

**REPARATION DES ENGIN A MOTEUR**

**RESUMES DE THEORIE ET TRAVAUX  
PRATIQUES**

**MODULE NO : 18**

**REPARATIONN DES SYSTEMES  
D'INJECTION DIESEL**

**Spécialité :**

**TECHNICIEN EN REPARATION AUTO**

**Niveau :**

**Technicien**

**Juillet : 2003**

### **Remerciements**

La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce Module (**Réparation des systèmes d'injection diesel**).

#### **Pour la supervision :**

- M.Noureddine ESSABKI : Chef de la Division coordination des Centres de Formation des Formateurs
- M.Constantin CORLATEANU : Coordinateur du secteur Réparation

#### **Pour la conception :**

- M. Costica MARICA : Formateur à ISTA Route Agouray MEKNES

**Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme.**

**M. Said SLAOUI**

**DRIF**

## SOMMAIRE

	<i>Page</i>
<b>Présentation du module</b>	4
<b>Chapitre I - Résumé de théorie</b>	
<i>Principe du diesel</i>	8
<i>Circuit d'alimentation</i>	9
<i>Circuit de préchauffage</i>	24
<i>Pompes d'injection</i>	29
<b>Chapitre II – Guide de travaux pratiques</b>	
<i>TP 1 : Entretien périodiques du moteur diesel</i>	40
<i>TP 2 : Remettre en état le circuit d'alimentation diesel</i>	41
<i>TP 3 : Démontage, contrôle, réparation, montage et réglage d'un injecteur</i>	45
<i>TP 4 : Contrôler et réparer le circuit de départ à froid</i>	50
<i>TP 5 : Déposer et reposer la pompe d'injection</i>	52
<i>TP 6 : Les contrôles et les réglages</i>	60

## PRESENTATION OU PREAMBULE

L'étude du module «**Le système d'injection diesel**» permet d'acquérir les savoirs, savoirs-faire et savoirs-être nécessaires à la maîtrise de la compétence.

Ce résumé de théorie et recueil de travaux pratiques est composé des éléments suivants :

Le projet synthèse faisant état de ce que le stagiaire devra **savoir-faire** à la fin des apprentissages réalisés dans ce module, est présenté en début du document afin de bien le situer. La compréhension univoque du projet synthèse est essentielle à l'orientation des apprentissages.

Viennent ensuite, les résumés de théorie suivis de travaux pratiques à réaliser pour chacun des objectifs du module.

Les objectifs de second niveau (les préalables) sont identifiés par un préfixe numérique alors que les objectifs de premier niveau (les précisions sur le comportement attendu) sont marqués d'un préfixe alphabétique.

Le concept d'apprentissage repose sur une pédagogie de la réussite qui favorise la motivation du stagiaire, il s'agit donc de progresser à petits pas et de faire valider son travail.

Les apprentissages devraient se réaliser selon les schémas représentés aux pages qui suivent :

**MODULE 18 : LE SYSTEME D'INJECTION DIESEL**

Durée : 108 h

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT****COMPORTEMENT ATTENDU**

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit **contrôler et réparer les systèmes d'injection diesel** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent :

**CONDITIONS D'EVALUATION**

- Travail individuel
- A partir de :
  - Consignes, directives et instructions
  - Schémas et dessins à compléter
  - Contrôle sur les différents éléments d'une pompe d'injection rotative ;
  - Démontage et remontage d'une pompe d'injection rotative
  - Questions et problèmes
  - Cas réels ou simulés ou véhicules représentatifs
- À l'aide de :
  - D'une bibliographie technique de référence : documentation technique et les manuels de réparation
  - Des outils d'atelier
  - Des équipements
  - Matière d'œuvre

**CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE**

- Analyse de pannes par élimination de cas possibles ;
- Contrôle et exécution correctes des opérations ;
- Choix et utilisation adéquats des appareils de contrôle et de diagnostic
- Respect des règles d'hygiène et de sécurité ;

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT****PRÉCISIONS SUR LE  
COMPORTEMENT ATTENDU**

A. *Faire le diagnostic de défaillances de la pompe d'injection en ligne sur moteur*

B. *Examiner la pompe d'injection en ligne*

C. *Faire le diagnostic de défaillances de la pompe d'injection rotative sur moteur*

D. *Examiner la pompe d'injection rotative*

**CRITÈRES PARTICULIERS  
DE PERFORMANCE**

- *Diagnostic efficace de la pompe d'injection sur moteur ;*  
- *Respect des règles de sécurité et d'hygiène et consigne du fabricant*

- *Respect de l'ordre des opérations*  
- *Examen adéquat des pièces ;*

- *Diagnostic correct de la pompe*  
- *Respect des règles d'hygiène et de sécurité ;*

- *Respect de l'ordre des opérations*  
- *Examen adéquat des pièces.*

**OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU**

**LE STAGIAIRE DOIT MAITRISER LES SAVOIR, SAVOIR-FAIRE ET SAVOIR PERCEVOIR JUGES PREALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :**

**Avant d'apprendre à faire le diagnostic de défaillance d'une pompe d'injection en ligne (A) le stagiaire doit :**

1. Maîtriser le fonctionnement du moteur Diesel.
2. La technologie de la pompe d'injection en ligne.

**Avant d'apprendre à examiner la pompe d'injection en ligne (B) le stagiaire doit :**

3. Connaître le rôle et le principe de fonctionnement d'une pompe d'injection en ligne ;
4. Lire et interpréter les symbolisations utilisées pour identification les caractéristiques des pompes

**Avant d'apprendre à faire le diagnostic de défaillance d'une pompe d'injection rotative (C) le stagiaire doit :**

5. Maîtriser le fonctionnement du moteur Diesel
6. La technologie de la pompe d'injection rotative et ses différents types

**Avant d'apprendre à examiner la pompe d'injection rotative (D) le stagiaire doit :**

7. Connaître le rôle et le principe de fonctionnement d'une pompe d'injection rotative ;
8. Lire et interpréter les symbolisations utilisées pour l'identification des caractéristiques de la pompe d'injection rotative ;

## Chapitre I

### § 1. Principe du diesel

Le moteur diesel est un moteur à auto-allumage qui n'aspire que de l'air et le comprime fortement. Ce procédé permet d'obtenir une compression nettement supérieure à celle du moteur à essence sensible au cliquetis et faisant appel à un mélange d'air et de carburant et à un allumage commandé. Pendant la compression, l'air aspiré s'échauffe de manière telle que le carburant diesel injecté à la fin de la course de compression s'enflamme spontanément. Le carburant est dosé par une pompe d'injection et pulvérisé sous haute pression dans la chambre de combustion par un injecteur. L'injection du carburant a lieu:

- En quantité exactement dosée en fonction de la charge et du régime du moteur.
- Au bon moment par rapport à la position du vilebrequin.
- Avec un déroulement dans le temps adapté au procédé de combustion respectif.

Le respect de ces conditions est assuré par l'équipement d'injection.

#### § 1.1 Caractéristiques d'un moteur diesel

Le tableau (fig.1) sont présentées les caractéristiques générales d'un moteur diesel.

Caractéristiques générales	Valeurs moyennes
Rapport volumétrique (taux de compression $\epsilon$ )	16 à 24
Pression de l'air en fin de compression	30 à 35 bars
Température de l'air en fin de compression	500 à 600 ° C
Pression de tarage des injecteurs	100 à 300 bars
Avance à l'injection ( en degrés moteur )	10 à 40 °
Période d'injection (angulaire en degrés moteur)	20 à 40°
Durée de l'injection	1 à 4/1 000 de s
Dosage combustion - air à pleine charge en poids	1/24 à 1/30
Vitesse de rotation maximale	1000 à 3200 tr/min Grandes cylindrées Petit cylindres
Consommation spécifique	200 à 275 g/kw/h

**Fig.1**

En vue d'améliorer les performances du moteur et approcher le fonctionnement du cycle réel du celui du cycle théorique il faut effectuer les réglages suivants :

*Avance à l'ouverture de l'admission (A.O.A)*

Cette avance évite l'arrêt de la veine gazeuse devant une soupape fermée et améliore ainsi le taux de remplissage. La soupape d'admission s'ouvrira avant la fermeture complète de la soupape d'échappement.

Il n'y a pas de risque de mélange avec les gaz d'échappement, car les gaz frais, par la vitesse acquise (inertie), chassent les gaz brûlés en pénétrant dans le cylindre.

*Retard a la fermeture de l'admission (R.F.A) :*

On profite de l'inertie des gaz pour augmenter le remplissage et ne refermer la soupape qu'après le P.M.B.

La diminution du temps de compression est compensée par une pression de début de compression plus élevée.

**Avance à l'allumage (A.A)**

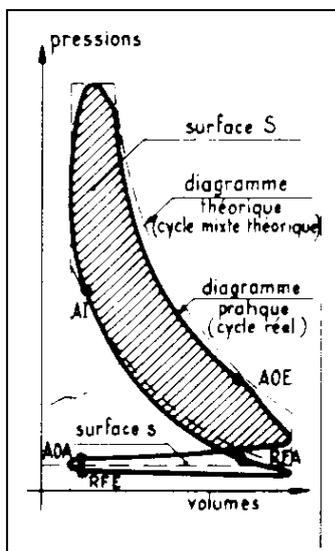
Elle permet de répartir l'explosion de part et d'autre du (P.M.H). La pression maximale se trouve ainsi augmentée.

**Avance à l'ouverture de l'échappement (A.O.E)**

Elle permet d'avancer la chute de pression des gaz brûlés afin de limiter leur tendance, à la contre pression.

**Retard à la fermeture de l'échappement (R.F.E)**

On profite de l'inertie des gaz pour faciliter leur évacuation complète. La soupape d'échappement se ferme donc au début du temps admission.

**§ 1.2 Diagramme réel après réglage (fig.2)**

Par rapport au diagramme réel on constat une amélioration du travail utile. Le diagramme montre que le fonctionnement du moteur est proche du fonctionnement théorique.

**§ 1.3 Avantage du moteur diesel**

Le rendement est meilleur: le taux de compression étant plus élevé, une proportion plus grande de chaleur est convertie en travail. En outre, la consommation spécifique est en moyenne de 200g/kw/h au lieu de 330 g/kw/h pour le moteur à explosion (rendement thermique moyen 0,35 à 0,38 en version aspiré ; 0,40 en version suralimentée ; et 0,44 en équipement turbocompresseur).

- Le couple moteur est plus important et il reste sensiblement constant pour les faibles vitesses.

**Fig. 2**

- Les combustible employé coûte moins cher.
- Les risque d'incendie sont moindres car le point d'inflammation du gasoil est plus élevé que celui de l'essence.

**§ 1.4 Inconvénients du moteur diesel :**

- Les organes du moteur sont largement calculés car ils sont soumis à des températures élevées et à des pressions très fortes (de 50 bars à 60 bars).
- L'étanchéité entre le cylindre et le piston est plus difficile à réaliser.
- L'aptitude au démarrage à froid est moins bonne qu'un moteur à allumage commandé.
- Il faut assurer un refroidissement suffisant du moteur pour obtenir une bonne tenue des métaux.
- Le graissage est plus délicat du fait des hautes températures atteintes et des charges plus fortes des organes mobiles.
- Le moteur est plus coûteux à l'achat ( la pompe d'injection et les injecteurs sont des organes de construction délicate et très précise).
- La marche du diesel est plus bruyante que celle du moteur à essence. et l'on y perçoit aisément un bruit de fonctionnement caractéristique, dû aux fortes pointes de pression dans les cylindres. (des progrès importants ont été réalisés.)
- Problème de viscosité du carburant par très basses températures.

## § 2. Circuit d'alimentation

### Exigences de base

Compte tenu des propriétés du carburant et des relations de base du procédé de combustion diesel, les fonctions à remplir par un système d'injection diesel sont les suivantes:

- Dosage de la quantité de carburant diesel nécessaire à chaque temps de combustion en fonction de la puissance requise.
- Injection rapide de la quantité dosée à la position angulaire exacte du piston du moteur avant le point mort haut de compression.
- Injection de la quantité dosée dans un temps optimisé, spécifique du procédé de combustion.
- Injection sous une pression de la quantité dosée par un injecteur, en fonction du procédé de combustion.

### § 2.1 Description (fig.3)

L'équipement d'injection comprend :

- Un circuit bas pression : réservoir, pompe d'alimentation, dispositif de filtrage, canalisations de liaison avec la pompe à injection ;
- Un circuit haut pression : pompe à injection, tubes d'injecteurs et injecteurs,
- Un circuit de retour au réservoir.

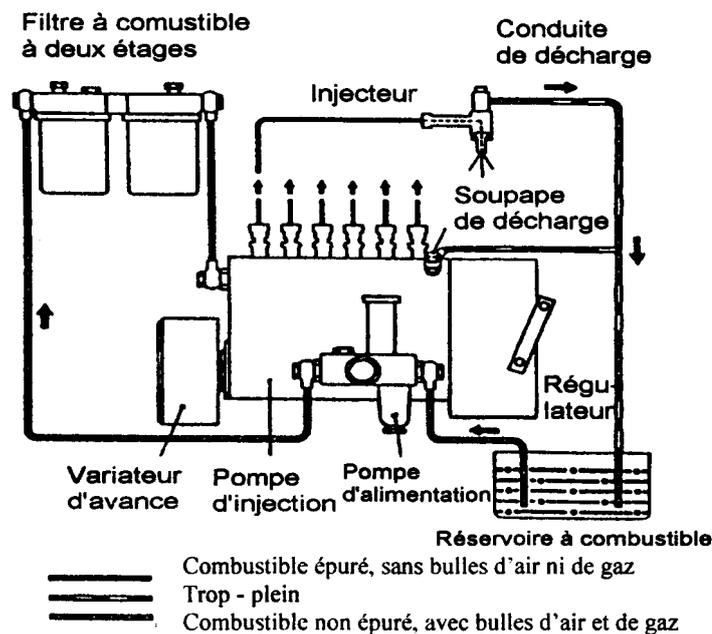


Fig. 3

#### a) Filtre à carburant

Le filtre à carburant protège l'équipement d'injection diesel des impuretés et de l'eau. La durée de vie de l'équipement d'injection dépend en grande partie de la qualité du filtre et du respect des intervalles d'entretien. Les filtres modernes se composent d'un couvercle et d'une cartouche filtrante (filtre-box). L'élément de filtrage est constitué de papier filtre spécial, imprégné, de haute qualité (plus rarement de feutre). Cet élément filtrant doit être remplacé à chaque périodicité de maintenance du filtre (env. 30 000 km). Si le carburant contient de l'eau, le filtre à enroulement papier retient cette eau d'un côté et la restitue de l'autre sous forme de grosses gouttes.

### b) Pompe d'alimentation

La pompe d'alimentation aspire le carburant du réservoir et le refoule dans le volume interne de la pompe d'injection (galerie d'alimentation).

La pompe d'injection en ligne est associée à une pompe d'alimentation constituant une unité indépendante, accolée au carter de la pompe d'injection. Par contre, le groupe d'alimentation de la pompe d'injection distributrice constitue un sous-ensemble compact, intégré au carter de la pompe.

### c) Pompe d'injection

Il existe deux grandes catégories de pompes d'injection:

- La pompe d'injection en ligne avec régulateur mécanique ou électronique de la vitesse de rotation et variateur d'avance à l'injection. Dans le cas de la pompe en ligne (utilisée surtout sur les moteurs de véhicules utilitaires), un élément de refoulement, actionné par un arbre à cames, est affecté à chaque cylindre du moteur.
- La pompe d'injection distributrice avec régulateur mécanique de vitesse ou régulateur électronique et variateur d'avance intégré. Dans le cas de la pompe d'injection distributrice (utilisée surtout sur les moteurs diesel rapides équipant les voitures particulières et les véhicules utilitaires légers), un piston central, entraîné par un disque à cames, assure la génération de pression et la répartition aux différents cylindres. Un tiroir de régulation dose la quantité de carburant à injecter.

Les deux systèmes font appel à des éléments de haute précision, qui sont réalisés avec des tolérances très étroites afin d'obtenir la commande et/ou la régulation précises des débits et du début d'injection, des divergences minimales entre les cylindres et une grande longévité.

Ceci est nécessaire en particulier pour respecter les tolérances sévères en matière d'émission de gaz d'échappement et pour minimiser la consommation.

### d) Régulateur de vitesse

La commande de la charge et de la vitesse de rotation du moteur diesel est assurée exclusivement par le dosage de la quantité de carburant. Cette opération intervient sans étranglement de l'air d'admission (contrairement au moteur à essence). Le réglage d'un débit d'injection constant et la présence simultanée d'une charge peu importante pourraient induire une montée en régime inadmissible et même l'autodestruction du moteur. Le montage d'un régulateur de vitesse s'impose donc afin de limiter le régime maximum.

Mais ce régulateur de vitesse assure aussi la stabilité de la régulation au ralenti et, dans certains cas, la régulation des régimes intermédiaires. Le régulateur est donc chargé de réaliser la cartographie du moteur en fonction de la charge et du régime.

Etant donné que le moteur diesel fournit sa puissance maximale pour un faible excès d'air, une adaptation précise et stable s'impose à pleine charge afin de limiter l'émission de fumée, C'est pourquoi le régulateur doit être muni de dispositifs permettant d'obtenir une caractéristique de pleine charge adaptable en fonction de la vitesse de rotation et de la pression de l'air de suralimentation.

### e) Variateur d'avance

Afin de réaliser l'adaptation correcte du point d'injection aux différentes conditions de charge et de régime, il faut avoir recours à un dispositif d'avance à l'injection, notamment pour les petits moteurs ayant une large plage de vitesses de rotation.

Le variateur d'avance compense l'effet naturel de décalage du début d'injection dans le sens "retard" en cas d'augmentation de régime en procédant à une correction dans le sens "avance" au niveau de la pompe d'injection.

**f) Tuyauteries de refoulement**

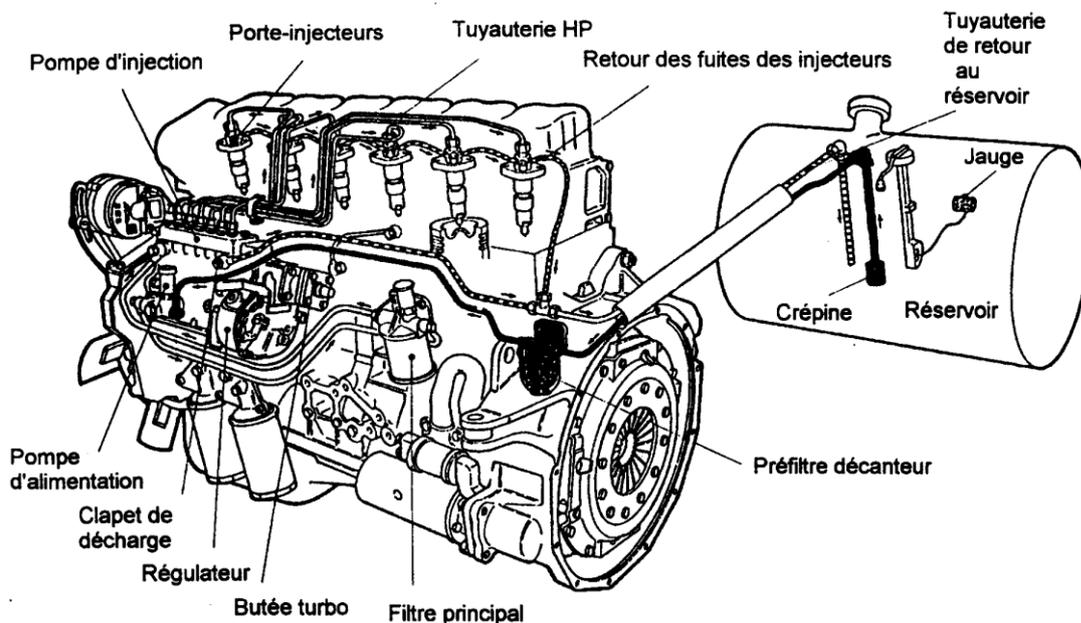
Les tuyauteries de refoulement permettent à la quantité dosée de passer de la pompe d'injection aux injecteurs. Ces tuyauteries sont réalisées en tube d'acier à paroi épaisse, le plus souvent sans soudure, dont les extrémités sont équipées de raccords coniques assurant l'étanchéité dans les cônes des manchons de raccordement à la pompe et aux portes-injecteur. La surface de la section de passage des tuyauteries doit être lisse et exempte de défauts et de corps étrangers.

**g) Injecteurs**

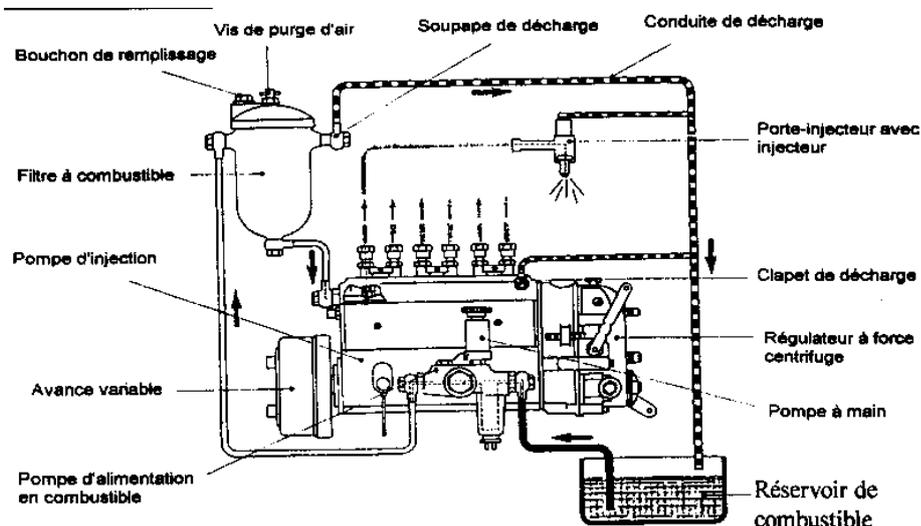
Les injecteurs assurent la préparation du carburant et son injection dans la chambre principale (injection directe) ou dans la chambre auxiliaire (injection indirecte) en fonction du procédé de combustion.

**§ 2.2 Différents types des circuits d'alimentation****§ 2.2.1. Circuit d'alimentation avec pompe en ligne**

a) Circuit en « Aspiration » : (fig. 4)

**Fig.4**

b) Circuit en « basse pression » (fig. 5)



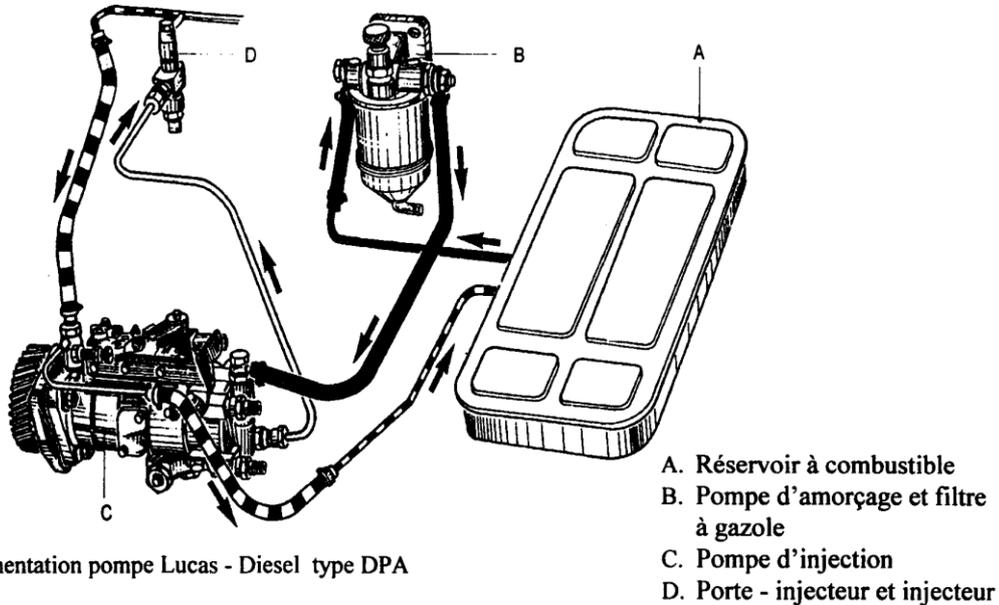
**Fig. 5**

### § 2.2.2. Circuit d'alimentation avec pompe distributrice

Deux montages sont utilisés :

a) Sans pompe auxiliaire : (fig. 6)

La totalité du circuit est alors en « aspiration » et le filtre principal doit assurer la filtration du combustible et la séparation de l'eau, avec la possibilité de vidanger celle-ci sans désamorcer le circuit, l'amorçage du circuit, le dégazage du combustible.



Circuit d'alimentation pompe Lucas - Diesel type DPA

Fig.6

b) Avec pompe auxiliaire : (fig.7)

Une pompe à membrane, commandée par l'arbre à cames du moteur, sert de relais entre le réservoir et la pompe d'alimentation principale incorporée.

Dans ce montage, un filtre normal simple ou double peut être utilisé et l'amorçage s'effectue à l'aide de la pompe à membrane.

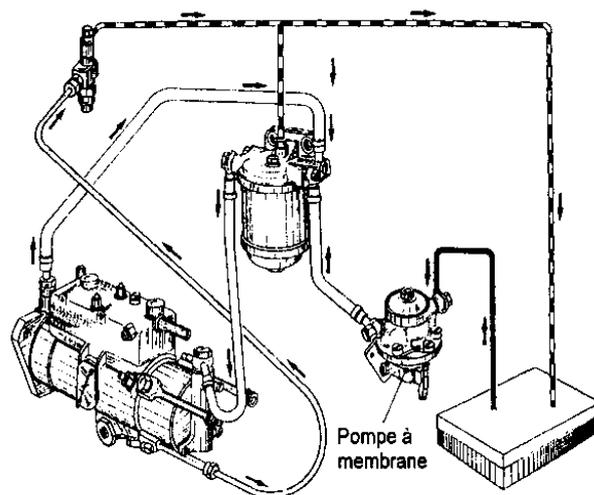


Fig.7

### § 2.3 Les filtre à air

L'air nécessaire à la combustion transporte des poussières qui contribuent à accélérer l'usure des cylindres et des segments du moteur.

L'atmosphère peut contenir suivant les régions et les saisons, jusqu'à 5 milligrammes de poussière par mètre cube d'air et, de ce fait, on peut mesurer l'importance du filtre sachant qu'un moteur diesel routier peut aspirer de 4 à 8 m<sup>3</sup> d'air par minute (1).

Des essais sur route, effectués avec des moteurs dont on avait enlevé les filtres à air, ont montré que l'usure était 5 fois plus rapide qu'avec un équipement de filtration en bon état.

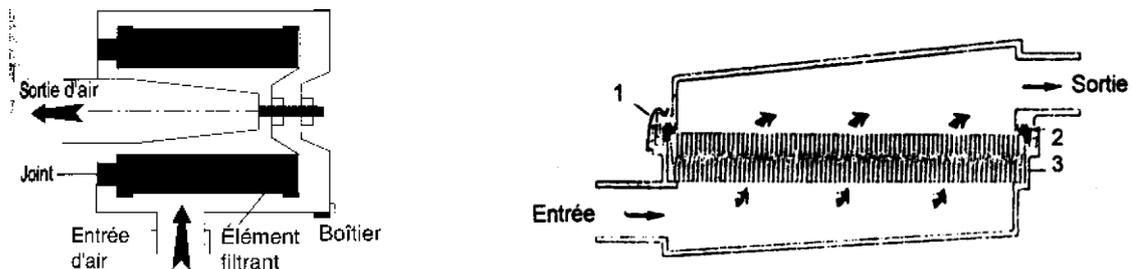
Il n'existe pas de filtre universel, mais un équipement adapté en fonction de chaque cas particulier (besoin en air du moteur, environnement extérieur, seuil de filtration souhaité, périodicité de maintenance, atténuation envisagée du bruit provoqué par l'aspiration).

*Remarques :*

- Un filtre à air encrassé diminue la quantité d'air introduite dans le moteur et, par suite, favorise les combustions incomplètes.
- Le nettoyage des filtres à air sera effectué à des fréquences variables suivant les régions parcourues et le travail exécuté.
- Pour des moteurs utilisés en ville ou sur grandes routes, on pourra effectuer le nettoyage tous les 3000 km environ, tandis que le filtre à air d'un tracteur agricole fonctionnant en ambiance poussiéreuse devra être nettoyé tous les jours, voire même deux fois par jour.

a) Filtre fonctionnant à sec (fig.8)

Un élément filtrant interchangeable en papier plissé ou en mousse est placé dans un boîtier en tôle ou en plastique dur.

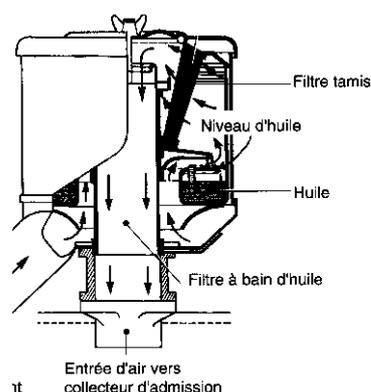


1. Agrafe pour assembler les deux parties du boîtier ;
2. Joint.
3. Élément filtrant en papier plissé.

**Fig. 8**

B. Filtre à bain d'huile (fig. 9)

La filtration est assurée par un préfiltre puis un filtre principal, assurant ainsi un «dépoussiérage» complet de l'air.



**Fig.9**

## § 2.4 Filtre à gasoil

### a) Filtre simple (fig.10)

Ils sont utilisés dans les montages avec pompe d'injection en ligne ou avec pompe distributrice avec pompe auxiliaire. L'amorçage et la purge du circuit sont assurés par la pompe d'alimentation.



Fig.10

### B. Filtres avec pompe d'amorçage (fig. 11)

Ils sont utilisés dans les montages avec pompe d'injection distributrice et sont placés en aspiration.

Un système d'amorçage manuel est prévu pour la purge du circuit. En marche normale, la dépression créée par la pompe d'alimentation incorporée dans la pompe d'injection maintient les clapets en ouverture et le fonctionnement devient identique à celui d'un filtre simple.

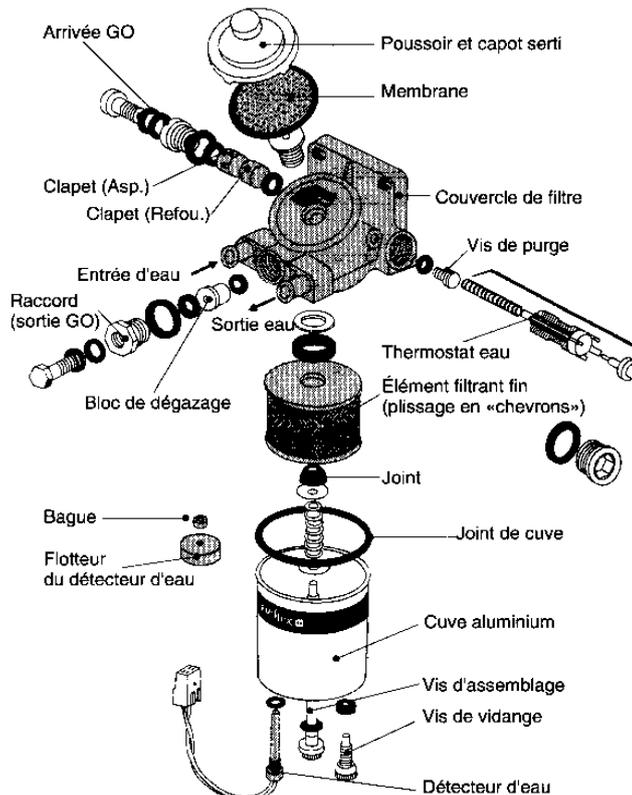


Fig. 11

## § 2.5 Tuyauteries (fig.12)

Sur un moteur diesel, les tuyauteries d'alimentation se distinguent en deux catégories

- Celles qui assurent l'alimentation en combustible du réservoir à la pompe d'injection, le retour du carburant en excédent de la pompe ou du filtre au réservoir (dans certaines dispositions) ainsi que le retour de fuites des injecteurs qui sont collectées sur les portes – injecteurs et retournées au réservoir par une tuyauterie séparée ou raccordée à la tuyauterie de retour de la pompe ou du filtre. Ces tuyauteries sont, soit en dépression, soit sous faible charge, soit à écoulement libre.
- Les tuyauteries de refoulement aux injecteurs. Ces canalisations assurent la liaison entre la pompe d'injection et les injecteurs. De ce fait, la longueur, les diamètres intérieur et extérieur des tuyauteries de refoulement influencent le bon fonctionnement du moteur. Ces éléments sont déterminés par le constructeur à la mise au point du moteur, et, pour cette raison, on n'utilisera que des tubes de rechange absolument identiques à ceux montés à l'origine. Sur tous les moteurs, les tubes qui alimentent les cylindres sont formés, pour conserver la même longueur, sur des maquettes. On évite ainsi les inégalités de pression qui peuvent résulter de la compressibilité du gazole et de l'élasticité des canalisations, phénomènes qui retardent la pulvérisation dans le cylindre (le délai d'injection est modifié). Afin d'éviter les vibrations qui favorisent la rupture des tubes ou le desserrage des raccords, des brides de fixation sont judicieusement disposées par le constructeur.

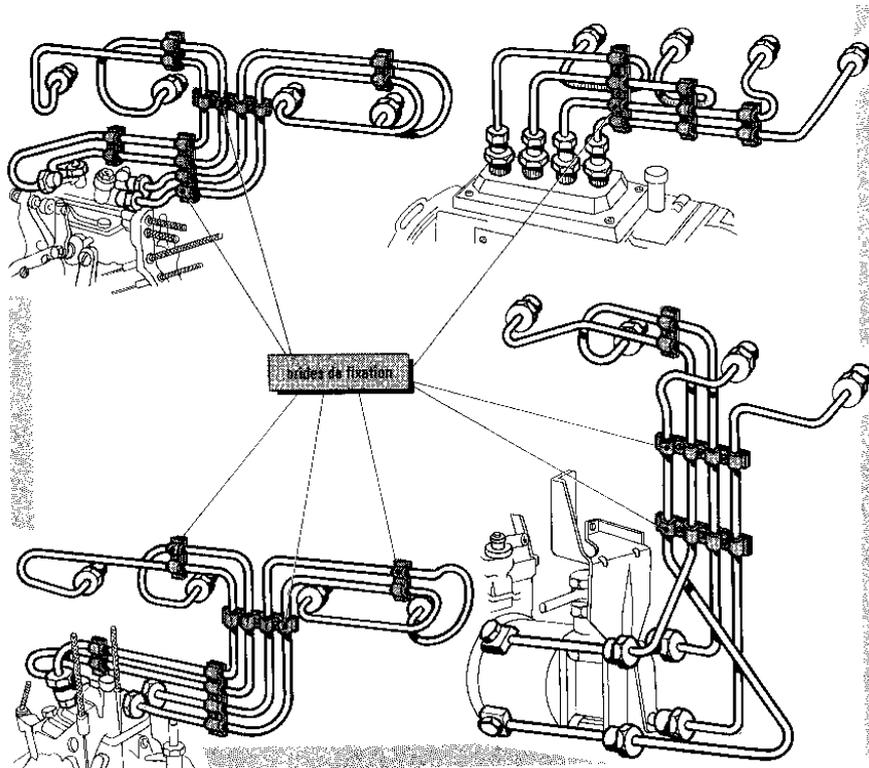


Fig.12

## § 2.6 Pompes d'alimentation

Rôle

La pression du combustible qui alimente les pompes d'injection est environ 1 bar, sinon l'écoulement de l'alimentation vers les pompes serait trop faible. De plus cette pression bien que légère.

Interdit toute entrée d'air dans la pompe d'injection et évite aussi le désamorçage de cette dernière. En conséquence, il faut que le combustible soit aspiré du réservoir et refoulé vers la pompe d'injection, rôle joué par les pompes d'alimentation.

Principaux types de pompes d'alimentation :

a) Pompe à membrane (fig. 13)

Elle est à commande mécanique comme les pompes à essence (description et fonctionnement : voir pompe à essence). Le tarage du ressort de membrane est légèrement supérieur à celui des pompes à essence (0,3 à 0,6 bar). Dans la plupart des cas, elles servent à « assister » les pompes d'alimentation incorporées dans les pompes distributrices.

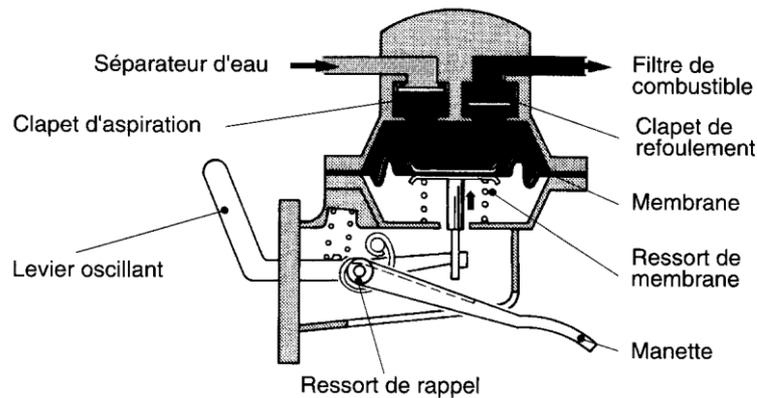


Fig.13

b) Pompe à piston (fig.14)

C'est la plus employée avec les pompes en ligne. Elle est généralement fixée sur le carter de la pompe d'injection. Elle se compose d'un carter dans lequel sont logés un piston, un ressort de rappel, un poussoir de commande, un clapet de refoulement et un clapet à admission. La course « aller » est commandée par l'excentrique calé sur l'arbre à cames de la pompe d'injection. La course « retour » par le ressort de rappel. La pompe à piston comporte généralement une petite pompe d'amorçage à main que l'on verrouille après utilisation.

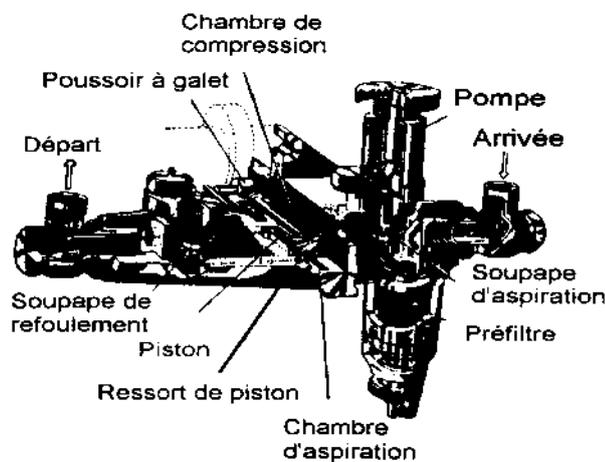


Fig.14

Les pompes à piston se présentent sous deux modèles différents : la pompe à simple effet et la pompe à double effet, qui ne peuvent être montées l'une pour l'autre ou l'une à la place de l'autre.

## b.1) Pompe à simple effet (fig.15)

*Phases aspiration et refoulement*

Pour ce type de pompe d'alimentation, les phases aspiration et refoulement sont conjuguées, c'est-à-dire qu'elles s'effectuent en même temps. En tournant, l'arbre à cames de la pompe d'injection amène l'excentrique (1) vers le bas. Le piston (4) se déplace dans la même direction sous l'effet du ressort (5). En se déplaçant, le piston crée une dépression dans la chambre (7) : du fait de cette dépression, le clapet (8) est appliqué sur son siège tandis que le clapet (6) s'écarte de son siège permettant ainsi au gasoil de pénétrer dans la chambre (7) : c'est la phase aspiration. En se déplaçant vers le bas, le piston (4) refoule le gasoil contenu dans la chambre (9) ; comme le clapet (8) repose sur son siège, le gasoil s'écoule vers le filtre de carburant : c'est la phase refoulement.

*Phase transfert*

En tournant, l'arbre à cames de la pompe d'injection amène l'excentrique (1) en position haute. Le piston (4) est repoussé vers le haut par le galet (2) et la tige (3). Le déplacement du piston provoque la fermeture du clapet (6) sous l'effet de la pression du carburant dans la chambre (7), le clapet (8) s'écarte de son siège, le gasoil contenu dans la chambre (7) s'écoule vers la chambre (9) c'est la phase transfert.

*Phase autorégulatrice*

Le débit de la pompe d'alimentation étant supérieur au débit refoulé par la pompe d'injection, il arrive un moment où la pression dans la chambre (9) est égale à la pression du ressort (5) sur le piston (4) ; celui-ci ne peut plus se déplacer, il n'y a plus ni aspiration, ni refoulement : c'est la phase autorégulatrice. Rappelons que le galet (2) est toujours en contact avec l'excentrique (1) par l'intermédiaire d'un ressort de rappel ne figurant pas sur le schéma.

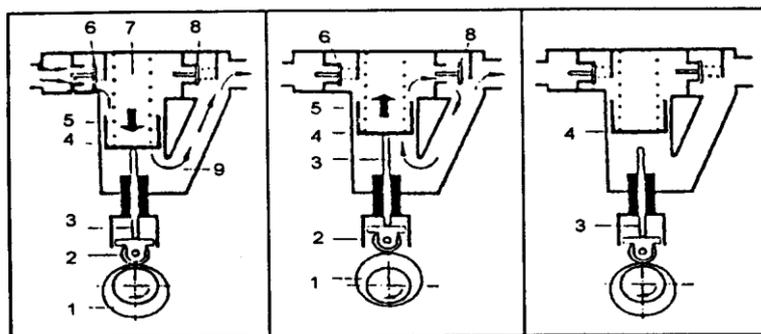


Fig.15

A gauche aspiration. Au centre : phase transfert. A droite : phase autorégulatrice.

1.Excentrique sur l'arbre à cames de la pompe d'injection ; 2.Galet ; 3.Tige ; 4.Piston ; 5.Ressort ; 6.Clapet d'admission ; 7.Chambre ; 8.Clapet de refoulement ; 9.Chambre de transfert.

## b.2) Pompe à double effet (fig.16)

Dans ce type de pompe d'alimentation, le déplacement du piston provoque dans chaque course (soit montante, soit descendante) une aspiration et un refoulement, le débit est donc double par rapport à la pompe à simple effet.

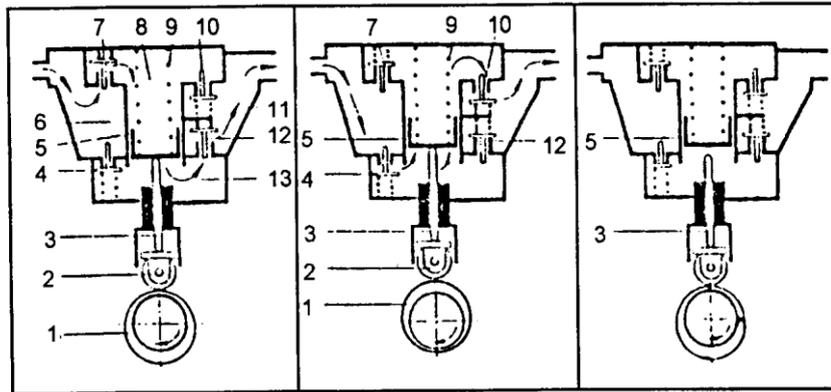


Fig. 16

1.Excentrique sur l'arbre à cames de la pompe d'injection ; 2.Galet ; 3 .Tige ; 4.Clapet d'admission ; 5.Piston ; 6.Chambre de d'admission ; 7.Clapet d'admission ; 8.Chambre de compression ; 9.Ressort ; 10.Clapet de refoulement ; 11.Chambre ; 12. Clapet de refoulement ; 13.Chambre de transfert

#### *Phase aspiration et refoulement*

En tournant, l'arbre à cames de la pompe d'injection amène l'excentrique (1) vers le bas, le piston (5) se déplace dans la même direction sous la pression du ressort (9). Ce qui a pour effet de créer une dépression dans la chambre (8), le clapet (10) est appliqué sur son siège tandis que le clapet (7) s'en écarte, le gazoil contenu dans la chambre (6) pénètre dans la chambre (8) : c'est la phase aspiration.

En se déplaçant vers le bas. Le piston (5) chasse le gazoil dans la chambre (13), ce qui provoque la fermeture du clapet (4) et une ouverture du clapet (12), le gazoil passe par la chambre (11) pour s'écouler vers le filtre de carburant : c'est la phase refoulement.

En se déplaçant vers le haut, l'excentrique (1) repousse le piston (5) dans le même sens par l'intermédiaire du galet (2) et de la tige (3). En se déplaçant, le piston (5) crée une dépression dans la chambre (1 3), ce qui a pour effet de provoquer la fermeture du clapet (1 2) et l'ouverture du clapet (4). Le gazoil contenu dans la chambre (6) pénètre dans la chambre (1 3) : c'est la phase aspiration.

Dans sa course montante, le piston (5) refoule le gazoil dans la chambre (8), ce qui a pour effet de provoquer la fermeture du clapet (7) et l'ouverture du clapet (10). Le gazoil contenu dans la chambre (8) s'écoule vers le filtre de carburant en passant par la chambre (11) : c'est la phase refoulement.

#### *Phase autorégulatrice*

Pour ce type de pompe d'alimentation, il n'y a pas de phase de transfert ; il y a aspiration et refoulement à chaque déplacement du piston ; dans le 1<sup>er</sup> temps, ces phases sont commandées par le ressort (9), alors que dans le 2<sup>ème</sup> temps, elles sont commandées par l'excentrique (1).

Lorsque la pression dans la chambre (1 3) est égale à la pression du ressort (9) sur le piston (5), ce dernier ne peut plus se déplacer. Tous les clapets reposent sur leur siège et le piston est immobilisé en position haute : c'est la phase autorégulatrice.

Comme pour la pompe à simple effet, le galet (2) est toujours au contact de l'excentrique (1) par l'intermédiaire d'un ressort de rappel ne figurant pas sur le schéma.

**NOTA** : Dans le fonctionnement de la pompe à simple effet, nous avons vu que c'était le ressort du piston qui déterminait les phases principales, c'est-à-dire aspiration refoulement et autorégulatrice.

Pour la pompe à double effet, c'est également ce même ressort qui détermine les phases aspiration et refoulement dans le 1<sup>er</sup> temps ainsi que la phase autorégulatrice. En réparation, il est recommandé de ne jamais modifier le tarage de ce ressort, ce qui risquerait de modifier le débit et la pression dans le circuit d'alimentation. Comme pour les pompes d'alimentation à membrane, ces pompes possèdent un dispositif à commande manuelle permettant d'obtenir le déplacement du piston pour effectuer l'amorçage de la pompe et la purge du circuit d'alimentation.

## § 2.7 Les injecteurs

### Fonctions

Les injecteurs et les porte-injecteur correspondants d'un système d'injection diesel assurent la liaison entre la pompe d'injection et le moteur. Leurs fonctions sont les suivantes :

- Participation au dosage du carburant
- Préparation du carburant
- Formation de la loi d'injection
- Etanchéité par rapport à la chambre de combustion

Le carburant diesel est injecté sous haute pression. La pression d'injection de pointe peut atteindre 1000 bar et des valeurs supérieures sont prévues pour l'avenir. Dans ces conditions, le carburant ne se comporte plus comme un liquide rigide, mais compressible. Pendant la courte durée de refoulement (de l'ordre de 1 ms), le système d'injection est « gonflé » et une quantité plus ou moins importante de carburant pénètre dans la chambre de combustion du moteur en fonction de la section de l'injecteur. Grâce à la longueur et au diamètre des trous, à l'orientation du jet et (dans certaines limites) à la forme des trous, l'injecteur influence beaucoup la préparation du carburant et donc la puissance, la consommation et l'émission de polluants du moteur.

L'évolution dans le temps du flux massique au cours de l'injection doit être adaptée aux exigences du procédé de combustion. Outre les caractéristiques de puissance, cette relation influence considérablement le bruit de combustion. La durée d'injection exacte est fonction de l'adéquation du taux de refoulement de la pompe et de la section de l'injecteur. La caractéristique d'injection souhaitée peut être obtenue, dans certaines limites, par pilotage « correct » de la section de passage de l'injecteur (en fonction de la course de l'aiguille) et par commande du déplacement de l'aiguille.

Enfin, l'injecteur doit protéger le système d'injection contre les gaz de combustion brûlants, sous haute pression, dont les températures sont de l'ordre de 1 000 °C. Afin d'éviter le retour de gaz de combustion à l'ouverture de l'injecteur, la pression dans la chambre de compression de l'injecteur doit toujours être supérieure à la pression de combustion.

Cette condition ne peut être remplie, en particulier à la fin de l'injection (la pression d'injection baisse et la pression de combustion augmente), que par une adaptation précise de la pompe d'injection, de l'injecteur et du ressort d'injecteur.

### 2.7.1 Fonctionnement (fig.17)

L'injecteur comprend deux éléments : le corps et l'aiguille. L'aiguille est mobile dans l'alésage de guidage usiné dans le corps d'injecteur et assure simultanément l'étanchéité efficace aux pressions d'injection élevées. A l'extrémité inférieure de l'aiguille se trouve un cône d'étanchéité que le ressort d'injecteur presse au repos sur la portée conique du corps. Les angles d'ouverture des deux cônes d'étanchéité sont légèrement différents, produisant entre les deux un contact linéaire avec une pression superficielle élevée et

une bonne étanchéité.

Le diamètre du guide d'aiguille est supérieur au diamètre du siège. La pression hydraulique de la pompe d'injection agit sur la surface différentielle entre la section de l'aiguille et la surface recouverte par le siège. Si le produit de la surface d'étanchéité et de la pression est supérieure à la force du ressort intégré au corps-support, l'injecteur s'ouvre. La valeur de la surface du siège venant s'ajouter brusquement, au moment de l'ouverture, à la surface de l'aiguille exposée à la pression, l'injecteur s'ouvre très rapidement si le taux de refoulement de la pompe d'injection est suffisant ; il ne se referme que lorsque la pression de fermeture, qui est toujours inférieure à la pression d'ouverture, a atteint son niveau minimum. Cet effet d'hystérésis est d'une grande importance pour la conception de systèmes d'injection présentant une haute stabilité hydraulique. La pression d'ouverture d'un ensemble injecteur/porte-injecteur, qui se situe entre 100 et 300 bar suivant l'application prévue, est réglée par mise en place de rondelles de tarage sous le ressort d'injecteur. La pression de fermeture résulte de la géométrie de l'injecteur, à savoir du rapport entre le diamètre de l'aiguille et le diamètre du siège.

### § 2.7.2 Types d'injecteurs

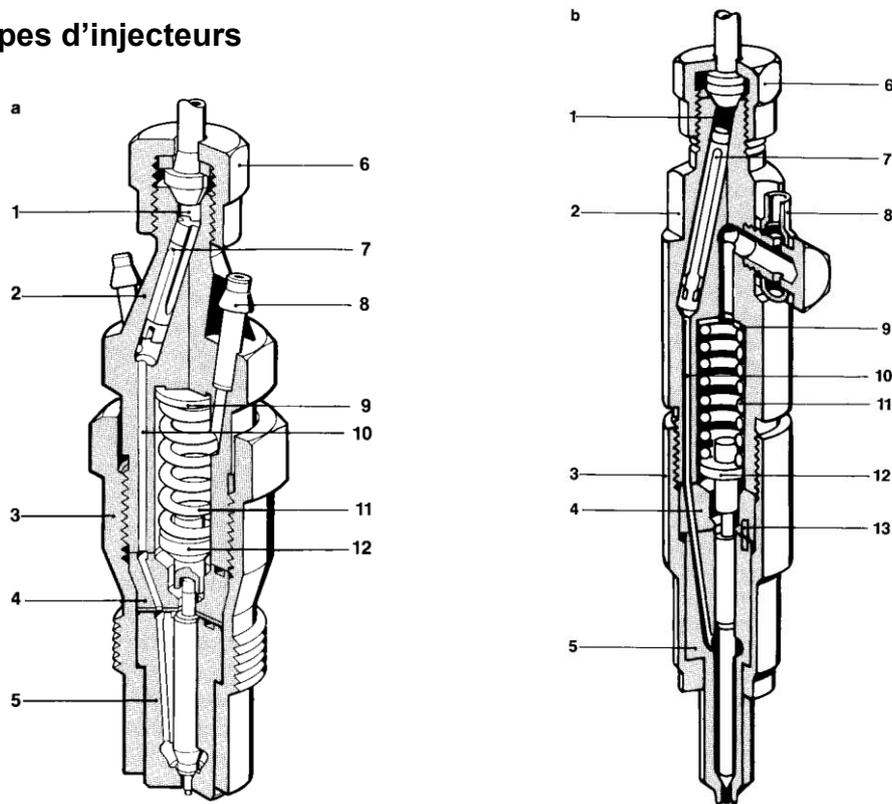


Fig. 17

a) injecteur à téton et étranglement

b) injecteur à trous.

1.Arrivée, 2.Corps-support, 3.Ecrou de fixation, 4.Disque intermédiaire, 5.Injecteur, 6.Ecrou-raccord de conduite de refoulement, 7.Filtre-tige, 8.Canai de récupération des fuites, 9.Rondelles de tarage, 10.Canal de refoulement, 11.Ressort, 12.Tige-poussoir, 13.Broche de positionnement.

Les deux types de moteur diesel (à chambre de combustion divisée ou non divisée) nécessitent des types d'injecteurs différents. Le moteur à préchambre ou à chambre de turbulence, c'est-à-dire à chambre de combustion divisée, sont équipés d'injecteurs à

téon et étranglement émettant un jet coaxial et dont l'aiguille s'ouvre toujours vers l'intérieur.

Sur les moteurs à injection directe à chambre de combustion principale non-divisée on utilise en général des injecteurs à trous multiples.

### *Injecteurs à téton et étranglement (a)*

L'injecteur et le porte-injecteur constituent l'ensemble injecteur/porte-injecteur standard pour les moteurs à préchambre ou à chambre de turbulence. Les injecteurs à téton et étranglement se caractérisent par l'évolution de la section de passage et donc du débit en fonction de la course de l'aiguille. Tandis que la section de l'injecteur à trous augmente fortement immédiatement après l'ouverture de l'aiguille, les injecteurs à téton et étranglement présentent une évolution très plate de la section de passage pour de faibles déplacements de l'aiguille (fig. 19). Dans cette plage, le téton d'étranglement, un prolongement en forme de cône de l'aiguille, reste dans le trou d'injection. La section d'écoulement disponible est uniquement constituée d'une petite surface circulaire entre le trou d'injection légèrement plus grand et le téton d'étranglement.

Pour des courses importantes de l'aiguille, le téton d'étranglement sort du trou d'injection et libère ainsi une section augmentant rapidement. Cette variation de la section en fonction de la course peut commander, jusqu'à un certain point, la loi d'injection, c'est-à-dire la quantité de carburant injectée dans le moteur par unité de temps. La quantité de carburant sortant de l'injecteur est faible au début et élevée à la fin de l'injection. Cette évolution permet surtout de minimiser le bruit de combustion.

Au cours du fonctionnement du moteur, la fente d'étranglement se calamine de manière importante et irrégulière. Le degré de calaminage dépend de la qualité du carburant et du mode d'utilisation du moteur. La surface libre de la fente ne représente plus que 30% environ de la section initiale. Le calaminage des injecteurs à téton, dont la pente de la fente annulaire est proche de zéro entre le trou d'injection et le téton d'étranglement, est moins important et plus régulier. Le téton d'étranglement présente par contre 'une surface chanfreinée qui libère la section de passage. Dans le cas d'un tel canal d'écoulement, la surface rapportée à la section de passage est plus petite et l'effet d'auto nettoyage meilleur. La surface chanfreinée est souvent parallèle à l'axe de l'aiguille d'injecteur. Une inclinaison supplémentaire permet d'obtenir une augmentation de la raideur de la partie plate de la courbe de débit et, par conséquent, une transition plus progressive jusqu'à l'ouverture totale de l'injecteur. Cette mesure minimise le bruit à charge partielle et améliore le comportement routier.

Des températures excessives au niveau des injecteurs (supérieures à 220°C) sont également à l'origine d'un calaminage important. Pour de tels cas, il existe des plaquettes ou des capuchons calorifuges qui transfèrent la chaleur en provenance de la chambre de combustion vers la culasse.

### *Injecteurs à trous (b)*

Il existe de nombreuses variantes d'ensembles injecteur/porte-injecteur pour injecteurs à trous. Contrairement aux injecteurs à téton et étranglement, les injecteurs à trous multiples doivent généralement être montés dans une position bien définie pour permettre le centrage parfait, dans la chambre de combustion, des trous percés sous différents angles dans l'injecteur incliné. En général, les ensembles sont donc fixés dans la culasse à l'aide de pattes ou de vis creuses.

Une fixation rotative supplémentaire assure le bon positionnement. Les injecteurs à trous possèdent des aiguilles d'un diamètre de 6 ou 5 mm (taille S) et de 4 mm (taille P).

Les ressorts doivent être adaptés aux diamètres d'aiguille et aux pressions d'ouverture habituellement élevées, supérieures à 180 bar.

La fonction d'étanchéité de l'injecteur à trous est très difficile à réaliser à la fin de l'injection. En effet, des gaz de combustion risquent de refluer dans l'injecteur et de le détruire en service continu, et d'engendrer une instabilité hydraulique. L'adaptation exacte du diamètre de l'aiguille et du ressort d'injecteur (dans certains cas particuliers, il faut même tenir compte des oscillations du ressort) permet, entre autres, de pallier ces incidents et de garantir la fonction d'étanchéité de l'injecteur.

On distingue trois types de disposition des trous d'injection dans la buse des injecteurs à trous (fig.20). Ils se différencient par l'importance du volume qui peut être rempli de carburant à la fin de l'injection et pulvérisé en totalité dans la chambre de combustion. Les versions à trou pilote cylindrique, trou pilote conique et l'injecteur à siège perforé ont un volume baissant dans cet ordre. Les émissions d'hydrocarbures du moteur diminuent dans les mêmes proportions, l'évaporation de carburant étant plus faible.

La résistance mécanique de la buse limite la longueur des trous d'injection vers le bas. Celle-ci se situe actuellement entre 0,6 et 0,8 mm pour les trous pilotes cylindriques et coniques et à 1 mm pour les injecteurs à siège perforé. La tendance est à des longueurs de trous plus faibles, ceci permettant en général d'obtenir des valeurs d'émission de fumée plus favorables. Dans le cas des injecteurs à siège perforé, qui présentent des rapports dimensionnels très critiques, l'application d'une technologie spéciale s'impose pour le traitement thermique et l'usinage des trous. La limite supérieure de température est de l'ordre de 270°C pour les injecteurs à trous en raison de la résistance thermique du matériau utilisé. Il existe des manchons calorifuges pour les applications critiques, voire des injecteurs refroidis pour les moteurs de grosse cylindrée.

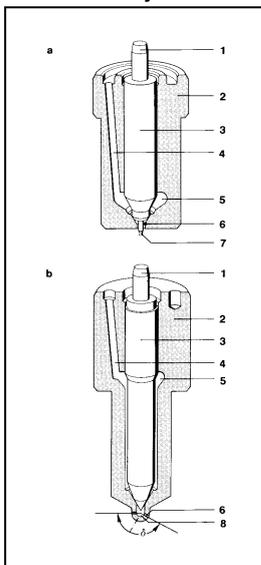


Fig.16

Types d'injecteurs.

a) Injecteur à téton et étranglement,

b) Injecteur à trous.

1.Téton de pression, 2.Corps d'injecteur,

3.Aiguille d'injecteur, 4.Perçage d'arrivée,

5.Chambre de compression, 6.Trou d'injection,

7.Téton d'injection, 8.Trou pilote,

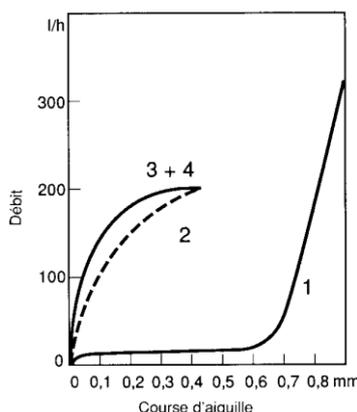


Fig.19

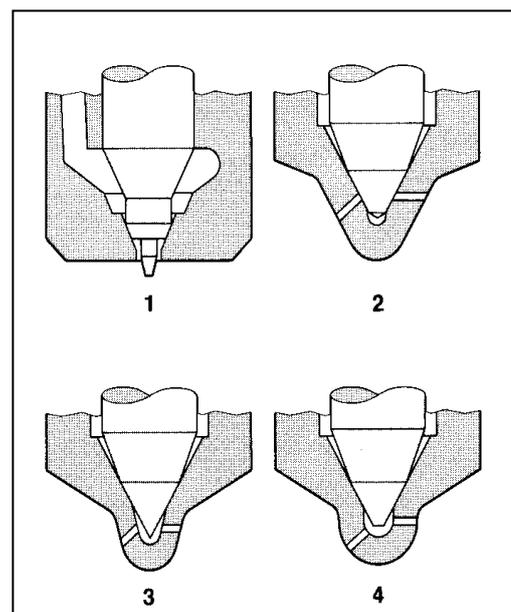


Fig.20

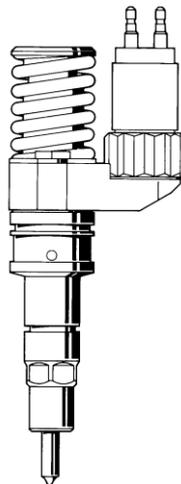
## Types de buses d'injecteurs

1. Injecteur à téton et étranglement ;
2. Injecteur à siège perforé ;
3. Injecteur à trou pilote conique ;
4. Injecteur à trou pilote cylindrique.

-

*L'injecteur pompe (c)(fig.21)*

Le système d'injection diesel classique se compose d'une pompe, dont les sorties sont reliées à plusieurs injecteurs par l'intermédiaire de conduites de refoulement. Ces tuyauteries ont des propriétés physiques qui, d'une part, sont favorables et qui peuvent donc être exploitées, mais présentent, d'autre part, des caractéristiques entraînant une limitation des performances. Le carburant ne pouvant plus être considéré comme un liquide rigide et incompressible en raison des conditions qui règnent dans les systèmes d'injection à haute pression, les processus apparaissant au cours de l'injection se déroulent en fonction de lois identiques à celles de l'acoustique. Ainsi, dans le cas des moteurs à injection directe à régime rapide, la pression au niveau de l'injecteur est toujours supérieure à la pression à la sortie de la pompe. En effet, la réflexion de l'onde de pression se traduit par la formation d'une surpression.

**Fig.21**

Mais la conduite de refoulement constitue également un volume « nuisible » dans le système.

Pour des dimensions extérieures raisonnables de la pompe d'injection, le volume de la tuyauterie limite les pressions de pointe pouvant être atteintes ; la dynamique de la tuyauterie complique la maîtrise des processus d'injection (post-injection, cavitation).

Par ailleurs, en cas de débit constant, la pression d'injection n'augmente que modérément avec la vitesse de rotation (en fait, beaucoup moins que dans le cas d'un système rigide à faible volume nuisible), ce qui a toutefois des conséquences positives sur la sollicitation mécanique des composants.

Cette solution peut aussi être adoptée lorsque l'on recherche une pression d'injection élevée pour une vitesse de rotation faible.

Afin d'éviter les inconvénients résultant de la tuyauterie de refoulement, on fait appel, depuis plusieurs dizaines d'années, à des « injecteurs-pompes ». Cette conception se

caractérise par l'association d'une pompe d'injection et d'un injecteur pour constituer une unité compacte. Un injecteur-pompe est affecté à chaque cylindre.

Il est monté dans la culasse et entraîné soit directement par un poussoir à galet, soit indirectement par un culbuteur. Si l'arbre à cames est situé dans le carter, l'insertion d'une tige de poussoir s'impose. En effet, l'élasticité des éléments d'entraînement agit de la même manière que le volume nuisible du système d'injection classique : elle induit une limitation de puissance. La régulation des injecteurs-pompes de type conventionnel est assurée soit par une tige de réglage commune, intégrée dans la culasse – comme pour une pompe d'injection en ligne, soit par une pompe de dosage alternative à basse pression. Ces deux versions se caractérisent par le fait que le début d'injection n'est pas librement programmable. Il a une valeur fixe qui, sur certains types, peut être modulée en fonction de la charge, dans des limites prédéterminées.

### § 3. Le circuit de préchauffage

Tous les moteurs diesel qui fonctionnent suivant un procédé différent de l'injection directe, sont pourvus de bougies de préchauffage. Car dans ces types de moteurs la compression à froid est insuffisante pour obtenir une élévation de température permettant l'inflammation du mélange comburant – carburant. Il faut donc une source de chaleur auxiliaire pendant la période de démarrage à froid. La tendance actuelle est de généraliser le système de préchauffage sur tous les types de moteur diesel.

#### § 3.1 Types de bougies

Les bougies sont de deux types :

- Bougies unipolaires (les seules utilisées à l'heure actuelle)
- Bougies bipolaires (anciens montages).

##### *a) bougies unipolaires*

Sur ces modèles l'une des extrémités du filament en spirale est reliée à une tige centrale isolée du corps de la bougie par un matériau diélectrique étanche aux gaz. L'autre extrémité est reliée au corps de la bougie et, par ce culot, à la masse du moteur. Le branchement de ces bougies s'effectue en parallèle et la différence de potentiel (DDP) est identique pour chacune d'entre elles dans un circuit.

Avantage : en cas de défectuosité d'une de ces bougies, les autres peuvent encore fonctionner.

##### *a1) bougie à filament (fig.22)*

Celle-ci ne s'utilise plus sur les véhicules légers (temps de chauffe long). Le filament, court et d'une section plus grosse que sur la bougie crayon, résiste mieux aux vibrations.

##### *a2) bougie «crayon» (fig. 23)*

Destinée aux chambres de turbulence, elle est maintenant plus petite que la bougie à filament. L'évolution technologique a permis, de ramener la durée de mise en action d'environ 1 minute à quelques secondes (2 à 6 s pour une température extérieure de 0°C). Les principales modifications ont eu lieu sur le filament chauffant, le tube crayon et dernièrement avec l'arrivée de la céramique.

##### *a3) bougie crayon «rapide» et «super – rapide»(fig.24)*

Le filament se compose de deux parties : le filament chauffant et résistance de régulation. A la mise en action, le filament chauffant transmet rapidement sa chaleur à la poudre isolante, puis au tube à incandescence. Ensuite, la résistance de régulation sert de limiteur de courant et éviter ainsi une surchauffe (la résistance du filament augmente avec la chaleur).

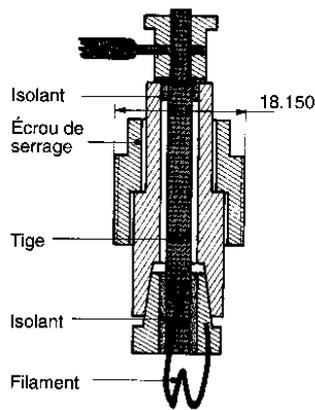


Fig.22

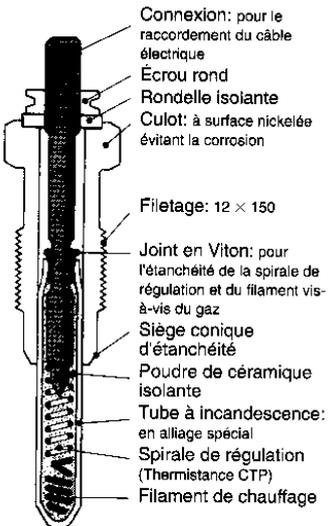
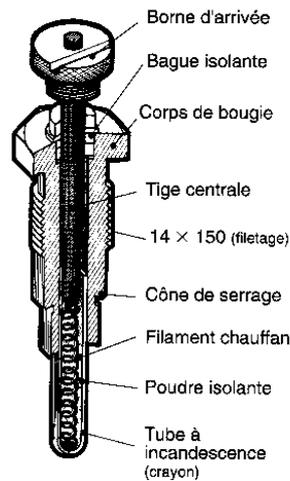


Fig.23

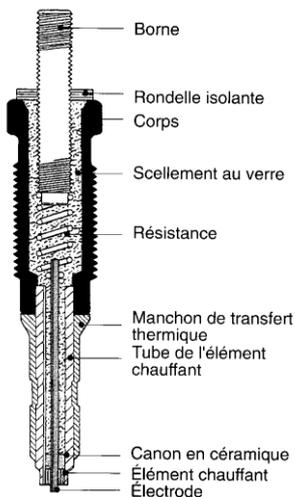


Fig. 24

b) bougies bipolaires (fig.25)

Les bougies bipolaires comportent une tige centrale d'arrivée du courant, sur laquelle est fixée l'une des extrémités du filament chauffant. L'autre extrémité est reliée à une douille concentrique, isolée aussi bien de la tige centrale que du corps de la bougie.

Les bougies bipolaires ont une tension nominale d'emploi de 1,4 à 1,9 volt et leur branchement s'effectue en série sur le circuit. Le délai de préchauffage est d'environ une minute à 0°C.

*Inconvénient* : si une des bougies est défectueuse, aucune ne peut fonctionner.

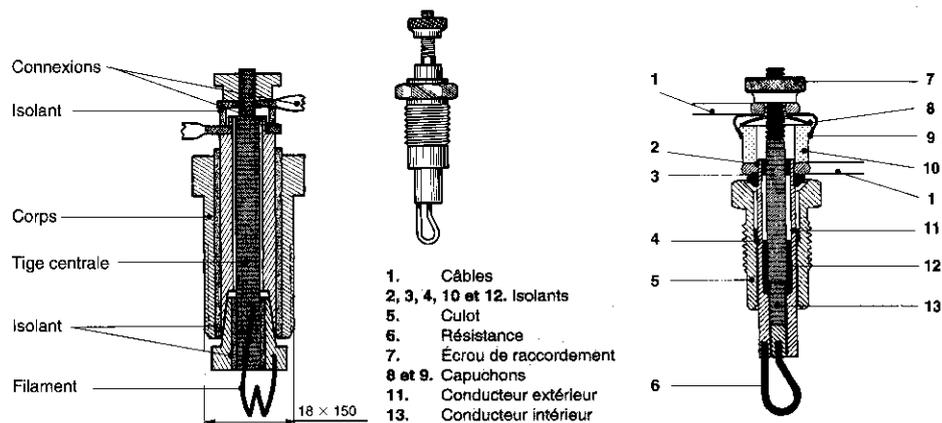


Fig.25

§ 3.2 Branchement des bougies

a) bougies unipolaires (fig.26)

Le branchement est réalisé « en parallèle, la sortie positive du (ou des) relais est reliée aux bornes de chacune des bougies, la liaison à la masse est assurée par contact au serrage sur la culasse du moteur.

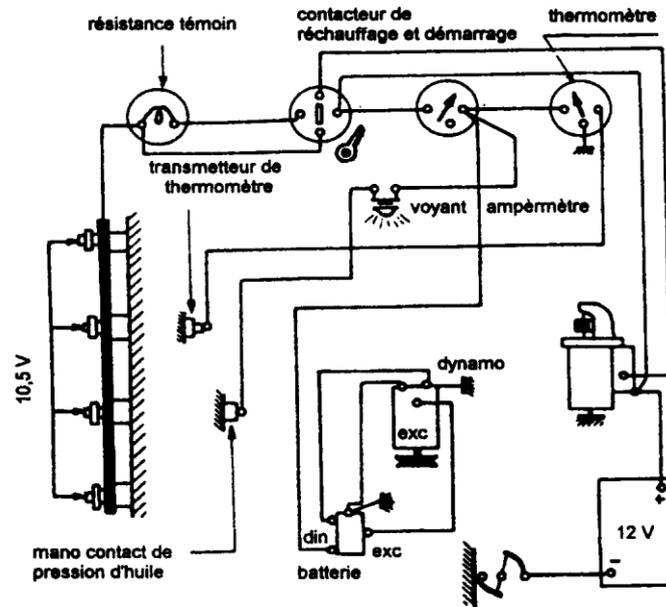


Fig. 26

b) bougies bipolaires (fig.27)

Les bougies bipolaires branchées en série sont alimentées par la batterie. Dans un circuit simple viennent encore s'insérer la résistance de contrôle, l'interrupteur et, dans certains cas, une résistance d'appoint. la masse étant reliée à la dernière bougie du circuit.

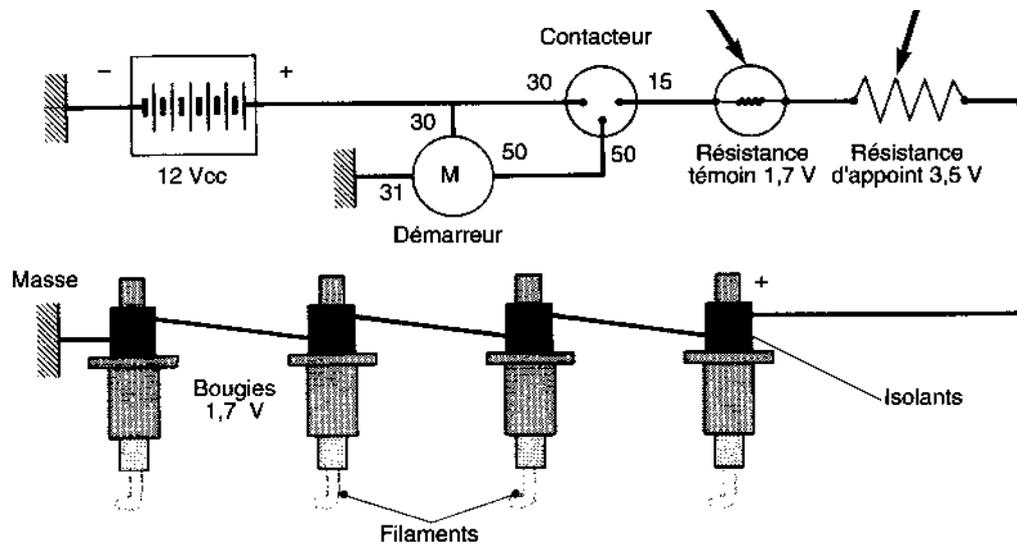


Fig.27

§ 3.3 Commande des bougies de préchauffage

Depuis quelques années, les systèmes de commande et de contrôle des circuits de préchauffage ont considérablement évolué. D'un simple interrupteur spécial, avec témoin à résistance rougissante au tableau de bord, en passant par des améliorations (circuit à relais thermique à bilame et lampe témoin qui s'allume ou s'éteint selon le cas), les circuits sont maintenant commandés par l'électronique, avec des variantes selon chaque constructeur de véhicule.

## Commande par relais électronique de contrôle du temps de préchauffage (fig.28)

C'est le composant principal des circuits actuels. Son rôle est de prendre en compte plusieurs paramètres :

- Tension d'alimentation
- Température du moteur
- Courant maximum à délivrer (mise en sécurité en cas de dépassement)
- Etat des bougies de préchauffage (ou du circuit) et génération des bougies à commander
- Durée de post - incandescence (s'il y a lieu).

A l'aide de ces données, le relais va déterminer la durée exacte de préchauffage et avertir l'utilisateur à l'aide d'un témoin lumineux .

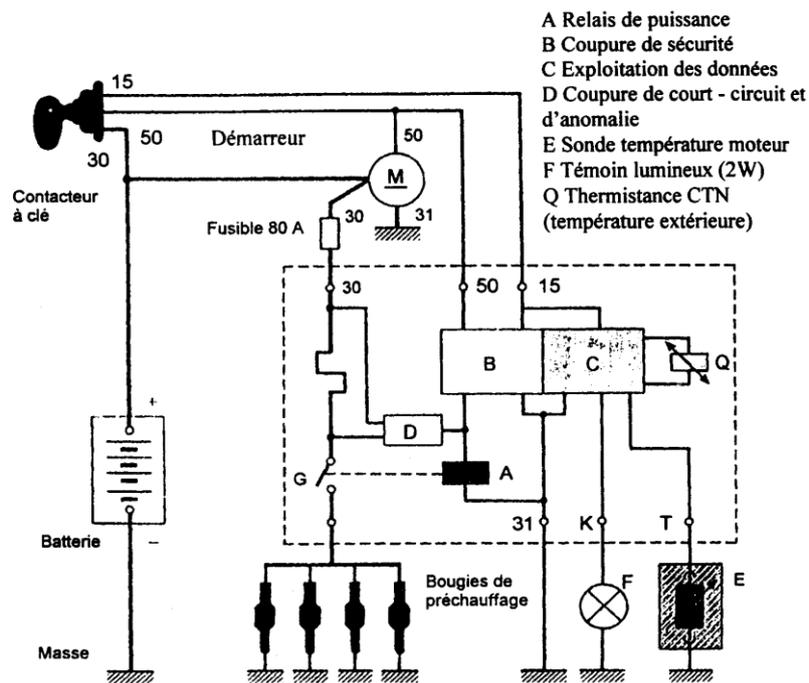
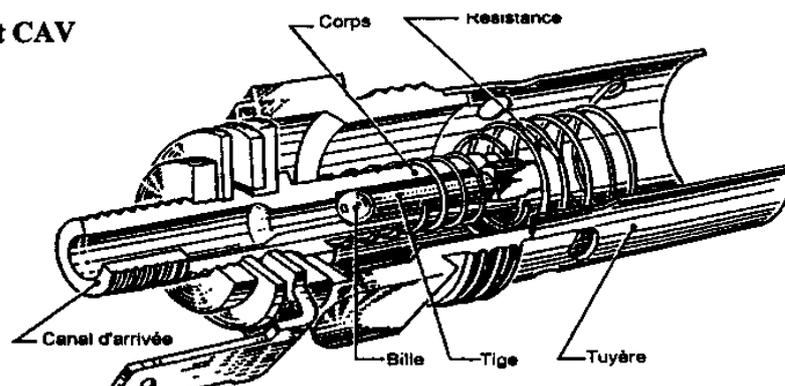


Fig.28

## § 3.4 Le thermostart (fig.29)

Ce dispositif, monté sur le collecteur d'admission, est alimenté en combustible par un petit réservoir auxiliaire, lui-même alimenté par le circuit de retour des injecteurs. L'alimentation électrique du système est réalisée par le combiné de départ placé au tableau de bord.

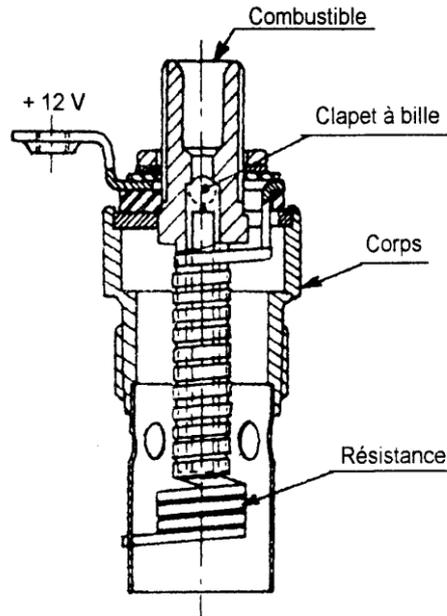
## Thermostart CAV



**Fig.29**

*Fonctionnement (fig. 30)*

A la fermeture du contact, la résistance chauffe la spirale du thermostat qui se dilate, la bille, libérée de son siège, permet au combustible de s'écouler et de se vaporiser, dans le collecteur d'admission.



Thermostart

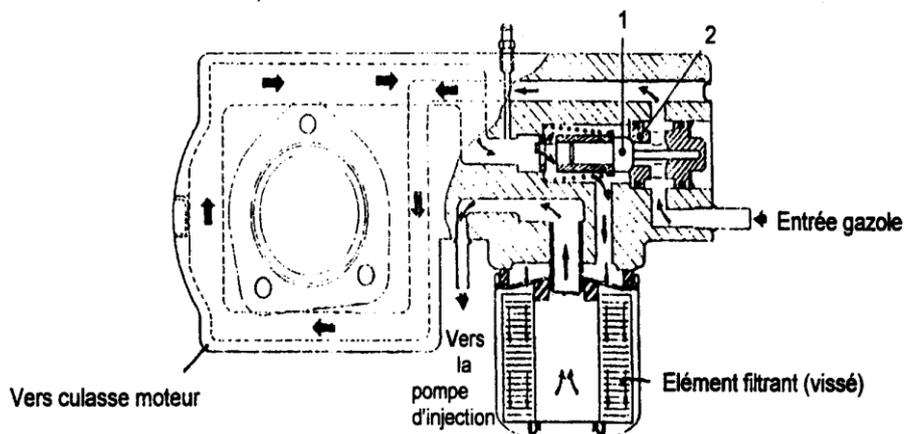
Fig.30

**§ 3.5 Les réchauffeurs**

Les véhicules récents sont équipés en série de ce dispositif. Le dispositif choisi doit toujours être placé le plus près possible du filtre à combustible (ou incorporé dans celui-ci et être équipé d'une régulation de température afin d'éviter tout accident).

*a) Réchauffage par l'eau (fig.31)*

Le réchauffage par la température d'eau de la culasse (souvent monté d'origine) ne pose pas de problème, ne consomme pas d'énergie, mais l'efficacité lors d'un démarrage à froid est nettement moins rapide qu'avec le réchauffage électrique. D'autre part, un système à eau permet (fig. 1) en chauffant le gasoil entre 30 et 40° C toute l'année, d'en augmenter le volume, et donc d'effectuer plus de kilomètres avec un même réservoir (gain sur la consommation).



**Fig. 31**

## b) Réchauffage électrique (fig.32 et 33)

Le réchauffeur électrique est facile à adapter et chauffe rapidement le combustible (la consommation varie entre 100 et 500 watts).

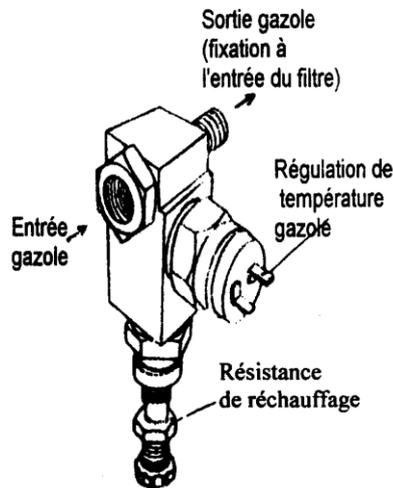


Fig.32

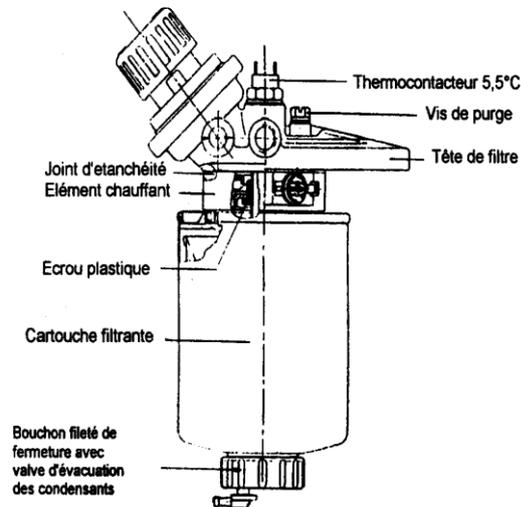


Fig.33

## § 4. La pompe d'injection

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

- Le dosage doit correspondre très exactement aux besoins du moteur ( suivant la charge)
- Il doit être rigoureusement égal pour chaque cylindre du moteur
- L'injection doit s'effectuer à un instant très précis
- L'injection doit se produire dans un laps de temps très court

*Types de pompes*

On rencontre deux grandes familles de pompes d'injection :

- Les pompes en ligne
- Les pompes rotatives ou distributrices

## § 4.1 Pompe d'injection en ligne (fig.34)

La pompe d'injection à éléments en ligne se compose d'autant d'éléments de pompe que le moteur à alimenter a de cylindres. Les pistons de pompe sont commandés par un arbre à cames qui est entraîné par le moteur, et qui est placé à la partie inférieure de la pompe d'injection.

La pompe comprend :

*L'arbre à cames* : placé à la partie inférieure de la pompe d'injection il tourne sur deux roulements et il a autant de cames qu'il y a d'éléments de pompe.

*Le poussoir* : il transmet le mouvement de la came au piston en absorbant les chocs. Son contact avec la came peut s'effectuer soit par un galet, soit par une surface plane.

*Le ressort de rappel* : chaque piston de la pompe est muni d'un ressort de rappel, son but est de ramener le piston vers le bas après chaque injection et de maintenir un contact permanent entre le poussoir et la came.

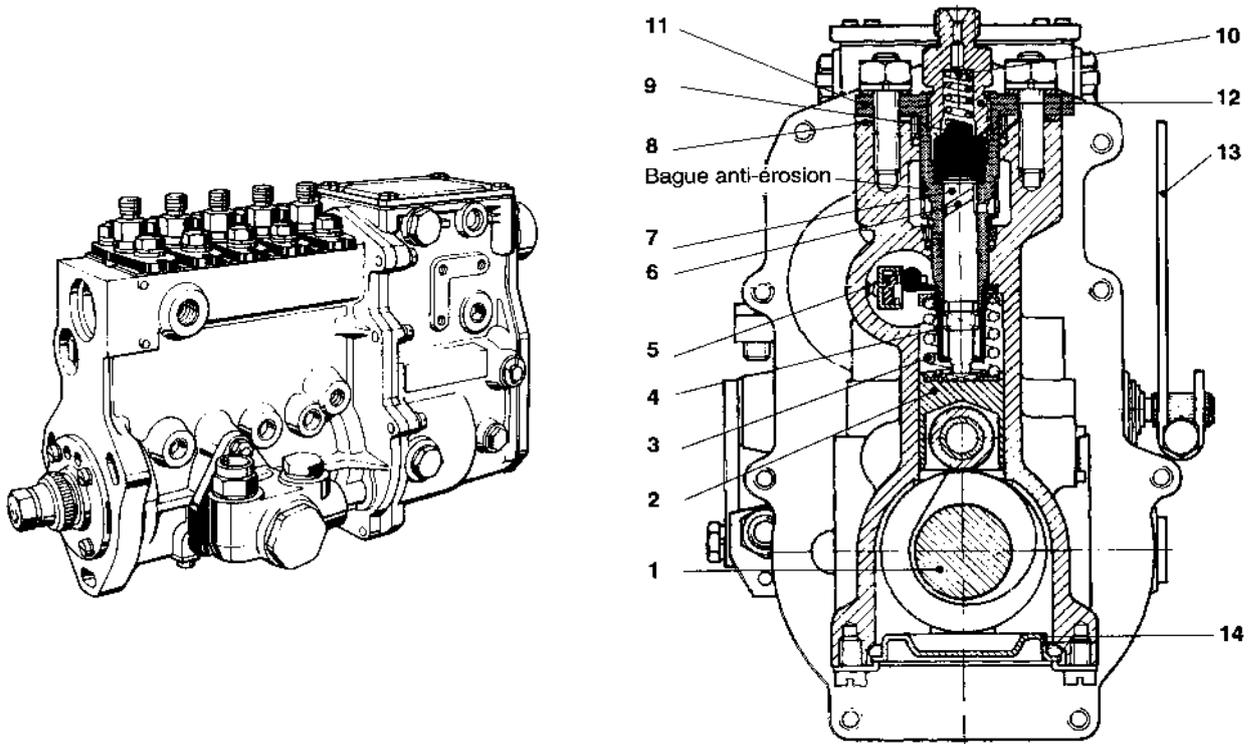
**Les cylindres :** les cylindres de la pompe d'injection sont exécutés avec une grande précision. Ils sont rapportés dans le corps de la pompe. Ils sont montés dans le corps de pompe sans jeu, orientés de façon correcte pour l'admission du combustible et maintenus en place par une vis à téton visible de l'extérieur.

**Le piston :** il est exécuté avec une grande précision. Il comporte une gorge circulaire (A) limitée à la partie inférieure par une arête droite (B) et à sa partie supérieure par un arête hélicoïdale (C) aboutissant à une rainure verticale (D).

**Le secteur denté :** il permet d'entraîner le piston dans un mouvement de rotation qui dépend du déplacement longitudinal de la crémaillère. Ce déplacement étant commandé par le conducteur.

**La crémaillère :** elle commande simultanément autant de douilles dentées qu'il y a d'éléments à la pompe. C'est par le déplacement de la crémaillère que l'on règle le débit de la pompe donc le régime du moteur.

**Les clapets de refoulement :** ils sont logés au-dessus du cylindre dans la partie supérieure du corps de la pompe. Leur but est de permettre une fermeture rapide de l'aiguille de l'injecteur afin d'empêcher la formation d'une goutte à l'orifice de la buse et de maintenir une pression constante dans les canalisations de refoulement.



- |                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 1. Arbre à cames          | 8. Plaque d'ajustage                  |
| 2. Pousoir à galet        | 9. Soupape de refoulement             |
| 3. Ressort de compression | 10. Ressort de soupape de refoulement |
| 4. Douille de réglage     | 11. Bride de fixation                 |
| 5. Tige de réglage        | 12. Ensemble élément-soupape          |
| 6. Rampe hélicoïdale      | 13. Levier de commande                |
| 7. Élément de refoulement | 14. Couvercle inférieur               |

Fig.34

*a) principe de fonctionnement*

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

supérieure du piston (E) La chemise comporte deux orifices d'admission du combustible (F). (fig. 35).

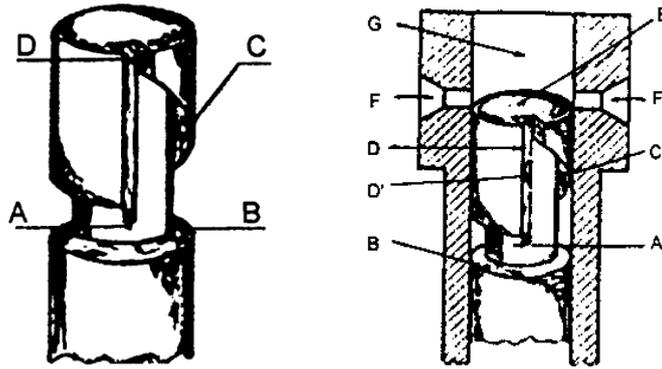


Fig. 35

## a.1) plein débit (fig.36)

Fig.(A) : le piston est au PMB, le combustible pénètre dans la chambre de refoulement.

Fig.(B) : l'injection commence à se produire les deux orifices d'amenée sont obturés par le piston.

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

## a.2) débit partiel (fig.36)

C'est une position entre le débit maximum et le débit nul. Le fonctionnement pour cette position est identique mais l'injection cessera plus tôt étant donné la plus faible surface de recouvrement délimitée par l'arête hélicoïdale par rapport à l'orifice d'admission.

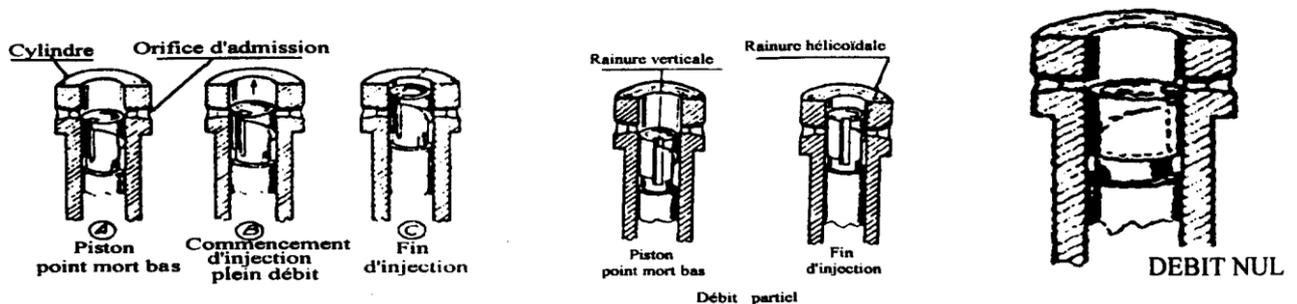


Fig.36

## a.3) débit nul (fig.36)

La rainure verticale du piston se trouve devant l'orifice d'amenée du combustible. De cette façon il ne peut y avoir de compression au - dessus dit piston puisque la chambre de refoulement est directement en communication avec l'orifice d'admission du combustible donc avec la chambre d'aspiration située dans le corps de la pompe.

## b) Variation de l'avance à l'injection (fig.37)

Les pompes d'injection munies d'un variateur d'avance automatique de l'injection assurent le décalage du début de l'injection en fonction du régime du moteur.

Le décalage est obtenu en faisant varier la position relative du plateau d'entraînement de l'arbre à cames de la pompe par rapport au plateau d'entraînement de l'accouplement moteur.

Dès la mise en route du moteur, les masses M s'écartent sous l'effet de la force centrifuge et compriment les ressorts R. L'inclinaison des rainures aménagées de chaque côté de ces masses provoque le déplacement des taquets D et G qui, solidaires des broches C et F des plateaux A et N font tourner les plateaux l'un par rapport à

l'autre. On agit sur les écrous J pour augmenter ou diminuer la tension des ressorts R, ce qui permet de faire varier la courbe d'avance.

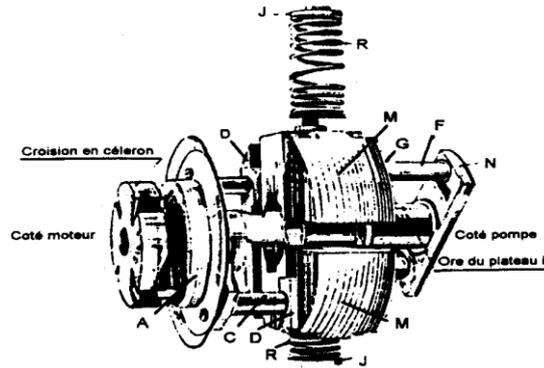


Fig.37

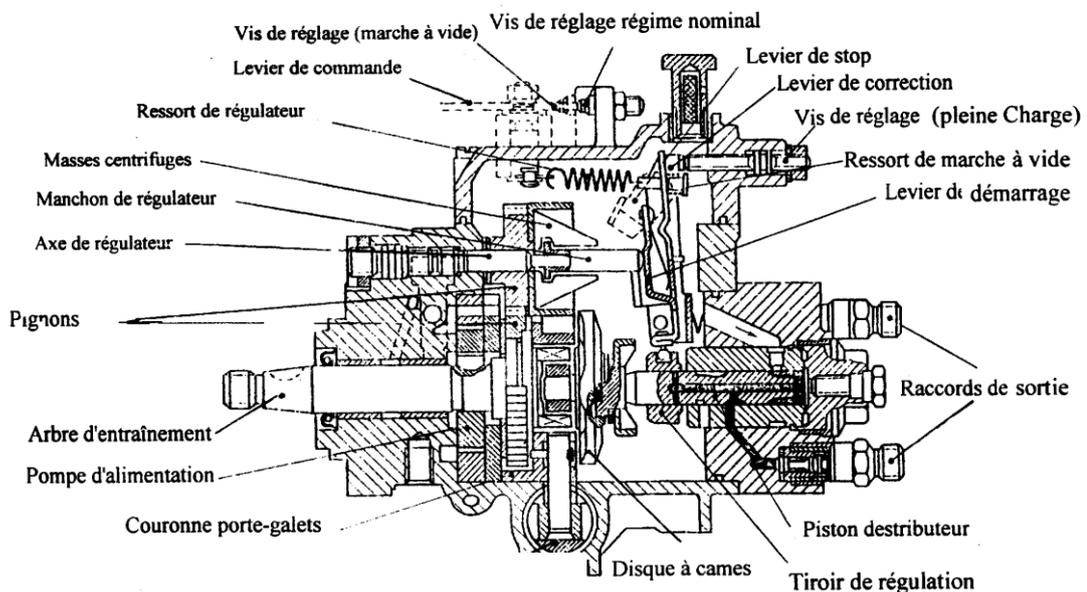
## § 4.2 Pompes rotatives ou distributrices

### a) pompe distributrice type EP/VE (fig.38)

Cette pompe qui se différencie de la pompe EP/VA principalement par le système de régulation possède en outre les caractéristiques suivantes :

- Un régulateur centrifuge surmultiplié entraîné par pignon avec amortisseur de vibration ;
- Une possibilité de régulation des deux systèmes ;
- Une adaptation aisée de dispositifs de correction thermostatique ou altimétrique ;
- Un faible influence de la température du combustible (régulation mécanique) ;
- Une correction hydraulique et mécanique de débit (par compensation positive ou négative)
- Une adaptation de limiteur de fumée pénétrant de modifier le débit de marche en fonction des pressions de suralimentation ;
- Un débit d'injection fixe, indépendant du débit ou variable en fonction de la charge.
- Une avance automatique à détection hydraulique et pompe à palettes avec régulation de pression incorporée;

Cette pompe remplie de combustible ne nécessite pas d'entretien particulier (organes en mouvement, lubrifiés par le combustible) et offre aux constructeurs de moteurs une grande facilité d'adaptation permettant une amélioration de la dépollution des gaz d'échappement, de la consommation, du couple, de la puissance, etc.



**Fig.38**

a.1) principe de fonctionnement (fig. 39 et 40)

Le combustible est aspiré au réservoir par une pompe à membrane qui le refoule à travers un filtre fin vers une pompe d'alimentation à palettes.

Cette pompe d'alimentation refoule le gasoil dans la chambre d'aspiration du « bloc hydraulique » avec, en dérivation, une soupape régulatrice qui maintient une pression précise en fonction du régime et qui commande également le piston d'avance automatique.

Sur le couvercle du régulateur, un orifice de retour calibré permet un balayage et un dégazage permanent du combustible.

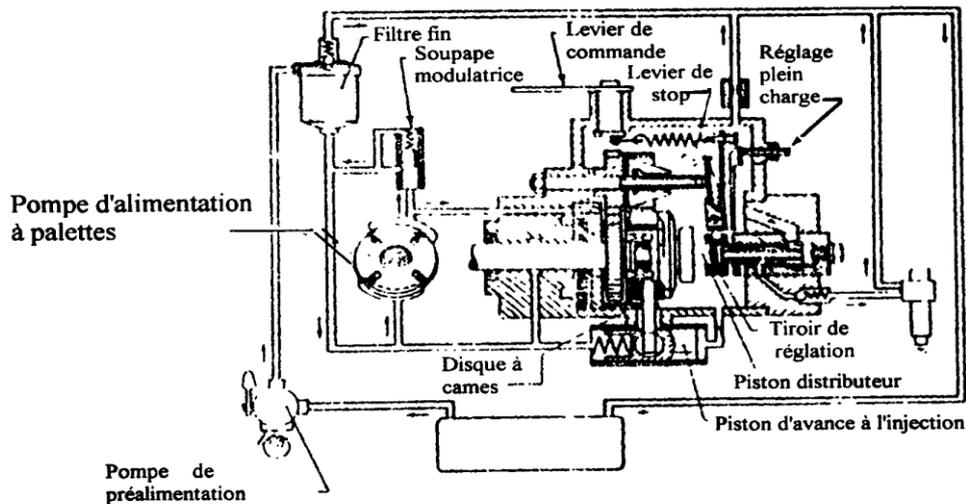
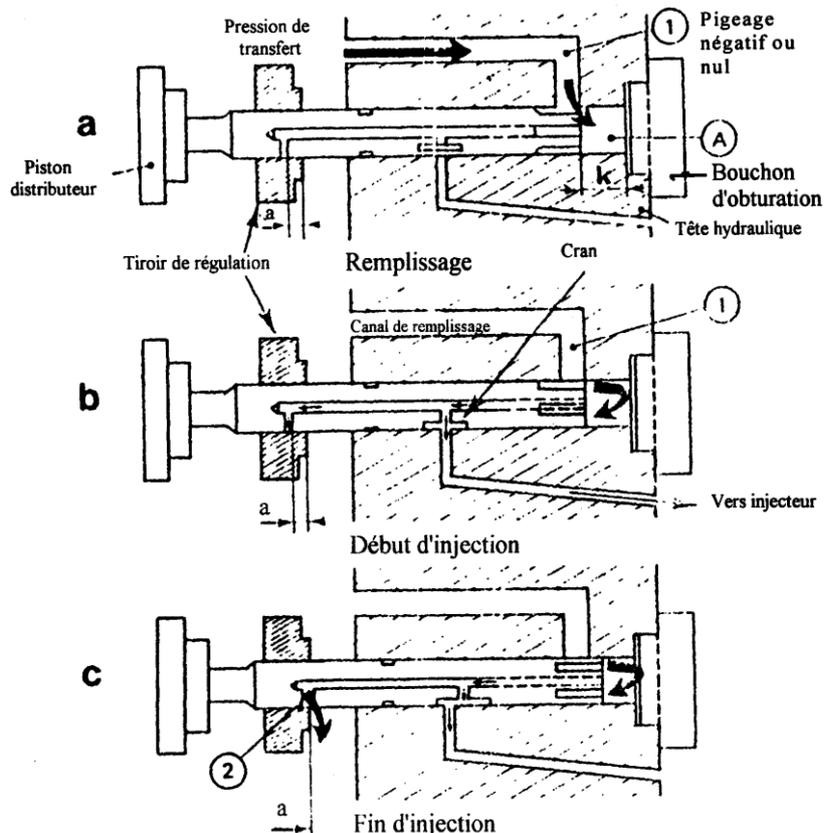


Fig.39



**Fig.40**

L'arbre d'entraînement actionne le piston distributeur par l'intermédiaire d'un croisillon et du disque à cames. Ce disque prend appui sur les galets de la couronne porte-galets et transforme le mouvement de rotation en mouvement de translation.

La combinaison de ces deux mouvements permet le refoulement et la distribution du carburant.

*A – remplissage (a)* - le piston distributeur étant au P.M.B le combustible pénètre par l'orifice (1) dans la chambre (A), à la pression de transfert.

*B- refoulement (début d'injection ) (b)* - le piston distributeur, commandé par le disque à cames, amorce un mouvement de montée et obture l'orifice (1). A cet instant précis, le refoulement du combustible s'effectue vers le craindre correspondant à la position du «cran» de distribution du piston.

*C – fin d'injection (c)* - continuant sa course de refoulement, le piston provoque la fin d'injection au moment où l'orifice (2) découvre la face du tiroir de régulation (en liaison avec le régulateur).

On peut observer que pour toute modification de la position du tiroir, la course utile «a» (débit) est modifiée et permet donc d'aller du «stop» au débit de «surcharge».

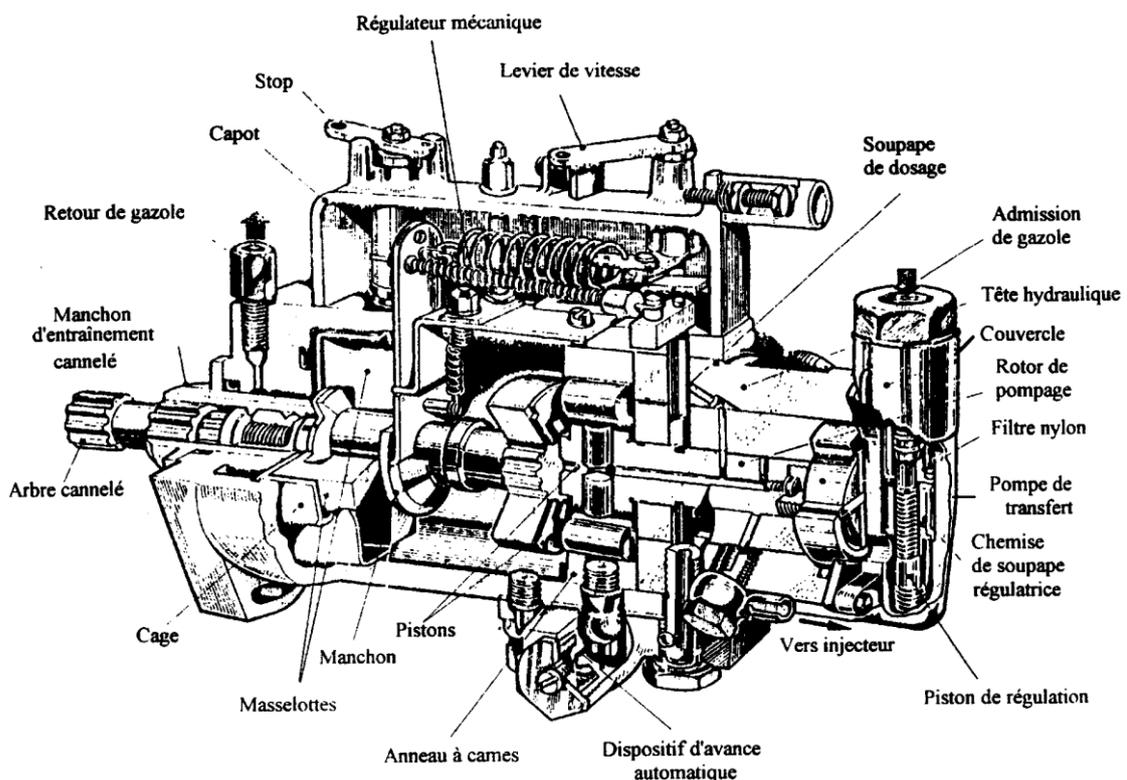
*b) pompe distributrice type DPA (fig. 41 avec régulateur mécanique et fig. 42 avec régulateur hydraulique)*

Pompe d'une conception compacte et qui comprend :

- Une avance à l'injection automatique en fonction de la vitesse, de la charge, ou vitesse et charge,
- Une pompe d'alimentation incorporée,
- Des systèmes de régulation « toutes vitesses » ou mini – maxi, mécaniques ou hydrauliques qui assurent un contrôle précis de la vitesse.

La pompe DPA convient aux petits moteurs diesel à hauts régimes de rotation. Elles peuvent se monter en position horizontale ou verticale.

Des dispositifs spéciaux sont utilisés suivant les applications (stop électrique, dispositif anti-calage, dispositif d'injection différée)



**Fig.41**

Un seul élément assure le refoulement du gasoil, quel que soit le nombre des cylindres du moteur à alimenter (2 à 6 cylindres). Le combustible est dosé, puis distribué à haute pression aux injecteurs dans l'ordre d'injection correct et aux intervalles requis, par deux pièces ajustées avec une grande précision:

- Le distributeur tournant ou rotor de pompage
- La partie fixe ou tête hydraulique sur laquelle sont fixées les sorties haut-pression.

Les avantages de cette pompe sont :

- Egalité des débits entre les cylindres (déterminée par la précision d'usinage)
- Absence de réglage des débits d'injection des cylindres l'un par rapport à l'autre
- Graissage et refroidissement assurés par le passage du combustible à travers la pompe (entretien réduit) ;
- Etanchéité parfaite empêchant toute pénétration de poussière, d'eau ou d'air.
- Même nombre de pièce en mouvement, quel que soit le nombre de cylindres à alimenter.
- Le montage des organes de cette pompe ne nécessite ni roulement, ni pignons, ni ressorts de rappel à tension élevée.

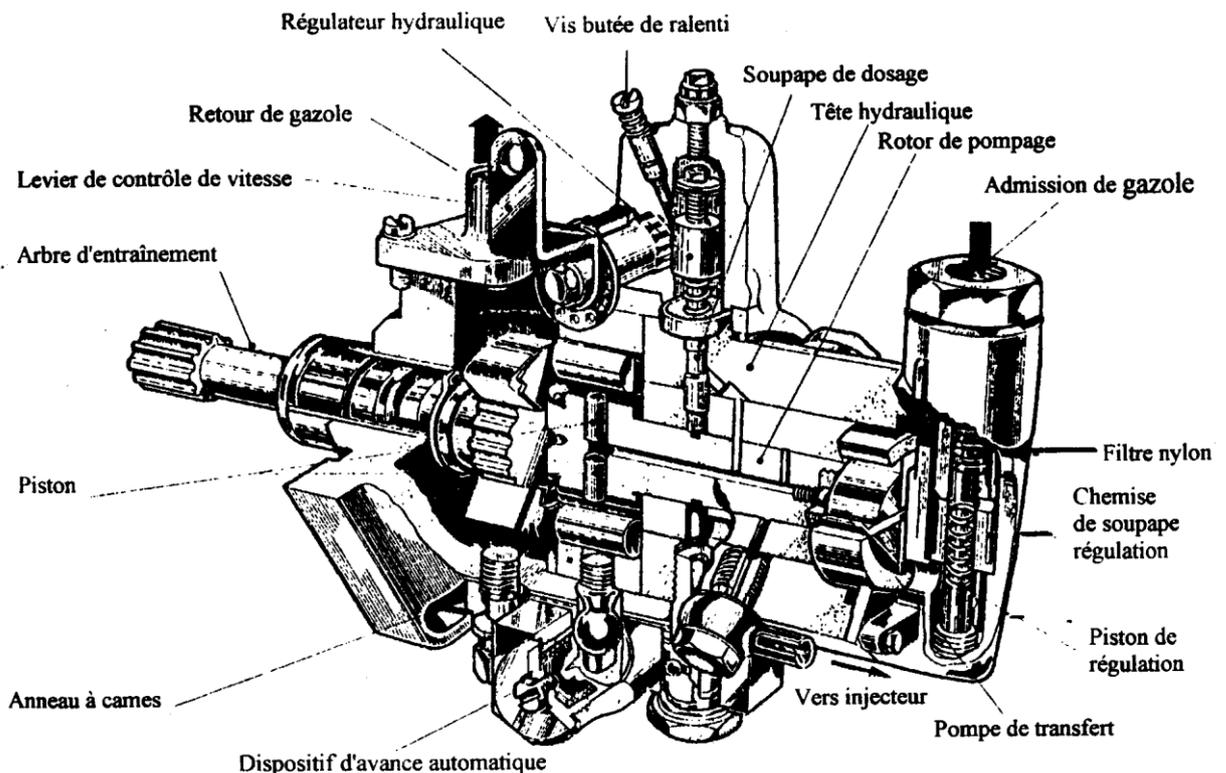


Fig.42

*Fonctionnement (fig.43)*

Une pièce tournante centrale appelée «rotor de pompage et de distribution» est entraînée par un arbre cannelé ; ce rotor porte à une extrémité une pompe volumétrique à palettes dites «pompe de transfert». Le rotor est monté dans un cylindre fixe en acier, appelé «tête hydraulique» dans lequel il est ajusté avec une grande précision. La partie du rotor qui effectue le «pompage» possède un alésage transversal dans lequel couissent deux pistons opposés. Lors du refoulement, ces deux pistons sont actionnés par deux galets cylindriques qui sont repoussés par les bossages des cames usinées à l'intérieur d'un anneau fixe à cames. L'anneau à cames possède autant de bossages qu'il y a de cylindres au moteur.

L'élément «distributeur» du rotor comporte un canal axial qui relie la chambre, située entre les pistons, à des canaux percés radicalement dans le rotor et destinés à l'admission et au refoulement du combustible. Le canal de distribution se présente successivement, pendant la rotation du rotor, devant des canaux de sortie percés dans la tête hydraulique et qui alimentent les injecteurs. Le nombre des canaux de sortie est égal au nombre de cylindres du moteur. En nombre égal, des canaux d'admission sont percés à intervalles réguliers sur la périphérie du rotor; ils passent successivement devant un canal unique foré dans la tête hydraulique. Le régulateur contrôle l'entrée du combustible dans ce canal d'entrée dit «canal de dosage».

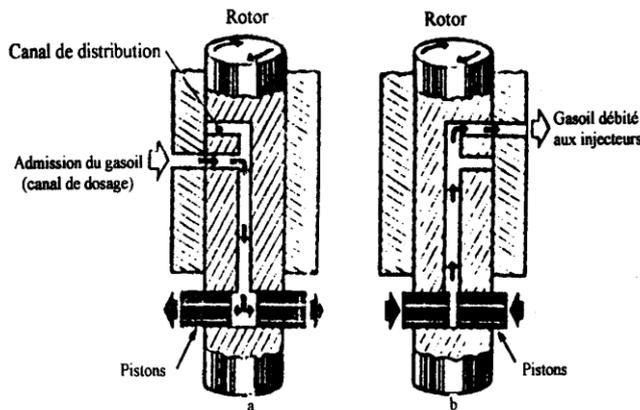


Fig.43

Quand le rotor tourne, un canal admission vient se placer devant le canal de dosage de la tête hydraulique, le gasoil pénètre, à pression de dosage entre les pistons et provoque ainsi leur écartement.

Le déplacement des pistons est variable et dépend de la quantité de combustible qui peut pénétrer dans la chambre pendant le temps où les orifices sont alignés.

Le rotor continue à tourner, le canal de dosage se trouve obstrué et, lorsque le canal de distribution du rotor coïncide avec un des canaux de sortie de la tête hydraulique, les galets entrent en contact avec l'autre. Le combustible ainsi comprimé est envoyé aux injecteurs.

On dose le débit du combustible injecté en limitant la quantité de celui qui pénètre à l'admission. Cette quantité dépend de deux facteurs principaux :

- La pression à l'entrée
- La durée d'ouverture du passage d'admission.

### § 4.3. Différents types d'injection

Les moteurs diesel sont classés selon le type d'injection et de chambre de combustion qui les équipent. On rencontre deux grandes familles de moteur diesel :

- Moteur à injection indirecte : l'injecteur débouche dans une préchambre dont le volume représente une partie de la chambre de combustion. Pour faciliter le départ à froid un système de préchauffage est prévu.
- Moteur à injection directe : l'injecteur débouche directement dans la chambre de combustion ; la pression d'injection est élevée ; le départ à froid est facilité.

#### § 4.3.1. Injection indirecte

##### a) procédé à préchambre (fig.44)

Dans le cas du procédé à préchambre applicable au moteur diesel des automobiles, le carburant est injecté dans une préchambre chaude, où la précombustion engendre un

bon conditionnement du mélange avec réduction du délai d'inflammation pour la combustion principale.

L'injection du carburant est réalisée par un injecteur à téton et étranglement avec une pression relativement faible (300 bar max.). Une surface d'impact de forme spéciale, située au centre de la chambre, divise le jet d'injection et le mélange intensément à l'air. La combustion initialisée pousse le mélange air-carburant à travers des trous situés à l'extrémité inférieure de la préchambre, avec un effet de chauffage supplémentaire, dans la chambre de combustion principale au-dessus du piston. C'est là que se produit un brassage intensif avec l'air de la chambre de combustion principale et la suite et la fin de la combustion. Un court délai d'inflammation et une libération d'énergie contrôlée, pour une pression globalement faible dans la chambre de combustion principale, permettent d'obtenir une combustion "souple" avec un niveau de bruit réduit et une moindre sollicitation du moteur. Afin de ne pas perturber le déroulement de la combustion, la bougie de préchauffage est placée dans le courant descendant du flux d'air. Une post-incandescence commandée d'une minute maximum après démarrage à froid (en fonction de la température de l'eau de refroidissement) contribue à la dépollution des gaz d'échappement et à la réduction du bruit au cours de la phase de mise en action.

*b) procédé à chambre de turbulence (fig.45)*

Ce procédé applicable au moteur diesel des automobiles se caractérise par la présence d'une préchambre où la combustion est également initialisée. Ce procédé de combustion utilise une préchambre en forme de sphère ou de disque (chambre de turbulence) avec un canal de jonction (canal de charge) qui débouche tangentiellement dans le cylindre.

Pendant le temps de compression, un mouvement tourbillonnaire est appliqué à l'air arrivant par ce canal et le carburant est injecté dans ce tourbillon. Le positionnement de l'injecteur est choisi de sorte que le jet de carburant traverse cette turbulence verticalement par rapport à son axe et percute une zone de paroi chaude sur le côté opposée de la chambre.

Dès le début de la combustion, le mélange air-carburant pénètre dans le cylindre par le canal de jonction et y est mélangé avec l'air de combustion restant. Par rapport au procédé à préchambre, le concept à chambre de turbulence se caractérise par la minimisation des pertes d'écoulement entre la chambre principale et la chambre secondaire, car la section de décharge est plus importante. Le travail de changement de charge est donc plus faible, ce qui améliore le rendement interne et minimise la consommation. Parallèlement, il est très important que la formation du mélange se fasse si possible complètement dans la chambre de turbulence. La configuration de la chambre de turbulence, la position et la forme du jet d'injection ainsi que le positionnement de la bougie de préchauffage doivent être parfaitement adaptés pour obtenir une bonne préparation du mélange, quelles que soient les vitesses de rotation et les charges. Un autre préalable essentiel est le réchauffage rapide de la chambre de turbulence après le démarrage à froid. Ceci permet de réduire le délai d'inflammation et d'éviter la formation d'hydrocarbures non brûlés (fumée bleue) dans les gaz d'échappement au cours de la phase de mise en action.

*c) procédé à chambre auxiliaire (fig.46)*

Ces moteurs se caractérisent par une chambre de compression dont une partie se trouve au dessus du piston, partiellement dans celui-ci ou dans les culasses.

L'autre partie étant constituée par une chambre séparée à l'intérieur de laquelle l'air comprimé peut pénétrer par un ou plusieurs orifices ou par un canal de faible section. L'injecteur débouche dans la chambre auxiliaire.

Dans ce moteur, la réserve d'air a pour rôle de créer la turbulence soit par combustion préalable, soit par détente de l'air qu'elle a emmagasinée pendant la compression.

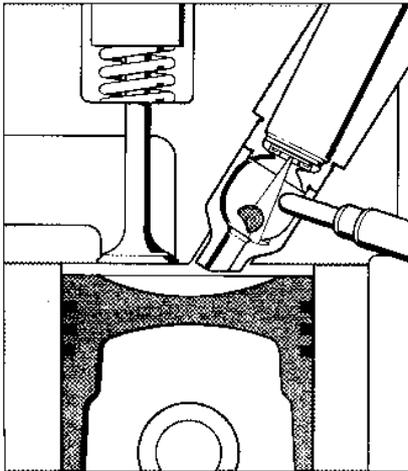


Fig.44

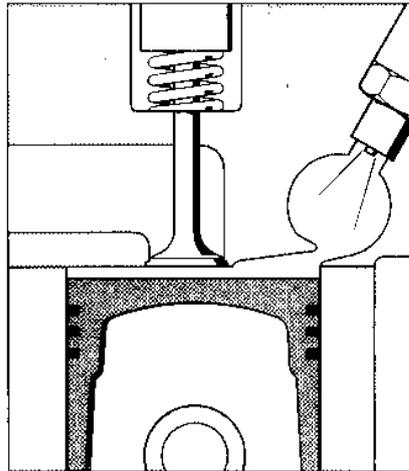


Fig.45

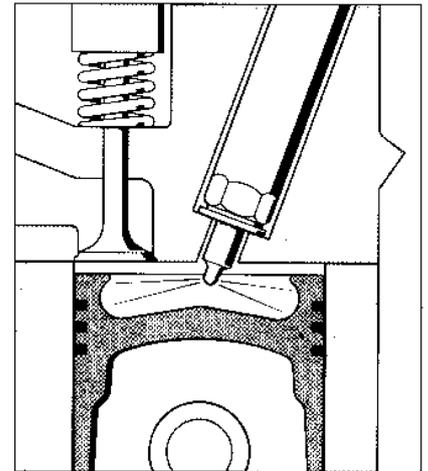


Fig.47

Bougie de réchauffage

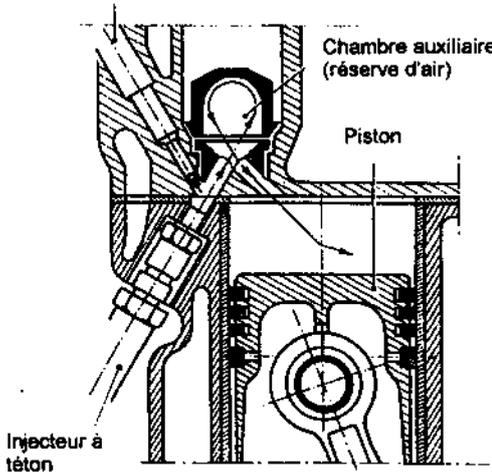


Fig.46

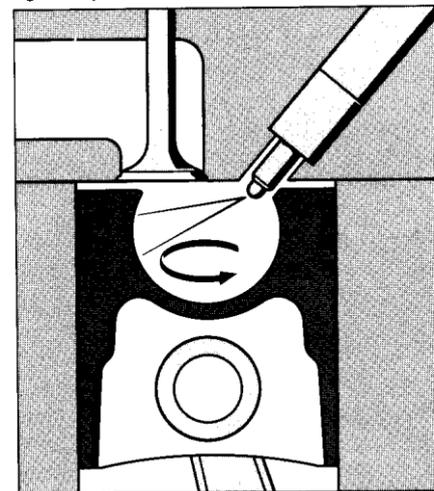


Fig.48

### § 4.3.2 Injection directe

#### a) procédé d'injection directe (fig.47)

Le procédé d'injection directe, spécifique du moteur diesel stationnaire et de véhicule utilitaire de toutes cylindrées, ne fait pas appel à la préparation du mélange dans la préchambre. Le carburant est introduit directement dans la chambre de combustion au-dessus du piston. Les étapes de pulvérisation, réchauffage, vaporisation du carburant et mélange avec l'air doivent donc se dérouler rapidement. Les modes d'alimentation en carburant et en air d'admission sont donc soumis à des exigences élevées. Comme dans le cas du procédé à chambre de turbulence, un tourbillon d'air est produit au cours des temps d'admission et de compression. Cette turbulence est générée par la forme particulière du canal d'admission dans la culasse. La configuration de la surface du piston, qui dispose d'une chambre de combustion, participe également au mouvement tourbillonnaire de l'air à la fin du temps de compression, c'est-à-dire au début de l'injection.

Parmi les différentes formes de chambre de combustion utilisées au cours de l'évolution du moteur diesel, la cavité cylindrique est aujourd'hui largement employée. Elle permet,

en effet, de réaliser un bon compromis entre une fabrication économique et un guidage efficace de l'air.

Outre une bonne turbulence de l'air, la répartition du carburant dans l'espace doit être homogène afin de garantir la rapidité du mélange. Contrairement au moteur à préchambre, équipé d'un injecteur mono jet à téton et étranglement, le procédé d'injection directe fait appel à un injecteur à trous multiples. L'angle des jets doit être optimisé en fonction de la configuration de la chambre de combustion. Dans le cadre du procédé d'injection directe décrit jusqu'à présent, la préparation du mélange est obtenue par brassage et vaporisation de particules de carburant avec les particules d'air environnantes (procédé de répartition de l'air). Par contre, le procédé de projection sur paroi suppose l'application ciblée du carburant sur la paroi de la chambre de combustion du piston où il est vaporisé et balayé par l'air.

*b) procédé d'injection directe par application sur paroi (procédé M) (fig.48)*

Ce procédé d'injection, destiné au moteur diesel stationnaire et de véhicule utilitaire, exploite la chaleur emmagasinée par la paroi de la cavité pour la vaporisation du carburant et pour la génération, par guidage approprié de l'air de combustion, du mélange air-carburant. Ce procédé fait appel à un injecteur mono jet ayant une pression relativement faible. Si le mouvement de l'air dans la chambre de combustion est bien équilibré, il est possible d'obtenir des mélanges air-carburant très homogènes, caractérisés par une longue durée de combustion, un faible montée en pression et donc une combustion silencieuse, mais par une augmentation de la consommation par rapport à la méthode de répartition dans l'air.

#### § 4.4. Comparaison des procédés de combustion

Les inconvénients des moteurs à chambre divisée au niveau du comportement sonore concernent essentiellement le fonctionnement à froid, c'est-à-dire la phase succédant au démarrage à froid. Une préparation insuffisante du mélange - liée surtout à la chaleur diffusée aux parois de la chambre induit des délais d'inflammation relativement longs et un bruit de claquement. En outre, le moteur à chambre de turbulence a tendance à produire un fort bruit de combustion, même pendant la phase de mise en action à charge et régime réduit. Par contre, le procédé à préchambre présente de nombreux avantages en ce qui concerne la température de la chambre et le délai d'inflammation. Le principal avantage du procédé d'injection directe est la réduction de la consommation de l'ordre de 20 % par rapport au moteur à chambre de combustion divisée. Par contre, les inconvénients de l'injection directe sont le bruit de combustion (surtout à l'accélération) et la limitation du régime maximum. Par définition, l'injection directe nécessite des pressions d'injection plus élevées et donc un équipement plus complexe. Les conditions d'utilisation, qui donne la priorité à la consommation et à la rentabilité sur les aspects de confort, appellent l'injection directe. D'importantes études sur la formation du mélange et l'équipement d'injection ont permis d'appliquer également le procédé d'injection directe aux voitures particulières.

## Chapitre II

### TP 1 : Entretien périodiques du moteur diesel

#### 1. Objectif visé :

- Maintenir en bon état de fonctionnement le moteur diesel

#### 2. Durée du TP : 8 h

#### 3. Matériel (équipement et matière d'œuvre) par équipe :

- Moteur diesel
- Outils spécifiques
- Filtres à gasoil
- Filtres à air
- Eau distillé
- Gasoil

#### 4. Description du TP :

Pour le bon fonctionnement et la longévité d'un moteur Diesel, trois éléments sont très importants :

- La lubrification
- Le carburant
- L'air aspiré

Un programme d'entretien simple et efficace tel que celui du fabricant est à respecter. Les premières exigences de ce programme sont tout d'abord au niveau de la qualité et de la propreté de l'huile de lubrification et du carburant utilisé. Ensuite de la bonne filtration de l'air admis dans les cylindres. Généralement il faut effectuer les opérations suivantes :

- Contrôler et régler si nécessaire le jeu des soupapes (sauf rattrapage de jeu automatique) ;
- Contrôle des courroies : régler ou remplacer si nécessaire (sauf distribution)
- Vidanger l'huile moteur ;
- Remplacer le filtre à huile ;
- Contrôler les durits et colliers des circuits de refroidissement et de chauffage ;
- Contrôler les conduits d'huile de la pompe à dépression ;
- Contrôler les tuyaux d'échappement et supports ;
- Remplacer le filtre à carburant ;
- Remplacer le filtre à air ;
- Contrôler le dispositif de démarrage à froid ;
- Contrôler le réglage du ralenti.

#### 5. Déroulement du TP

Le TP doit se dérouler par équipe de 2 à 4 stagiaires. Chaque équipe doit :

- Préparer le post de travail
- Effectuer les opérations ci-dessus
- Respecter les normes d'hygiène et sécurité

**TP 2 : Remettre en état le circuit d'alimentation diesel****1. Objectif visé :**

Détecter et remédier les anomalies de fonctionnement du circuit.

**2. Durée du TP : 12 h****3. Matériel (équipement et matière d'œuvre) par équipe :**

- Dépressiomètre manuel ;
- Caisse à outils ;
- Véhicule à moteur diesel ou moteur diesel ;
- Manomètre.

**4. Description du TP :**

En cas d'anomalies dans le fonctionnement du système d'alimentation effectuer un contrôle sur les points suivants :

- Etanchéité du circuit
- Filtre à combustible
- Mise à l'air libre du réservoir
- Tuyauterie de retour au réservoir

**a) Contrôle de l'étanchéité (moteur à l'arrêt)**

Débrancher la vis creuse d'arrivée du carburant au niveau du filtre et raccorder un dépressiomètre manuel. Pomper manuellement pour obtenir une dépression d'environ 0,5 bar. Cette dépression doit rester stable durant environ 20 secondes.

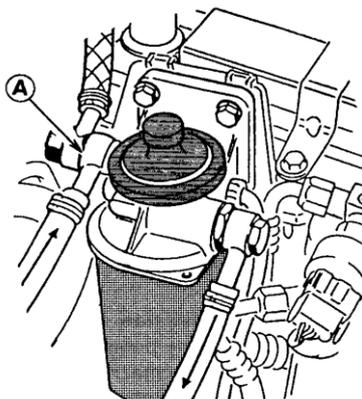
**b) Contrôle de l'étanchéité (moteur tournant)**

Débrancher la vis creuse d'arrivée (A) (fig. 1) et raccorder le manomètre à dépression. Amener le régime moteur à 2 000 tr/mn environ.

- valeur normale 0,05 bar
- valeur maxi 0,1 bar

Si la dépression est supérieure à 0,1 bar, contrôler les points suivants:

- Crépine d'aspiration du réservoir.
- Tuyauterie d'alimentation (écrasement).
- Mise à l'air libre du réservoir (colmatée).



**Fig.1**

c) *Contrôle de la cartouche filtrante*

Débrancher la vis creuse de sortie du carburant et raccorder le manomètre à dépression au niveau du filtre (B) (fig. 2).

Faire tourner le moteur et relever la valeur de la dépression à environ 2 000 tr/mn.

- Valeur normale 0,1 bar
- Valeur maxi 0,2 bar

Cette seconde lecture permet de contrôler la perte de charge au niveau de la cartouche filtrante.

"Valeur relevée en (B) moins la valeur relevée en (A)"

Remplacer la cartouche (ou l'élément filtrant) si la perte de charge est supérieure à 0,15 bar (taux de colmatage)

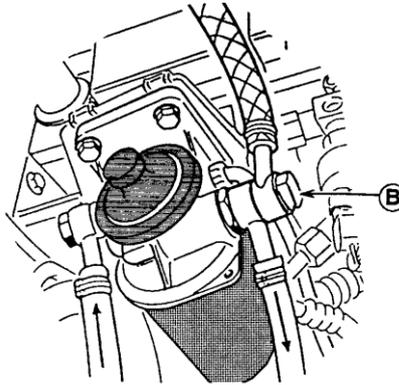


Fig.2

*d) Contrôle du circuit d'alimentation (pompes en ligne)*

Pour garantir un bon remplissage des éléments d'une pompe en ligne, une pression d'alimentation en combustible de 1 bar environ, est nécessaire. Une pompe d'alimentation mécanique (entraînée par l'arbre à cames de la pompe d'injection) assure la pression et le débit du combustible, même légère cette pression permet d'éviter le désamorçage du circuit bas pression.

*d) Remplacement de la cartouche filtrante*

Les moteurs Diesel sont très sensibles à la qualité et à la propreté du carburant (filtration). Il est conseillé et même recommandé de remplacer périodiquement la cartouche du filtre de carburant en suivant les préconisations du constructeur.

*Nota : avant le montage de la nouvelle cartouche il est préférable de lubrifier légèrement rejoint avec du gazole.*

*e) Purge du circuit bas pression «avec pompe d'amorçage» (fig.3 et 4)*

Procéder à la protection de l'équipement électrique près du système d'alimentation avant d'effectuer la purge (alternateur, démarreur etc. ) .Desserrer la vis de purge incorporée au raccord de sortie du filtre (B) ou située sur le couvercle. Actionner ensuite la pompe d'amorçage (A) jusqu'à l'apparition du carburant. Resserrer la vis de purge du filtre et établir le contact pour alimenter l'électrovanne d'arrêt de la pompe d'injection (la mise sous tension permet de purger également la tête hydraulique).

Desserrer la vis de purge de la pompe d'injection (si celle-ci en possède une).

Actionner la pompe d'amorçage et laisser couler le carburant jusqu'à l'absence totale de bulles d'air puis resserrer la vis de purge.

*f) Purge du circuit haut pression*

Desserrer les raccords haut-pression du côté des injecteurs et actionner le démarreur par actions successives jusqu'à l'apparition du carburant. Resserrer ensuite un à un les raccords d'injecteurs puis mettre le moteur en marche.

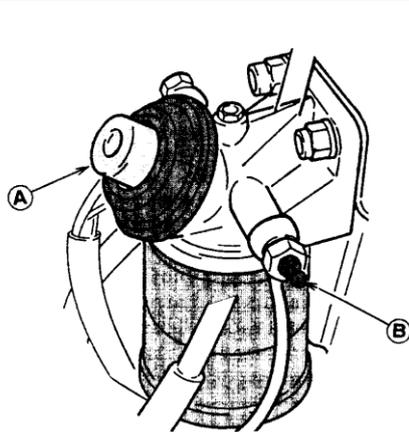


Fig.3

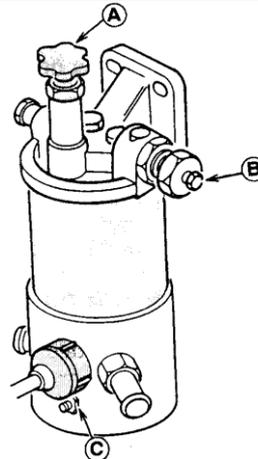


Fig.4

*g) Purge du circuit haut et bas pression «sans pompe d'amorçage»*

Desserrer les raccords haut-pression du côté des injecteurs et procéder à la purge complète à l'aide du démarreur 8 à 10 secondes d'entraînement suivi de 5 à 6 secondes d'arrêt".

Dès l'apparition du carburant resserrer au fur et à mesure les raccords haut-pression.

Pour faciliter le remplissage et la purge du circuit une pompe d'amorçage manuelle peut-être adaptée.

*h) Purge de l'eau dans le filtre à décanteur (fig.5)*

Pour purger correctement le filtre il est préférable d'ouvrir la vis de purge (B) en même temps que la vis de vidange d'eau (C).

Refermer d'abord la vis de vidange d'eau (C) puis terminer la purge de l'air à l'aide de la pompe (A).

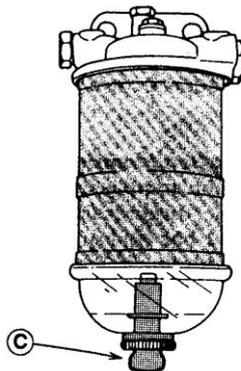


Fig.5

*i) Démontage, vérification et montage de la pompe d'alimentation (fig.6)*

1. démontage

- Placer la pompe sur un support spécial maintenu dans un étau (fig. 9 et 10).
- Déposer le pré-filtre et son joint (1).
- Déposer la pompe d'amorçage à main (26).
- Dévisser le bouchon de soupape (25).
- Retirer les ressorts (24) et les clapets (23).
- Dévisser le bouchon (22), retirer le ressort principal (21) et le piston (20).
- Enlever le jonc (2), déposer l'ensemble poussoir (4), l'axe (7) et le ressort (8).
- Extraire le joint torique A du corps de pompe à l'aide d'une pointe fine.

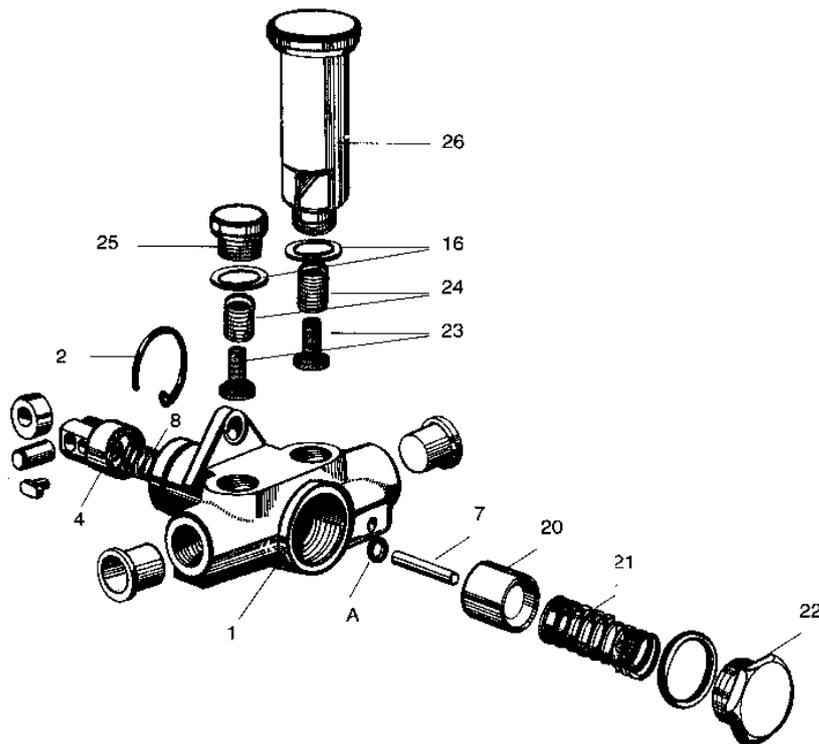


Fig.6

## 2. vérification et remontage

- Remonter l'axe (7), le ressort (8) et l'ensemble poussoir (4) dans le corps de pompe.
- Remonter le joint (2).
- Remonter le piston (20) et le ressort principal (21). Visser le bouchon (22).
- Remonter les clapets (23) et les ressorts (24).
- Visser le bouchon de soupape (25).
- Reposer la pompe d'amorçage à main (26).
- Remonter le préfiltre et son joint.
- Vérifier l'étanchéité de la pompe à l'air comprimé

### Remarque

En cas de défectuosité de la pompe d'amorçage à main, il est nécessaire de la remplacer.

Remplacer impérativement le joint torique A dans le corps de pompe.

## 5. Déroulement du TP :

Le TP doit se dérouler par équipe de 2 à 4 stagiaires. Chaque équipe doit :

- Préparer le post de travail
- Effectuer les opérations ci-dessus
- Respecter les normes d'hygiène et sécurité

**TP 3 : Démontage, contrôle, réparation, montage et réglage d'un injecteur****1. Objectif visé :**

- Rechercher l'injecteur défectueux, remédier, régler la pression d'injection.

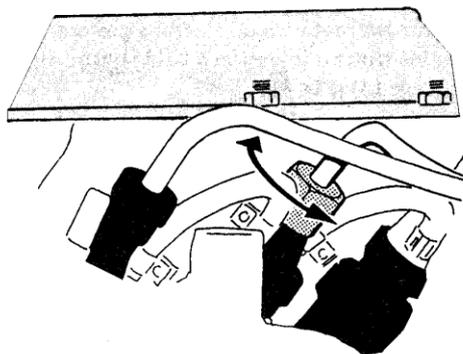
**2. Durée du TP : 16 h****3. Matériel (équipement et matière d'œuvre) par équipe :**

- Outils appropriés
- Moteurs diesel
- Banc d'essai de tarage d'injecteurs
- Support pour injecteur
- Gasoil

**4. Description du TP :****a) Recherche de l'injecteur défectueux**

Contrôler tout d'abord le parfait état mécanique du moteur.

Mettre le moteur en marche et le maintenir à un régime légèrement supérieur à celui du régime de ralenti. Desserrer un à un les raccords des tubes haute pression au niveau des injecteurs (fig.8). Si le moteur baisse de régime au moment du desserrage du raccord, l'injecteur fonctionne. Si le régime moteur reste constant après le desserrage du raccord, l'injecteur est défectueux.

**Fig.7****b) Contrôle**

Déposer les tubes haut-pression en mettant une protection sur les raccords pour éviter la pénétration d'impuretés dans le système d'injection. Déposer les porte-injecteurs avec les rondelles d'étanchéité et pare-flammes.

**Nota :** avant de procéder au contrôle de l'injecteur sur la pompe à tarer, nettoyer soigneusement la partie extérieure de celui-ci et plus particulièrement la buse avec l'aiguille (fig.8).

Si après plusieurs contrôles il s'avère nécessaire de démonter l'injecteur, relever tout d'abord la valeur de la pression d'ouverture "tarage".

Dans le cas où après un démontage, nettoyage et réglage l'injecteur ne répond pas aux spécifications du constructeur ou fabricant, remplacer celui-ci.



Fig.8

## c) Démontage (fig. 9)

Pour permettre le démontage aisé et rapide des porte-injecteurs à bride ou vissés dans la culasse, utiliser un support spécifique. Exemple (A) "support pour injecteurs vissés". Serrer le support dans un étau et desserrer l'écrou de maintien de l'injecteur à l'aide d'une douille spécifique correspondante (B). Déposer dans l'ordre suivant: l'injecteur, l'entretoise, la tige poussoir, le ressort de tarage et la (ou les) cale (s) de réglage. Mettre toutes les pièces dans un bac rempli d'huile d'essai propre au fur et à mesure du démontage.

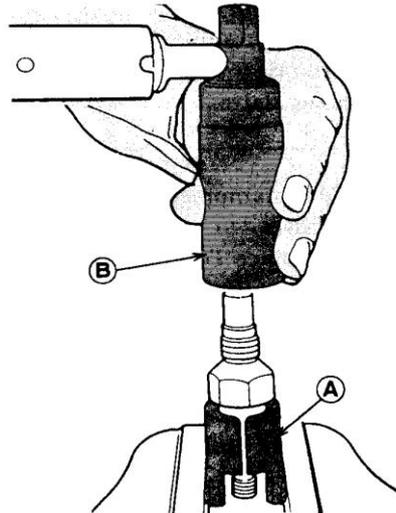


Fig.9

## d) Nettoyage des pièces

Le nettoyage du porte-injecteur et de l'injecteur doit être exécuté soigneusement en employant du White Spirit (ou similaire). Ne pas utiliser de brosse à fil d'acier, couteau ou d'autres outils similaires.

## e) Nettoyage des injecteurs à trous

Les injecteurs du type "à orifices multiples" sont montés sur les moteurs à injection directe.

Nettoyer les trous d'injection à l'aide d'une aiguille de nettoyage (A) (fig.10).

Examiner toutes les pièces l'une après l'autre afin de déceler soit des signes d'usure soit des signes de corrosion ou d'autres dommages. Contrôler également l'état des filetages et taraudages. Rincer abondamment les pièces de l'injecteur avec de l'huile d'essai et faire un examen attentif du corps et de l'aiguille. Introduire ensuite l'aiguille au 2/3 de sa longueur dans le corps de l'injecteur et maintenir l'ensemble en position verticale (fig.11). L'aiguille doit glisser lentement vers le bas par son propre poids, répéter plusieurs fois l'opération pour s'assurer du bon fonctionnement de l'injecteur.

Dans le cas d'un léger grippage de l'aiguille dans le corps remplacer l'injecteur complet.

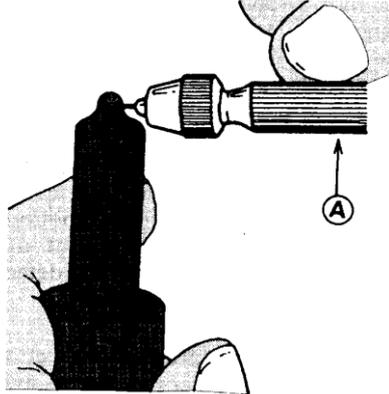


Fig.10

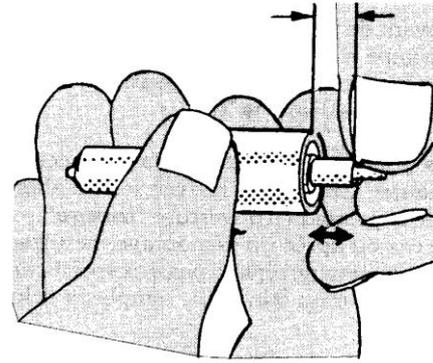


Fig.11

Placer le corps du porte injecteur sur le support spécifique et serrer l'ensemble dans l'étau (C) (fig.13). Introduire dans l'alésage du corps tout d'abord la ou les cales de réglage du tarage, le ressort et la tige poussoir. Monter ensuite l'entretoise, l'injecteur et l'écrou. Serrer l'écrou de maintien de l'injecteur au couple précisé par le constructeur (voir fiches techniques)

### Attention

Sur certains types de porte-injecteurs LUCAS (CAV) le serrage de l'écrou de maintien de l'injecteur est du type serrage angulaire. A l'aide d'une clé dynamométrique appliquer un préserrage à 2 daNm. Mettre ensuite en place l'outillage de serrage à l'angle (B) (fig.12). Repérer la position 0° du cadran gradué et serrer l'écrou en lui appliquant une rotation de  $19^{\circ} \pm 1'$ .

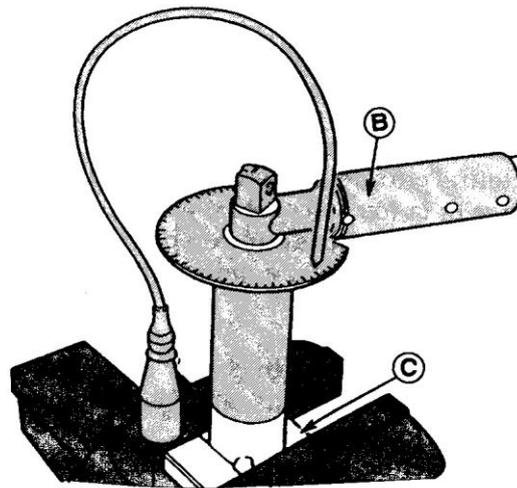


Fig.12

### f) Tarage et réglage des injecteurs

Utiliser un outillage de contrôle conforme, ainsi que du liquide d'essai de calibrage correspondant aux normes. Exemple : banc d'essai de tarage d'injecteurs (fig.14).

### Attention

Eviter l'impact des jets de pulvérisation sur les mains ou toute autre partie du corps. La haute pression sous laquelle est projeté le liquide par la pompe à tarer, peut traverser la peau et provoquer de graves blessures. En cas de contact avec une partie quelconque de la peau, se soumettre immédiatement à un examen médical.

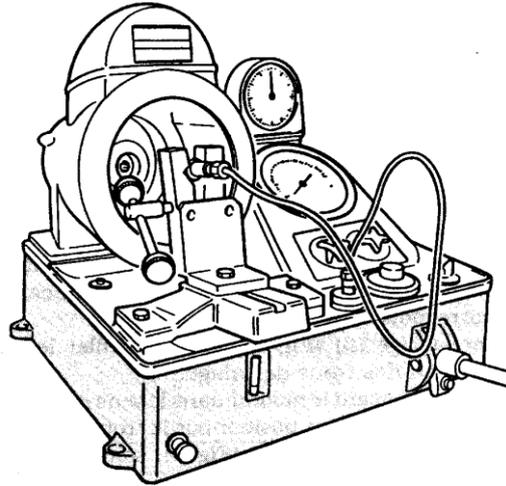


Fig.13

### f.1) Pression d'ouverture "tarage"

Isoler le manomètre de pression du banc d'essai de tarage et donner quelques coups de pompe rapides pour bien purger le circuit. Remettre en circuit le manomètre de contrôle et actionner lentement le levier de la pompe jusqu'à l'ouverture de l'injecteur. Relever la pression indiquée et comparer avec la valeur du constructeur. Dans la plupart des cas l'ajustage de la pression d'ouverture s'effectue par l'interposition de cales de réglage d'une épaisseur différente.

Pour information, un changement d'épaisseur de cales de 0,10 mm fait varier la pression d'ouverture d'environ 10 bars.

### f.2) Contrôle du jet et de la pulvérisation

Durant ces essais, le manomètre de pression doit être isolé à l'aide du robinet d'arrêt.

Ne juger la qualité de la pulvérisation que lorsque l'injecteur «répète».

Un injecteur qui présente un jet non homogène ou mal réparti autour du téton (fig.14) n'est pas à considérer comme défectueux. (A) et (B) = cadence de pompage plus faible ou influence du kilométrage sur l'injecteur. (C) = injecteur neuf.

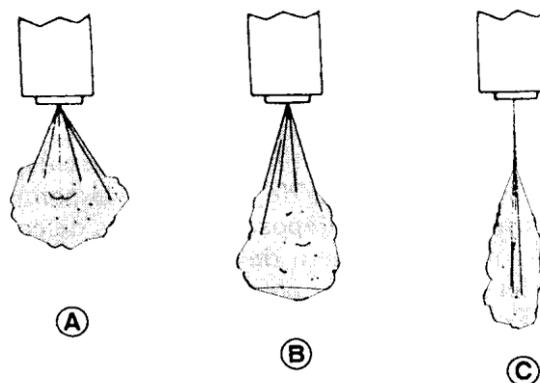


Fig.14

### f.3) Etanchéité du siège de l'aiguille

Essuyer l'extrémité de l'injecteur et remettre en circuit le manomètre de l'appareil.

Maintenir une pression inférieure de 10 bars à la pression de tarage préconisée, aucune goutte ne doit tomber du nez de l'injecteur en moins de 30 secondes

Après une pulvérisation (A) (fig.15) sur pompe à tarer ou sur banc d'essai, aucune gouttelette ne doit apparaître au nez de l'injecteur. (B) = Injecteur douteux (C) = Injecteur en parfait état.

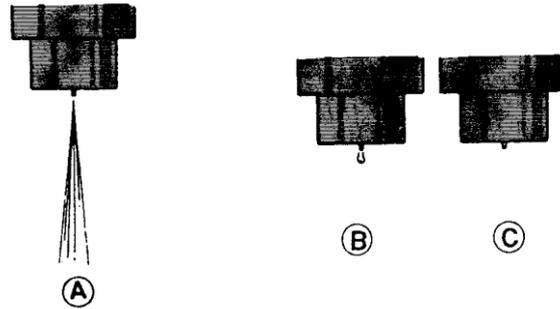


Fig.15

### 5. Déroulement du TP

Le TP doit se dérouler par équipe de 2 à 4 stagiaires. Chaque équipe doit :

- Préparer le post de travail
- Effectuer les opérations ci-dessus
- Respecter les normes d'hygiène et sécurité

**TP 4 : Contrôle et réparer le circuit de départ à froid****1. Objectif visé :**

- Rechercher les bougies de préchauffage défectueuses et les remplace.
- Apprendre la méthodologie de contrôle du circuit.

**2. Durée du TP : 4 h****3. Matériel (équipement et matière d'œuvre) par équipe :**

- Multimètre
- Moteurs diesel équipés de circuits de préchauffage

**4. Description du TP :***a) Contrôle des bougies de préchauffage*

Se procurer un multimètre et contrôler la continuité électrique (résistance) des bougies unipolaires sur le montage en parallèle (fig.16) entre la borne centrale d'alimentation et la masse. Contrôler l'isolement et la continuité électrique des bougies bipolaires sur le montage en série (fig.17). Un contrôleur de bougies de préchauffage existe chez certains fabricants et permet de faire un contrôle de celles-ci directement sur le véhicule sans dépose.

Effectuer, éventuellement, un contrôle extérieur du fonctionnement des bougies sur une batterie. Remplacer les bougies défectueuses.

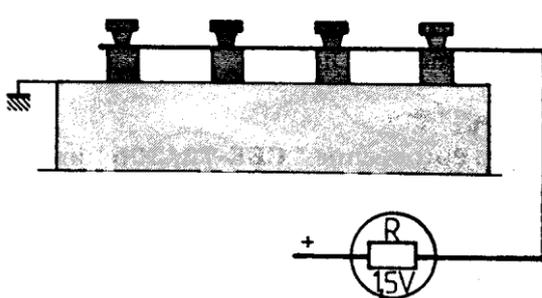


Fig.16

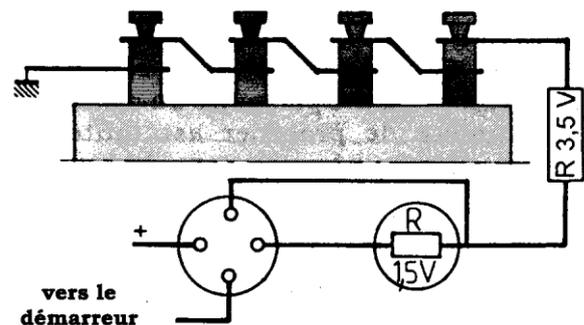


Fig.17

*b) Contrôle du circuit de préchauffage*

Pour le premier contrôle à froid, c'est à dire que la température du liquide de refroidissement moteur se trouve en dessous de 40°.

Etablir le contact et relever la tension directement aux bornes des bougies (1) (fig.19) = à 11 / 11,5 volts la lampe témoin (2) doit s'allumer. Attendre ensuite l'extinction de la lampe témoin (2) pour contrôler le temps du préchauffage, celui-ci varie avec la température ambiante. Actionner le démarreur et contrôler à nouveau la tension à la borne (1).

Si la lecture est correcte (environ 9 volts) le circuit de préchauffage est en parfait état de marche. Faire un contrôle du maintien du préchauffage durant l'action du démarreur (3) par l'intermédiaire du relais de démarreur (5) vers le relais (4). La plupart des circuits de préchauffage possèdent un dispositif incorporé au relais temporisé pour permettre de prolonger le préchauffage après la mise en route (fonction post chauffage). Ce système est par contre en relation directe avec la sonde de température moteur.

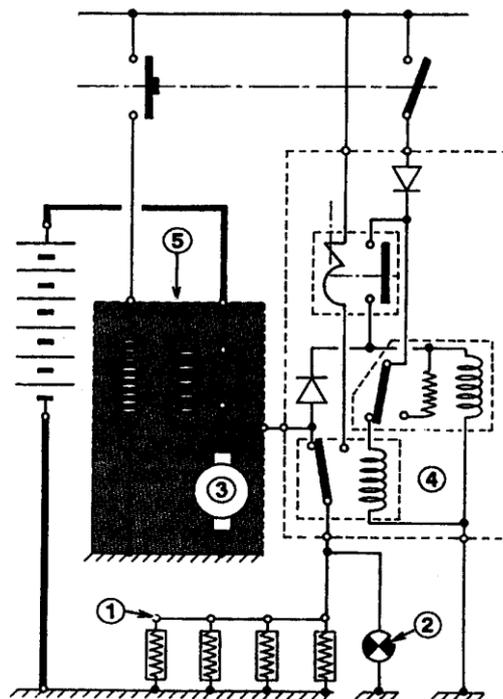


Fig.18

### 5. Déroulement du TP

Le TP doit se dérouler par équipe de 2 à 4 stagiaires. Chaque équipe doit :

- Préparer le post de travail
- Effectuer les opérations ci-dessus
- Respecter les normes d'hygiène et sécurité

**TP 5 : Déposer et reposer la pompe d'injection****1. Objectif visé :**

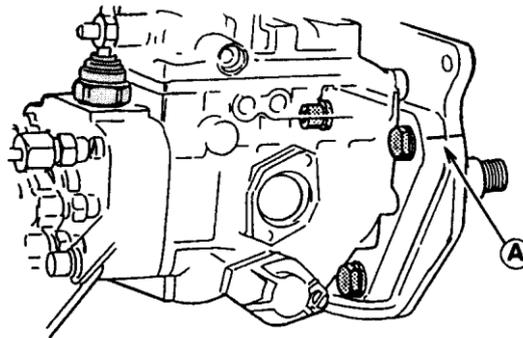
- Effectuer le montage et le calage de la pompe après le démontage.

**2. Durée du TP : 20 h****3. Matériel (équipement et matière d'œuvre) par équipe :**

- Moteurs diesel
- Outils spécifiques
- Caisse à outils
- Gasoil

**4. Description du TP :****a) Calage d'une pompe à distributeur rotatif****a.1) Calage statique par repère extérieur (fig.19)**

Placer et engager la pompe d'injection sur le moteur. Mettre en place les vis ou écrous de fixation de la bride de pompe sans les bloquer. Tourner le corps de pompe pour ajuster le trait de repère de la bride (début d'injection) avec le repère fixe du carter de distribution (A).

**Fig.19****a.2) Calage statique par pige (fig.20 et 21)**

Amener le moteur en rotation pour placer le cylindre de référence au repère de calage. Mettre en place la pompe d'injection et ajuster celle-ci en rotation pour amener les trous de calage en correspondance (début d'injection). Placer la pige (B) pour contrôler le bon alignement des trous de calage. Tourner lentement le moteur dans le sens normal de fonctionnement pour positionner le trou de calage, soit du volant moteur (E), soit du pignon d'entraînement de l'arbre à cames (D) en alignement avec le trou du carter moteur. La bonne position du moteur est obtenue par l'engagement complet de la pige de calage (E).

**Nota :** dans la plupart des cas il est même nécessaire d'engager les deux piges (D) et (E).

Mettre en place la pompe d'injection sur son pignon d'entraînement, aligner les trous de calage à l'aide de la pige (C). Placer les vis ou écrous de fixation.

Contrôler la bonne position des piges de calage et serrer les vis ou écrous de fixation de la pompe. Faire un contrôle en déposant les piges de calage et en tournant le moteur de deux tours complets. Replacer le moteur au point de calage et vérifier l'engagement des piges de calage (E) du moteur et (C) de la pompe d'injection.

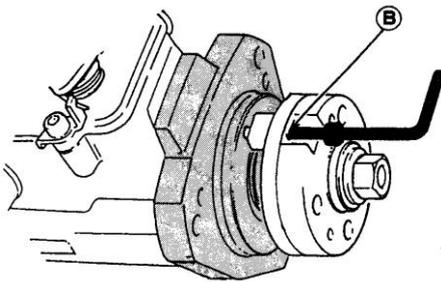


Fig.20

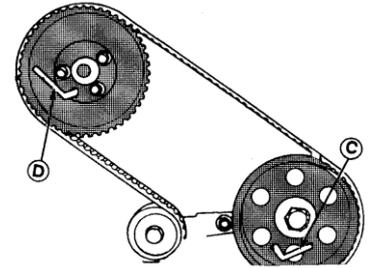
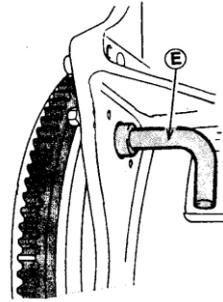


Fig.21

*b) Calage d'une pompe à distributeur rotatif « Bosch »*

Sur une pompe d'injection à distributeur rotatif "BOSCH" le début d'injection est en rapport direct avec la course du piston interne. Le contrôle s'effectue sur la tête hydraulique en déposant le bouchon obturateur (A) (fig.22).

Une certaine valeur de déplacement du piston (précisée sur la fiche technique) détermine avec précision le début d'injection. Déposer donc cette vis (A) (avec sa rondelle joint en cuivre) de l'arrière de la tête hydraulique (B) (fig.23). Mettre en place le support du comparateur et fixer l'embout spécifique (C). Monter en bout de l'arbre d'entraînement l'écrou de maintien du pignon avec un contre-écrou pour permettre la rotation de la pompe à l'aide d'une clé. Mettre ensuite hors circuit le système de départ à froid et tourner l'arbre d'entraînement dans le sens normal de rotation pour déterminer avec précision le point mort bas du piston de la pompe. Une fois cette position obtenue, mettre en place le comparateur en exerçant une précharge de 1 à 2 mm sur celui-ci. Ajuster le cadran du comparateur au "zéro".

Tourner ensuite l'arbre d'entraînement (toujours dans le même sens de rotation) pour amener la clavette de l'arbre (D) (fig.24) juste avant l'axe de la sortie (E) correspondant au cylindre moteur n°1. A l'aide du vilebrequin tourner le moteur pour amener le piston du cylindre n°1 au P.M.H fin de compression (soit par un repère sur la poulie soit par un repère sur le volant moteur ou le plus souvent par l'engagement d'une pige de calage). Présenter la pompe d'injection sur le moteur en alignant la clavette d'entraînement avec le pignon. Mettre en place les vis ou écrous de fixation sans les serrer et ajuster la pompe en rotation jusqu'à ce que le cadran du comparateur indique la valeur indiquée par le constructeur (voir fiches techniques).

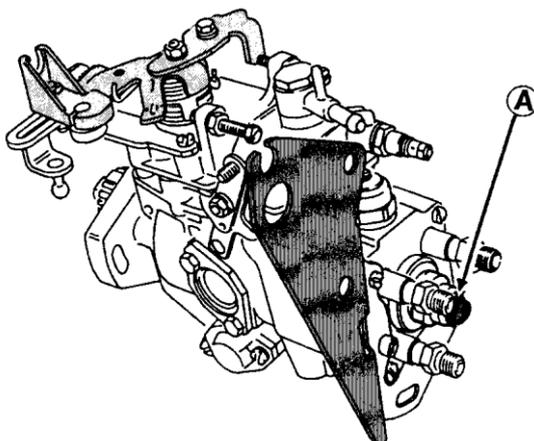


Fig.22

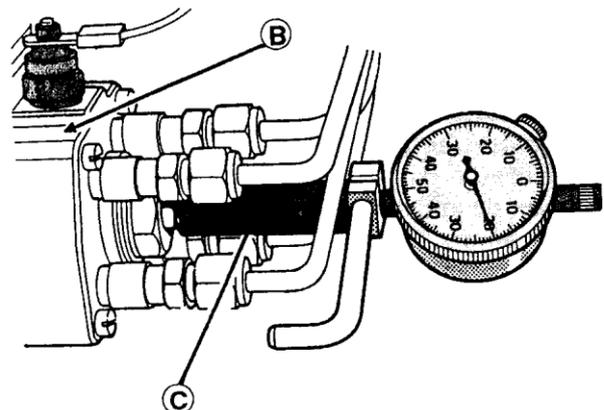


Fig.23

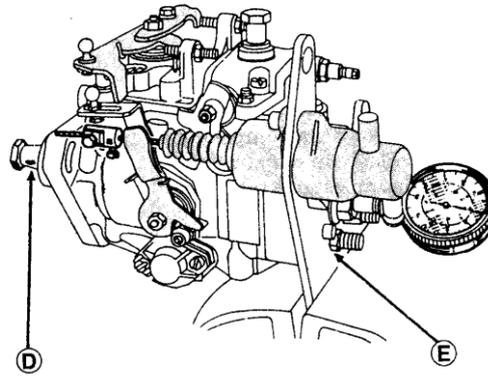


Fig.24

### b.2) Contrôle du calage

A l'aide du vilebrequin tourner le moteur dans le sens normal d'un tour complet.

Une fois le point mort bas du piston de la pompe obtenu, contrôler avec précision le "zéro" sur le cadran du comparateur. Placer ensuite le cylindre de référence du moteur au P.M.H fin de compression (repère ou pige de calage).

Le cadran du comparateur doit alors indiquer la levée de piston précisée par le constructeur. (voir fiches techniques).

### c) Calage d'une pompe à distributeur rotatif « Lucas » (ancien montage)

#### c.1) Calage statique au comparateur (fig.25)

Le calage de la pompe s'effectue en utilisant un outillage spécifique (A).

Dans ce cas précis l'accès au repère de calage se situe sur le côté du corps de la pompe (DPA ou DPC).

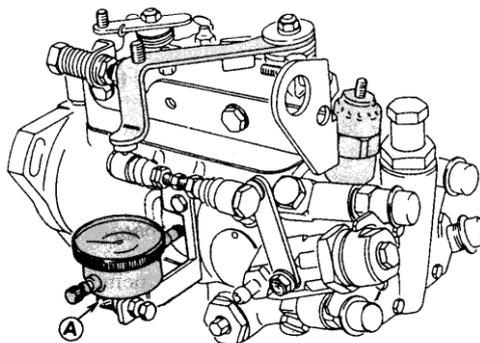


Fig.25

#### c.2) Préparation (fig.26)

A l'aide du vilebrequin tourner le moteur et placer le cylindre de référence au P.M.H fin de compression. Positionner le piston du cylindre moteur concerné à une certaine valeur en mm par rapport au P.M.H ou placer et engager une pige de calage suivant le constructeur (voir étude complète par moteur). Préparer la pompe en suivant les informations du fabricant (voir fiches techniques par véhicule). Equipée de son comparateur, présenter celle-ci sur le moteur en l'engageant dans le pignon d'entraînement. La basculer dans un sens ou dans l'autre pour permettre l'alignement de la clavette. Une fois en place, monter et serrer les vis ou écrous de fixation sans les bloquer. Basculer ensuite la pompe dans le sens inverse de rotation jusqu'au retrait total du comparateur, point le plus bas du "V" de la rainure du rotor de la tête hydraulique (B). Ajuster le zéro sur le cadran du comparateur. Continuer de tourner la pompe jusqu'à obtenir une valeur en mm sur le cadran du comparateur. (valeur de calage, voir fiches

techniques par véhicule) Serrer et bloquer les vis ou écrous de fixation de la pompe au couple préconisé.

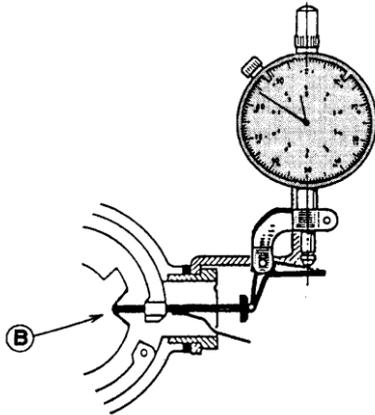


Fig.26

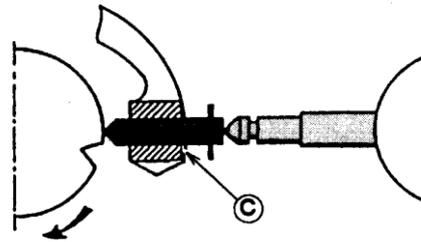


Fig.27

### c.3 Contrôle du calage (fig.27)

Déposer la pigne de calage pour tourner le moteur de deux tours dans le sens normal de rotation. A l'approche du P.M.H fin de compression du cylindre de référence, localiser le point de retrait maxi du comparateur. Ajuster à nouveau le cadran au zéro si nécessaire. Continuer à tourner le moteur dans le sens normal de rotation pour amener le piston du cylindre moteur à la position précisée en mm (ou à l'engagement complet de la pigne de calage). Le comparateur de la pompe doit alors indiquer la valeur de calage du constructeur.

Si cette valeur n'est pas retrouvée il est nécessaire de recommencer l'opération de calage complète. Les pompes "Lucas" concernées (type DPA/DPC) comportent un circlip interne servant de guide pour la pigne de calage (C).

Attention : la position du circlip est déterminée sur banc d'essai, prendre une certaine précaution à la mise en place de l'outillage pour éviter de le déplacer.

### d) Calage d'une pompe à distributeur rotatif « Lucas » ( nouveau montage ).

#### d.1) Calage statique au comparateur (fig.28)

Le calage de la pompe avec l'accès par le couvercle s'effectue à l'aide d'un outillage (A) et (B) différent. Cet outillage spécifique permet de déterminer avec un maximum de précision le début d'injection de la pompe.

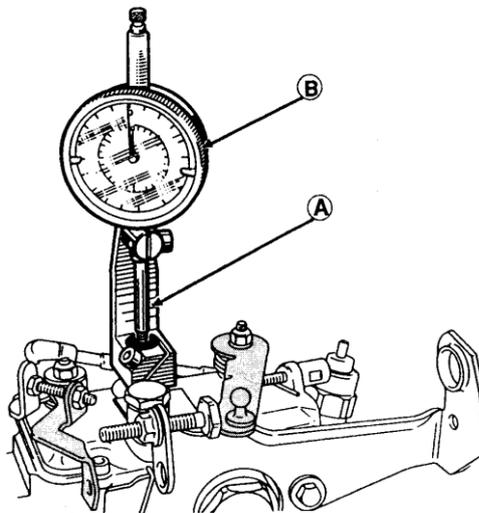


Fig.28

#### d.2) Préparation (fig.29)

Par l'intermédiaire du vilebrequin, tourner le moteur pour amener le cylindre de référence (précisé par le constructeur) au P.M.H fin de compression. Ajuster ensuite celui-ci :

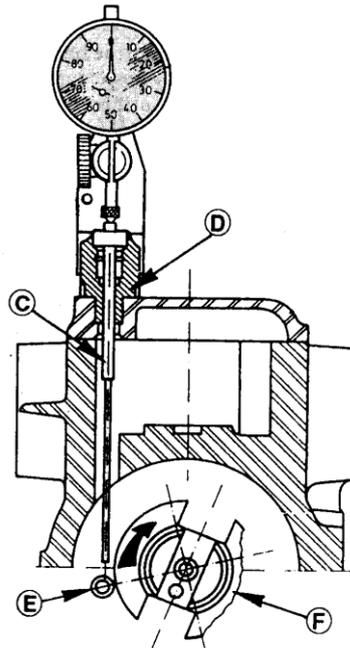
- Soit par une valeur en mm sur le piston.
- Soit par le repère de calage situé sur la poulie de vilebrequin ou sur le volant moteur.
- Soit par l'engagement d'une pige de calage.

Equipée de son comparateur, présenter et mettre la pompe en place sur le moteur en la basculant à fond de boutonnière (position retard). Monter les vis ou écrous de fixation de la bride et les serrer légèrement sans les bloquer.

**Attention** : Contrôler que la pige de calage pompe (C) ne soit pas en contact avec le pion de calage du rotor (E) mais bien en appui sur la cheminée du couvercle de pompe (D).

Une fois dans cette position, placer le comparateur en exerçant sur celui-ci une précharge de 1 à 2 mm. Effectuer l'étalonnage du cadran du comparateur au "zéro". Orienter la pompe dans le sens inverse de rotation pour obtenir sur le cadran du comparateur la valeur de calage indiquée soit sur la douille plastique de plombage du bouchon de visite soit sur le levier d'accélérateur.

**Nota** : dans le cas d'un calage au P.M.H, la valeur indiquée doit être normalement accompagnée de l'inscription P.M.H.



**Fig.29**

### d.3) Contrôle du calage

Dégager et déposer la pige de calage (si utilisée). A l'aide du vilebrequin, tourner le moteur d'un tour 1/2 dans le sens normal de rotation. Continuer à tourner ensuite lentement jusqu'à la position de calage moteur puis contrôler la valeur indiquée sur le cadran du comparateur.

Cette valeur doit correspondre à celle frappée sur la douille plastique du bouchon de visite ou sur le levier d'accélérateur. Serrer ensuite les vis ou écrous de fixation de la pompe au couple préconisé (voir fiches techniques).

## e) Calage d'une pompe en ligne

## e.1) Contrôle et réglage du calage statique

Le contrôle et l'ajustage du début d'injection sur une pompe en ligne s'effectue de différentes manières :

- Soit par l'alignement des repères de calage.
- Soit par la méthode dite à la goutte.
- Soit par une valeur de levée de came.
- Soit (fig.29) par un capteur transmetteur de position.

## e.2) Calage à l'aide des repères (fig.30 et 31)

Par l'intermédiaire du vilebrequin, tourner le moteur dans le sens normal de rotation pour amener le cylindre de référence (précisé par le constructeur au point de calage (fig.31). Contrôler, et si nécessaire ajuster, l'alignement des repères de calage frappés sur l'entraînement de la pompe (A) (fig.30). Pour une intervention desserrer les vis (B).

**Nota :** cette méthode permet la dépose et la repose rapide d'une pompe d'injection suite à une intervention extérieure à celle-ci (par exemple le remplacement du joint d'étanchéité de l'entraînement du côté de la distribution).

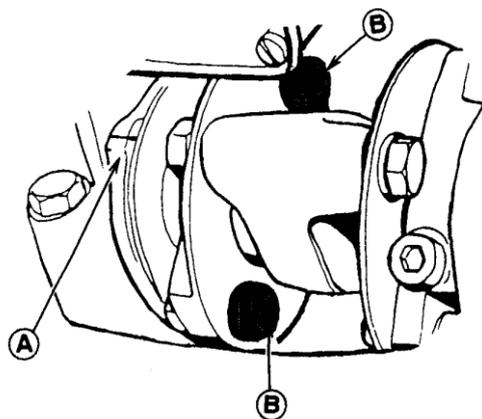


Fig.30

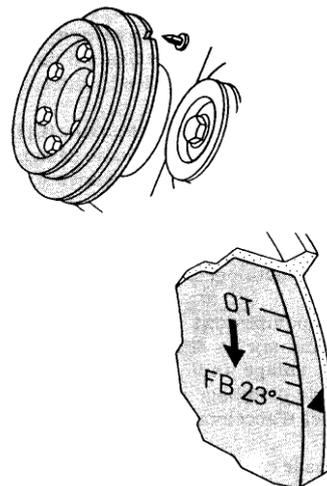


Fig.31

## e.3) Calage à la goutte (fig.32)

Pour l'utilisation de cette méthode il est nécessaire de déposer le tube haute pression correspondant au cylindre de référence pour le calage pour déposer ensuite le raccord de sortie. Extraire le clapet et monter un tube haute pression en forme de col de cygne sur le raccord. Alimenter la pompe en combustible sous une légère pression (ou avec un réservoir en charge) puis tourner l'entraînement de la pompe, dans le sens normal de rotation, jusqu'à obtenir l'écoulement du carburant par le tuyau (D). Revenir ensuite lentement dans le sens inverse jusqu'au point précis où le combustible s'arrête de couler (C). Serrer au couple les fixations de l'entraînement ou du support de la pompe (suivant modèle).

Déposer le col de cygne avec le raccord. Remonter le clapet dans le raccord puis reposer l'ensemble avec la tuyauterie haute pression.

**Attention :** Les tubes endommagés doivent être remplacés par des tubes de rechange absolument identiques. La section de passage de la tuyauterie doit-être lisse, sans défauts et absente de toutes impuretés. Le rayon maximum d'une courbe sur un tube de

refoulement ne doit pas être inférieur à 50 mm. Contrôler également le diamètre intérieur de tous les tubes avec la queue d'un foret par exemple.

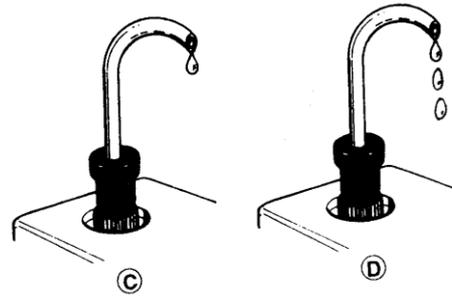


Fig.32

#### e.4) Calage par contrôle de levée de came (fig.33)

Cette méthode est particulièrement recommandée par certains constructeurs pour définir avec plus de précision le début d'injection. La mesure s'effectue à l'aide d'un comparateur (C) fixé sur un support adapté (A). Contrôler la bonne position du moteur au point de calage.

Déposer le bouchon d'accès du premier poussoir de la pompe d'injection (B).

Tourner l'arbre à cames de la pompe pour placer le poussoir concerné à sa position la plus basse. Fixer le support du comparateur (A) sur le corps de pompe et placer le comparateur (C) en ajustant la pointe de mesure en appui sur le haut du poussoir (D). Appliquer une précharge de 1 à 2 mm environ sur le comparateur et ajuster le cadran à "zéro". Tourner l'arbre à cames de la pompe dans le sens normal de fonctionnement pour obtenir la levée de came préconisée (voir fiches techniques) Serrer ensuite les fixations de la pompe d'injection.

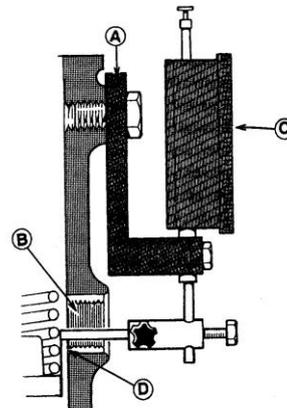


Fig.33

#### e.5) Contrôle du calage avec capteur de position (fig.34)

Ce capteur (C) (transmetteur de position) est placé sur le carter du côté régulateur à la place du bouchon d'accès au repère du calage. Cette position représente avec précision le début d'injection de la pompe. L'information est ensuite transmise à un boîtier électronique de contrôle équipé de deux diodes lumineuses (A) et (B).

Une fois le transmetteur de position en place dans le carter du régulateur, raccorder le boîtier au positif batterie. Placer le moteur en rotation juste avant le point de calage.

A l'aide du vilebrequin tourner celui-ci dans le sens normal de rotation jusqu'à ce que la lampe (A) s'allume. Poursuivre ensuite lentement cette rotation jusqu'à ce que les deux lampes (A) et (B) s'allument. A ce moment précis le moteur doit se retrouver au repère de calage (précisé par le constructeur. Dans le cas contraire ajuster le calage de la pompe.

**Nota** : lorsque les deux lampes s'allument en même temps au point de calage, la pompe est correctement calée. Dans le cas où une seule lampe s'allume desserrer les fixations de la pompe et ajuster celle-ci en rotation pour obtenir un calage correct.

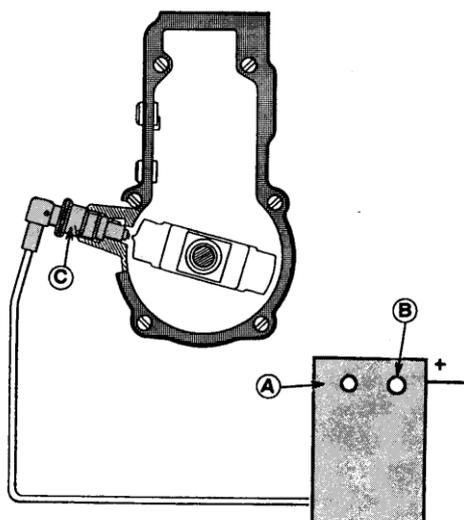


Fig.34

### 5. Déroulement du TP

Le TP doit se dérouler par équipe de 2 à 4 stagiaires. Chaque équipe doit :

- Préparer le post de travail
- Effectuer les opérations ci-dessus
- Respecter les normes d'hygiène et sécurité

**TP 6 : Les contrôles et les réglages****1. Objectif visé :**

- Déterminer l'état du moteur à l'aide des appareils de contrôle et effectuer les réglages nécessaires.

**2. Durée du TP : 4 h****3. Matériel (équipement et matière d'œuvre) par équipe :**

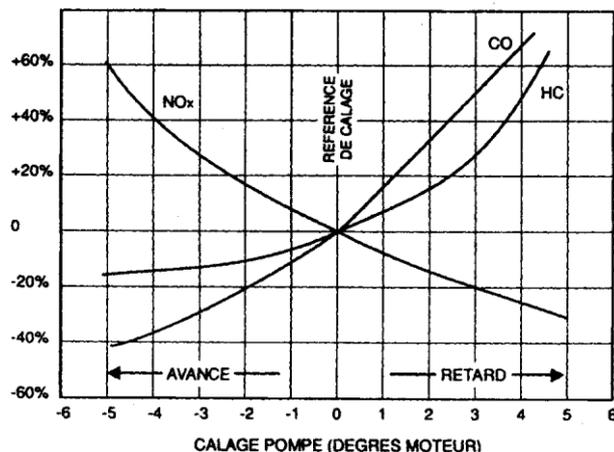
- Moteurs diesel
- Compressiomètre
- Lampe stroboscopique avec capteur inducteur diesel
- Manomètre
- Outils spécifiques
- Gasoil

**4. Description du TP :***a) Contrôle du calage d'une pompe en dynamique (fig. 35)*

Les exigences de plus en plus sévères concernant la consommation et l'émission de fumées sur tous les moteurs Diesel, imposent un calage de plus en plus précis de la pompe d'injection.

Le schéma ci-dessous, représente l'incidence du calage sur les émissions (CO – NO<sub>x</sub> - HC)

Le système de contrôle du calage en dynamique permet d'effectuer, de façon simple et rapide, un test sur le développement d'avance de la pompe suivant le régime moteur ainsi que sur le calage de base. (diagnostic rapide pour savoir si le calage de la pompe d'injection est responsable du fait que le moteur fume ou manque de puissance).

**Fig.35***a.2) Méthode de calage (fig.36)*

Le contrôle du calage d'une pompe en dynamique sur un moteur Diesel s'effectue en utilisant une lampe stroboscopique (E) équipée d'un capteur d'impulsions (D).

Ce capteur s'adapte sur le tube haute pression du cylindre de référence à une certaine distance de l'injecteur ou de la sortie pompe (précisée par le fabricant de la lampe).

En générale les fabricants du matériel de contrôle fournissent les valeurs de calage en dynamique et donnent les instructions nécessaires concernant la position du capteur sur le tube haut pression.

Sur un moteur Diesel, le calage c'est la différence angulaire entre le début d'injection de la pompe et le P.M.H fin de compression du cylindre de référence moteur.

Il est obtenu en alignant les repères de calage soit sur le volant moteur soit sur la poulie vilebrequin. On obtient un signal de mesure précis avec une vitesse de rotation minimum (régime de ralenti). Dans le cas où la valeur relevée ne correspond pas aux données du constructeur (ou du fabricant du matériel) arrêter le moteur et effectuer la correction nécessaire en procédant au calage statique complet de la pompe.

Avant de procéder au contrôle du calage s'assurer que le moteur est à sa température normale de fonctionnement (compris l'huile moteur).

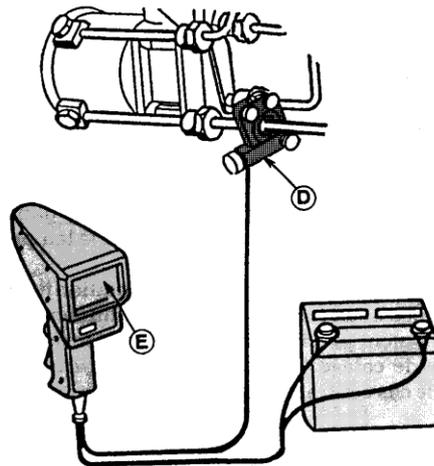


Fig.36

#### b) Contrôle du circuit de refroidissement

##### b.1) contrôle du circuit sous pression (fig.37)

Déposer le bouchon du vase d'expansion et monter à la place l'adaptateur fourni avec l'appareil de contrôle (A). Amener le moteur à sa température normale de fonctionnement puis l'arrêter. Pomper ensuite pour faire monter la pression dans le circuit à une valeur maximum de 1,4 bar. Maintenir cette pression environ 10 secondes, si celle-ci chute, localiser et détecter la fuite.

**Attention :** dévisser très lentement le raccord de l'appareil, avant la dépose, pour annuler la pression.

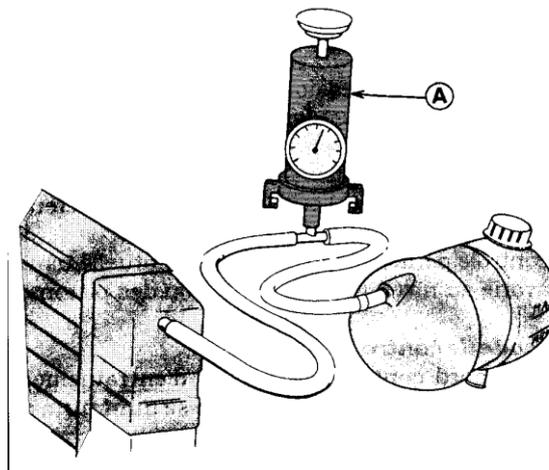


Fig.37

**b.2) Contrôle du clapet de tarage du bouchon (fig.38)**

Monter l'appareil de contrôle directement sur le bouchon (B). Actionner celui-ci jusqu'à l'ouverture du clapet et relever la pression. (Les caractéristiques de tarage sont frappées sur le bouchon).

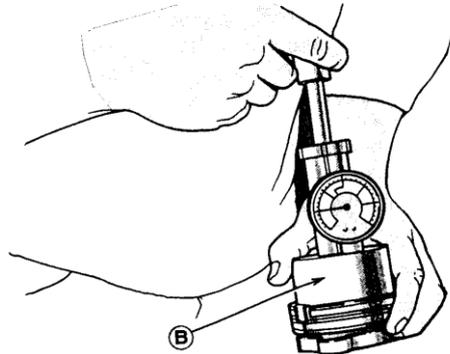


Fig.38

**b.3) Contrôle de l'ensemble**

Raccorder l'appareil de contrôle entre le radiateur et le vase d'expansion (bouchon en place) et pomper pour faire monter la pression dans le circuit. Contrôler ensuite l'ouverture du clapet de tarage et également l'étanchéité du système. Déposer l'appareil de contrôle, compléter le niveau et purger le circuit complet.

Attention : l'emploi de plus en plus fréquent de l'aluminium sur les moteurs Diesel, exige une protection anticorrosive, le liquide de refroidissement doit donc être de qualité et remplacé à intervalles réguliers (avec le temps les agents anticorrosifs perdent de leur efficacité).

**c) Contrôle des pression de compression (fig.39 et 40)**

Pour le contrôle des compressions, amener le moteur à sa température normale de fonctionnement. Contrôler également le jeu aux soupapes. A l'aide d'un compressiomètre (*spécifique pour le moteur Diesel à cause des pressions plus élevées*) mesurer la pression de compression de chacun des cylindres, soit par l'alésage des bougies de préchauffage, soit par l'emplacement des injecteurs avec l'adaptateur approprié. Ce contrôle permet de déceler une éventuelle usure ou avarie au niveau des soupapes ou des pistons.

Tout d'abord contrôler la vitesse d'entraînement du moteur par le démarreur, vitesse minimum de rotation 250 tr/mm sinon voir: (démarreur, batterie, faisceau, huile moteur etc.) Suivant le cas déposer soit les bougies de préchauffage (fig.42) soit les injecteurs (fig.43). Débrancher le fil d'alimentation électrique de l'électrovanne d'arrêt sur la pompe d'injection.

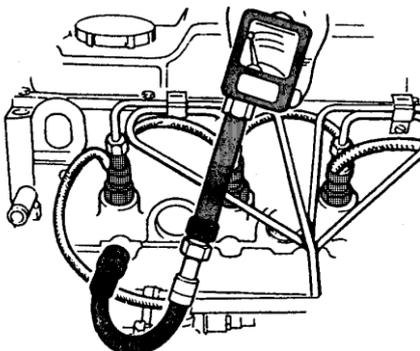


Fig.39

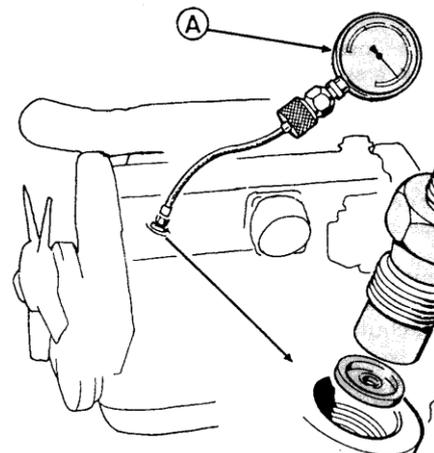


Fig.40

Actionner ensuite le démarreur jusqu'à ce que le compressiomètre (A) indique la pression maximum, puis relever la valeur indiquée. Effectuer un contrôle similaire sur chacun des autres cylindres.

Rebrancher ensuite le fil d'alimentation électrique de l'électrovanne de stop sur la pompe d'injection. Remonter les porte-injecteurs ou les bougies de préchauffage selon le cas.

#### d) Contrôle de la pression d'huile (fig. 41)

La valeur réelle de la pression d'huile dépend du régime moteur, de la température de l'huile, de l'étanchéité du circuit de graissage et enfin de l'état de la pompe à huile.

Amener le moteur à sa température normale de fonctionnement (80°C environ). Déposer le mano-contact de pression d'huile (C).

Monter l'adaptateur, correspondant au moteur, à la place du mano-contact de pression d'huile puis raccorder le manomètre de pression (B). Contrôler la pression d'huile au régime de ralenti et entre 2 000 et 2 500 tr/mn. Si les pressions d'huile ne correspondent pas aux spécifications du constructeur, contrôler :

- Le clapet de tarage ou le filtre à huile.
- Le colmatage de la crépine d'aspiration d'huile.
- La tuyauterie d'aspiration (desserrée ou cassée).
- L'état de la pompe à huile.
- L'étanchéité du circuit de lubrification.

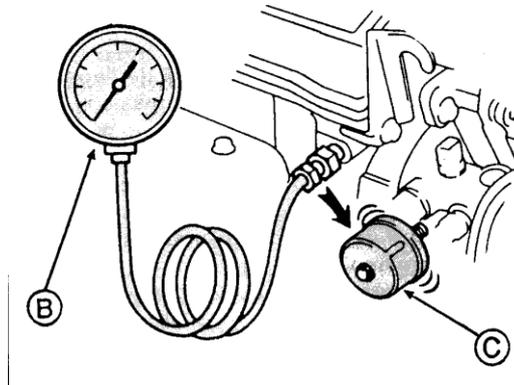


Fig.41

#### e) Réglage du ralenti

En fonction des indications du constructeur (voir notice technique du véhicule concerné).

### 5. Déroulement du TP

Le TP doit se dérouler par équipe de 2 à 4 stagiaires. Chaque équipe doit :

- Préparer le post de travail
- Effectuer les opérations ci-dessus
- Respecter les normes d'hygiène et sécurité