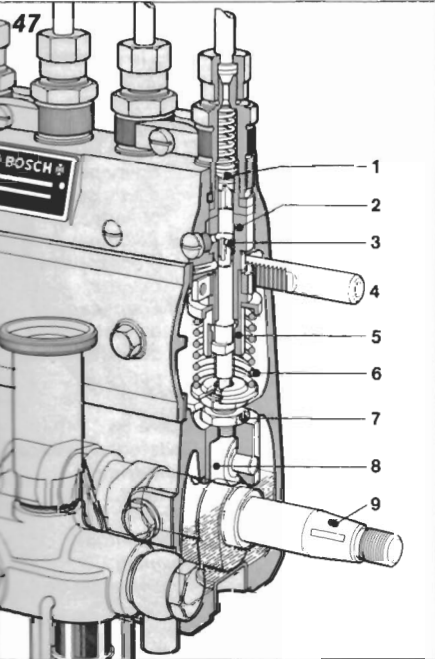
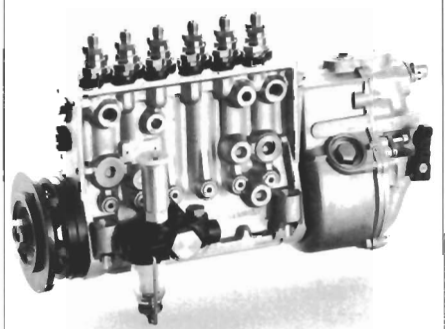
46



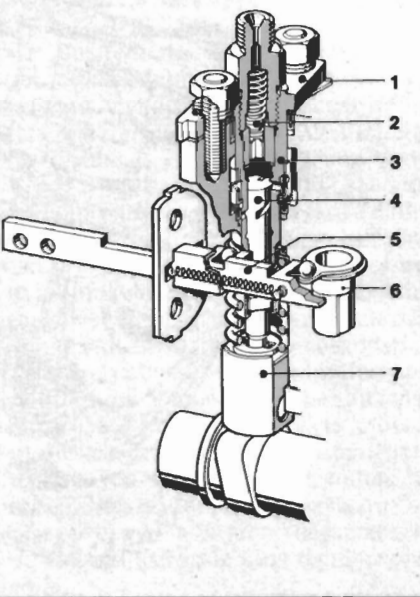
48



50



49



51

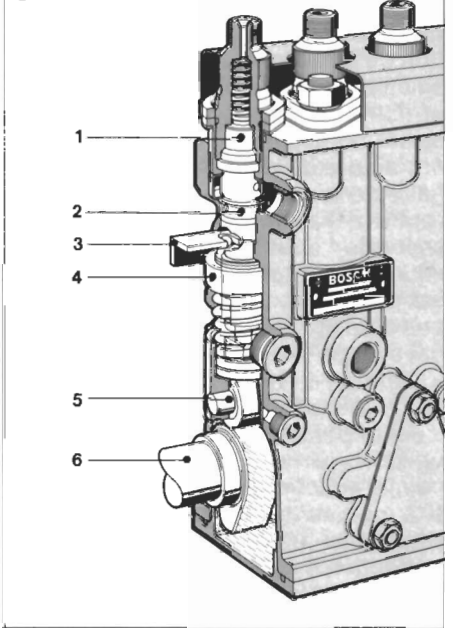


Figure 46 Pompe d'injection Type A.

Figure 48 Pompe d'injection Type MW.

Figure 50 Pompe d'injection Type P.

Figure 47 Coupe Type A.

1 soupape de refoulement, 2 cylindre de pompe, 3 piston de pompe, 4 tige de réglage, 5 douille de réglage, 6 ressort de piston, 7 vis de réglage, 8 poussoir à galet, 9 arbre à cames.

Figure 49 Coupe partielle Type MW.

1 bride de fixation de l'élément de refoulement, 2 soupape de refoulement, 3 cylindre de pompe, 4 piston de pompe, 5 tige de réglage, 6 douille de réglage, 7 poussoir à galet.

Figure 51 Coupe Type P.

1 soupape de refoulement, 2 cylindre de pompe, 3 tige de réglage, 4 douille de réglage, 5 poussoir à galet, 6 arbre à cames.

L'uniformité des débits des éléments individuels est réglée en faisant tourner l'ensemble élément-soupape. A cet effet, la bride est munie de trous oblongs. La position du piston de pompe reste alors inchangée. Des plaques de réglage de différentes épaisseurs sont intercalées entre la bride et le corps pour le réglage de la précourse.

Le raccord de refoulement est vissé dans le cylindre de pompe prolongé vers le haut. Le raccord et la soupape de refoulement constituent l'ensemble élément-soupape avec l'élément de refoulement.

Au cours du fonctionnement, la régulation du débit est assurée par la tige de régulation. Comme tige de régulation, on se sert d'un profilé plat ayant des évidements correspondants. Les billes du levier de guidage fixé sur la douille de réglage engrènent dans ces évidements et elles constituent ainsi une

liaison avec la tige de réglage. Ce type de liaison est appelé régulation par levier.

La pompe est raccordée au circuit de l'huile de lubrification du moteur.

Taille de pompe P

La taille de pompe P suit immédiatement la taille de pompe MW. Ces deux séries de construction sont identiques. C'est pourquoi, les explications concernant la pompe MW sont aussi valables pour la pompe P.

Variateur d'avance

Observation du retard à l'allumage

L'espace de temps entre le début de l'injection et l'inflammation du carburant est appelé le retard à l'allumage. Le début d'injection peut être avancé par un variateur d'avance en fonction de la vitesse de rotation.

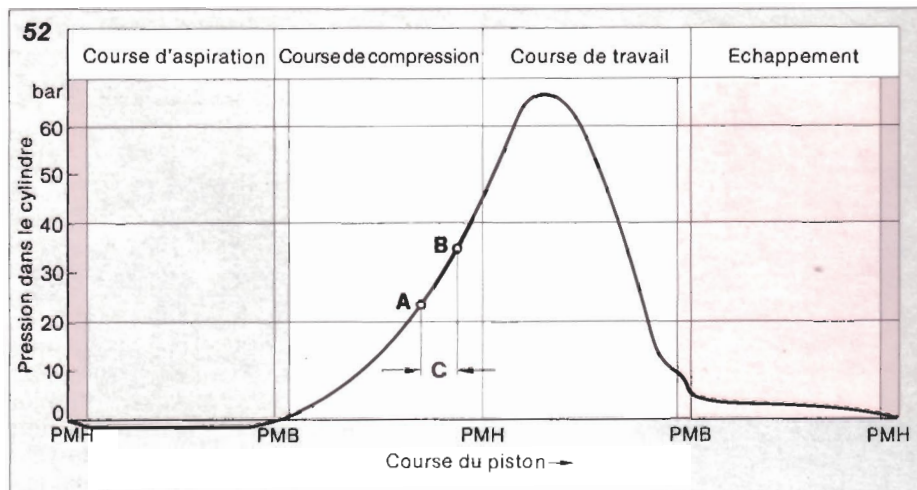
Le carburant a besoin d'un certain temps après le processus d'injection pour former un mélange inflammable. Le retard à l'allumage est influencé par l'aptitude à l'allumage du carburant, le rapport volumétrique, la température de l'air, le degré de pulvérisation du carburant et la formation du mélange. Le retard à l'allumage se fait particulièrement remarquer aux vitesses de rotation élevées parce que l'inflammation du carburant – par rapport à la position du piston du moteur – n'est plus effectuée au moment correct. Un léger retard à l'allumage de 0,001 seconde entraîne le déroulement «souple» souhaité de la combustion; par contre, un retard à l'allumage dépassant 0,002 seconde entraîne un déroulement «dur» de la combustion. Cette dureté est produite par l'augmentation brusque de la pression qui entraîne aussi un développement élevé du bruit. Le déroulement de la combustion a en outre des effets sur la composition des gaz d'échappement et sur la puissance délivrée par le moteur. Pour éviter cela, le point d'injection doit être avancé au fur et à mesure que la vitesse de rotation augmente. Cette variation du début d'injection en fonction de la vitesse de rotation est effectuée par le variateur d'avance.

Variateur d'avance à excentrique

Le variateur d'avance à excentrique existe en version ouverte et en version fermée. Normalement, il est disposé sur l'arbre à cames de la pompe d'injection. Il peut aussi être placé sur un arbre intermédiaire. Le variateur d'avance fermé est rempli suffisamment d'huile pour assurer sa lubrification pendant toute sa durée de vie. Sur le variateur d'avance ouvert, la lubrification est assurée par le raccordement au circuit d'huile de lubrification du moteur. La construction de même que le mode de fonctionnement du variateur d'avance à excentrique sont expliqués à l'aide du type de construction ouvert.

Construction

Le boîtier du variateur d'avance à excentrique du type de construction ouvert est relié à une roue dentée par visserie. Dans le boîtier, le sabot d'avance avec le moyeu de même que les excentriques d'avance et de correction sont montés d'une manière rotative. Les excentriques d'avance et de correction



52

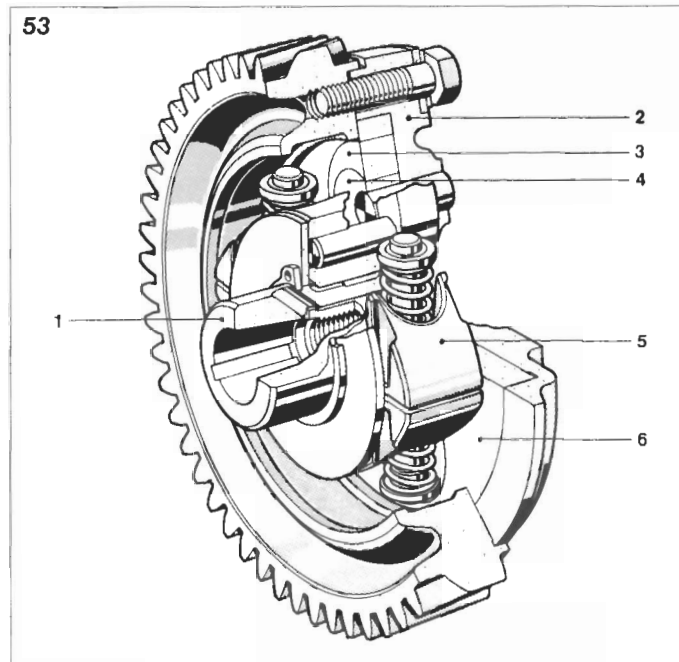


Figure 52
Rapports de pression dans le cylindre.

A début d'injection, B début de la combustion, C retard à l'allumage.

□ Soupape d'admission ouverte,
□ Soupape d'échappement ouverte,
■ Soupapes d'admission et d'échappement ouvertes.

Figure 53
Variateur d'avance à excentriques.

1 moyeu,
2 boîtier,
3 excentrique d'avance,
4 excentrique de correction,
5 ressort,
6 sabot d'avance.

sont guidés par un bossage qui est solidaire du boîtier. Les pivots des masselottes s'engagent dans les alésages des excentriques d'avance. Les ressorts de pression sont disposés par paires dans les masselottes. Ils sont guidés par un bossage. Les masselottes sont assurées contre un décalage axial.

Mode de fonctionnement

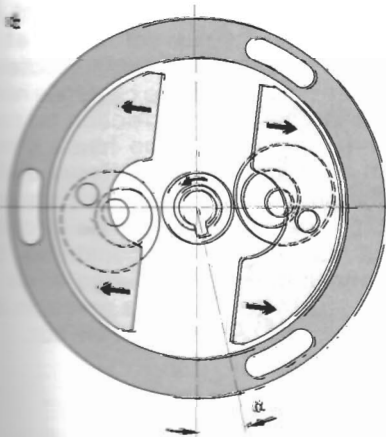
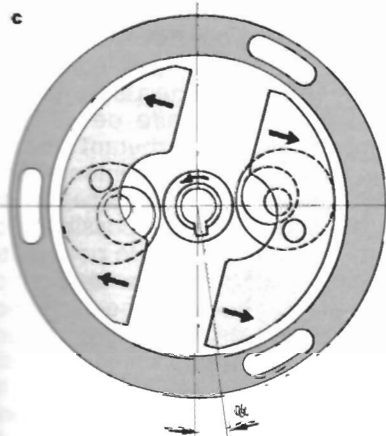
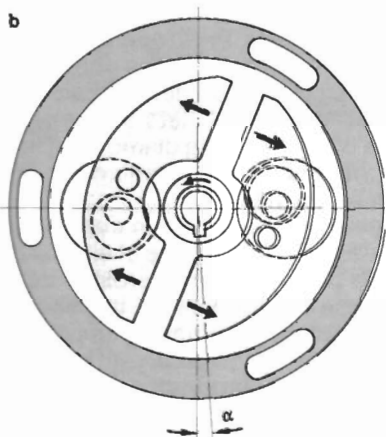
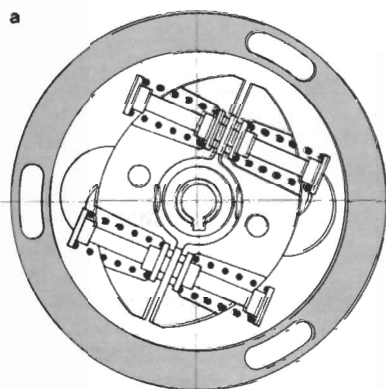
Le variateur d'avance ouvert est entraîné par l'intermédiaire d'une roue dentée placée dans le carter de distribution du moteur. La liaison entre l'entraînement et la sortie (moyeu) est assurée par les paires d'excentriques emboîtées les unes dans les autres. Les excentriques se trouvent dans les alésages du sabot d'avance et ils sont guidés par les bossages du boîtier. Le mouvement d'entraînement est transmis du boîtier au moyeu par l'intermédiaire de ces bossages. Les masselottes, lors de l'arrêt du moteur, sont maintenues dans leur position de sortie par les ressorts de pression. Lorsque le moteur tourne, donc à vitesse de rotation croissante, la force centrifuge croît. Les masselottes s'écartent vers l'extérieur et elles

causent ainsi une rotation des excentriques. La position du moyeu est modifiée par rapport au boîtier à cause du mouvement de rotation des excentriques; on obtient ainsi une modification du point d'injection. Grâce au variateur d'avance à excentriques, on peut obtenir une variation maximale du décalage angulaire de 30° par rapport au vilebrequin du moteur.

Figure 54 (à droite) Fonctionnement du variateur d'avance à excentriques.

a en position de repos, b position à faible vitesse de rotation, c position à vitesse de rotation moyenne, d position finale à vitesse de rotation élevée, α angle de variation.

54



Le moteur Diesel doit-il

... cogner?

Les spécialistes désignent les bruits de cognement intérieur, connus surtout sur les véhicules utilitaires, sous la dénomination de cognement de ralenti; les automobilistes parlent tout simplement de «cognement». Entre-temps, cependant, les moteurs des camions tournent mieux d'une manière plus souple et les moteurs Diesel des voitures tournent aujourd'hui d'une manière presque silencieuse.

Ce cognement caractéristique a sa source dans le déroulement de la combustion dans le moteur. Entre le début de l'injection, la formation du mélange et l'allumage effectif, il y a une brève pause d'environ 0,001 à 0,002 seconde au maximum, appelée le retard à l'allumage. Le retard à l'allumage est d'autant plus grand que le moteur est froid et moins sollicité. Plus le retard à l'allumage est élevé, plus de carburant parvient dans la chambre de combustion jusqu'au début de l'inflammation et il s'enflamme alors brusquement dans la chambre de combustion - le moteur cogne. En conséquence, des constructeurs ingénieurs ont épuisé toutes les possibilités pour réduire le retard à l'allumage et pour assurer un déroulement de la combustion le plus régulier possible.

Comment obtient-on un processus d'injection un petit peu étendu dans le temps et une bonne formation continue du mélange pour éviter des pointes de pression élevées et une montée rapide de la pression de combustion lors de la combustion? Le problème est abordé de plusieurs côtés. D'un côté, la configuration de la chambre de combustion joue un rôle important; justement ces dernières années, on a fait de certains progrès dans ce domaine. D'un autre côté, on peut obtenir un fonctionnement du moteur «endouleur» grâce à une construction et une conception appropriées de l'équipement d'injection - de la pompe jusqu'à l'injecteur -.

Un progrès important a été réalisé il y a quelques années déjà en développant l'injecteur à téton et étranglement qui fournit un préjet avant le jet principal.

Effectivement, les progrès servant à assouplir la marche du moteur Diesel ne peuvent pas passer inaperçus.

Le dégagement de fumée occasionnel des moteurs Diesel nuit encore grande-

... fumer?

ment à la réputation du Diesel dans le public. Une chose est sûre: les constructeurs livrent maintenant des moteurs et des véhicules qui ne sont plus «fumigènes». Finalement, il y a une réglementation qui fixe des valeurs-limites à ne pas dépasser. Si malgré tout les moteurs Diesel dégagent des fumées excessives, il s'agit alors d'un problème d'entretien: par exemple, le filtre à air est colmaté.

La cause du dégagement de fumées est une mauvaise combustion du carburant, autrement dit les hydrocarbures ne sont pas complètement brûlés (fumée bleue) ou alors, lors de la combustion, à cause d'un manque d'air, il y a formation de carbone sous la forme de suie (fumée noire).

Le constructeur du moteur et le fournisseur de l'équipement d'injection Diesel collaborent déjà étroitement au stade précoce du développement des moteurs pour obtenir une combustion optimale qui finalement est décisive pour avoir une faible consommation de carburant. De nombreux essais et calculs ont conduit à une conception du moteur et de l'équipement d'injection Diesel qui remplissent toutes les conditions nécessaires pour obtenir des moteurs à faible dégagement de fumées.

Le débit d'injection doit être dosé de telle manière que même à pleine charge on ait un excès d'air sinon il y aurait un risque d'émission de fumées.

En outre, la direction d'injection du carburant à travers l'injecteur doit être adaptée au mouvement de l'air dans la chambre de combustion et la pression d'injection, qui est engendrée par la pompe haute pression, doit être aussi adaptée au moteur. Ici, il y a des conditions entièrement différentes sur les moteurs à injection directe, à préchambre ou à chambre de turbulence. Finalement, il faut encore aussi régler d'une manière optimale le début d'injection du carburant.

Le résultat de ces essais sont des valeurs de réglage pour le moteur et pour l'équipement d'injection Diesel assurant un fonctionnement du moteur sans fumée. Si ces valeurs de réglage sont respectées et si les opérations d'entretien prescrites sont effectuées, on est alors assuré que cet état ne changera pas pendant toute la durée de vie du véhicule.

Pompes d'injection Type PF

Les pompes d'injection Type PF n'ont pas d'arbre à cames propre (F = entraînement extérieur).

Les pompes d'injection du type de construction PF n'ont pas d'arbre à cames propre. Pour cette raison, les pistons de pompe sont entraînés par un arbre à cames du moteur. La transmission du mouvement d'entraînement peut être effectuée avec ou sans poussoir à galet (voir les figures 57 et 58). Les pompes d'injection PF sont fixées sur le moteur au moyen d'une bride. La position de la bride varie suivant le cas d'utilisation.

Les pompes d'injection PF sont la plupart des pompes monocylindriques. Mais il y a aussi des versions à 2, 3 et 4 cylindres. Au point de vue mode de fonctionnement, toutes les pompes d'injection PF correspondent, en principe, aux pompes d'injection en ligne PE.

Les pompes d'injection PF conviennent aux moteurs de petite, de moyenne et de grosses cylindrées. Elles sont montées sur les tracteurs et sur les machines de travaux publics de même que sur les engins ferroviaires, de navigation et stationnaires. Suivant leur taille, les pompes d'injection PF se distinguent non seulement par leur puissance et leur dispositif de transmission mais encore par leurs cotes d'encombrement. Les tailles de pompe PFE 1 Q et PFR 1 K font partie du groupe des pompes les plus petites tandis que les tailles de pompe PF 1 D et PFR 1 W font partie du groupe de pompe les plus grosses du programme de pompes d'injection Bosch (figure 60).

Le début de refoulement sert de base au calage de la pompe par rapport au moteur. La régulation de la vitesse de rotation du moteur et ainsi le débit de refoulement nécessaire sont influencés par le régulateur de vitesse de rotation. En général, le régulateur est séparé de la pompe. En ce qui concerne le refoulement du carburant, la filtration et la purge, les mêmes règles que pour les pompes PE sont valables.

Pompe PF sans poussoir à galet

Les petites pompes d'injection PF, les PFE 1, p.ex., sont appropriées à la génération de pressions de pointe jusqu'à 500 bars. Pour des pressions de pointe plus élevées (jusqu'à 1000 bars), on peut utiliser p.ex. la pompe d'injection PF 1 D. Le corps et la disposition des brides sont appropriés aux charges élevées de l'entraînement et de l'élément de refoulement. Le positionnement de l'ensemble élément-soupape

55



56

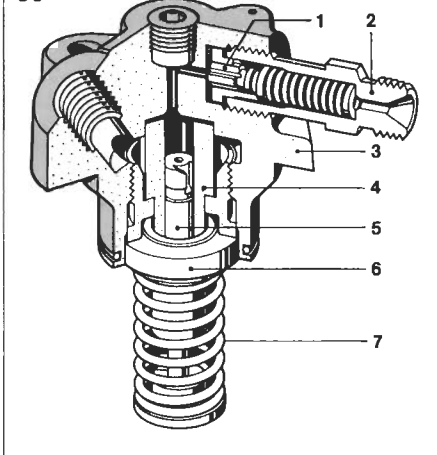


Figure 55 Pompe d'injection Type PFE 1 Q.

Figure 56 Coupe du Type PFE 1 Q.

1 soupape de refoulement, 2 tubulure de refoulement, 3 corps, 4 cylindre de pompe, 5 piston de pompe, 6 douille de réglage, 7 ressort de piston.

dans le corps de pompe est effectué par l'intermédiaire d'une bride sur la tête de la pompe. Les éléments de refoulement peuvent être munis en supplément d'un canal de retour des fuites et d'un barrage d'huile. Voir page 28 les explications supplémentaires concernant le canal de retour des fuites et le barrage d'huile. L'alimentation en carburant et le retour de carburant (pour le volume de décharge) sont placés vis-à-vis. Les tuyauteries sont fixées sur le corps au moyen de bride.

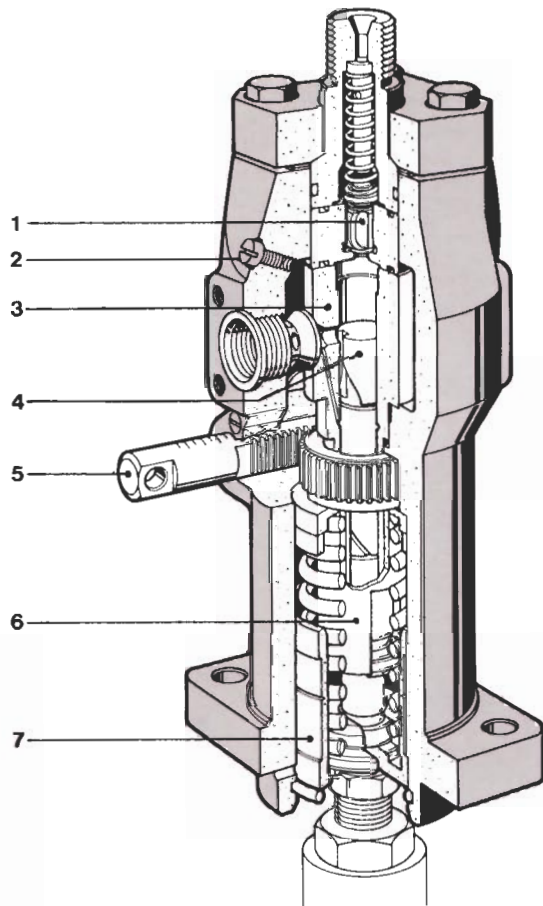
Pompe PF avec poussoir à galet

Même dans la série de construction des pompes d'injection PFR, une large plage d'utilisation est offerte. Exemple, la PFR 1 K qui est appropriée à des pressions de pointe jusqu'à 500 bars. Le développement continu des moteurs Diesel à vitesse de rotation moyenne pour atteindre des puissances plus élevées par cylindre exige toujours des performances plus élevées de la part des équipements d'injection. Les pompes de la nouvelle série de modèles PFR répondent à ces nouvelles exigences. Ces pompes ont été conçues pour des pressions de pointe jusqu'à 1000 bars. Il a été nécessaire d'augmenter le diamètre et la largeur du galet pour obtenir cette pression de pointe élevée.

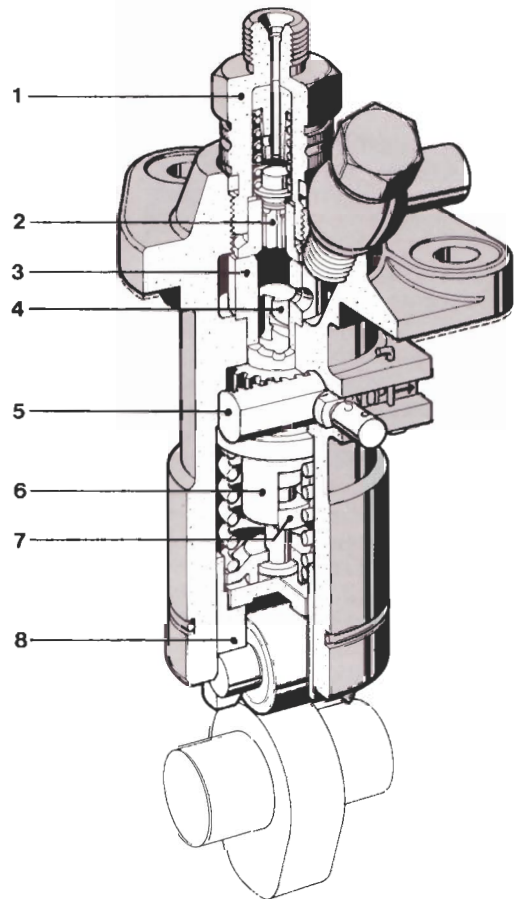
La galerie d'alimentation de la pompe est usinée dans le corps et elle est protégée par des vis anti-érosion contre l'énergie libérée lors de la décharge. Elles servent en même temps d'unités de raccordement aux tuyauteries d'alimentation et de retour.

L'ensemble élément-soupape est pressé contre l'appui à épaulement du corps de pompe avec un pont à bride par l'intermédiaire d'un groupe de soupape et de la tubulure de refoulement. Le cylindre, le groupe de soupape et la tubulure de refoulement sont reliés d'une manière étanche à la haute pression par l'intermédiaire de surfaces planes rodées. Le carburant de fuite retourne à la galerie d'alimentation à partir d'un canal annulaire par un orifice de retour. On a la possibilité de prévoir un barrage d'huile pour éviter une dilution de l'huile de lubrification par le gazole. Sur la pompe d'injection PFR, il est possible d'incorporer une soupape de décharge à pression égale. Elle peut être aussi utilisée sur les autres pompes d'injection PF en fonction des conditions de service du moteur. Elle comprend le clapet de non-retour et le clapet antirefouleur. Pendant la phase de refoulement, le clapet de non-retour est ouvert et le carburant est refoulé vers l'injecteur. En fin de refoulement, le clapet de non-retour est fermé sous l'action du ressort et puis le système haute pression est déchargé par l'intermédiaire du clapet antirefouleur. La pression existant dans la conduite de refoulement est maintenue constante indépendamment de la charge et de la vitesse de rotation par la pression de fermeture du clapet antirefouleur.

57



58



59

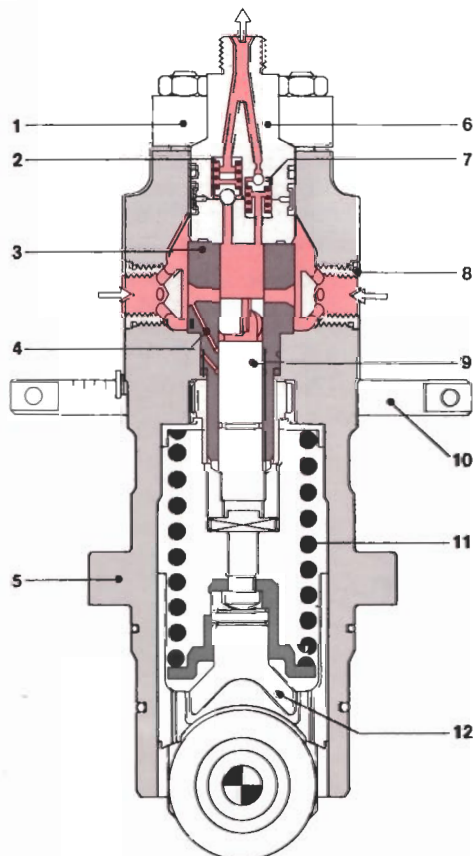


Figure 57 Dessin en coupe du Type PF 1 D.

1 soupape de refoulement, 2 vis de purge, 3 cylindre de pompe, 4 piston de pompe, 5 tige de réglage, 6 douille de réglage, 7 douille de guidage.

Figure 58 Dessin en coupe du Type PFR 1 K.

1 raccord de refoulement, 2 soupape de refoulement, 3 cylindre de pompe, 4 piston de pompe, 5 tige de réglage, 6 douille de réglage, 7 entraîneur, 8 poussoir à galet.

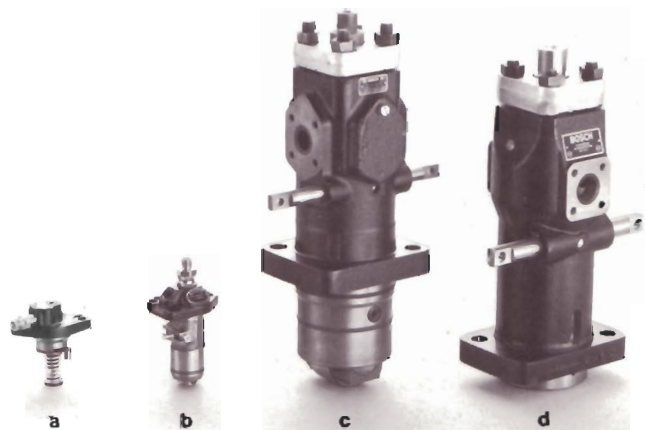
Figure 59 Dessin en coupe du Type PFR 1 W.

1 bride, 2 clapet de non-retour, 3 cylindre de pompe, 4 retour des fuites, 5 bride de fixation, 6 valve d'équilibrage de pression, 7 clapet antirefouleur, 8 vis anti-érosion, 9 piston de pompe, 10 tige de réglage, 11 ressort de piston, 12 poussoir à galet.

Figure 60 Comparaison des tailles des pompes d'injection PF.

a Type PFE 1 Q, b Type PFR 1 K, c Type PFR 1 W, d Type PF 1 D.

60



Pompes pour moteurs à polycarburant

Les pompes d'injection pour les moteurs à polycarburant sont adaptées aux propriétés différentes des carburants.

Les moteurs Diesel de construction spéciale, outre le gazole, peuvent fonctionner à l'essence et au pétrole. Le passage d'une catégorie de carburant à l'autre exige des mesures d'adaptation en ce qui concerne le dosage du carburant pour qu'il n'y ait pas de trop grandes différences de puissance.

Les caractéristiques de carburant différentes les plus importantes sont: la viscosité, le point d'ébullition, les propriétés lubrifiantes, la densité et le point d'auto-inflammation. Des modifications de construction sont nécessaires sur l'équipement d'injection et sur le moteur pour que ces propriétés puissent être utilisées d'une manière optimale.

La galerie d'alimentation de la pompe d'injection est balayée plus intensivement et à une pression plus élevée à cause du point d'ébullition plus bas des carburants utilisés.

Le débit de pleine charge est augmenté grâce à une butée de tige de réglage commutable quand on utilise des carburants ayant une densité moins élevée (essence).

Pompe d'alimentation pour moteurs à polycarburant

Pour répondre aux conditions de fonctionnement différentes, la pompe d'alimentation a été modifiée. Pour maintenir la température de la pompe la plus basse possible, on a intercalé une plaque d'isolation thermique entre la pompe d'alimentation et la pompe d'injection. En outre, comme la pompe d'injection, elle a un barrage d'huile. Il comprend une gorge annulaire dans le corps de pompe à laquelle est amenée de l'huile filtrée provenant du circuit de lubrification du moteur. Le barrage d'huile empêche la formation de fuites plus importantes à cause de la faible viscosité du carburant. En outre, on obtient ainsi un effet lubrifiant pour le piston de la pompe d'alimentation.

Pompe d'injection pour moteurs à polycarburant

Pour éviter les fuites dues à la faible viscosité du carburant, les éléments de refoulement ont un barrage d'huile. A cet effet, il y a deux rainures annulaires dans le cylindre de pompe. La rainure supérieure est reliée à la galerie d'alimentation de la pompe par un trou. Le

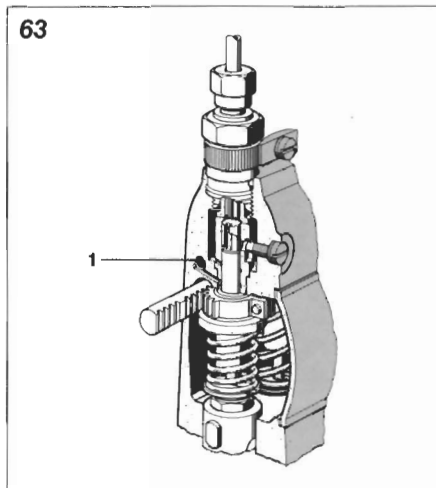
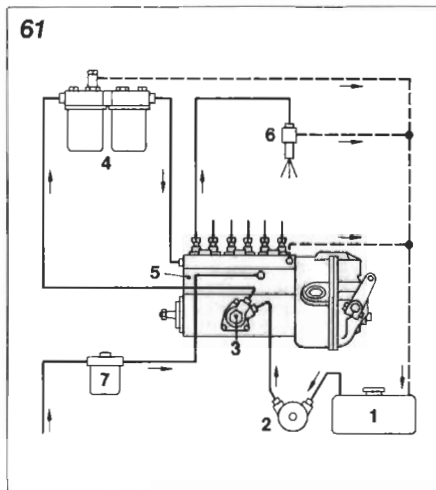


Figure 61 Equipement d'injection pour moteur à polycarburant.

1 réservoir de carburant, 2 pompe de préalimentation, 3 pompe d'alimentation, 4 filtre à carburant, 5 pompe d'injection, 6 injecteur, 7 filtre à huile de lubrification, — sous pression, --- sans pression.

Figure 63 Coupe d'une pompe d'injection pour moteur à polycarburant.

1 orifice d'alimentation pour l'huile de barrage vers la rainure de barrage.

carburant s'échappant entre le piston et le cylindre lors de la course de compression se détend dans cette rainure et retourne dans la galerie d'alimentation par le trou.

La rainure inférieure a un orifice d'alimentation pour le fluide de barrage. Dans cette rainure, de l'huile en provenance du circuit de lubrification du moteur, est refoulée sous pression en passant par un filtre fin. Aux vitesses normales de rotation du moteur, cette pression est supérieure à la pression de carburant dans la galerie d'alimentation; on obtient ainsi une bonne étanchéité de l'élément de refoulement. Un clapet de non-retour empêche le passage du carburant dans le circuit de lubrification quand la surpression au ralenti tombe au-dessous d'une certaine valeur.

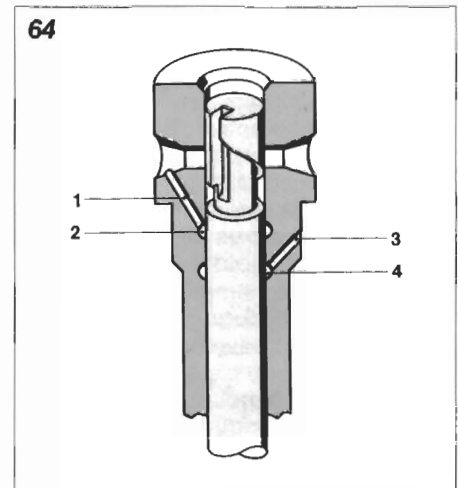
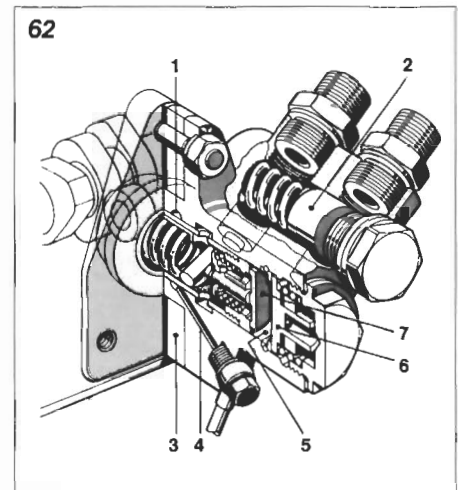


Figure 62 Pompe d'alimentation pour moteur à polycarburant.

1 barrage d'huile, 2 piston de compensation, 3 isolation thermique, 4 arrivée de l'huile de barrage, 5 chambre de pression, 6 clapet de non-retour (côté refoulement), 7 clapet de non-retour (côté aspiration).

Figure 64 Élément de refoulement pour moteur à polycarburant.

1 retour des fuites, 2 rainure de récupération, 3 arrivée de l'huile de barrage, 4 rainure de barrage.

Maintenance de la pompe d'injection

Pour assurer un fonctionnement sans dérangement, la pompe d'injection doit être réglée correctement, purgée et raccordée au circuit de lubrification du moteur.

Avant de mettre la pompe d'injection en service, l'équipement d'injection doit être purgé. La pompe d'injection doit être raccordée au circuit de lubrification du moteur ou être remplie d'huile. En outre, le début de refoulement de la pompe d'injection doit être réglé de telle sorte que le calage de la pompe coïncide avec la marque du début de refoulement sur le moteur. Les valeurs de réglage ont été déterminées en effectuant des essais sur le moteur.

Réglage de la pompe d'injection

Sur le banc d'essai

Le réglage des divers éléments de refoulement les uns par rapport aux autres en ce qui concerne la précourse identique et le même débit est effectué sur un banc d'essai Bosch pour pompe d'injection. Le contrôle et le réglage du régulateur de vitesse et du variateur d'avance est aussi effectué sur le banc.

Les bancs d'essai Bosch pour pompes d'injection sont équipés des dispositifs de mesure nécessaires et leur vitesse de rotation peut être réglée à volonté. Pour toutes les pompes d'injection Bosch, il y a des instructions de remise en état et d'essai de même que des valeurs d'essai qui sont adaptées aux bancs d'essai; de plus, ces instructions contiennent toutes les indications nécessaires à l'entretien et à la remise en état.

Service Après-Vente Bosch



Plus de 50 000 spécialistes dans environ 5000 stations-pilotes Bosch travaillent d'une manière neutre et sans liaison avec une marque de véhicules précise. Chaque station-pilote travaille pour son propre compte. Elle est liée par contrat avec Bosch.

Bosch exige beaucoup: formation professionnelle permanente, stock de pièces de rechange bien assorti, travail de premier ordre. Et avant tout, l'équipement avec les appareils d'essai et de contrôle les plus modernes. Car le spécialiste du Service Après-Vente Bosch ne peut exploiter pleinement son expérience acquise que s'il a à sa disposition un atelier équipé d'une manière moderne.

Il y a des points de Service Après-Vente Bosch pour l'électricité et l'électronique automobiles, la préparation du mélange et l'injection Diesel; dans certaines régions, il y a aussi des points de Service Après-Vente

pour les appareils pneumatiques y compris pour les dispositifs de freinage à air comprimé. La plupart sont des spécialistes de l'électricité automobile, de la préparation du mélange et de l'injection Diesel.

Les stations-pilotes du Service Après-Vente Bosch aident les conducteurs, dans les cas urgents, même en dehors des heures de travail habituelles. Le plus souvent, ils travaillent comme partenaires des concessionnaires de marques de véhicules ou de moteurs. Les groupes d'appareils démontés sont contrôlés immédiatement, entretenus, remis en état et renvoyés aux garages des concessionnaires de marque. Cela est encore plus rapide avec les groupes d'appareils d'échange standard Bosch. Chaque station-pilote du Service Après-Vente prouve combien les critères de qualité Bosch sont sévères en accordant la garantie Bosch sur les groupes d'appareils d'échange standard.

Equipement d'atelier Bosch

Essayer rapidement et sûrement

En tant que l'un des fabricants les plus importants d'équipement automobile, Bosch produit aussi des équipements d'atelier. La production a déjà commencé en 1928. Aujourd'hui, le vaste programme s'étend du Motortester de poche jusqu'au gros banc d'essai de puissance. Que Bosch soit actif dans ce domaine, c'est bien évident. En effet, il fabrique lui-même une grande partie des appareils qui doivent être contrôlés.

Il sait parfaitement ce qui doit être essayé ou contrôlé et comment ils doivent être contrôlés et essayés. Ce savoir-faire se retrouve dans le développement de l'équipement d'atelier. C'est pourquoi, ces appareils de contrôle son particulièrement fiables et construits de telle manière que toutes les pièces et tous les groupes d'appareils importants puissent être contrôlés rapidement et sûrement sur le véhicule.

Banc d'essai de pompes d'injection pour moteurs jusqu'à 1500 ch



Sur le moteur

Pour le calage de la pompe d'injection par rapport au moteur, on se sert du repère du début de refoulement qui se trouve sur le moteur et sur la pompe d'injection. Normalement, on se base sur la course de compression du premier cylindre du moteur; cependant, pour des raisons spécifiques du moteur, on peut utiliser d'autres méthodes. C'est pourquoi, il faut tenir compte des indications du fabricant du moteur.

Sur les moteurs Diesel, dans la plupart des cas, le repère du début de refoulement se trouve sur le volant d'inertie, sur la poulie de la courroie trapézoïdale ou sur l'amortisseur de vibrations. Sur la pompe d'injection, le début de refoulement pour le premier cylindre de pompe est le point où le repère se trouvant sur le demi-accouplement non réglable ou sur le variateur d'avance coïncide avec le trait repère sur le corps de pompe. Sur les pompes à bride, les repères se trouvent sur la roue dentée d'entraînement et sur le pignon enfichable.

La disposition et la désignation des cylindres du moteur sont indiquées par le fabricant du moteur et on doit toujours en tenir compte. Avant le montage de la pompe, la marque du début de refoulement sur la pompe d'injection doit être amenée dans le sens de rotation en face du trait repère sur le carter du moteur ou le début de refoulement doit être réglé d'après la méthode de trop-plein à haute pression.

Purge de l'équipement d'injection

Des bulles d'air dans le carburant peuvent nuire au bon fonctionnement de la pompe d'injection et même l'empêcher. C'est pourquoi, un équipement d'injection, qui a été arrêté provisoirement ou qui va être mis en service, doit être purgé soigneusement. Si sur la pompe d'alimentation, il y a une pompe à main, il faut l'utiliser pour remplir les conduites d'aspiration, de refoulement, le filtre à carburant et la pompe d'injection. A cet effet, il faut tenir ouvertes les vis de purge sur le couvercle du filtre et sur la pompe d'injection jusqu'à ce que le carburant ressorte sans aucune bulle d'air. Ce faisant, il faut mettre la tige de réglage en position «Stop».

Si on a remplacé le filtre ou effectué des travaux sur l'équipement, il faut toujours purger le système d'injection pour terminer.

Au cours du fonctionnement, le système est purgé d'une manière fiable par l'intermédiaire de la soupape de décharge incorporée au filtre à carburant Bosch (purge permanente). Sur les pompes d'injection sans soupape de décharge, il y a un étrangleur à sa place.

65

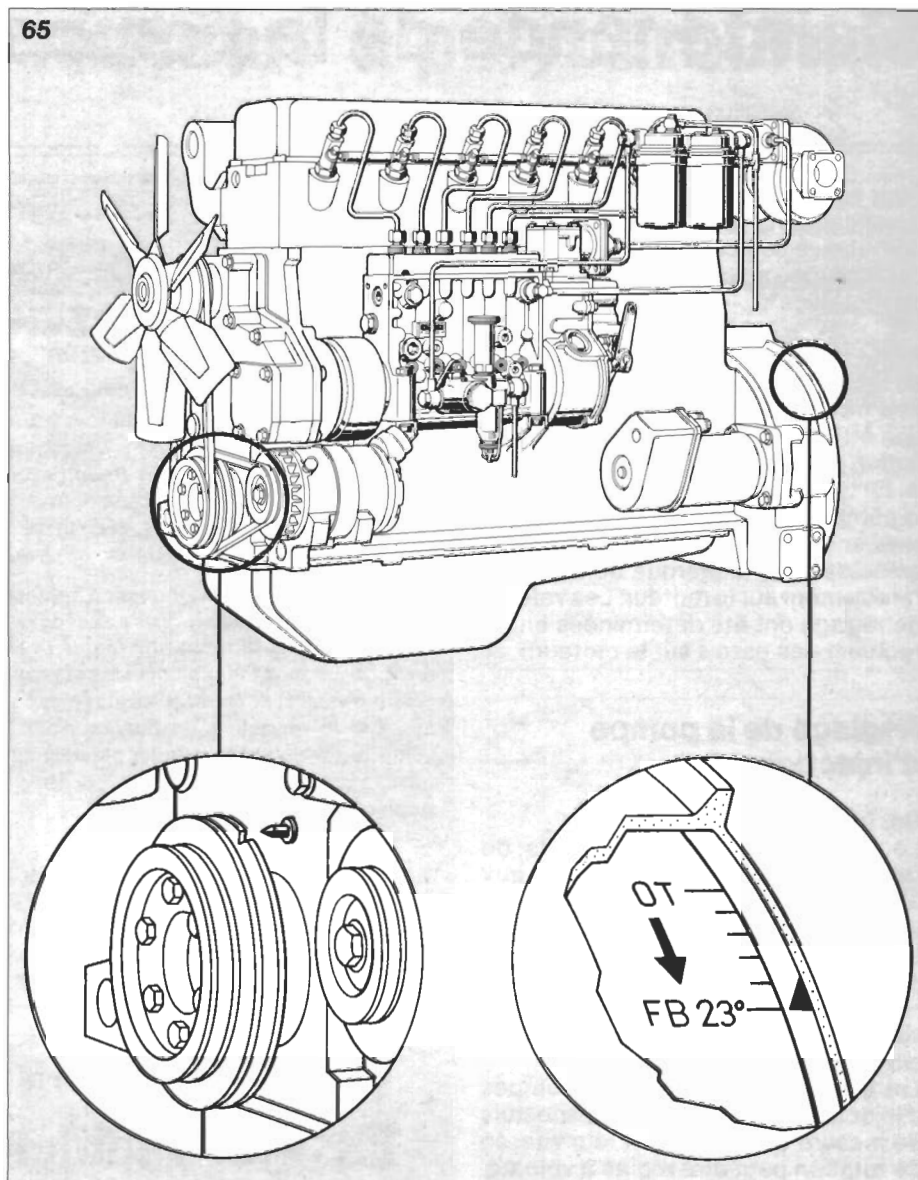


Figure 65 Repères sur le moteur Diesel pour le calage de la pompe d'injection.

66

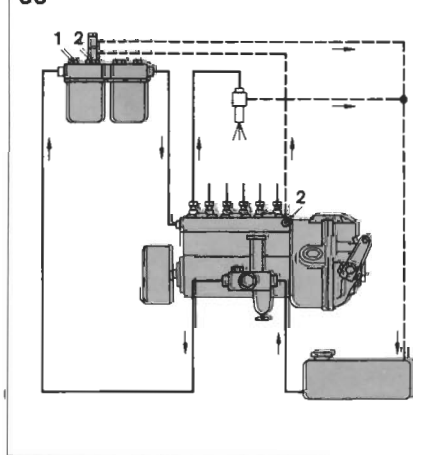


Figure 66 Equipement d'injection avec balayage de la galerie d'alimentation de la pompe d'injection.

1 vis de purge, 2 soupape de décharge ou étrangleur, — sous pression, --- sans pression.

Lubrification

Les pompes d'injection et les régulateurs de vitesse sont raccordés de préférence au circuit de lubrification du moteur. La pompe ne nécessite pas d'entretien en utilisant ce mode de lubrification. L'huile de moteur filtrée est amenée à la pompe d'injection et au régulateur par une conduite de refoulement et par un canal d'arrivée dans la fente du poussoir à galet ou par une

soupape spéciale d'admission d'huile. Le retour de l'huile de lubrification vers le moteur, sur les pompes à fixation sur méplat ou sur berceau, est effectué par une conduite de retour; sur les pompes à fixation par bride, le retour est effectué par les paliers de l'arbre à cames ou par des orifices spéciaux.

La pompe et le régulateur doivent être remplis de la même huile utilisée pour la lubrification du moteur avant la première mise en service.

Sur les pompes qui ne sont pas raccordées au circuit de lubrification du moteur, l'huile de lubrification est versée dans la pompe après avoir enlevé le capuchon de purge ou le filtre de purge sur le couvercle de fermeture. Le contrôle du niveau de l'huile est effectué à chaque vidange d'huile pour le moteur, prescrite par le fabricant du moteur. Pour le contrôle du niveau de l'huile, il faut dévisser la vis de contrôle du niveau de l'huile sur le régulateur. Le

67

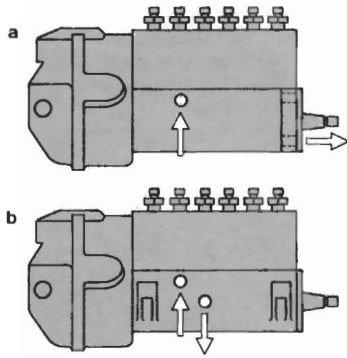


Figure 67 Lubrification de la pompe d'injection.

a retour par le flasque-palier sans bague d'étanchéité, b retour par la conduite de retour.

surplus d'huile (provenant des fuites de carburant) doit être vidangé; le manque d'huile doit être supprimé. Lorsque la pompe est démontée ou lorsque le moteur est révisé, il faut remplacer l'huile de lubrification.

Les pompes et les régulateurs, qui ont une réserve d'huile séparée, ont chacun une jauge d'huile pour le contrôle du niveau de l'huile.

Mise à l'arrêt prolongé de la pompe d'injection

Si le moteur et ainsi la pompe d'injection doivent être arrêtés pendant une période assez longue, du gazole ne doit pas rester dans la pompe d'injection. La formation de résine dans le gazole collerait les pistons de pompe et les soupapes de refoulement et, éventuellement, elle risquerait de les corroder. C'est pourquoi, le gazole restant dans le réservoir reçoit 5 à 10 % d'additif contenant de l'huile antirouille. Le même additif à l'huile antirouille est ajouté à l'huile de lubrification dans la chambre de l'arbre à cames de la pompe. Ensuite, pour le nettoyage, on fait tourner l'ensemble pendant un quart d'heure. Ainsi, les restes du gazole normal sortent de la pompe d'injection et on obtient alors une bonne protection contre le gommage et la corrosion.

Les pompes d'injection neuves, en quittant l'usine, sont protégées efficacement contre la corrosion.

Auxiliaires de démarrage pour moteurs Diesel

La thérapie par la chaleur

Le démarrage matinal à froid débute pour beaucoup de chauffeurs de véhicules Diesel par une attente de 10 à 30 secondes, le temps nécessaire au préchauffage. Sur un grand nombre de moteurs, il n'est pas possible de faire autrement. Car, le mode de fonctionnement des moteurs à auto-allumage exige, au préalable, des températures très élevées dans la chambre de combustion (de l'ordre de 700 à 900 °C); ces températures, sur tous les moteurs Diesel et à toutes les températures extérieures, ne peuvent pas être atteintes dès le premier tour de démarreur.

Le retard au démarrage matinal est causé, en premier lieu, par la faible température de l'air frais aspiré qui peut seulement être suffisamment réchauffé au cours de la course de compression à condition que le taux de compression du moteur ait été choisi suffisamment élevé. Mais comme sur beaucoup de moteurs Diesel le taux de compression a été choisi relativement bas pour avoir un fonctionnement souple du moteur, les constructeurs doivent alors faire appel à des auxiliaires de démarrage.

Pendant le départ à froid, comme éléments de chauffage auxiliaires, dans la plupart des cas, on utilise les bougies de préchauffage qui sont chauffées électriquement par le réseau de bord.

Le préchauffage traditionnel

Depuis des décennies, beaucoup de moteurs, comme encore de nos jours, ont des bougies de préchauffage à fil chauffant à peine modifiées, qui ont fait leurs preuves et qui se sont avérées intéressantes au point de vue coût. Sur ce type de construction, un fil incandescent, qui pénètre dans la chambre de combustion (préchambre), sert d'élément de chauffage. La bougie de préchauffage à fil incandescent, traditionnelle, à très basses températures de l'air aspiré, a besoin d'un temps de préchauffage assez long qui peut durer jusqu'à 30 secondes.

Rendement meilleur

Il y a quelques années, comme concurrente de cette solution qui a fait ses preuves, est apparue la bougie-crayon de préchauffage. Cette bougie-crayon de préchauffage a été tout spécialement développée pour les moteurs Diesel à vitesse de rotation élevée. Elle est insensible à certains états de fonctionnement critiques, par exemple aux combustions «brutales» et elle a un meilleur rendement. La bougie-crayon de préchauffage transforme en énergie calorifique 90 % de l'énergie électrique prélevée au réseau de bord tandis que les bougies de préchauffage à fil incandescent ne transformaient que 35 % environ.

Pour l'amélioration du comportement au démarrage des moteurs Diesel à injection directe, aux températures très basses, il faut utiliser d'autres auxiliaires de démarrage qui ont toujours le but de réchauffer l'air

dans le collecteur d'admission. Une solution relativement simple est l'utilisation ici de tube ou de bride de chauffage. Dans ce cas, une spirale chauffante électrique procure la chaleur nécessaire; son besoin en énergie est important mais son rendement est bien réduit. Pour cette raison, cette solution n'est valable que pour les moteurs de petites cylindrées de 2 à 3 l au maximum.

Les bougies-crayons de préchauffage à flamme sont bien plus efficaces; elles sont une variante des bougies-crayons. La bougie-crayon de préchauffage est placée dans le collecteur d'admission et elle reçoit du carburant par une conduite séparée; le carburant s'enflamme à l'extrémité de l'élément chauffant et l'air aspiré est réchauffé en conséquence.

Amélioration du comportement au démarrage

Tous les équipements de préchauffage utilisés jusqu'à présent ont pu maintenant être améliorés par le développement de la bougie rapide - la bougie-crayon R -. En utilisant un matériau spécial pour la confection du fil chauffant, l'aptitude au démarrage peut déjà être atteinte au bout de 15 à 20 secondes. Le conducteur actionne le démarreur - comme auparavant - dès que la lampe témoin signale que le moteur est prêt au démarrage.

Toujours plus près du moteur à essence

Le système de préchauffage automatique amène le Diesel encore plus près du moteur à essence. Ici, le préchauffage n'est plus effectué d'une manière incommode en agissant sur un commutateur ou en tirant un bouton mais par un commutateur temporisé, à commande manuelle, à effet thermique temporisé. En actionnant le commutateur de démarrage, un relais relie les bougies de préchauffage au circuit de la batterie et en même temps la lampe témoin s'allume. Dès que la lampe témoin s'éteint, le moteur peut être démarré.

La minute d'attente Diesel appartient au passé. Dans les meilleurs cas, on pourrait encore parler des secondes d'attente. La combinaison du commutateur d'allumage/démarrage avec un système automatique de préchauffage rapproche le Diesel toujours plus près du moteur à essence en ce qui concerne l'aptitude au démarrage.

Résumé

1. Pendant la course d'aspiration, le moteur Diesel n'aspire que de l'air. Pendant la course de compression, l'air s'échauffe. Le gazole injecté s'enflamme au contact de l'air surchauffé.

2. Dans les moteurs à explosion, des gaz d'échappement nocifs sont produits par la combustion incomplète. Par rapport au moteur à essence, le moteur Diesel se distingue par des gaz d'échappement contenant moins de matières nocives.

3. La pompe d'alimentation aspire le carburant du réservoir et elle le refoule sous pression dans la galerie d'alimentation de la pompe d'injection à travers le filtre à carburant.

4. Le filtre à carburant arrête les saletés du carburant. La qualité du filtre influence la longévité de la pompe d'injection.

5. L'équipement d'injection sert à injecter le carburant à la quantité exactement dosée et à un moment bien déterminé.

6. Le porte-injecteur sert à fixer l'injecteur dans la culasse du moteur. Il réalise la liaison avec les conduites de refoulement et il contient un ressort qui détermine la pression d'ouverture de l'injecteur.

7. L'injecteur injecte le carburant dans la chambre de combustion. L'injecteur est piloté par la pression de carburant qui est engendrée par la course utile du piston de la pompe d'injection.

8. Les pistons des pompes d'injection en ligne PE sont entraînés par un arbre à cames propre à la pompe.

9. Les éléments de refoulement fonctionnent d'après le principe de la décharge à commande par rampe hélicoïdale.

10. Le refoulement du carburant des pompes d'injection est un processus dynamique. Il comprend plusieurs phases de course. La pression nécessaire à l'injection est engendrée par le piston de pompe.

11. La soupape de refoulement détend le carburant dans la conduite de refoulement et elle maintient une pression résiduelle dans la conduite de refoulement.

12. Le débit de refoulement est piloté par la régulation de la course utile. Cette régulation est effectuée par le régulateur de vitesse par l'intermédiaire de la tige de réglage.

13. La tige de réglage, actionnée par le régulateur de vitesse, fait tourner la douille de réglage. La douille de réglage transmet ce mouvement de rotation par l'intermédiaire d'un entraîneur au piston (méplat sur la tige de piston).

14. Les butées de la tige de réglage limitent le débit de pleine charge des pompes d'injection.

15. La régulation du débit de carburant injecté est effectuée par des régulateurs mécaniques ou pneumatiques.

16. Tous les régulateurs de vitesse ont pour tâche d'empêcher le moteur de s'emballer.

17. L'espace de temps entre le début de l'injection et l'inflammation du carburant est appelé le retard à l'allumage. Le début d'injection peut être avancé par un variateur d'avance en fonction de la vitesse de rotation.

18. Les pompes d'injection Type PF n'ont pas d'arbre à cames propre (F = entraînement extérieur).

19. Les pompes d'injection pour les moteurs à polycarburant sont adaptées aux propriétés différentes des carburants.

20. Pour assurer un fonctionnement sans dérangement, la pompe d'injection doit être réglée correctement, purgée et raccordée au circuit de lubrification du moteur.

Glossaire

Aiguille d'injecteur

Pièce cylindrique mobile dont l'extrémité, avec le siège de l'aiguille dans → le corps d'injecteur forme une soupape.

Arbre à cames

Arbre d'entraînement dont le profil se compose de courbes (arcs de cercle, développantes) et de droites. Sur les pompes d'injection PE, il sert d'entraînement aux → pistons de pompe.

bar

Unité de pression
1 bar = env. 10 N/cm².

Barrage d'huile

Rainure annulaire, dans le cylindre de pompe, remplie d'huile sous pression pour assurer l'étanchéité du piston de pompe contre les fuites de carburant.

Bavage (injecteur qui goutte)

Carburant mal pulvérisé qui s'échappe de → l'injecteur après la phase d'injection.

Carburant

→ Carburant Diesel

Carburant de fuite

Pendant la course de piston, c'est le carburant entre → le piston et → le cylindre de pompe nécessaire à la lubrification ou entre → l'aiguille de l'injecteur et le → corps d'injecteur.

Cétane

Composant des → gazoles.
Plus il y a de cétane dans le carburant, plus il est inflammable. Formule chimique du cétane: C₁₆H₃₄ (hexadécane).

Chambre de combustion

Espace fermé entouré de tous les côtés par le cylindre utile, la culasse et le piston.

Chambre de pression

Dans l'injecteur, c'est la chambre située en dessous du → cône d'attaque de l'aiguille de l'injecteur dans laquelle la pression de carburant devient active en soulevant l'aiguille de l'injecteur.

Circuit de l'huile de lubrification du moteur

(lubrification en circuit fermé sous pression)

La pompe à huile aspire l'huile du carter du vilebrequin à travers un filtre et la refoule sous pression vers les points à lubrifier par l'intermédiaire de conduites.

Clapet de non-retour

Il permet l'écoulement dans un seul sens et il obture automatiquement lorsque l'écoulement a lieu en sens contraire.

Conduite de décharge

Conduite (éventuellement flexible) pour le retour du → carburant sortant de la → soupape de décharge vers le réservoir de carburant.

Conduite de refoulement

Conduite entre → le raccord de refoulement sur la pompe d'injection et le porte-injecteur.

Corps d'injecteur

La partie de l'injecteur constituant le guidage de → l'aiguille d'injecteur, du siège de l'aiguille et du trou pour le jet d'injection.

Coupure

Diminution du → débit par le régulateur dès qu'une vitesse de rotation donnée est dépassée.

Course de compression

L'air aspiré est comprimé pendant que le piston se déplace en direction de la culasse. Vers la fin de la course de compression, le → carburant Diesel est injecté.

Course de compression

(→ course de compression moteur)
Course du piston du PMB vers le PMH lorsque les soupapes d'admission et d'échappement sont fermées.

Course de détente

Course du → piston de pompe de la fin de → la précourse jusqu'à l'ouverture de la soupape de refoulement.

Course du piston

Course entre le → PMB et le → PMH.

Course restante

Course du → piston de pompe de la fin de → la course utile jusqu'au point mort haut.

Course utile

Déplacement du → piston de pompe de la fin de la → course de détente jusqu'à l'ouverture de → l'orifice de décharge du cylindre de pompe par la rampe hélicoïdale du piston de pompe.

Cylindre de pompe

Pièce cylindrique de la → pompe d'injection dans laquelle le → piston de pompe se déplace et qui contient l'orifice de décharge.

Débit de pleine charge

Débit de carburant nécessaire au moteur fonctionnant à pleine charge.

Débit de refoulement

La quantité de carburant, refoulée par cylindre, par la → pompe d'injection.

Débit de surcharge au démarrage

C'est le débit maximal refoulé par la pompe d'injection pour le démarrage du moteur Diesel.

Débit d'injection

La quantité de carburant qui est dosée par un équipement d'injection par cylindre et cycle de travail du moteur.

Débit nul

Quand la rainure longitudinale coïncide avec → l'orifice de décharge, il n'y a plus de refoulement de → carburant.

Débit partiel

→ Volume de carburant refoulé lorsque la → course utile maximale du piston de l'élément de pompe n'est pas totalement exploitée.

Début d'injection

Le début d'injection est le moment de la sortie effective du → carburant de → l'injecteur. Le début d'injection suit immédiatement → le début de refoulement.

Début du refoulement

Début du refoulement quand → l'orifice de décharge est obturé, dans le cylindre de pompe, par le piston.

Décharge (fin du refoulement)

Les → orifices de décharge sont libérés par la → rampe hélicoïdale du piston de pompe.

Dégagement de fumée «Diesel»

→ Particules de suie microscopiques dans → les gaz d'échappement des → moteurs Diesel, apparaissant aux yeux comme de la fumée. L'indice de fumée ou → indice de noircissement est une mesure du volume de fumée «Diesel» dégagé par cycle d'essai.

Degré d'inflammabilité

Le degré d'inflammabilité est une grandeur de mesure de l'aptitude à l'auto-inflammation du → carburant dans les conditions normales de service du moteur. Il est exprimé en → indice de cétane (CaZ ou CZ).

Délai d'injection

Intervalle de temps, exprimé habituellement en degrés de vilebrequin, qui est nécessaire à → l'injecteur depuis le → début de refoulement de → la pompe d'injection jusqu'au → début d'injection effectif.

Douille de réglage

Manchon rotatif, monté sur le → cylindre de pompe et dont la partie inférieure enveloppe → l'entraîneur du piston. Il transforme le mouvement linéaire de la tige de réglage en rotation du piston de pompe pour la régulation du → débit de refoulement.

Élément à un orifice

→ Élément de pompe d'injection dont le cylindre ne comporte qu'un seul alésage qui sert d'orifice d'amenée et de décharge.

Élément de refoulement

Combinaison du → cylindre et du → piston de pompe. Il engendre la haute pression et il refoule le → carburant vers la soupape de refoulement.

Emission

Evacuation de → substances toxiques avec les → gaz d'échappement.

Encoche d'autoretard

Encoche ménagée au sommet du piston de la pompe, qui permet de retarder le début de refoulement lorsque le piston est en position de surcharge-démarrage. Elle est sans effet lorsque le moteur fonctionne à la vitesse normale.

Ensemble injecteur/porte-injecteur

L'ensemble injecteur/porte-injecteur comprend → le porte-injecteur et l'injecteur. Il est placé dans la culasse.

Entraîneur

Pièce du → piston de pompe, qui est guidée dans la → douille de réglage et qui transmet la rotation de la bague de réglage au piston de pompe.

Filtre à carburant

Il sert à retenir les saletés se trouvant dans le carburant. Dans la plupart des cas, ce sont des filtres en papier.

Filtre fin

→ Filtre à carburant à élément filtrant à pores fins, en majeure partie en papier de fine porosité.

Filtre-tige

Filtre en forme de tige, monté dans la tubulure d'arrivée aux → porte-injecteur, dont le rôle est d'assurer une filtration ultime du carburant et de protéger l'injecteur.

Fin du refoulement

La fin du refoulement est atteinte quand → l'orifice de décharge est démasqué par le piston.

Force centrifuge

Pour les mouvements de rotation, force fuyant le centre et appliquée radialement vers l'extérieur.

Galerie d'alimentation (pompe d'injection)

Chambre interne de la → pompe d'injection reliée à la conduite d'alimentation en carburant et entourant les éléments de refoulement avec les → orifices d'amenée et de décharge.

Gaz d'échappement

Les gaz d'échappement des moteurs à combustion interne comprennent l'azote provenant de l'air ayant traversé le moteur et les produits de combustion du carburant et de l'huile de lubrification utilisée.

Gazole

Le gazole est un mélange d'hydrocarbures divers dont les points d'ébullition varient de 200 à 360°C. Ils proviennent de la distillation ou du «cracking» du pétrole. Il est approprié au fonctionnement des moteurs Diesel.

Indice de cétane

Mesure d'inflammabilité des → gazoles. Plus l'indice de cétane est élevé, plus le carburant est inflammable.

Indice de noircissement

Mesure de la concentration de → suie évacuée dans les → gaz d'échappement, visible sous la forme de fumée derrière le pot d'échappement. Ce sont des nombres entre 0 et 10.

Injecteur

Groupe de pièces comprenant → le corps et → l'aiguille d'injecteur pour l'introduction et la pulvérisation du carburant dans la chambre de combustion du → moteur Diesel.

Loi d'injection

Courbe de la → quantité momentanée injectée (mm³) pendant → la durée d'injection (mesurée en degré d'arbre à cames).

Loi de refoulement

Le volume de carburant qui est refoulé théoriquement par degré d'angle d'arbre à cames (mm³/° d'arbre à cames) par le → piston de pompe d'un diamètre déterminé, d'une certaine → course utile et d'une certaine forme de came.

Lubrification du moteur

Lubrification de → la pompe d'injection en la raccordant au circuit de lubrification du moteur.

Lubrification par barbotage

Lubrification des pièces en mouvement de la pompe par l'huile projetée par le vilebrequin.

Masselottes

Au fur et à mesure que la vitesse de rotation augmente, les masselottes sont soumises à la force centrifuge qui en s'opposant à la force d'un ressort actionne un dispositif de réglage.

Modes de combustion

- a) à injection directe
(→ moteur à injection directe)
- b) à injection indirecte
(→ moteur à chambre de précombustion)
(→ moteur à chambre de turbulence)

Moteur à chambre de turbulence

→ Moteur Diesel avec → chambre de combustion compartimentée dans laquelle → le carburant est injecté. Cette chambre est reliée au cylindre du bloc-moteur par une ouverture relativement grande. Lors de la phase de compression, il se produit un brassage d'air dirigé.

Moteur à combustion interne

Machine thermique produisant de l'énergie utile en brûlant des carburants dans la chambre de combustion – dont le volume varie sous l'action des mouvements de pistons ou de rotors.

Moteur à injection directe

Dans le moteur à injection directe, le carburant est injecté directement dans la → chambre de combustion non compartimentée.

Moteur à polycarburant

Moteur à explosion qui peut fonctionner en utilisant des → carburants différents. Ces carburants peuvent différer grandement au point de vue → inflammabilité et courbe d'ébullition.

Moteur à préchambre

(moteur Diesel à préchambre)
Le → carburant est injecté dans une chambre qui est reliée au cylindre du bloc-moteur par un ou plusieurs orifices relativement étroits. Un flux d'air dirigé n'est pas nécessaire.

Moteur Diesel

Moteur à combustion interne. Le carburant injecté dans la chambre de combustion s'enflamme au contact de la charge d'air après que celle-ci a été portée à une température suffisamment élevée, par la compression, pour assurer l'inflammation.

Ordre d'allumage

Ordre dans lequel l'allumage se produit successivement dans les différents cylindres.

Ordre d'injection

Ordre dans lequel les divers → éléments de refoulement refoulent (d'une manière correspondant à l'ordre d'allumage du moteur).

Orifice d'amenée

Alésage latéral pratiqué dans le → cylindre de pompe et par lequel le → carburant Diesel pénètre dans l'élément de refoulement.

Orifice de décharge

Alésage latéral, ménagé dans le → cylindre de pompe, permettant l'amenée et la décharge du carburant. Pendant le refoulement, il est obturé par le piston; la rampe hélicoïdale le démasque à la → fin du refoulement.

Pédale d'accélérateur

Pédale servant à faire varier la vitesse de rotation du moteur sur les régulateurs toutes vitesses ou à faire varier le débit de refoulement sur les régulateurs mini-maxi.

Piston de détente

Epaulement annulaire usiné sur → la soupape de refoulement.

Plein débit (débit de pleine charge)

Débit maximal de $\rightarrow$ l'élément de refoulement pendant le fonctionnement de la pompe.

Point mort bas (PMB)

Position géométrique à laquelle le mouvement du piston change de direction et le volume du cylindre atteint $\rightarrow$ approximativement $\rightarrow$ son maximum.

Point mort haut (PMH)

Position géométrique à laquelle le mouvement du piston change de direction et le volume du cylindre atteint $\rightarrow$ approximativement $\rightarrow$ son minimum.

Pompe à main

Elle sert au premier remplissage de l'équipement d'injection des $\rightarrow$ moteurs Diesel ou à son dégazage après une intervention ou une remise en état.

Pompe d'alimentation (mécanique)

Pompe entraînée par $\rightarrow$ l'arbre à cames de la pompe d'injection; elle aspire le $\rightarrow$ carburant du réservoir et elle le refoule dans la $\rightarrow$ galerie d'alimentation de la pompe d'injection.

Pompe d'injection

Pompe entraînée par le moteur, qui dose le $\rightarrow$ carburant et l'injecte sous pression par une $\rightarrow$ conduite de refoulement, un $\rightarrow$ porte-injecteur et un $\rightarrow$ injecteur dans la chambre de combustion.

Porte-injecteur

Le porte-injecteur comprend le corps de retenue, le disque intermédiaire, l'écrou-raccord, la tige-poussoir, le ressort de pression, les rondelles et les ergots de positionnement. Avec $\rightarrow$ l'injecteur, il constitue $\rightarrow$ l'ensemble injecteur/porte-injecteur.

Poussoir à galet

Il transmet les courses de la came de l'arbre à cames de la pompe au piston de pompe. Le galet épouse la forme du profil de la came.

Précourse

Course du $\rightarrow$ piston de pompe du point mort bas jusqu'au $\rightarrow$ début du refoulement.

Pression de fermeture de l'injecteur

Pression qui détermine la fermeture de l'orifice d'injection par l'aiguille en fonction de la force du ressort de pression.

Pression d'injection

Pression à laquelle le carburant est injecté dans $\rightarrow$ la chambre de combustion du moteur. La pression maximale d'injection nécessaire (pression de pointe) dépend du $\rightarrow$ processus de combustion.

Pression de pointe

C'est la pression maximale dans la conduite de refoulement avant l'ouverture de $\rightarrow$ l'injecteur, engendrée en fonction de la $\rightarrow$ loi d'injection.

Pression de tarage de l'injecteur

C'est la pression qui soulève l'aiguille en fonction de la prétension du ressort de pression. Appelée aussi pression d'ouverture.

Purge ou dégazage

Expulsion de l'air qui a pénétré dans l'équipement d'injection. Le dégazage est effectué par pompage du $\rightarrow$ carburant et ouverture des vis de purge d'air.

Raccord de refoulement

Raccord fileté vissé dans $\rightarrow$ la pompe d'injection maintenant $\rightarrow$ la soupape de refoulement et servant au raccordement de la $\rightarrow$ conduite de refoulement.

Rampe hélicoïdale

Gorge en forme d'hélice $\rightarrow$ ou chanfrein diagonal droit $\rightarrow$ taillée dans le $\rightarrow$ piston de la pompe d'injection et assurant la commande du débit de carburant.

Régulateur

Régulateur de vitesse pour $\rightarrow$ pompes d'injection soit centrifuge soit pneumatique. Pour assurer le réglage automatique du ralenti et de la vitesse maximale ou pour maintenir les vitesses de rotation réglées quelle que soit la charge.

Régulateur pneumatique

Régulateur qui détecte la différence entre la pression atmosphérique et la pression régnant dans le collecteur d'admission du $\rightarrow$ moteur Diesel et qui règle le $\rightarrow$ débit de refoulement de la $\rightarrow$ pompe d'injection mécaniquement.

Rendement du moteur

Valeur caractéristique de l'efficacité des phénomènes se produisant dans le moteur, caractérisant la transformation de l'énergie fournie en travail utile.

Réserve d'huile commune

Alimentation du régulateur de vitesses en huile de lubrification à partir de la réserve d'huile de $\rightarrow$ la pompe d'injection.

Ressort de piston

Ressort hélicoïdal de rappel du piston de pompe après la $\rightarrow$ course du piston.

Retard à l'allumage

Intervalle de temps entre le début de l'injection et l'inflammation du mélange air/carburant.

Retour du carburant de fuite

Rainure circulaire et alésage incliné du cylindre de pompe pour le retour du $\rightarrow$ carburant de fuite dans la $\rightarrow$ galerie d'alimentation de la pompe d'injection.

Soupape de décharge

Clapet taré par un ressort, éventuellement réglable, servant à maintenir constante la pression de carburant dans la galerie d'alimentation de la pompe d'injection.

Soupape de refoulement

$\rightarrow$ Clapet de non-retour incorporé à $\rightarrow$ la pompe d'injection avec $\rightarrow$ piston de détente et piloté par la pression du carburant.

Substances toxiques

Ensemble des substances qui peuvent nuire à l'organisme et qui sont nauséabondes et fumigènes.

Dans les $\rightarrow$ gaz d'échappement, les substances suivantes sont dites toxiques: le monoxyde de carbone, les hydrocarbures, les oxydes d'azote, le plomb et les fumées provoquées par l'échappement des moteurs «Diesel». Dans divers pays il existe une réglementation fixant les valeurs limites maximales.

Suie

Résidus de combustion provenant des substances contenant du carbone. Les dépôts de suie sur les surfaces froides ou dans les $\rightarrow$ gaz d'échappement des $\rightarrow$ moteurs Diesel sont le signe de combustion incomplète. Voir aussi $\rightarrow$ dégagement de fumée «Diesel».

Taux d'injection

La quantité de carburant injectée dans un cylindre par degré d'arbre à cames ($\text{mm}^3/\text{°}$ d'arbre à cames).

Tige de réglage

La tige de réglage transmet les mouvements de régulation du régulateur à la pompe d'injection. Le débit de refoulement est modifié sur la $\rightarrow$ douille de réglage par l'intermédiaire d'une crémaillère ou d'un levier articulé.

Vis de contrôle du niveau de l'huile

Vis sur le corps de pompe ou de régulateur pour le contrôle ou la correction de la réserve d'huile de lubrification.

Vitesse de pleine charge

- n_{vh} vitesse de rotation maximale correspondant à la courbe de pleine charge (pour le moteur du véhicule correspond à n_n),
- n_{vn} vitesse de rotation la plus petite correspondant à la courbe de pleine charge.

Vitesse de rotation de l'arbre à cames

Nombre de tours de l'arbre à cames par minute. Sur les moteurs à 4 temps = $1/2$ vitesse de rotation du vilebrequin; sur les moteurs à 2 temps = vitesse de rotation du vilebrequin.

Vitesse de rotation maximale n_{vh} à pleine charge

Vitesse de rotation maximale correspondant à la courbe de pleine charge. Pour le moteur du véhicule, elle correspond à la vitesse nominale n_N .

Volume de réaspiration

Il s'agit du volume de carburant qui est refoulé de la conduite d'injection au moment de la fermeture de $\rightarrow$ la soupape de refoulement.

La page de tests

1. Lors de la course d'admission, le moteur Diesel aspire
 - ☐ a) uniquement de l'air
 - ☐ b) un mélange air/carburant
2. Le moteur Diesel fonctionne sur le principe de la
 - ☐ a) combustion dans un espace à volume invariable
 - ☐ b) combustion à pression uniforme
3. La pompe d'alimentation refoule le carburant
 - ☐ a) vers la galerie d'alimentation de la pompe d'injection
 - ☐ b) dans la chambre de combustion du moteur
4. Le filtre à carburant
 - ☐ a) n'est pas impérativement nécessaire à l'équipement d'injection
 - ☐ b) est absolument nécessaire au bon fonctionnement de l'équipement d'injection
5. Quelle est la dimension moyenne des pores du filtre à carburant pour les pompes d'injection en ligne?
 - ☐ a) 0,0015 mm (soit 1,5 μm)
 - ☐ b) 0,015 mm (soit 15 μm)
 - ☐ c) 0,15 mm (soit 150 μm)
6. Les critères les plus importants de l'injection du carburant sont:
 - ☐ a) le moment où le carburant est injecté
 - ☐ b) la durée de l'injection du carburant
 - ☐ c) la répartition du carburant dans la chambre de combustion
 - ☐ d) le moment du début de la combustion
 - ☐ e) la quantité de carburant amenée par degré de rotation de vilebrequin
 - ☐ f) le volume total de carburant injecté
7. Quelle est l'importance du jeu entre l'aiguille et le corps d'injecteur?
 - ☐ a) 2 à 4 μm
 - ☐ b) 20 à 40 μm
 - ☐ c) 200 à 400 μm
8. Quel est l'injecteur approprié au moteur à injection directe?
 - ☐ a) injecteur à téton
 - ☐ b) injecteur à téton et étranglement
 - ☐ c) injecteur à trous
9. La pompe d'injection PE est entraînée
 - ☐ a) par un arbre à cames propre à la pompe
 - ☐ b) par un arbre à cames étranger à la pompe
10. La pompe d'injection
 - ☐ a) est une pompe à piston
 - ☐ b) n'est pas une pompe à piston
11. La pompe d'injection refoule le carburant
 - ☐ a) pendant toute la course
 - ☐ b) seulement pendant une partie de la course
12. Le refoulement du carburant commence
 - ☐ a) au point mort bas
 - ☐ b) quand l'orifice d'amenée est fermé par le mouvement ascendant du piston de pompe
 - ☐ c) quand la course de détente est terminée par le mouvement ascendant du piston de pompe
13. Le refoulement du carburant se termine
 - ☐ a) quand la rampe hélicoïdale du piston démasque l'orifice de décharge
 - ☐ b) quand le piston de pompe a atteint le point mort haut
14. La soupape de refoulement a pour tâche
 - ☐ a) de soulager la conduite de refoulement
 - ☐ b) de séparer, entre les courses utiles, la conduite de refoulement de la chambre de haute pression
 - ☐ c) de maintenir une pression résiduelle dans la conduite de refoulement
15. On modifie le débit d'injection par
 - ☐ a) modification de la course utile
 - ☐ b) modification de la course totale
16. La hauteur de la course utile dépend
 - ☐ a) de la position de la rampe hélicoïdale par rapport à l'orifice de décharge
 - ☐ b) du réglage de la soupape de refoulement
 - ☐ c) de la forme de la came
17. En position de débit nul
 - ☐ a) la rainure longitudinale se trouve devant l'orifice de décharge
 - ☐ b) la rampe hélicoïdale se trouve devant l'orifice de décharge
 - ☐ c) la surface de l'enveloppe se trouve devant l'orifice de décharge
18. Les régulateurs de vitesse des pompes d'injection ont pour tâche de
 - ☐ a) limiter la vitesse de rotation maximale
 - ☐ b) faire en sorte que la vitesse minimale soit atteinte
 - ☐ c) de comparer la valeur réelle avec la valeur de consigne
19. Sur la pompe M, le réglage de la précourse est effectué
 - ☐ a) avec des vis de réglage
 - ☐ b) avec des galets-poussoirs de différents diamètres
 - ☐ c) avec des plaques de réglage
20. Sur la pompe A, le réglage de la précourse est effectué
 - ☐ a) avec des vis de réglage
 - ☐ b) avec des galets-poussoirs de différents diamètres
 - ☐ c) avec des plaques de réglage
21. Le réglage de la précourse avec des plaques de réglage est effectué sur
 - ☐ a) la pompe M
 - ☐ b) la pompe A
 - ☐ c) la pompe MW
 - ☐ d) la pompe P
22. Sur quelle pompe règle-t-on l'égalité des débits en faisant tourner l'ensemble élément/soupape?
 - ☐ a) pompe M
 - ☐ b) pompe A
 - ☐ c) pompe MW
 - ☐ d) pompe P
23. Après l'injection dans la chambre de combustion
 - ☐ a) le carburant s'enflamme immédiatement
 - ☐ b) le carburant s'enflamme avec un certain retard
24. Le retard à l'allumage est l'intervalle de temps entre
 - ☐ a) le début du refoulement et le début d'injection
 - ☐ b) le début d'injection et l'inflammation du mélange air/carburant
 - ☐ c) le début du refoulement et l'inflammation du mélange air/carburant
25. Le variateur d'avance a pour tâche de
 - ☐ a) modifier le débit d'injection
 - ☐ b) faire varier le point d'injection
26. La pompe d'injection PF
 - ☐ a) n'a pas d'arbre à cames propre
 - ☐ b) a son propre arbre à cames
27. Avant la première mise en service ou après tous les travaux d'entretien, l'équipement d'injection
 - ☐ a) doit être purgé
 - ☐ b) ne doit pas être purgé

Solutions

Question	Page	Question	Page
1	4	15	17
2	4	16	17
3	6	17	17
4	8	18	19
5	8	19	22
6	8	20	22
7	10	21	22/23
8	10	22	22/23
9	12	23	24
10	12	24	24
11	15	25	24
12	15	26	26
13	15	27	30
14	16		