

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR DIESEL

POUR bien faire comprendre le fonctionnement du diesel, nous allons l'examiner en comparaison avec celui du moteur à essence classique. Dans les deux moteurs, le cycle comporte les mêmes quatre phases fondamentales : admission, compression, combustion-détente, échappement. Les deux types peuvent être à quatre temps ou à deux temps, suivant que les phases du cycle se répartissent sur deux tours de vilebrequin (quatre courses de piston) ou sur un tour (deux courses de piston).

Nous étudierons d'abord le quatre-temps.

Admission :

Le diesel aspire de l'air pur, tandis que le moteur à essence aspire un mélange d'air et de vapeurs d'essence préparé et dosé convenablement dans le carburateur.

Compression :

L'air est fortement comprimé, le rapport volumétrique du diesel étant beaucoup plus élevé que celui du moteur à essence. Cette forte compression répond à un double but :

a) augmenter le rendement thermique qui est d'autant meilleur que le rapport volumétrique est plus élevé (1). C'est d'ailleurs pour cette raison que dans les moteurs à essence aussi on utilise des rapports de plus en plus élevés, qui sont de l'ordre de 6:1 ou 7:1 et même plus, si le dessin de la chambre d'explosion et les qualités anti-détonantes du combustible le permettent. Autrefois, ce rapport était d'environ 4:1 pour les moteurs à essence. Pour les diesels, il varie suivant le type entre 12:1 et 20:1.

b) porter l'air à une température suffisante pour que le combustible s'enflamme spontanément. Cette température est de l'ordre de 500 à 600°C.

Vers la fin de la course de compression, le combustible est injecté sous forme de brouillard et brûle au contact de l'air chaud, tandis que dans le moteur à essence l'inflammation est provoquée par une étincelle électrique.

(1) Il s'agit du rapport entre le volume total quand le piston se trouve au point mort bas et le volume quand le piston est au point mort haut. Si V exprime la cylindrée et v le volume de la chambre de combustion, on a comme rapport volumétrique

$$\epsilon = \frac{V-v}{v}$$

qui ne s'exprime jamais en kg.

Combustion-détente :

La combustion du carburant provoque une forte élévation de température et une augmentation correspondante de la pression des gaz qui chassent le piston vers le bas. Cette pression est plus élevée dans le diesel que dans le moteur à essence.

Echappement :

Cette phase du cycle est identique dans les deux moteurs.

Il résulte de ce qui précède que les organes du moteur proprement dit sont analogues pour les deux types ; ils présentent cependant des différences au point de vue forme et dimension, ceci en raison du dessin particulier de la chambre de combustion du diesel d'une part et des pressions plus fortes mises en jeu, d'autre part. Nous examinerons ces différences par la suite.

Mais le diesel n'a ni carburateur, ni bougies, ni allumeur ou magnéto. Ces organes sont remplacés par les injecteurs (un par cylindre) et une pompe d'injection, reliée par tubes à chaque injecteur, tout comme l'allumeur ou la magnéto sont reliés par câbles à chacune des bougies.

Comme on le voit, le diesel n'est pas plus compliqué que le moteur à essence, il est même à certains égards plus simple et moins sujet aux pannes ; en particulier on est débarrassé de toute préoccupation de dosage de mélange aux variations duquel le moteur à essence est si sensible ; il n'y a pas non plus de système d'allumage à surveiller (degré thermique des bougies, écartement des électrodes, état des contacts de rupteur, etc.).

En contrepartie, d'autres points sont à surveiller attentivement, notamment le filtrage. Nous verrons plus loin qu'une négligence de ce côté peut avoir des conséquences beaucoup plus graves et coûteuses qu'avec le moteur à essence.

ÉTUDE DU CYCLE

On appelle « cycle » une série de transformations que l'on fait subir à un gaz dans un espace clos et à la fin de laquelle il se retrouve à son état initial. Deux lois fondamentales régissent ces transformations :

a) Loi de Boyle-Mariotte :

Si l'on maintient constante la température d'un gaz, son volume est inversement proportionnel à sa pression. C'est-à-dire si un gaz occupe un volume de 1 litre à la pression de 1 kg, on porte sa pression à 10 kg, en réduisant le volume à 0,1 litre, la température étant la même.

b) Loi de Gay-Lussac :

À volume constant, la pression est proportionnelle à la température absolue (1). Autrement dit, si la température augmente, la pression augmente aussi.

On a donc les deux expressions :

$PV = \text{constant}$, si T constante
 $\frac{P}{T} = \text{constant}$, si V constant.

Elles régissent les gaz dits « parfaits ». Les gaz qui évoluent dans le moteur à combustion interne, obéissent à une loi un peu différente :

$$PV^\gamma = \text{constant}$$

L'exposant γ est le rapport entre la chaleur spécifique à pression constante d'un gaz et sa chaleur spécifique à volume constant.

Si nous appelons P la pression au début de la course de compression

$V+v$ le volume au début de la course de compression

P_1 la pression à la fin de la course de compression

v le volume à la fin de la course de compression

nous pouvons écrire :

$$P(V+v)^\gamma = P_1 v^\gamma$$

et

(1) En physique on compte toujours la température à partir du zéro absolu qui est à 273° du zéro de nos thermomètres, correspondant à la congélation de l'eau.

Exemple : une température marquée 15° au thermomètre équivaut à une température absolue de 273+15 = 288°.

De même une température de -10° au thermomètre représente une température absolue de 273-10 = 263°.

$$P_1 = P \left(\frac{V+v}{v} \right)^\gamma$$

Appelons γ le rapport volumétrique égal à $\frac{V+v}{v}$

nous avons

$$P_1 = P \gamma^\gamma$$

Nous donnons ci-après la valeur de l'exposant γ pour différents gaz et combustibles :

air	1,406
hydrogène	1,384
acétylène	1,260

Les combustibles utilisés dans les moteurs étant des mélanges d'hydrocarbures divers, on admet comme valeur moyenne de γ environ 1,33 à 1,35, étant entendu qu'elle varie dans le même sens que la dimension du cylindre.

L'expression PV^γ permet de calculer la pression en fin de compression, pour les différents rapports volumétriques. On la trouvera dans le tableau ci-après, ainsi que la température en fin de compression.

On voit comment la pression de combustion varie avec le rapport volumétrique et l'on comprend que l'intérêt du diesel ne réside pas tant dans le fait que la forte compression dispense de tout appareil d'allumage, mais que sa supériorité provient surtout de ce que le gaz, au moment de son inflammation se trouve à une température beaucoup plus élevée que celle obtenue avec une compression moindre et que par conséquent la température et la pression de combustion aussi seront plus élevées, d'où rendement thermique meilleur.

Une transformation d'un gaz peut être isothermique ou adiabatique.

Elle est isothermique, si le gaz reste à la même température. De la compression provient une augmentation de chaleur, et la détente une diminution. Il faut donc, pour réaliser une transformation isothermique, soit enlever au gaz une quantité de chaleur équivalente à celle engendrée par la compression, soit lui apporter une quantité de chaleur équivalente à celle disparue lors de la détente.

La transformation est adiabatique, s'il n'y a ni perte ni apport de chaleur. C'est le cas d'une compression assez rapide pour qu'il ne puisse pas se produire la moindre dissipation

TABEAU DES PRESSIONS ET TEMPERATURES EN FIN DE COMPRESSION

Rapport volumétrique	Pression absolue en fin de compression	Température en fin de compression	
		absolue	centigrade
6	10,900	529	256
8	18,000	582	309
10	21,400	626	353
12	27,260	665	392
14	32,400	700	427
16	39,800	731	458
18	46,550	759	486
20	53,700	786	513

pour $\gamma = 1,33$, et une température initiale de 20°C.

de chaleur à travers les parois. De même on réalise une détente adiabatique si le gaz ne peut emprunter de chaleur au milieu extérieur.

Cycle de Carnot

Un cycle idéal, imaginé par le physicien Sadi Carnot et considérant les gaz parfaits, se caractérise par les phases suivantes (figure 1) :

A-B : compression isothermique,

B-C : compression adiabatique,

C-D : détente isothermique,

D-A : détente adiabatique.

Le rendement de ce cycle théorique est de 0,727. Un tel rendement ne peut pas être atteint en pratique.

Cycle Diesel

L'ingénieur Rudolf Diesel cherchait à réaliser un cycle s'approchant le plus possible du cycle Carnot, en procédant comme suit :

1° compression isothermique à environ 3 kg, en injectant de l'eau pour éviter l'augmentation de température ;

2° compression adiabatique à 250 kg, la température montant à plus de 800° ;

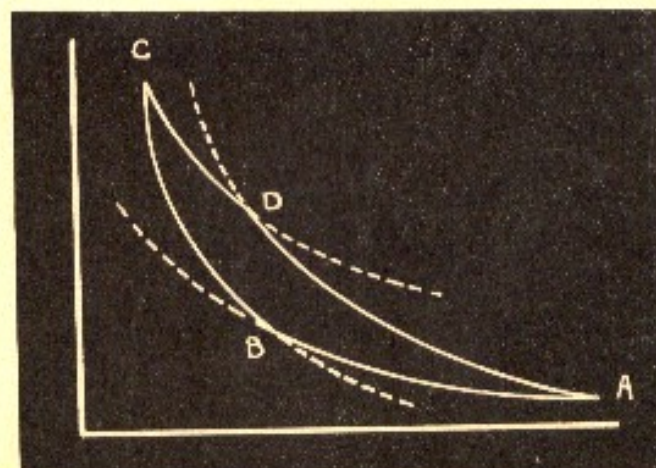
3° injection de combustible prolongée pour obtenir une combustion isothermique, c'est-à-dire à température constante, la descente du piston s'accompagnant d'une baisse de pression jusqu'à 30 kg ;

4° détente adiabatique après cessation de l'injection.

Ce cycle ne put être réalisé en raison de la compression trop forte, donc dangereuse. Après un certain nombre d'expériences, Diesel aboutit au cycle caractérisant le moteur dit à combustion et qualifié de cycle à « pression constante et volume variable » (voir figures 2 a et b), alors que le moteur à essence, dit à explosion, fonctionne suivant un cycle à « pression variable et volume constant » (figures 3 a et b).

Diesel se contenta d'une compression plus faible, mais suffisante toutefois pour obtenir

FIG. 1. — CYCLE DE CARNOT



une température permettant l'inflammation spontanée du combustible et ce cycle comporte les phases suivantes (fig. 2 a) :

A-B : compression adiabatique d'air pur,

B-C : combustion isobarique (la pression reste constante, le volume augmente), la chute de pression résultant de l'augmentation du volume, étant compensée par la dilatation des gaz due à la combustion prolongée,

C-D : détente adiabatique,

D-A : chute de pression.

Ce cycle avait un rendement théorique de 0,58 — qui ne fut jamais atteint en pratique — et

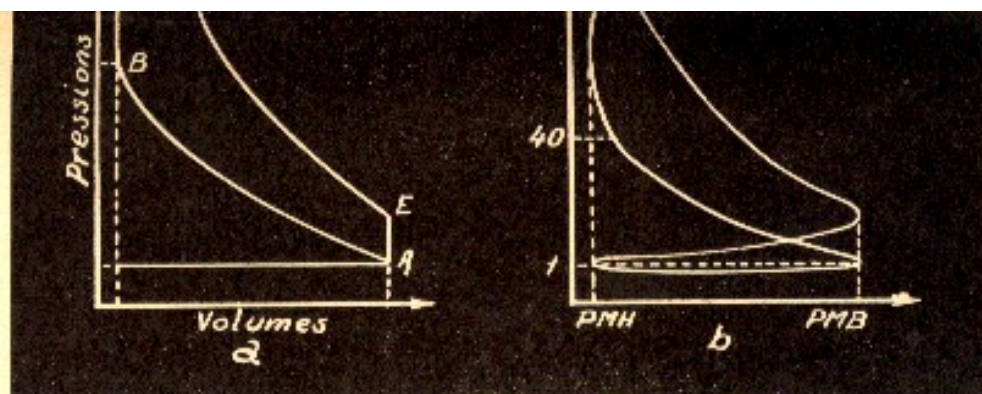


FIG. 4. — CYCLE MIXTE

a - Diagramme théorique. — b - Diagramme réel.

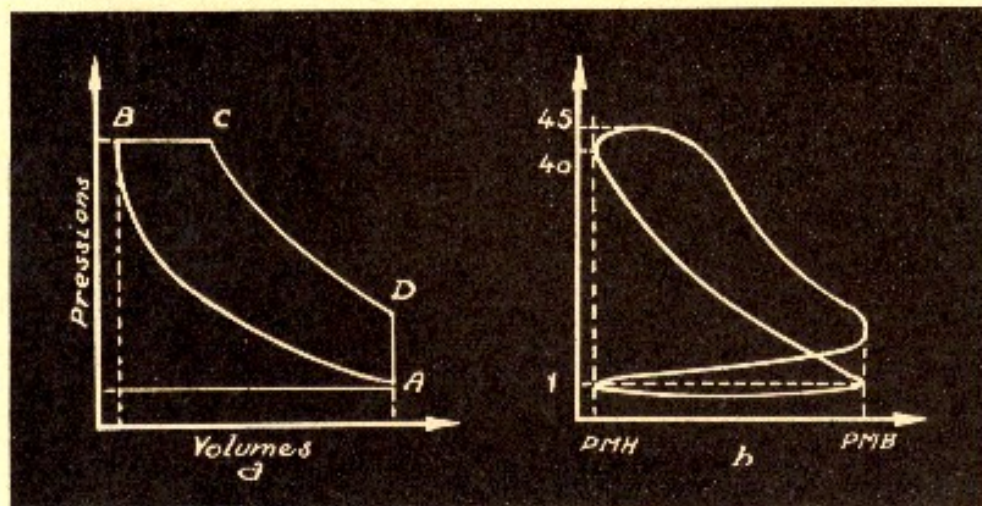


FIG. 2. — CYCLE À PRESSION CONSTANTE ET VOLUME VARIABLE (Diesel)

a - Diagramme théorique. — b - Diagramme réel.

a été appliqué aux gros moteurs fixes à faible régime, l'injection du combustible se faisant à l'air comprimé. Exigeant des installations importantes et coûteuses et des dispositifs délicats à régler, il n'a pu être utilisé pour les moteurs d'automobiles. Pour ces derniers on est limité par le poids et la place ; en outre pour obtenir une puissance donnée, il faut les faire tourner à un régime relativement élevé, ce qui interdit de faire cesser l'injection aussi tardivement que dans les gros moteurs lents, si l'on veut éviter qu'une notable partie de la chaleur ne soit évacuée sans avoir fourni de travail utile. En

raison du délai d'allumage, dont nous parlerons plus loin, le combustible ne s'enflamme pas immédiatement dès son entrée dans le cylindre, et la combustion se prolonge encore un certain temps après que l'injection est terminée.

Aussi le moteur diesel d'automobile, qui n'a pu se développer que grâce à la mise au point de dispositifs d'injection mécanique, fonctionne-t-il en définitive selon un cycle mixte, dans lequel la presque totalité du combustible est déjà injectée quand le piston passe au point mort haut. Les différentes phases se succèdent comme suit (figures 4 a et b) :

A-B : compression adiabatique,

B-C : combustion à volume constant et pression variable,

C-D : combustion isobarique,

D-E : détente adiabatique,

E-A : chute de pression.

En comparant les diagrammes réels 3 b et 4 b, on voit qu'ils ont une allure semblable : en fait le moteur à essence ou à explosion n'est pas tout à fait à pression variable et volume constant, mais fonctionne lui aussi suivant un cycle mixte, car la combustion des gaz n'est pas instantanée. Quant au moteur que nous appelons « diesel » — appellation que nous conserverons à défaut d'autre —

il diffère sensiblement du moteur imaginé par l'inventeur et qui, après les modifications voulues, reçoit d'assez nombreuses applications dans des installations fixes et la marine. Tantefois même pour les très gros moteurs, l'injection pneumatique est de plus en plus remplacée par l'injection mécanique.

Rendement comparé du diesel et du moteur à essence

Malgré les perfectionnements apportés au moteur à essence, son rendement thermique reste inférieur à celui du diesel et le restera tant qu'il ne sera pas possible d'adopter des rapports volumétriques du même ordre de grandeur que ceux du diesel. Mais rappelons d'abord ce qu'on entend par rendement :

C'est le rapport entre la puissance recueillie sur l'arbre et l'énergie fournie au moteur sous forme de combustible. Le seul chiffre permettant d'apprécier le rendement d'un moteur est donc sa consommation au cheval-heure. Celui-ci vaut :

$$75 \times 3600 = 270.000 \text{ kg.m.}$$

et comme 1 calorie = 425 kg.m., on a comme équivalence du cheval-heure :

$$270.000 : 425 = 635 \text{ calories.}$$

Il suffit, pour connaître le rendement d'un moteur, de diviser 635 par le nombre de calories fournies, ce nombre étant le produit de la consommation en grammes au ch/h, par le pouvoir calorifique du combustible employé.

Exemple : Consommation 160 g/ch/h de gasoil d'un pouvoir calorifique de 10.500.

rendement :

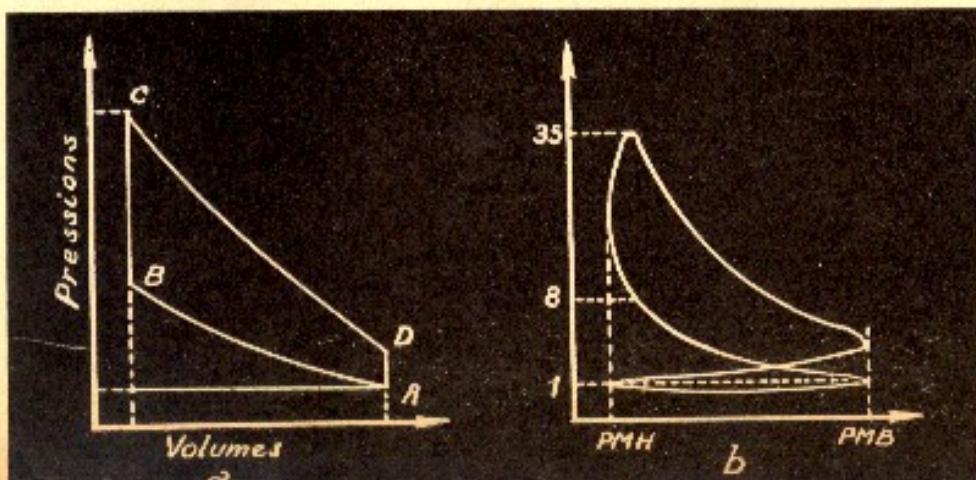
$$635$$

$$\frac{635}{0,160 \times 10.500} = 0,378$$

Le rendement d'un diesel se tient aux environs de 0,35 ; pour un bon moteur à essence il est de l'ordre de 0,26, et pour une bonne machine à vapeur il se tient autour de 0,15. Le chiffre le plus élevé connu à ce jour a été obtenu avec un diesel Sulzer deux temps consommant 148 g/ch/h.

FIG. 3. — CYCLE À VOLUME CONSTANT ET PRESSION VARIABLE (Beau de Rochas)

a - Diagramme théorique. — b - Diagramme réel.



AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU DIESEL

LES avantages du diesel sont considérables et même tels que là où les facteurs poids et encombrement n'ont pas une importance primordiale, ce type de moteur a complètement détrôné le moteur à essence d'une part, la machine à vapeur d'autre part. C'est le cas en particulier pour les moteurs fixes à partir d'une certaine puissance, pour les moteurs marins et les moteurs de poids lourds routiers. Dans tous les pays européens ceux-ci ne sont plus équipés qu'exceptionnellement avec des moteurs à essence.

Sur les tracteurs (routiers ou agricoles), le matériel de travaux publics (pelles mécaniques, excavatrices, compresseurs, etc...) il gagne sans cesse du terrain. Pour les chemins de fer, son emploi ne se limite pas seulement aux autorails, mais même pour le remorquage de rames importantes (marchandises ou voyageurs) la locomotive à vapeur cède de plus en plus la place au « diesel-électrique » (moteur diesel entraînant une dynamo qui alimente les moteurs électriques).

Les principaux avantages sont :

1° Le rendement effectif plus élevé, égal à environ 1,5 fois celui du moteur à essence ;

2° L'économie réalisable par l'emploi d'un combustible meilleur marché, non seulement à cause du prix au litre inférieur à celui de l'essence, mais aussi parce que le pouvoir calorifique au litre est plus élevé, la densité du gasoil étant supérieure à celle de l'essence. Si l'on prend comme consommation au cheval-heure 180 gr de gasoil pour un diesel, et 250 gr d'essence pour un moteur à explosion, on arrive sur la base des prix moyens pratiqués en janvier 1950, aux chiffres ci-après :

	gasoil	essence
Calories/kg	10.300	11.000
Densité	0,85	0,74
Calories/litre	8.750	8.140
Prix au litre	36,50	47, "
Prix 10.000 calories	41,20	57,50
Consommation en g/ch/h	180	250
Prix du ch/h en combustible	7,65	15,75

Comme on le voit, le cheval « gasoil » coûte moitié moins cher que le cheval « essence ».

3° Utilisation d'un combustible ne s'enflammant pas à température ordinaire, et moins volatil. Pour cette raison et aussi à cause du système d'alimentation employé, avec lequel il ne se produit pas de retour de flamme, les risques d'incendie sont supprimés.

4° Le diesel n'étant pas tributaire d'un dosage judicieux du mélange carburé, les démarrages, sauf pour de très basses températures, sont plus faciles qu'avec l'essence.

5° Le diesel est moins sujet à la panne, par suite de la suppression du carburateur et des dispositifs d'allumage.

6° Les gaz d'échappement ne sont pas toxiques, la teneur en oxyde de carbone est de 0,1 à 0,2 %, contre 6 % dans l'échappement de certains moteurs à essence.

En regard de ces avantages, il y a aussi des inconvénients qui ont limité jusqu'ici l'emploi du diesel à certaines applications bien déterminées et n'ont pas encore permis par exemple une utilisation généralisée sur la voiture automobile :

1° Le poids du moteur, par rapport à sa puissance, est beaucoup plus élevé que celui du moteur à essence correspondant. Ceci tient à ce que les pressions plus élevées du diesel exigent des organes plus résistants, donc plus lourds. Cependant l'emploi de plus en plus poussé des alliages légers et des aciers spéciaux a déjà permis de diminuer considérablement la masse puissancique.

2° Les organes d'alimentation : pompe et injecteurs, sont des pièces robustes certes, mais délicates, usinées et ajustées avec une précision qui n'est plus de l'ordre du 1/100 mm comme pour le moteur à essence, mais de l'ordre du micron : μ ou 1/1.000 mm.

3° Les deux facteurs précédents font que le moteur diesel est d'un prix sensiblement plus élevé que le moteur à essence et l'avantage résultant de l'économie de combustible ne se fait sentir qu'après un certain nombre de km ou d'heures de service.

4° Les réparations coûtent plus cher, en main-d'œuvre et fournitures. En particulier, la révision d'une pompe est beaucoup plus coûteuse que celle d'un carburateur ou d'un allumeur. Il faut remarquer toutefois, qu'avec un filtrage correct du combustible une pompe peut assurer son service pendant des dizaines de milliers de km sans causer le moindre ennui. D'une manière générale, pour un diesel convenablement entretenu, les grosses réparations sont rares.

5° Le poids des organes et les forces d'inertie engendrées, d'une part, le temps minimum nécessaire à l'injection et la combustion, d'autre part, limitent la vitesse de rotation du diesel à un régime relativement bas, ce qui se traduit également par une augmentation de la masse puissancique.

Ce dernier inconvénient est cependant moins grave qu'il ne semble à première vue. Il n'entre en ligne de compte que dans la mesure où l'on envisage l'emploi du diesel sur les voitures, car en ce qui concerne les camions, les moteurs à essence non plus ne tournent pas à des régimes aussi élevés que sur les voitures.

Notons également, qu'à mesure qu'on arrive à mieux connaître les phénomènes de pulvérisation et de combustion et à les « diriger » dans le sens voulu, on accroît la vitesse de rotation et l'on dépasse de plus en plus le cap des 2000 1/m considéré pendant longtemps comme une limite. Il existe aujourd'hui des moteurs tournant à plus de 3200 1/m ; les cylindrées unitaires aussi diminuent et certains moteurs ne font pas 500 cmc par cylindre.

LES ORGANES DU DIESEL

La structure générale du moteur diesel ne diffère pas fondamentalement de celle des moteurs à essence. Il comporte les mêmes organes, sauf en ce qui concerne l'alimentation et l'allumage; il existe même des moteurs construits pour fonctionner soit au gasoil, soit à l'essence et qui, en dehors des points que nous venons de signaler, ne diffèrent que par la culasse et les pistons.

Nous allons brièvement examiner les pièces constitutives en soulignant chaque fois qu'il y aura lieu les particularités respectives (fig. 5).

GROUPE CARTER-CYLINDRES

Il peut former un seul élément venu de fonderie ou être en deux pièces (groupe séparé); à l'heure actuelle il est encore le plus souvent en fonte; cependant l'emploi des alliages légers tend à se généraliser. En raison des pressions plus fortes, on évite quelquefois les efforts exagérés sur le bâti grâce à des tirants qui le traversent dans toute sa hauteur et tiennent à la fois la culasse et les chapeaux de palier.

Les cylindres proprement dits sont constitués souvent par des chemises rapportées, moulées seches ou noyées dans des blocs non-chemisés (sont rares); l'étanchéité des chemises noyées, du côté des chambres d'eau, est assurée en haut par un joint en cuivre sous la collette, et en bas par un joint d'embase sous l'épaulement ou des joints de caoutchouc placés dans des gorges circulaires usinées dans la paroi extérieure de la chemise, laissent à cet endroit pour assurer le guidage de la chemise.

L'intérieur du groupe est toujours plus ou moins fortement nervuré pour accroître la rigidité de l'ensemble, notamment dans le cas des moteurs à chemises noyées.

CARTER INFÉRIEUR

Il est toujours de grande capacité et réalisé en tôle ou en

alliage léger, en ce dernier cas muni de nervures extérieures formant ailettes de refroidissement. L'allure générale est la même que pour les moteurs à essence.

Un tube de ventilation, de grande section, est prévu tant pour évacuer les surpressions que pour éliminer les vapeurs dont la condensation entraînerait la dilution de l'huile de graissage.

LIGNE D'ARBRE

Pour éviter le fautement du vilebrequin, celui-ci est supporté par un palier à chaque manivelle; il y a donc autant de paliers que de manivelles plus un. Ces paliers sont non seulement de grand diamètre, mais aussi relativement larges, pour diminuer autant que possible les pressions unitaires.

Les coussinets sont généralement garnis de bronze au plomb soit sur coquille bronze, soit sur même coquille d'acier, disposition de plus en plus employée. Quelquefois le bronze au plomb est réservé au demi-coussinet inférieur qui subit toutes les pressions, le demi-coussinet supérieur étant en régule blanc.

L'étanchéité aux paliers avant et arrière est assurée de la même façon que dans les moteurs à essence, par rondelle ou turbine de rejet d'huile, par joint feutre ou par bague anti-fuite.

VILEBREQUIN

Pièce maîtresse du moteur, il est traité avec un soin particulier. En acier spécial, il a les portées cémentées, niturées ou durcies par induction. Ce traitement correspond à l'emploi de coussinets plus durs que ceux en régule ordinaires. Signalons que dans certains moteurs, le vilebrequin est monté sur roulements.

Il porte à l'avant un amortisseur de vibrations, placé extérieurement, entre le carter de distribution et la dent de loup; un des éléments de cet amortisseur forme souvent poutre d'entraînement de la manivelle.

Le volant est fixé à l'arrière, par boulons, sur la collette du vilebrequin.

Bien que la vitesse de rotation soit plus faible que celle des moteurs à essence, on munit l'arbre de contrepois pour obtenir un équilibrage satisfaisant, tant dynamique que statique. En effet les très fortes pressions peuvent engendrer des forces d'inertie nuisibles, même à faible régime.

BIELLES

Elles sont en acier matrié, à section H. Des essais ont été faits avec des bielles en alliage léger, mais celui-ci n'a pu s'imposer pour cet emploi. Sur certains moteurs, le chapeau n'est pas perpendiculaire au corps de la bielle mais oblique. La coupe est généralement inclinée

à droite, dans le sens de rotation de l'arbre (fig. 6).

L'articulation sur le manivelle se fait soit par l'intermédiaire de coussinets (régulage direct ou coussinets rapportés semblables à ceux employés pour les paliers), soit par roulement à aiguilles. Comme pour les paliers, un seul des deux demi-coussinets peut être réglé en bronze au plomb, il se place alors en haut, c'est-à-dire là où s'exerce la pression de la bielle sur le manivelle.

PISTONS

Ils sont exécutés aujourd'hui presque exclusivement en alliage léger, mais en plus du dessin particulier de la tête, dont nous parlerons plus loin à l'occasion de la chambre de combustion, ils diffèrent du piston du moteur à essence par une hauteur plus grande et un fond plus massif. Il faut en effet une plus grande masse de métal pour évacuer la quantité de chaleur que cette pièce reçoit au moment de la combustion, et en même temps une plus grande surface de contact avec la paroi refroidie du cylindre d'une part, avec l'huile — qui contribue au refroidissement — d'autre part. Cette plus grande hauteur du piston présente du reste un avantage appréciable en ce sens que la pression latérale unitaire est sensiblement diminuée. Ceci est, avec la vitesse linéaire plus faible, une des raisons de la longévité des diesels.

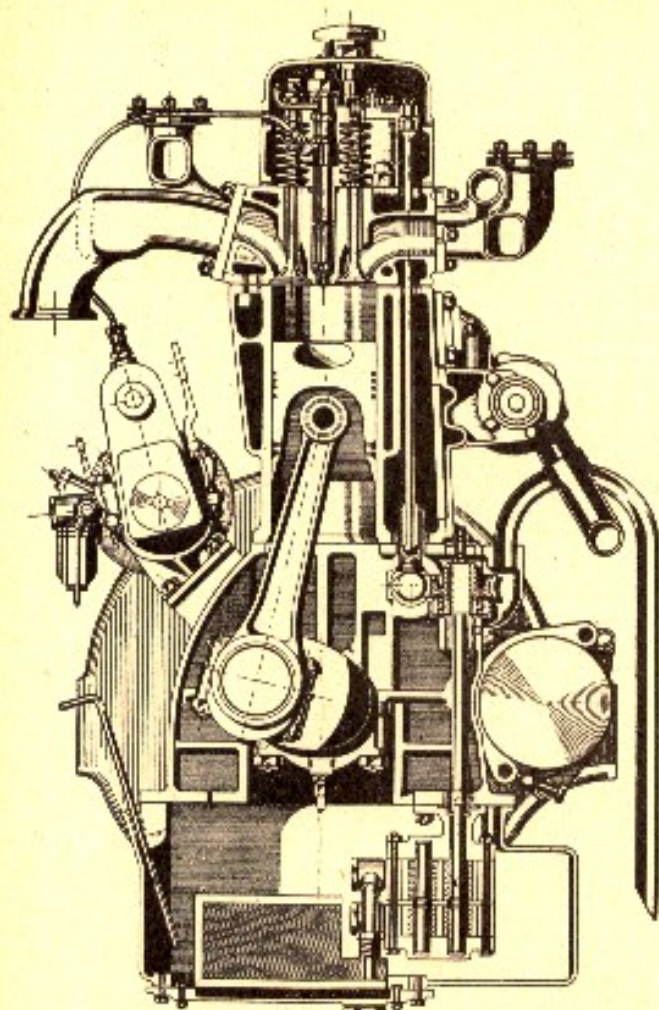


FIG. 5. — MOTEUR DIESEL EN COUPE (Rochet-Schneider à injection directe).

malgré la surcharge qu'on ne craint pas, souvent, de leur imposer (fig. 7).

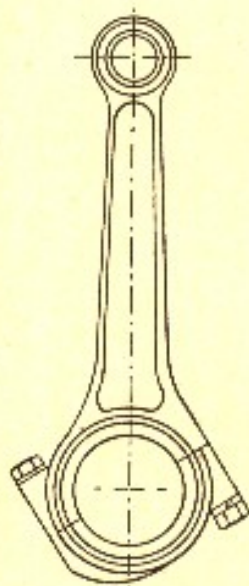


FIG. 6. — BIELLE A COUPE OBLIQUE

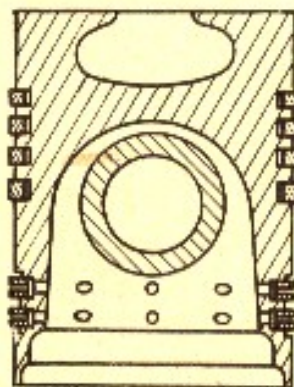


FIG. 7. — COUPE D'UN PISTON DE DIESEL.

Pour éviter une détérioration prématurée de la tête du piston sous l'action de la flamme on a réalisé des pistons bi-métal avec tête en acier et jupe en alliage léger.

De même on limite le malage des gorges de segments, en plaçant ces derniers dans une bague en fonte noyée dans le corps de piston qui est en alliage léger. Bien entendu, les métaux

employés doivent avoir le même coefficient de dilatation.

Ajoutons que grâce aux progrès réalisés tant en matière d'alliages légers qu'au point de vue agencement des chambres de combustion et aussi grâce à une meilleure connaissance des phénomènes de combustion, on a moins à redouter, aujourd'hui, l'effet du « coup de chalumeau » sur le piston.

Dans le diesel, le piston comporte un plus grand nombre de segments que dans le moteur à essence : cinq au minimum, le dernier se trouvant presque toujours en-dessous de l'axe. Le premier, dit « coup de feu » est toujours placé à une assez grande distance du bord supérieur, pour l'éloigner le plus possible de la flamme.

Les segments se montent avec un jeu à la coupe et un jeu dans la gorge plus grand que dans le moteur à essence. Les jeux vont en diminuant à partir du premier segment. Ils sont prévus plus grands à cause des températures plus élevées.

DISTRIBUTION

Les diesels à quatre temps sont pratiquement tous à soupapes en tête, il n'y en a pas à soupapes latérales ; il existe quelques moteurs sans soupapes. Le rapport volumétrique élevé ne permet qu'un très faible espace pour la chambre de combustion qui, au surplus, se trouve souvent logée partiellement dans une cavité du piston ou dans un espace séparé du cylindre par un étranglement ainsi que nous le verrons plus loin.

Les différents organes sont analogues à ceux du moteur à essence, toutefois le carter de distribution abrite un plus grand nombre de pignons (fig. 8) ; en effet, la pompe d'injection n'est pas entraînée par l'arbre à cames comme un allumeur, mais par un arbre spécial tournant du reste à la même vitesse que l'arbre à cames. L'entraînement se fait soit par engrenement direct, soit par l'intermédiaire d'une chaîne, avec tendeur ; quelquefois pour des raisons de place, on trouve les deux dans la même distribution. Pour éviter les décal-

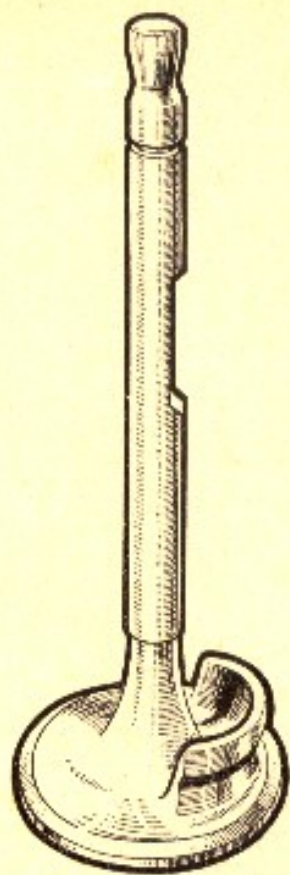


FIG. 9. — SOUPAPE A DÉFLECTEUR (admission).

ges pouvant résulter de l'allongement de la chaîne, la pompe d'injection est le plus souvent commandée par engrenages, parfois avec pignon intermédiaire.

Les soupapes, du type classique, sont quelquefois munies à l'admission, d'un déflecteur semi-circulaire pour diriger l'air dans un sens déterminé, afin de

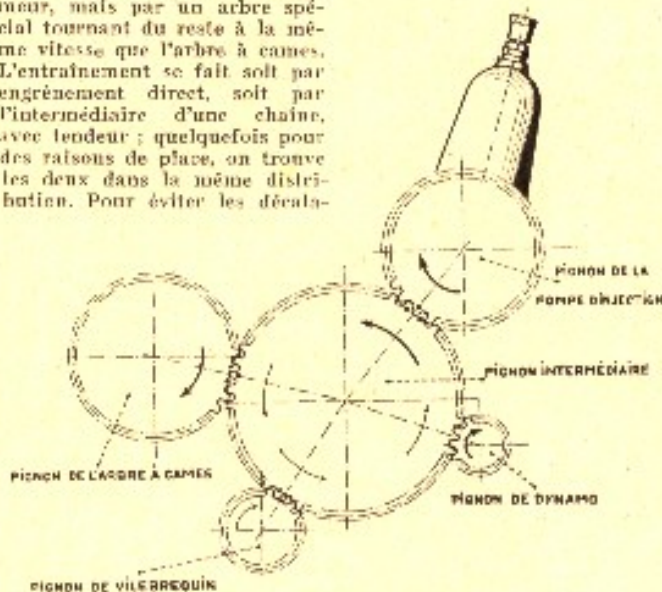


FIG. 8. — ENSEMBLE DE DISTRIBUTION (Giffrén P 45).

lui donner un mouvement tourbillonnaire (fig. 9).

On rencontre souvent des moteurs à trois ou quatre soupapes par cylindre, sur les premiers il y a deux soupapes d'admission.

La distribution est complétée, dans certains cas, par un dispositif approprié permettant de maintenir plusieurs soupapes ouvertes pour faciliter la mise en route (fig. 10).

REFROIDISSEMENT

En raison des températures plus élevées atteintes dans le diesel, ce moteur fonctionne généralement à une température quelque peu au-dessus de celle du moteur à essence. On trouve ainsi des moteurs tournant normalement à 90° contre 80° environ pour le moteur à essence. Néanmoins, et précisément pour éviter tout chauffage anormal, le refroidissement est traité avec un soin particulier. Ainsi, pour assurer un refroidissement suffisant des cylindres arrière, on place quelquefois la pompe à eau à cet endroit du moteur, de sorte que l'eau refroidie est refoulée dans les cylindres les plus éloignés du radiateur.

Une autre solution consiste à

freiner le retour d'eau aux premiers cylindres et à laisser aux autres des passages de plus en plus grands, à mesure qu'on s'éloigne du radiateur.

Comme la culasse est souvent en plusieurs éléments, ceux-ci sont raccordés à un tube de retour allant au radiateur.

Notons qu'il existe aussi des moteurs diesel à refroidissement par air, ils sont généralement du type à cylindres horizontalement opposés.

GRAISSAGE

Il s'effectue toujours sous pression, le refoulement de l'huile vers les surfaces à lubrifier étant assuré par une pompe à engrenages, du même type que celle employée dans les moteurs à essence. Quelquefois elle est double, c'est-à-dire constituée par deux pompes superposées, l'une à haute pression desservant la ligne d'arbre, l'autre à basse pression pour tous les autres organes : arbre à came, culbuteurs, commande de distribution.

On rencontre aussi le graissage dit à carter sec, dans lequel une ou deux pompes puisent l'huile dans les compartiments du carter pour l'envoyer

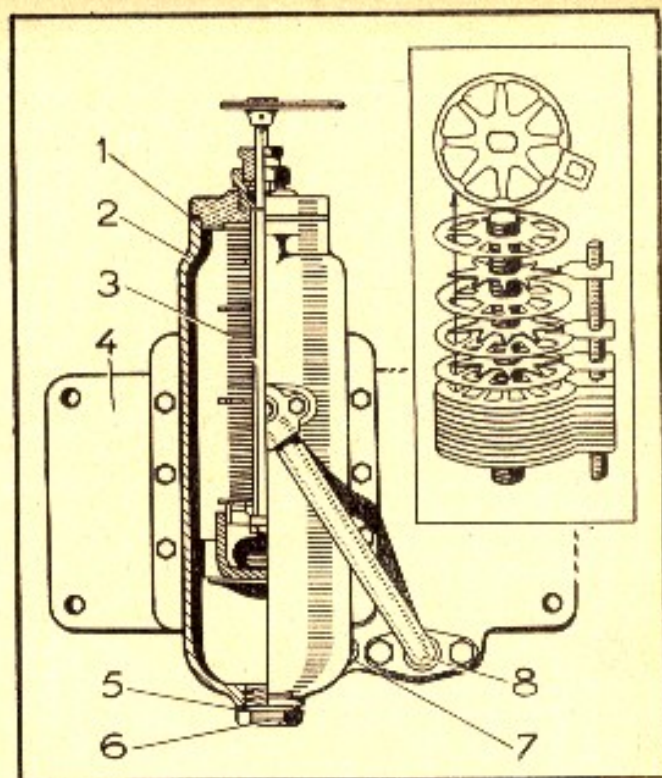


FIG. 11. — FILTRE AUTOMATIQUE

1 - joint sous cartouche. 2 - support de cartouche. 3 - cartouche filtrante. 4 - support de filtre. 5 - joint sous bouchon de vidange. 6 - bouchon de vidange. 7 - bride de fermeture. 8 - tube d'arrivée d'huile.

dans une chambre d'huile, où elle est reprise par une autre pompe qui l'envoie sous pression aux surfaces à graisser.

Un clapet de décharge réglable est prévu sur l'installation; la pression de graissage est plus élevée que dans le moteur à essence et ne doit pas descendre au-dessous de 1,5 à 2 kg.

La plupart des diesels sont munis d'un filtre à huile muni en dérivation et qui est souvent du type à nettoyage automatique; des peignes reliés à la pédale d'embrayage effectuent le dégrasage de l'élément filtrant chaque fois qu'on débraye. (Voir fig. 11.)

Sur beaucoup de moteurs on a prévu également un radiateur d'huile.

TUBULURES

La tubulure d'admission peut être d'une pièce alimentant tous les cylindres, ou comporter plusieurs éléments, par exemple un pour chaque groupe de deux ou trois cylindres, suivant l'agencement des culasses; une troisième solution consiste à employer autant de prises d'air individuelles qu'il y a de cylindres. Quelle que soit la disposition adoptée, un filtre à air est placé à chaque entrée d'air.

Le collecteur d'échappement aussi est souvent en plusieurs éléments s'emboîtant les uns dans les autres. On évite ainsi

les tensions exagérées qui pourraient se produire par suite de la dilatation d'une pièce unique de grande longueur.

CULASSE

Nous arrivons maintenant à la partie qui donne à chaque diesel sa caractéristique propre. Ce sont en effet la forme et le volume de la chambre de combustion, l'emplacement et l'orientation de l'injecteur qui déterminent le mode de fonctionnement de chaque moteur.

Le diesel étant essentiellement un moteur utilitaire, les constructeurs cherchent à faciliter le plus possible l'entretien et les réparations. Aussi emploie-t-on, sauf pour quelques moteurs ne dépassant pas une certaine longueur, des culasses séparées. Sur de très gros moteurs, chaque cylindre a souvent sa propre culasse, pouvant être détachée séparément. Pour les moteurs moins importants, on utilise suivant le cas une culasse par groupe de deux ou trois cylindres.

Pour résister aux fortes pressions, la culasse est toujours en fonte. Elle est souvent munie d'un bouchon de décompression. Nous verrons plus loin les particularités au point de vue forme et disposition de la chambre. (En Angleterre, on vient de réaliser des Diesel avec culasse en alliage léger).

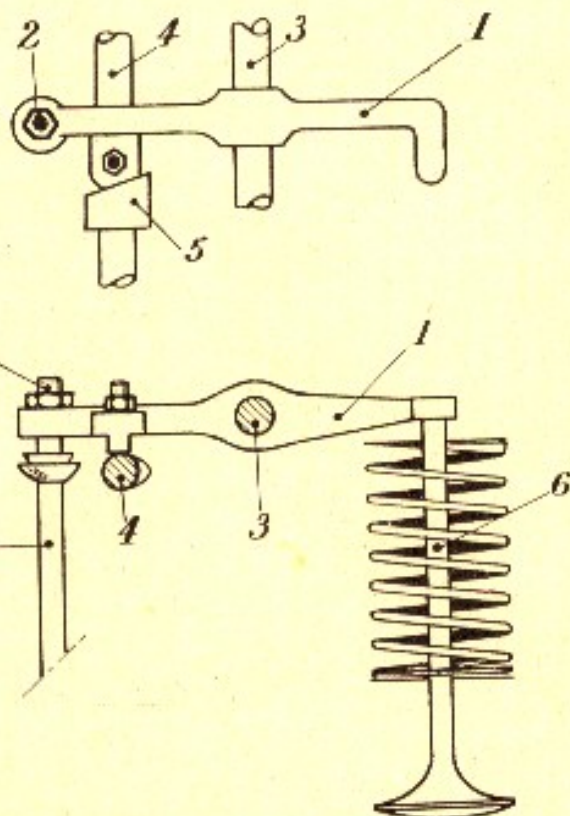


FIG. 10. — DISPOSITIF DE DÉCOMPRESSION

Le dispositif comporte un arbre à came 4 permettant de soulever légèrement la soupape d'admission. En continuant la rotation de cet arbre, on déplace le culbuteur 2 latéralement sur sa rampe 3, grâce à une rampe 5 de l'arbre 4, ce qui a pour effet de modifier les moments d'ouverture et de fermeture des soupapes d'admission à l'aide du profil de l'extrémité du culbuteur portant contre la soupape 6. (Gardner)

DIFFÉRENTS TYPES DE DIESEL

TOUS les moteurs à essence sont pratiquement identiques, à part la disposition des soupapes et de légères variantes dans la forme, mais qui n'ont pas d'effet sur l'évolution des gaz. Par contre les diesels présentent entre eux des différences considérables, résidant principalement dans l'agencement de la chambre de combustion. Dans le moteur à essence, celle-ci a une forme géométriquement simple, qu'il s'agisse de la chambre déportée genre Ricardo pour soupapes latérales, ou de la chambre à forme plus ou moins hémisphérique des moteurs à soupapes en tête. Elle forme toujours un espace unique, sans recoin, sans cavité annexe d'aucune sorte. On évite autant que possible les lignes brisées et les formes tourmentées, de façon à obtenir une progression régulière et rapide de la flamme. Quant au piston la tête est plate, ou légèrement creuse ou légèrement bombée, ou encore munie d'un bossage, suivant le rapport volumétrique. Les formes adoptées ne visent qu'à éviter les points chauds et à provoquer en certains cas, un mouvement tourbillonnaire du gaz. Mais d'une manière générale, du moins dans les dispositions courantes, la forme de la chambre n'influe pas foncièrement sur le processus de la combustion.

Il en est tout autrement pour le diesel, ici on trouve les dessins les plus divers, de la forme la plus simple, constituée par la chambre cylindrique régulière, jusqu'aux formes les plus hachurées, avec des cavités, des chambres auxiliaires, étranglements, venturis, etc.

Ce sont ces formes qui déterminent le fonctionnement du diesel au plus exactement le processus de combustion, c'est-à-dire l'allumage et la propagation de la flamme dont dépend la montée en pression plus ou moins rapide, donc aussi la plus ou moins grande souplesse de fonctionnement.

Suivant ces formes, on dis-

tingue aujourd'hui trois grandes catégories de diesel :

— les moteurs à injection directe,

— les moteurs à chambre de précombustion ou d'allumage,

— les moteurs à chambre de réserve d'air.

Précédemment, la classification comportait aussi les moteurs à turbulence, mais comme on peut trouver dans chacune des trois catégories ci-dessus des dispositifs réalisant une plus ou moins vive turbulence de l'air, on estime que cette caractéristique ne justifie pas une catégorie spéciale. Nous allons examiner le principe de chacun des trois types indiqués.

dont l'angle au sommet est adapté à la forme de la chambre, pour obtenir une pulvérisation uniforme et une répartition égale dans toutes les directions, sans que les gouttelettes viennent en contact avec les parois :

— soit horizontalement, avec jet tangentiel ; on emploie parfois deux injecteurs par cylindre, diamétralement opposés.

On peut le placer aussi légèrement incliné sur le côté, débitant dans une cavité du piston formant chambre de combustion.

▲

Dans la plupart des cas, la chambre de combustion est formée par un creux dans le piston, creux qui peut affecter des formes diverses, en particulier celle d'une gorge circulaire, plus ou moins profonde et dont

la pente, à partir du centre, correspond à l'angle de dispersion du jet, de sorte qu'elle est à peu près parallèle à la nappe de brouillard combustible.

Pour amener rapidement toutes les particules de combustible en contact avec l'air chaud, et aussi pour éviter que certaines particules ne restent au milieu de gaz déjà brûlés, on les ne trouveraient plus l'oxygène nécessaire, on donne dans certains moteurs un mouvement tourbillonnaire au comburant, et pendant ce tourbillonnement, chaque molécule de combustible se trouve mise en présence de l'air dont elle a besoin pour brûler. Cette turbulence peut être obtenue par une cavité prévue dans le piston et qui peut affecter la forme d'un ellipsoïde ou d'un tore. Le brouillard se répand dans cette cavité, l'injecteur débouchant dans son axe,

MOTEURS A INJECTION DIRECTE

Ce type est directement dérivé du diesel d'origine. La chambre a une forme régulière. L'inflammation du combustible est exclusivement obtenue par la compression de l'air, sans artifice d'aucune sorte, même pour la mise en route. (Voir figures 12 a - c.)

Ceci exige d'une part un rapport volumétrique élevé, de l'ordre de 14:1 à 20:1, et d'autre part une pulvérisation très fine du combustible sous très forte pression, cette dernière étant indispensable pour obtenir la pénétration du brouillard dans un milieu très dense. Elle varie entre 150 et 500 kg, mais atteint dans certains cas jusqu'à 800 kg.

L'injecteur est disposé :

— soit verticalement dans

l'axe du cylindre ; le jet se répand en nappe formant un cône

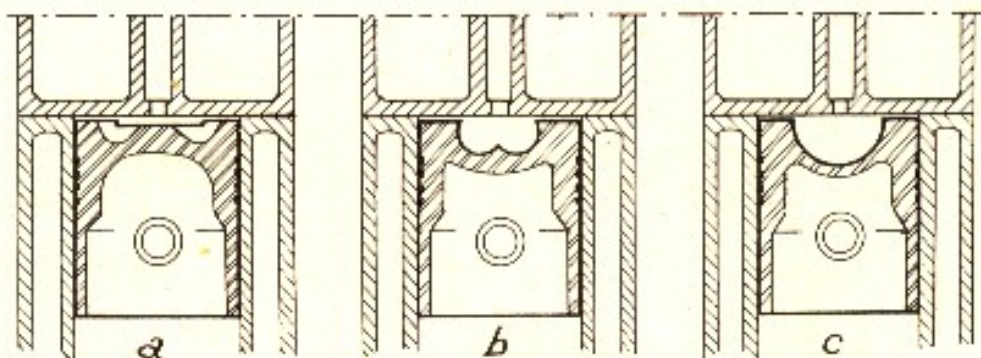


FIG. 12. MOTEURS A INJECTION DIRECTE
a : Renault — b : Saarer — c : Gardner.

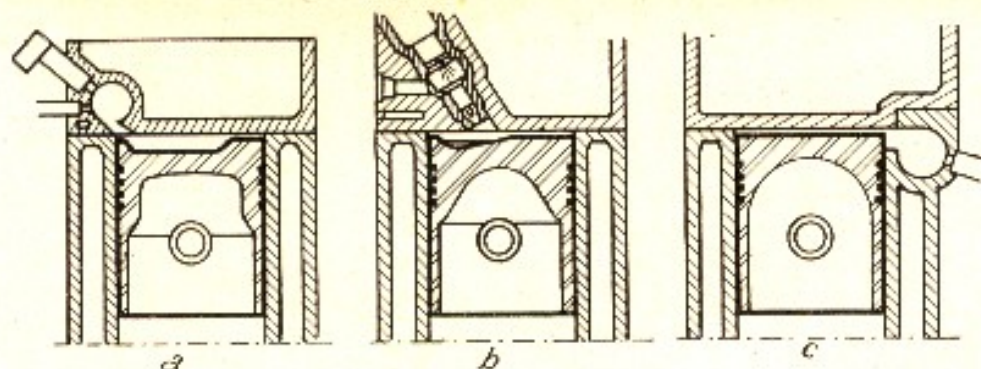


FIG. 13. MOTEURS A CHAMBRE DE PRÉCOMBUSTION
a : Berliet — b : Mercedes — c : Renault.

Le logement de la chambre de combustion dans le piston présente le double avantage de garder l'air au contact de parois non directement refroidies, ou conserve ainsi un noyau d'air chaud qui facilite le démarrage. On évite en outre la projection de combustible contre les parois du cylindre où elles risqueraient de ne pas brûler.

Le diesel à injection directe se caractérise par un fonctionnement plus dur et exige un assez grand excès d'air, surtout lorsqu'il n'est pas prévu de turbulence.

Avantages :

Rendement élevé ; la consommation au cheval-heure est sensiblement moins élevée qu'avec les autres types ;
simplicité de réalisation, dans prix plus bas ;
démarrage à froid facile.

MOTEURS A CHAMBRE DE PRÉCOMBUSTION

Ces moteurs se caractérisent par une cavité disposée entre l'espace au-dessus du piston et l'injecteur, de telle sorte que le jet traverse entièrement cette cavité. La chambre de combustion est ainsi divisée en deux compartiments communiquant soit par un cul, soit par des trous prévus dans une grille (brûleur). La chambre de pré-combustion, généralement excentrée par rapport à l'axe du cylindre, peut comporter des éléments rapportés en acier à haute résistance thermique. Toute la charge de combustible passe dans la chambre, dont le volume représente environ 1/3 du volume total, parfois moins. L'injecteur est placé verticalement, horizontalement, ou obliquement, suivant l'emplacement de la chambre.

Pendant la compression, une partie de l'air est refoulé dans la chambre, entraînant avec lui les gaz résiduels et en prenant un mouvement giratoire grâce à l'orientation de l'orifice de communication par rapport à la chambre. L'air se réchauffe

Inconvénients :

Marche très rapide en pression, d'où le fonctionnement dur et le cogement caractéristique, surtout lors des reprises rapides aux basses allures ;

sensibilité à l'avarie : un excès d'avance à l'allumage ou l'injection peut causer des dégâts à l'équipage mobile et à la ligne d'arbre ;

sensibilité à l'encrassement de l'injecteur : un dépôt dévie les jets et le moteur fume, le rendement baisse, la combustion étant incomplète ;

sensibilité à l'état mécanique, la manque d'élasticité rend les démarrages difficiles. Cette question sera examinée en détail par la suite.

Les moteurs à injection directe sont pourvus d'injecteurs à trous multiples. (Voir chapitre « Injecteurs ».)

et sa température se trouve encore accrue par la présence des gaz résiduels. Dès l'arrivée du combustible dans la chambre, les éléments légers s'enflamment, d'où une forte augmentation de pression, par suite de laquelle l'air contenu dans la chambre est expulsé violemment vers la chambre de combustion, entraînant dans de vifs remous le combustible non brûlé et le mélange ainsi brassé brûle dans la chambre principale. La présence d'un brûleur ou d'une coque chaude permet de se contenter à la fois d'une compression d'air plus faible et d'une pression d'injection moins élevée. En outre ce moteur ne demande pas un aussi grand excès d'air que le type à injection directe (fig. 13 a-c).

Avantages :

Pressions moindres (rapport volumétrique entre 12:1 et 15:1, pression d'injection entre 60 et 120 kg) les organes peuvent donc être plus légers ;

Inconvénients :

Consommation plus élevée, le rendement étant fonction du rapport volumétrique ;

démarrages impossibles à froid, sans un dispositif de chauffage approprié, généralement des résistances de chauffage qui seront étudiées plus loin.

Il faut noter, en contrepartie, qu'ils sont moins exigeants au point de vue qualité du combustible. Les moteurs les plus rapides actuellement sont du type à chambre de précombustion.

La chambre d'allumage n'est pas toujours placée dans la culasse, elle peut être disposée dans le groupe, accolée à la partie supérieure du cylindre.

La plupart des moteurs classés autrefois comme moteurs à turbulence sont rangés maintenant dans la catégorie des moteurs à chambre de précombustion.

MOTEURS A CHAMBRE DE RÉSERVE D'AIR

Ils diffèrent des précédents par deux points :

a) le volume de l'antichambre est plus grand que l'espace restant entre le piston et la culasse ;

b) l'injecteur ne débouche pas dans la chambre, mais est placé de telle sorte que le jet passe devant celle-ci ou bien vienne frapper une paroi du canal de communication ou encore soit dirigé directement vers la chambre. Le canal de communication a fréquemment la forme d'un venturi.

Une très faible partie du combustible pénètre dans la chambre, entraînée par l'air, s'enflamme au contact de l'air chaud et la montée en pression chasse la masse principale de l'air en turbulence vers le cylindre, enflammant au passage les molécules de combustible projetées par l'injecteur. Cette chambre peut donc être comparée en quelque sorte à un soufflet (fig. 14 a-b).

Ici, comme dans le type précédent, on tire parti du mouvement tourbillonnaire de l'air.

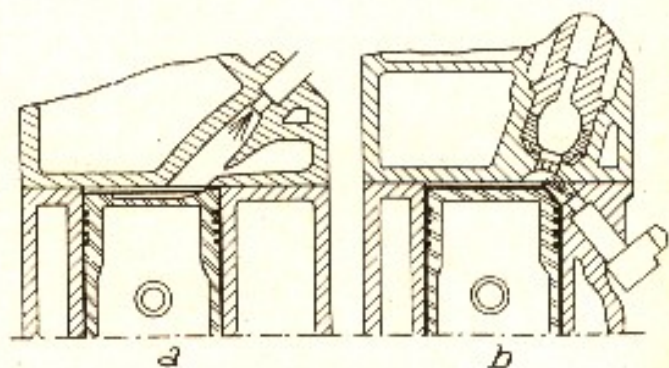


FIG. 14. MOTEURS A CHAMBRE DE RÉSERVE D'AIR
a : MAN — b : MWM.

Les moteurs à chambre de précombustion et ceux à chambre de réserve d'air sont généralement groupés sous le qualificatif de « semi-diesel », en raison du fait qu'ils ne sont pas intégralement à allumage spontané et que les pressions sont moins élevées que dans le diesel pur.

Nous venons de voir toutefois qu'on trouve des moteurs à antichambre sans dispositif de chauffage. Dans certains, l'injecteur est placé horizontalement, à l'opposé de l'antichambre, et le jet dirigé vers celle-ci; l'inflammation s'amorce en dehors de la chambre et continue à l'intérieur de celle-ci où les pressions s'amortissent en quelque sorte avant d'agir sur le piston (fig. 15).

Comme toute classification, celle que nous avons suivie jusqu'ici est quelque peu arbitraire. Il existe des moteurs qui ne rentrent dans aucune des trois catégories indiquées, tels les moteurs à faible rapport volumétrique, avec allumage commandé par étincelle électrique (moteur Hesselmann, équipant différents types de camions Saurat).

Le moteur Cummins, dont il y a également un certain nombre d'unités en service en France, pourrait dans une certaine mesure se rattacher aux moteurs à chambre de réserve d'air, un petit accumulateur d'air étant prévu dans le piston; toutefois le processus d'injection et la combustion sont différents des phénomènes correspondants dans les autres moteurs. La capacité de l'accumulateur est très faible par rapport au volume total de la chambre de combustion; en outre le combustible séjourne pendant trois temps du cycle dans un compartiment spécial de l'injecteur où il est porté à haute température avant pulvérisation. Le dispositif sera du reste décrit au chapitre « Injecteurs ».

On aura remarqué, par le bref exposé qui précède, qu'on ne cherche pas à réaliser, dans les moteurs diesel, même ceux du type à injection directe, une chambre de combustion compacte de forme sphérique, forme qui, on le sait, est la plus avantageuse puisqu'elle présente le minimum de surface pour

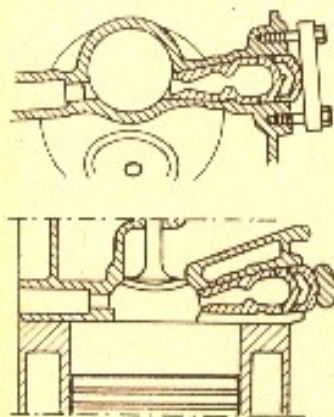


FIG. 15. — MOTEURS À CELLULE D'ÉNERGIE BELLA LANOVA (Puchard, Delahaye, etc...)

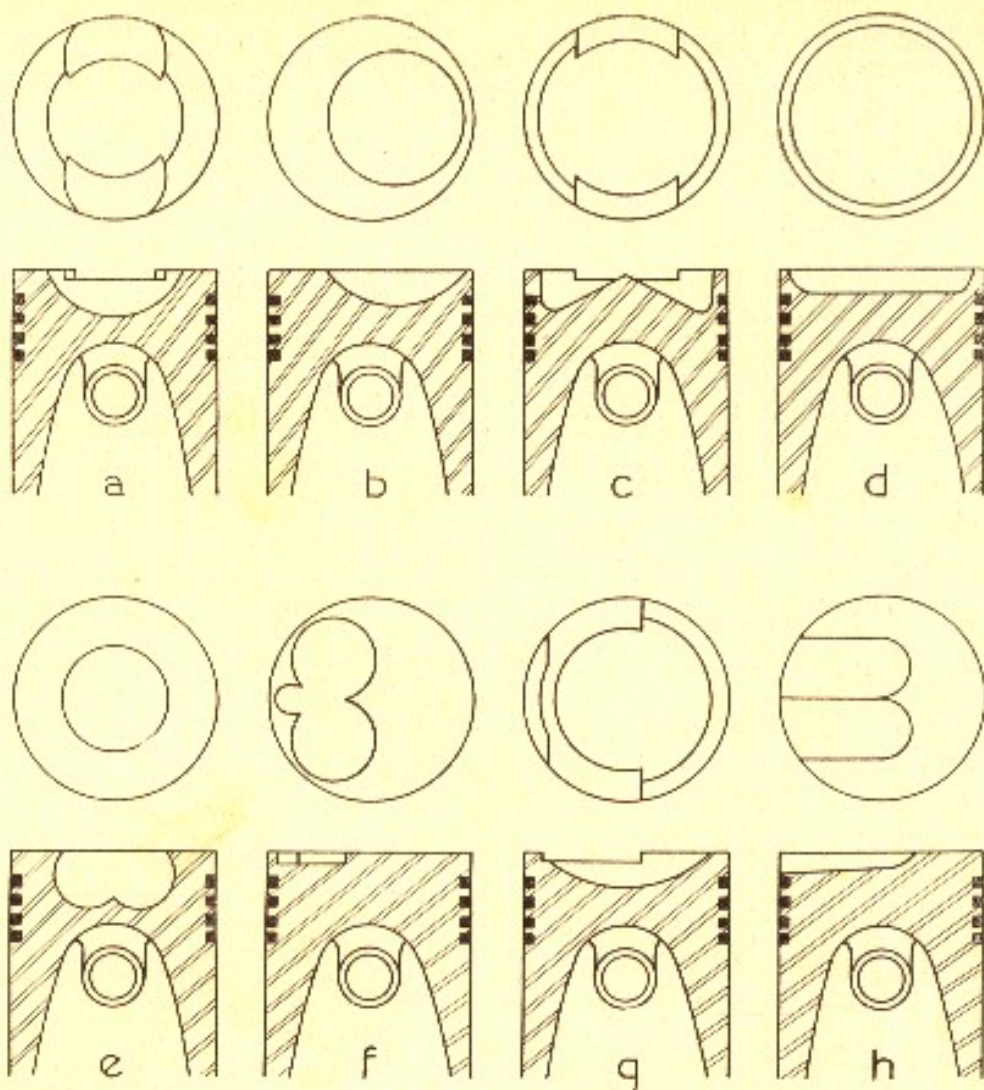


FIG. 16. — DIFFÉRENTS TYPES DE PISTONS

- a) Piston à chambre concave (moteurs à injection directe Gardco, Bernard, Latif).
- b) Piston à chambre déportée (moteur à précombustion Caterpillar).
- c) Piston à couronne circulaire (moteur à injection directe, Renault).
- d) Piston à chambre plate, pour injecteur horizontal (Hesselmann, Beaudouin, etc...).
- e) Piston à chambre de turbomoteur (Saurat, Rocket-Schneider).
- f) Piston Fiat, injecteur oblique.
- g) Piston à chambre tentaculaire (Mercedes et Unic, moteurs à précombustion).
- h) Piston Willème, moteur à précombustion.

On remarquera que très souvent, le piston comporte des fraisages pour le logement des soupapes, qui dépassent le plan de joint de la culasse dont le piston est très peu éloigné ou PMH.

un volume donné. Ceci s'explique :

Avec une cylindrée unitaire de 1 litre par exemple, et un rapport volumétrique de 16:1, le volume de la chambre est de 1.000/16, soit 66,66 cmc, ce qui correspond à une sphère de 2,3 cm de rayon, qui serait constituée par deux demi-sphères placées l'une dans le piston, l'autre dans la culasse. Or il est impossible de disposer dans la paroi de la demi-sphère supérieure les soupapes et l'injecteur; même avec un sans soupape cette forme ne serait pas possible, car il faudrait que l'alésage du cylindre soit au maximum de 60 mm pour bénéficier des avantages du rapport surface-volume de la sphère.

Un tel alésage exigerait pour la cylindrée d'un litre, une course de 350 mm, soit près de 6 fois l'alésage. Or pratiquement la course ne dépasse jamais 2 fois l'alésage, pour de multiples raisons : vitesse linéaire du piston (maximum 13 m/sec), forces d'inertie augmentant avec la longueur de la bielle et des bras de manivelle, et enfin pour des raisons de place, car un tel moteur aurait une hauteur démesurée. On se contente donc, comme nous l'avons vu, de donner à la chambre des moteurs à injection directe, soit la forme d'une hémisphère, plus ou moins fortement aplatie du reste, soit une forme tentaculaire. La chambre aplatie permet en outre d'augmenter le nom-

bre de jets, ce qui assure une meilleure saturation de l'air et une combustion plus complète.

La tête du piston constituant la paroi inférieure de la chambre de combustion, nous présentons en une planche (fig. 16) un certain nombre de types qui permettraient de se rendre compte de la grande variété de formes employées. On remarquera entre autre, que bien souvent, notamment pour les moteurs à injection directe, des fraisages sont prévus pour la descente des soupapes, car le piston approche de très près le plan de joint de la culasse et si la soupape d'admission, si la soupape d'échappement, ne sont fermées, quand le piston est au point mort haut.

ÉTUDE SUCCINCTE DES DIFFÉRENTS MOTEURS EN SERVICE

MOTEURS FRANÇAIS

BERLIET

CETTE maison s'est intéressée dès le début au diesel routier. Les premiers moteurs qu'elle construisit, et dont beaucoup sont encore en service, furent du type à chambre de réserve d'air, système Acro. Ce dispositif fut conçu par l'Allemand Franz Lang, qui céda ses brevets à la société suisse de moteurs Acro laquelle passa par la suite sous le contrôle de la maison Robert Bosch, à Stuttgart, d'où l'appellation « Bosch-Acro » pour désigner ce type de chambre utilisé par de nombreux constructeurs français et étrangers. La chambre « Bosch-Acro » fut réalisée sous deux formes :

L'une se caractérise par une cavité hémisphérique dans le piston, obturée par une plaquette en acier avec un orifice de communication au centre. L'injecteur, placé obliquement, débite contre cette plaquette en forme de cuvette et dont les dimensions sont telles que la majeure partie de l'air se trouve à l'intérieur du piston. Quand celui-ci commence à descendre, l'air s'écoule de la chambre dans le cylindre, donc en direction contraire du combustible et ces courants contraires provoquent un brassage intime du combustible et du comburant.

L'autre système prévoit la chambre dans la culasse, mais déportée latéralement par rapport à l'axe du cylindre, et communiquant avec ce dernier par un venturi dans l'axe duquel est placé l'injecteur. Au droit du venturi une petite cavité est ménagée dans le piston.

Dans les deux dispositifs, on a recours à une résistance ou bougie

de chauffage pour la mise en route.

Depuis 1936, les moteurs Berliet ont une chambre de pré-combustion licence Ricardo, dont il existe également plusieurs formes que nous allons examiner :

Comète MK 1

La chambre sphérique communique avec le cylindre par un conduit tangentiel donnant à l'air une vive turbulence pendant la compression. L'injecteur est placé radialement, donc perpendiculaire au courant d'air.

Comète MK 2

Elle diffère de la précédente par la disposition de l'injecteur selon une corde, de sorte que le combustible est injecté dans le sens du mouvement de l'air.

Comète MK 3

Même disposition que la précédente, mais le volume de la chambre est moindre et ne représente qu'environ la moitié de l'espace mort, l'autre moitié étant constituée par une cavité dans le piston. Cette solution permet des vitesses de rotation plus élevées et une diminution sensible de la consommation. La cavité dans le piston est formée par deux creux circulaires, disposés de part et d'autre d'une partie moins profonde, au droit du canal de communication.

Chambre Whirlpool

La chambre a la forme d'une sphère aplatie, avec injecteur horizontal : elle communique avec le

cylindre par deux conduits : un vertical et un oblique.

✱

La construction Berliet comprend actuellement les types suivants :

— quatre-cylindres 110×150, cylindrée 5700 cmc, rapport volumétrique 17, puissance maximum 65 ch à 1800 t/m.

— quatre-cylindres 120×160, cylindrée 7200 cmc, rapport volumétrique 16,5, puissance maximum 85 ch à 1650 t/m.

— six-cylindres 120×160, cylindrée 10,8 L, même rapport, puissance maximum 125 ch à 1550 t/m.

— cinq-cylindres 120×140, cylindrée 7900 cmc, puissance 110 ch à 2000 t/m. L'ordre d'allumage de ce moteur est 1-3-5-4-2.

✱

Au point de vue structure générale des moteurs Berliet, notons les caractéristiques ci-après :

Bloc séparé, avec chemises amovibles noyées, carter monobloc, en fonte, fortement nervuré, carter d'huile en tôle, vilebrequin avec palier à chaque cylindre, équilibré par contrepoids; coussinets bronze au plomb, pistons en alliage léger, culasse monobloc pour le quatre-cylindres 110×150, et en blocs de deux ou trois suivant type, pour les autres; deux soupapes par cylindres; système de graissage avec régulateur de température d'huile.

Pour la mise en route par temps très froid, il est prévu un dispositif spécial de chauffage d'air constitué par une résistance électrique logée dans le manchon raccordant le filtre à air à la pipe d'admission. En outre, une pompe pouvant être actionnée de l'intérieur de la cabine permet d'envoyer dans les cylindres

une petite quantité d'un mélange d'huile et de gasoil qui a pour but d'assurer à la fois une meilleure étanchéité de la segmentation et une augmentation passagère du taux de compression.

L'arbre à cames est entraîné par engrenage direct, tandis que l'entraînement de la pompe d'injection se fait par chaîne, dont la tension peut être réglée de l'extérieur à l'aide d'une tige commandant un excentrique.

La pression d'injection est de 100 kg.

BERNARD

LES moteurs Bernard sont à injection directe. Cette firme construit principalement un six-cylindres de 108×152 mm, soit 8350 cmc, développant 105 ch à 1700 t/m. L'injecteur du type Gardner est placé verticalement dans l'axe du cylindre. La chambre de combustion est constituée par une cavité hémisphérique dans le piston.

Le bloc-cylindres et le carter constituent des éléments séparés; les culasses sont réunies par groupes de trois. Les chemises sont amovibles.

Ce moteur comporte un dispositif de mise en route à la manivelle, à froid, constitué comme suit :

Un arbre monté dans la culasse, du côté des tringles de culbuteurs, et qu'on fait tourner à l'aide d'un secteur denté, provoque un glissement axial des culbuteurs d'admission de telle sorte que les soupapes d'admission ouvrent légèrement; le moteur est ainsi décomprimé et on peut le tourner à la volée. Dès qu'on a atteint une vitesse de rotation suffisante, on tourne le secteur pour que les soupapes puissent à nouveau fermer. L'inertie est suffisante pour permettre de « passer les compressions » et le moteur démarre.

Il y a une commande pour chaque groupe de culasses, de sorte qu'on rétablit d'abord la compression sur un groupe de cylindres. Aussitôt que ceux-ci allument, on met les deux secteurs en position de marche et le moteur tourne normalement.

CITROEN

LES diesel Citroën sont des moteurs à chambre de précombustion licence Ricardo, dont nous avons exposé les particularités plus haut. Nous n'y reviendrons donc pas. Avant la guerre, la maison fabriquait un quatre et un six-cylindres, tous deux de 94×110 mm. Elle avait réalisé en outre un moteur léger pour petites utilitaires et qui équipait également des taxis. Ce moteur tournait à la vitesse de 3500 t/m, régime vertigineux à l'époque, du moins pour un diesel.

C'était un moteur de 75 mm d'alésage et 100 mm de course, soit 1766 cmc qui développait 40 ch à 3500 t/m, avec rapport volumétrique de 20 et une pression d'injection de 100 kg.

Depuis la guerre, la société ne construit que le six-cylindres 94×110 mm, soit 1580 cmc, qui donne 76 ch à 2400 t/m. Le rapport volumétrique est de 16,3 et la pression d'injection de 100 kg. Cylindres et carter forment un bloc venu de fonderie. Les cylindres sont chemisés. Le vilebrequin comporte sept paliers; il est pourvu d'un amortisseur de vibration monté à l'avant. Les pistons sont en alliage léger, à tête plate.

La distribution se fait par engrenages à taille oblique.

Pour la mise en route, l'air est réchauffé à l'aide de résistances électriques.

DELAHAYE

AVANT la guerre, cette marque équipait certains de ses poids lourds avec moteur type Gardner (voir plus haut Bernard). Les types actuels sont des moteurs à chambre de réserve d'air dite « cellule d'énergie », licence Buda. Cette chambre est dérivée du système Lanova créé par Franz Lang, inventeur du dispositif Acro. La chambre Lanova, montée entre autres par Henschel en Allemagne, est placée horizontalement, à l'opposé de l'injecteur et se caractérise par plusieurs étranglements formant venturi. Au début de l'injection, c'est-à-dire à un moment où le piston refoule encore de l'air dans la chambre, cet air entraîne une petite quantité de combustible qui va s'enflammer dans la chambre, provoquant dans celle-ci une forte élévation de température et de pression. Sous l'effet de celle-ci l'air chaud reflue vers le cylindre, rencontrant ainsi la majeure partie de la charge qui est alors enflammée.

A l'origine la chambre Lanova comportait un dispositif permettant de varier son volume et de modifier ainsi le rapport volumétrique pour obtenir un départ plus facile. Cette solution dispensait de l'emploi de bougies de chauffage. Lang céda une licence à la société américaine des moteurs Buda qui apporta différentes modifications et développa ainsi la chambre dite « cellule d'énergie » qui caractérise les moteurs construits actuellement par Delahaye, Panhard et Somua. Avec ce dispositif les pointes de pression sont absorbées par les parois de la chambre et l'on évite ainsi les chocs sur l'équipage mobile, ce qui la fait appeler également « chambre de combustion à pression amortie ».

On remarquera, en comparant les

figures, que sa forme intérieure ne diffère pas sensiblement de la forme Lanova d'origine. Toutefois le volume n'est plus variable.

Elle est montée en Amérique non seulement par Buda, mais également, sous licence, par différentes firmes telles que Continental dont nous parlerons plus loin.

▲

Le moteur Delahaye est un quatre cylindres de 110×150 mm, soit 5700 cmc. Carter et cylindres d'un seul bloc avec chemises sèches; vilebrequin à cinq paliers et contrepoids. Les coussinets sont du type à coquilles minces, qui est utilisé également pour les bielles. Le moteur comporte un radiateur d'huile.

La chambre, en raison de sa forme particulière, est orientée à l'aide d'un ergot. La puissance du moteur est de 80 ch à 2000 t/m. Rapport volumétrique 15.

LATIL

CES moteurs, construits en quatre et six-cylindres, de 108×152 mm sont du type Gardner, comme les Bernard, et présentent des caractéristiques analogues.

PANHARD

C'EST un quatre-cylindres 110×150 mm avec chambre Lanova, comme le Delahaye. Avant la guerre Panhard construisait des sans-soupapes à injection directe.

RENAULT

LA firme de Billancourt construit des diesels routiers depuis plus de 25 ans. Ce sont, à part quelques modèles, des moteurs à injection directe, avec injecteur placé dans l'axe du cylindre, entre les soupapes. Le piston comporte un évidement circulaire ayant la forme d'une gorge très aplatie et dont la pente correspond à l'angle de dispersion du jet. Les bords empêchent les gouttelettes de venir en contact avec la paroi du cylindre, moins chaude que le piston. Les principaux types actuels sont :

— un quatre-cylindres de 125×170 mm, soit 8315 cmc, rapport volumétrique 15,6 et qui développe 85 ch à 1600 t/m. Ce moteur équipe les cars 35 places et les camions 5 t. Le groupe est venu de fonderie avec le carter, les chemises sont du type noyé

— un six-cylindres 105×120 mm (6230 cmc) horizontal, qui équipe le nouveau car 50 places et développe 100 ch à 2500 t/m.

Le moteur à chambre de précombustion, construit avant la guerre, était un quatre-cylindres de 100 mm d'alésage et 150 mm de

course, soit 4700 cmc. Puissance 65 ch à 2200 t/m. Le vilebrequin, avec contrepoids rapportés, reposait sur trois paliers. La consommation à plein régime était de 218 grammes au cheval-heure, alors que le type à injection directe consomme 195 gr.

ROCHET-SCHNEIDER

CETTE maison construisait longtemps des moteurs à chambre de précombustion, licence Oberhanli. Ce type de chambre se caractérise par une coquille en acier spécial comportant une partie calorifugée contre laquelle est projeté le combustible. La communication avec le cylindre est assurée par une ouverture en forme de T, disposée de manière à assurer la turbulence de l'air.

Les types actuels sont à injection directe (brevet Rochet-Schneider). L'injecteur est placé dans l'axe du cylindre, au centre des trois soupapes (deux pour l'admission, une pour l'échappement). Les soupapes d'admission de chaque cylindre sont placées sur une corde transversale, de sorte que le moteur comporte de chaque côté une pipe d'admission. L'injecteur débite dans une cavité à turbulence ménagée dans le piston.

Cylindres et carter forment des éléments séparés. Les types actuels ont une pompe à huile double : haute pression pour la ligne d'arbre, basse pression pour la distribution. La culasse du quatre-cylindres est du type monobloc; pour le six-cylindres, on emploie deux blocs de trois culasses. Les deux types ont 115 mm d'alésage et 150 mm de course, ce qui donne 6230 cmc pour le quatre-cylindres et 9350 cmc pour le six-cylindres. La puissance, à 2000 t/m, est de 85 et 125 ch. Rapport volumétrique 16,5; pression d'injection 175 kg.

SAURER

LES premiers diesel de cette marque étaient à chambre de réserve d'air Acro, montée dans la culasse (voir plus haut). Ce type fut remplacé par des moteurs à injection directe avec injecteur vertical dans l'axe du cylindre, et chambre torique dans le fond de piston.

Parmi les différents types de la marque, signalons :

a) le six-cylindres 110×140 mm, 8 litres de cylindrée, 95 ch à 1800 t/m, chemises noyées, vilebrequin à sept paliers sur coussinets garnis d'antifriktion;

b) le six-cylindres 120×170 (11,5 litres) qui donne 125 ch à 1600 t/m et dont le vilebrequin tourne sur roulements à rouleaux.

Les soupapes, au nombre de quatre par cylindre, sont commandées

par un seul arbre à cames; une soupape est actionnée directement par le culbuteur, l'autre est commandée par l'intermédiaire d'un levier abaissée par le même culbuteur.

SOMUA

JUSQU'AU lendemain de la libération, les moteurs de cette maison étaient construits sous licence Hesselmann. La caractéristique essentielle de ce type de moteur réside dans le fait qu'il fonctionne avec un rapport volumétrique très faible : 6,3, qui n'est évidemment pas suffisant pour porter l'air à la température d'inflammation du gasoil. Aussi l'allumage est-il assuré par étincelle commandée, comme dans un moteur à essence. Un déflecteur sur la soupape d'admission donne à l'air un mouvement tourbillonnaire pour activer la combustion. Dans ce moteur, les charges sur l'équipage mobile et les pressions de pointes sont moins élevées que dans le diesel proprement dit, ce qui permet de réaliser, avec les mêmes pièces essentielles : carter, groupe, vilebrequin, bielles, distribution, soit un moteur à essence, soit un moteur à gasoil. Aussi les deux types Somua, l'un de quatre-cylindres 118×150, l'autre de 100×150 en six-cylindres, avaient-ils de nombreuses pièces communes avec les types à essence correspondants.

Actuellement la maison construit un six-cylindres à chambre de réserve d'air Buda-Lanova. Les caractéristiques sont les suivantes :

Alésage 110 mm, course 150 mm, cylindrée 8,6 litres, rapport volumétrique 15,5, pression d'injection 145 kg. Puissance 130 ch à 2000 t/m.

UNIC

DE nombreux véhicules de cette firme sont équipés avec le moteur à chambre de précombustion licence Mercedes, dont nous parlerons en détail un peu plus loin. Les types actuels comportent une chambre brevet Unic qui peut être considérée également comme chambre de précombustion et qui est constituée par une capacité cylindrique ménagée dans la culasse, sous la soupape d'échappement, donc déportée sensiblement par rapport à l'axe du cylindre.

Cette chambre, non refroidie, comporte en bas une bague au contact de laquelle l'air chassé par le piston se réchauffe lors de son transvasement dans la chambre. En outre, le déport de la chambre a pour effet de réduire le passage de communication avec le cylindre au moment où le piston approche du point mort haut. Il en résulte un laminage de l'air d'où augmentation de sa vitesse et tourbillonnement violent dans la chambre. La

soupape d'admission ouvre directement dans le cylindre.

L'injecteur est placé presque horizontalement tel projeté le combustible par trois trous de telle sorte que les jets se trouvent dans un même plan horizontal.

Deux types sont actuellement construits :

Un quatre-cylindres de 118×150 mm, 6560 cmc, 80 ch à 1900 t/m, et un six-cylindres de mêmes dimensions, 9840 cmc, 110 ch à 1750 t/m. Rapport volumétrique 15,3, pression d'injection 150 kg.

Le groupe est en fonte et comporte des chemises noyées. Les carters sont en alliage léger, ainsi que les pistons. L'arbre à cames est entraîné par chaîne et commande à son tour la pompe d'injection par un pignon engrénant directement avec le pignon de distribution.

Les injecteurs sont orientés sur les porte-injecteurs et ceux-ci sont placés de manière que le raccord d'arrivée soit orienté vers l'arrière du moteur pour les cylindres impairs et vers l'avant du moteur pour les cylindres pairs, ceci à cause du fait que les jets ne sont pas dirigés symétriquement par rapport à l'axe de l'injecteur.

WILLEME

CETTE firme, spécialisée dans les gros porteurs, utilise également la chambre de précombustion. Celle-ci est du type Deutz et placée dans la culasse, vers la périphérie du cylindre, avec lequel elle communique par orifice oblique. Trois types sont construits, avec 130 mm d'alésage et 170 mm de course. Le rapport volumétrique est 18 et la pression d'injection de 130 kg. Les autres caractéristiques sont les suivantes :

Nbre de cylindres 4 6 8

Cylindrée 9025 13.540 18.050

Puissance

à 1600 t/m 100 150 200 ch

Ce sont des moteurs à chemises noyées, certains avec groupe en alliage léger venu de fonderie avec le carter supérieur. Les portées de vilebrequin sont revêtues d'une pellicule de chrome dur.

DOG

CE moteur, fabriqué par G. Irat et Cie, est à injection directe avec cavité torique dans le piston. Il est construit en plusieurs types, tous de même alésage et course. Rapport volumétrique 17, pression d'injection 150 kg. Chemises noyées. Une des particularités de ces moteurs est le large emploi d'alliages légers (notamment pour le groupe formant bloc avec le carter) et la coupe oblique des bielles, ce qui permet de les sortir par le haut. L'alésage est de 100 mm et la course 125 mm.

MOTEURS ÉTRANGERS

MERCÉDÈS

LA société Daimler-Benz fut parmi les toutes premières à fournir des diesels routiers. Le premier moteur de ce type, lancé commercialement, a été le MWM (Motoren-Werke-Mannheim) de la société Benz qui fusionna par la suite avec les usines Daimler (Mercedes). Ce moteur, mis sur le marché en 1923, se caractérisait par une chambre d'allumage due à l'ingénieur Prosper L'Orange, que l'on peut considérer comme le créateur de la chambre de précombustion. Cette chambre, placée à l'origine dans l'axe du cylindre (disposition que l'on trouve également sur les anciens Unic) communiquait avec le cylindre par un passage étranglé dans lequel est placé un brûleur muni de plusieurs orifices à son extrémité inférieure. Ce brûleur, isolé thermiquement, constituait, d'après l'inventeur, un prolongement de l'injecteur.

Pour la mise en route, l'air est réchauffé à l'aide d'une résistance électrique.

Par la suite, la chambre fut déplacée latéralement, de façon à pouvoir conserver aux soupapes un assez grand diamètre, et faciliter également le montage des bougies de réchauffage. Elle est constituée en trois parties : la chambre proprement dite, insérée dans la culasse ; le brûleur vissé dans l'extrémité inférieure de la chambre, et le diffuseur vissé sur le brûleur. Un écrou de blocage fixe la chambre dans son logement ; dans cet écrou est vissé le porte-injecteur.

Parmi les nombreux modèles que la firme a construits, citons le quatre-cylindres 105x140 mm, cylindrée 4860, et qui donne 70 ch à 2000 t/m. Le six-cylindres de même course et alésage développe 112 ch à 2250 t/m, soit 15,4 ch au litre.

Mercedes fut parmi les premiers à utiliser le diesel pour les voitures. Son type actuel 170 peut être livré soit avec moteur à essence, soit avec diesel. Ce dernier est un quatre-cylindres de 73x100 mm (1660 cmc), donnant une puissance de 38 ch à 3200 t/m, soit 24 ch au litre, chiffre qui n'est pas très éloigné de la puissance spécifique moyenne des moteurs à essence américains, laquelle est de l'ordre de 27 ch. Sur autoroute, cette voiture tient une vitesse de 100 km/h avec une consommation de 6,5 litres de gasoil,

contre 10 litres d'essence pour le modèle correspondant équipé avec moteur à explosion. Il n'est pas sans intérêt, en passant, de rapprocher les caractéristiques de ce moteur de celles que nous avons indiquées plus haut pour le Citroën 1700 cmc : course, alésage, cylindrée, régime et puissance étaient du même ordre de grandeur.

MAN

LE nom de cette firme est étroitement lié au développement du diesel, puisque c'est elle qui construisit le premier moteur conçu par l'inventeur et que depuis elle n'a cessé d'en fabriquer pour les applications les plus diverses, non sans avoir changé à plusieurs reprises le dessin de la chambre de combustion.

Les premiers types étaient à injection directe et les types routiers créés en 1923, dérivés des moteurs fixes, se caractérisaient par deux injecteurs diamétralement opposés. A cette disposition succéda en 1927 le type à injecteur unique dans l'axe du cylindre, avec chambre lenticulaire dans le piston. Ces moteurs avaient deux soupapes d'admission et deux soupapes d'échappement.

En 1932 on adopta le type à chambre de réserve d'air, celle-ci, horizontale, se trouvant sous la chambre principale, de forme tronconique et disposée dans la culasse avec une certaine inclinaison (40° par rapport à l'horizontale). La consommation était un peu plus élevée qu'avec l'injection directe, mais le départ était plus facile et la vitesse de rotation put être portée à 2400 t/m. C'est ce type qui fut adopté comme moteur standard par l'armée allemande et qui équipait les camions militaires. On le trouve sur un certain nombre de véhicules en service en France.

Depuis, la pénurie de combustible a incité la firme à revenir à l'injection directe, mais avec une chambre de forme sphérique entièrement ménagée dans le piston, et légèrement excentrée par rapport à celui-ci de façon à permettre le montage latéral et incliné de l'injecteur. Cette nouvelle disposition permet de ramener la consommation à 156-172 gr au cheval-heure, suivant charge et régime. Ce sont là évidemment des chiffres extrêmement réduits.

HERCULES

CE moteur, de construction américaine, et pour la fabrication duquel, en France, une licence a été acquise par Hispano-Suiza, comporte une chambre de précombustion accolée latéralement au cylindre, avec lequel elle communique par un étroit passage horizontal dont la section se trouve encore réduite par le piston approchant du point mort haut. Ceci détermine une vive turbulence de l'air. L'injecteur, placé sur une rayon, à l'opposé de la communication avec le cylindre, se trouve ainsi perpendiculaire au sens de l'air.

Le carter et le cylindre forment des éléments séparés, sauf pour les petites cylindrées où ils sont en un bloc venu de fonderie. Le plan de joint du carter avec le cylindre se trouve sensiblement au-dessus du point mort bas du piston et les chemises, noyées, plongent d'environ d'un tiers de leur longueur dans le carter. De même le plan inférieur se trouve à environ 10 cm au-dessous de la ligne d'arbre. Une même série de tirants réunit culasse, cylindre, carter et chapeaux de paliers. Le six-cylindres de 127x152 mm, soit 11,6 litres de cylindrée, développe une puissance de 175 ch à 1800 t/m, ce qui représente 15 ch au litre. Le rapport volumétrique est de 14,5.

Notons également le six-cylindres 120x140 mm, soit 7 litres de cylindrée, livré en vertical et en horizontal, et qui développe 140 ch à 2600 t/m, soit 20 ch au litre. A cela il convient d'ajouter le poids très réduit de ce moteur qui ne pèse, nu, que 600 kg, ce qui représente moins de 5 kg par cheval.

CONTINENTAL

CETTE firme américaine utilise la chambre de réserve d'air Buda-Lanova. En plus des moteurs automobile qui sont construits en trois types six-cylindres, de 5400, 7000 et 9375 cmc, avec des puissances respectives de 80, 103 et 138 ch, signalons le dernier venu qui est un flat-twin à refroidissement par air, dont voici les caractéristiques :

Alésage 82,6 mm, course 95,2 mm, cylindrée 900 cmc, rapport volumétrique 17, puissance 10 ch à 1800 t/m. C'est un moteur prévu essentiellement comme petit moteur fixe ou comme moteur d'embarcation. Il est également livrable en quatre-cylindres.

FIAT

LE type 680 N de cette firme est un six-cylindres de 122x145 mm, soit 10,160 litres de cylindrée et développant 123 ch à 1800 t/m. Une chambre hémisphérique est prévue dans le piston, l'injecteur se trouvant dans l'axe du cylindre. Les soupapes sont au nombre de quatre par cylindre, une des deux « admission » est pourvu d'un déflecteur. Cylindres et carter sont d'un bloc. Les chemises rapportées sont du type sec. Bielles à coupe oblique. Pistons à jupe évidée, avec 6 segments dont deux râcleurs. La pompe de graissage est placée tout à fait à l'avant et les pignons tournent dans un plan vertical, contrairement à la disposition courante. L'entraînement se fait directement par un petit pignon en bout du vilebrequin.

LEYLAND

CE moteur anglais est remarquable à plusieurs points de vue. D'abord par son poids qui n'est que de 7 kg par cheval, grâce à une très large utilisation d'alliages légers. L'arbre à cames est placé en tête, disposition rare dans un diesel, et attaque les soupapes par renvois de

sonnette. Une capacité de forme tronconique, ménagée dans le piston, forme chambre de compression.

Elle est légèrement déportée d'un côté, en raison du montage latéral de l'injecteur qui est incliné de quelques degrés. Les manetons sont entièrement percés et ces chambrages sont obturés par pastilles coniques assemblées par boulon. Des tirants traversant absorbent la pression des gaz. Pour la mise en route un dispositif de décompression semblable à celui des moteurs Gardner est employé. Un arbre décompresseur muni de cames est placé au-dessus du bras horizontal des culbuteurs et sa rotation fait ouvrir les soupapes d'échappement, ce qui permet de faire tourner le vilebrequin plus vite et de lui donner une certaine inertie pour le départ.

ROVER

CETTE firme a réalisé un moteur très intéressant à plusieurs points de vue. C'est un huit-cylindres en V à 60°, de 137 mm d'alésage et 152 mm de course, ce qui représente une cylindrée de 17,9 l. Le rapport volumétrique est de 16,5. A 2400 t/m il développe en marche continue une puissance de 320 ch. Le poids du moteur complet, à vi-

de, est de 675 kg, soit 2 kg environ au cheval. C'est le rapport poids-puissance le plus favorable réalisé jusqu'ici en diesel. La puissance spécifique est également sensiblement au-dessus de la moyenne, puisqu'elle atteint 18 ch au litre.

Les chemises, noyées, sont en acier au chrome-manganèse et chromées dans la partie supérieure, où se déplacent les segments. Les culasses de chaque groupe sont réunies en un bloc pour les quatre cylindres du groupe. Comme le carter et les groupes, elles sont en alliage léger, ce qui est également une innovation. C'est du reste l'emploi très poussé de l'alliage léger qui a permis d'obtenir un poids aussi réduit. Pour éviter tout effort de traction sur les groupes cylindres, les culasses sont tenues par des tirants vissés dans le carter de vilebrequin, lui-même fortement nervuré. Chaque cylindre comporte deux soupapes d'admission et une échappement. Les soupapes sont commandées par arbre à cames en tête, un par groupe et entraînent par pignons d'angle. Encore une disposition peu répandue dans le diesel routier.

Le moteur est à chambre de pré-combustion type Ricardo et alimenté par une pompe CAV (Bosch), avec régulateur pneumatique.

MOTEURS SPÉCIAUX

HESSLMANN

IL existe des moteurs qui tout en fonctionnant par injection de gasoil, ne sont cependant pas des diesel tels qu'on conçoit ce type aujourd'hui. Un des plus connus est le Hesselmann suédois, qui fut monté en France, sous licence, par Somua. Ce moteur fonctionne avec un rapport volumétrique de 6,5 environ, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que le rapport des moteurs à essence. La compression relativement faible n'est pas suffisante pour provoquer l'inflammation spontanée du combustible et l'allumage est assuré par des bougies semblables à celles du moteur à essence, c'est-à-dire du type à électrode et étincelle, ce qui nécessite un allumeur. Le Hesselmann est en somme un intermédiaire entre le moteur à essence et le diesel. Du premier il conserve le rapport volumétrique et l'allumage commandé, au second il emprunte l'introduction séparée de l'air et du combustible. Les pressions et par conséquent aussi les charges sur les paliers étant moindres que dans le diesel, ce moteur peut être réalisé

avec les mêmes caractéristiques de construction que le moteur à essence ordinaire. Ceci permettait d'en faire en quelque sorte un moteur polycarburant, sans avoir même à changer de culasse. Seuls les pistons, soupapes et pipes d'admission sont à remplacer quand on veut passer d'un combustible à l'autre.

★

Le moteur construit par Somua et dont un certain nombre sont encore en service sur des véhicules de cette marque, est un quatre cylindres de 118 mm d'alésage et 150 mm de course, soit 6560 cmc. Rapport volumétrique 6,3. Pression d'injection 50 kg. Pression d'explosion 34-35 kg. Puissance 85 ch à 2.000 t/m. La consommation, avec 230 gr/ch.h. de gasoil, est supérieure à celle d'un diesel, mais sensiblement inférieure à celle d'un moteur à essence.

Au point de vue construction, il présente deux particularités : le déflecteur sur la soupape d'admission et la cavité profonde, mais de forme géométriquement régulière, dans le piston. Cette disposition répond à un double but :

a) donner à l'air un mouvement de turbulence giratoire (nous avons vu que la soupape à déflecteur est également employée sur d'autres moteurs tels que Saurer p. ex.).

b) éviter les projections de combustible contre la paroi du cylindre refroidie par la circulation d'eau.

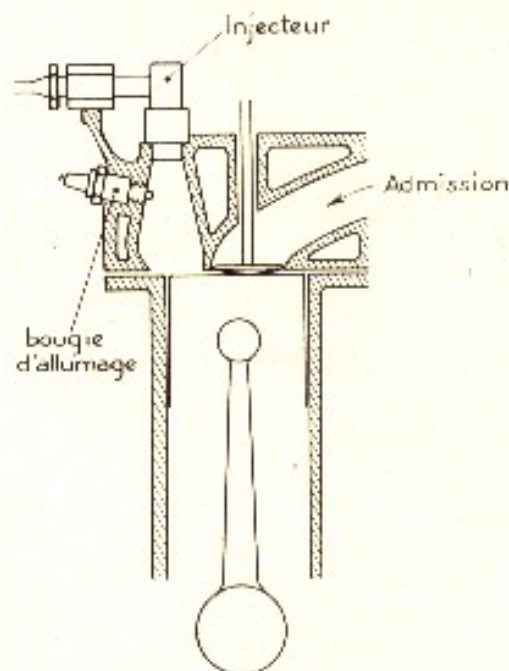
Injecteur et bougie sont montés obliquement à la base de la culasse, de façon à déboucher chacun à des points diamétralement opposés. Toutes les autres caractéristiques sont celles d'un moteur classique : soupapes en tête commandées par tringles et culbuteurs, vilebrequin à trois paliers, pistons en alliage léger, etc...

Ajoutons qu'un petit injecteur commandé à la main permet d'envoyer pour le départ un mélange d'air et d'essence dans la pipe d'admission.

Les usines Waukesha, en Amérique, ont également construit, sous licence, un certain nombre de moteurs Hesselmann, avec pompe d'injection Bosch, alors que beaucoup de moteurs européens furent équipés avec une pompe Hesselmann spéciale dont nous dirons quelques mots plus loin. Les injecteurs, du

STARR

CE moteur est également, comme le Hesselmann, un moteur à faible rapport volumétrique, ce dernier se tenant entre 7,5 et 10. Il comporte une antichambre dans laquelle débouche un injecteur et une bougie d'allumage, le tout disposé de telle sorte que pendant la compression le combustible introduit



Principe de fonctionnement du moteur STARR

par l'injecteur reste au fond de l'antichambre, au voisinage de la bougie.

Dans ce moteur on ne recherche pas un brassage intime du combustible et de l'air, mais au contraire une certaine stratification, c'est-à-dire superposition de couches de mélange de moins en moins riches, à partir de la bougie. Le moteur fonctionne indifféremment avec de l'essence et du fuel-oil.

OERLIKON-VILLINGER

CE moteur n'est pas à proprement parler un type spécial, puisqu'il est alimenté et fonctionne de manière classique ; mais il présente au point de vue réalisation certaines particularités qui permettent de le considérer à part.

La chambre de combustion est constituée en majeure partie par une cavité de forme aplatie ménagée dans le piston et obturée par une plaque d'acier vissée et comportant un orifice de communication avec le cylindre. L'injecteur est placé horizontalement et débite à

Coupe du moteur SOMUA-HELSELMAN type M.F.H.

type ouvert, sont d'une conception spéciale.

Une particularité sur laquelle nous tenons à attirer l'attention, est la suivante :

L'injection et la turbulence sont déterminées de telle sorte qu'à pleine charge le combustible se trouve uniformément réparti dans toute la

chambre. A vide, au contraire, une partie seulement du tourbillon d'air vient se mélanger au combustible et la masse de brouillard ainsi formée passe devant la bougie au moment où jaillit l'étincelle. Il faut donc que l'allumage soit correctement réglé pour que cette concordance soit obtenue.

LES COMBUSTIBLES POUR DIESEL

ON entend dire quelquefois que le diesel peut s'accommoder de n'importe quel combustible dérivé du pétrole, voire même de pétrole brut. C'est vrai dans une certaine mesure pour les gros moteurs lents à condition que le pétrole employé ait été soigneusement filtré et qu'il ne laisse pas de résidus asphaltiques.

Mais le diesel rapide demande des combustibles dont les caractéristiques ne peuvent varier que dans des limites très étroites. Pour le moteur d'automobile en particulier, il faut tenir compte des conditions d'utilisation : facilité de mise en route, douceur et souplesse de marche, etc... Dans ces moteurs, le régime dépasse aujourd'hui couramment 2.000 t/m. Injection et combustion se produisent dans des temps très courts. Ceci exige une pulvérisation extrêmement fine, à travers des orifices de très faible diamètre. D'où la nécessité de n'employer que des produits présentant des caractéristiques physiques et chimiques bien déterminées.

Les combustibles utilisés dans les diesel rapides sous le nom de gasoil ne sont pas toujours du gasoil pur tel qu'il est obtenu dans les raffineries par première distillation. C'est souvent un mélange de gasoil et de combustibles plus lourds provenant du traitement des résidus de première distillation.

Au cours de ces deux dernières décades, la consommation d'huiles combustibles a augmenté dans des proportions très considérables, non seulement pour l'alimentation de

moteurs de toute cylindrée — depuis le gros moteur marin ou de centrale jusqu'au petit moteur de 3 litres de cylindrée et parfois moins — mais aussi pour l'alimentation des foyers de chaudières.

La production de gasoil de première distillation n'était pas suffisante pour satisfaire les besoins croissants en carburants diesel. La diminution — relative — de la consommation de kérosène (pétrole lampant) a permis d'étendre la zone « gasoil » dans l'échelle des distillats vers le haut, c'est-à-dire les produits plus légers et le gasoil proprement dit contient aujourd'hui 50 % de produits distillant avant 250°C, au lieu de 30 % autrefois.

Ceci s'est traduit naturellement par une diminution correspondante de la densité qui est passée de 0,860 avant la guerre à environ 0,835 à l'heure actuelle. Le pouvoir calorifique par unité de volume s'est trouvé, de ce fait, légèrement diminué et il en résulte une faible augmentation de la consommation. (Nous parlons du gasoil pur). En pratique, par suite de l'incorporation d'éléments plus lourds (fuels) dans le carburant utilisé couramment, cette différence se trouve compen-

sée. La densité moyenne pratique se tient aux environs de 0,850. Dans les gros moteurs on emploie du fuel N° 1, produit visqueux de densité 0,9 qu'il faut réchauffer avant emploi. Il ne convient pas pour les diesels rapides. Selon le cas on peut utiliser dans ces derniers un mélange appelé fuel léger constitué par moitié de gasoil et de fuel N° 1.

Les caractéristiques du gasoil moteur sont fixées par un arrêté ministériel du 19 août 1949, notamment en ce qui concerne l'indice de cétane qui varie en sens inverse de l'indice d'octane. Quelques explications concernant ces indices nous semblent utiles. Les deux constituent en quelque sorte le critère du carburant au point de vue tendance, respectivement résistance à l'auto-allumage.

On sait que pour le moteur à essence on recherche des carburants présentant une grande résistance à la détonation, afin d'éviter l'allumage spontané et le cliquetis qui risquent de se produire dès que le taux de compression dépasse une certaine valeur. Cette résistance est chiffrée par l'indice d'octane que l'on détermine expérimentalement par des essais comparatifs portant

l'un sur le combustible même, l'autre sur un combustible de référence à caractéristiques connues. Ce dernier est constitué par un mélange convenablement dosé de deux hydrocarbures nettement définis :

a) l'heptane, de formule C_7H_{16} , qui détone très facilement ;

b) l'iso-octane, de formule C_8H_{18} , qui a au contraire des propriétés antidétonantes remarquables.

Suivant les proportions de mélange de ces deux hydrocarbures, le combustible obtenu est plus ou moins antidétonant et sa résistance à la détonation est définie par le pourcentage d'iso-octane contenu dans le mélange.

On peut ainsi établir, par variation des proportions, toute une gamme de mélanges correspondant aux différentes essences pratiquement utilisées dans les moteurs. Il suffit donc de voir comment se comporte une essence donnée dans un moteur d'essai et de chercher ensuite le mélange de référence qui se comporte de la même façon, au point de vue détonation s'entend. (L'indice d'octane est sans rapport avec le pouvoir calorifique d'un combustible). La teneur de ce mélange en iso-octane constitue l'indice d'octane de l'essence essayée. Donc, quand on dit que l'indice d'octane d'une essence est de 70, cela signifie qu'elle se comporte au point de vue allumage et combustion de la même manière qu'un mélange formé de 30 % d'heptane et de 70 % d'iso-octane pur.

Bien entendu, les essais sont effectués dans un moteur standard et selon une méthode standard. Le moteur est un monocylindre à chambre de compression réglable permettant de faire varier le taux de compression selon les besoins. Il est connu sous la désignation C.F.R. (Cooperative Fuel Research). L'apparition du cliquetis est indiquée par une « aiguille bondissante » (bouncing pin). C'est une tige mince pouvant se déplacer librement dans son support vissé dans la culasse et dont l'extrémité supérieure porte contre une palette, que la montée de la tige fait buter contre une autre palette, réglable. Les deux palettes sont munies de grains de contact. En bas, la tige appuie sur une membrane élastique maintenue dans le support.

Les contacts sont reliés à un circuit électrique avec oscillographe. La palette fixe est réglée de telle

sorte qu'en fonctionnement normal la montée de la tige soit insuffisante pour fermer les contacts. Mais en cas de pression d'explosion excessive, comme elle se produit par détonation, la tige monte plus haut, fait toucher les contacts et ferme le circuit.

Dans le diesel nous avons le phénomène inverse de la tendance à la détonation : c'est le délai d'allumage. Entre le moment où les premières molécules de gasoil pénètrent dans la chambre, et le moment où l'inflammation commence, il s'écoule un certain temps qu'on appelle « délai d'allumage » (fig. 1). Celui-ci dépend de plusieurs facteurs, entre autres de la température de l'air en fin de compression, et par conséquent du taux de compression réel, fonction lui-même de l'étanchéité du cylindre. Mais il dépend aussi, et c'est ce qui nous intéresse pour le moment, de la nature du combustible.

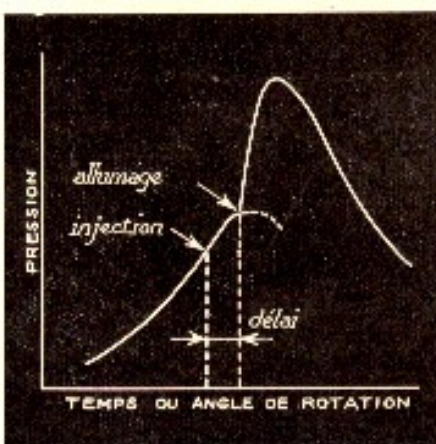


Figure 1.

Ce délai doit être aussi réduit que possible, faute de quoi une quantité considérable de combustible venant s'accumuler dans la chambre et la compression continuant à augmenter, tant que le piston n'est pas au PMI, il arrive un moment où toute la charge s'enflamme brusquement. Ceci provoque une montée en pression brutale qui se manifeste par le cognement marqué que font entendre certains diesel. Il saute aux yeux que ce cognement a une action néfaste sur les organes du moteur, sans parler de la baisse de rendement qu'il entraîne.

A l'encontre de ce que l'on fait pour l'essence, on a donc intérêt à utiliser, dans le diesel, un combustible aussi peu réfractaire que possible à l'inflammation. Le problème est d'autant plus difficile que l'ai-

lumage n'est pas commandé. Dans le premier cas il s'agit de faire brûler le carburant avec toute la souplesse et toute la progressivité voulues après avoir mis le feu à la charge par une étincelle électrique. Le moment de cette mise à feu peut être choisi à volonté (dans certaines limites bien entendu). Dans le second cas, et dans des conditions données, nous n'avons aucun moyen de provoquer l'inflammation qui peut se produire tôt, tard, ou ne pas se produire du tout.

L'idéal serait l'entrée en combustion dès l'arrivée des premières gouttelettes de carburant dans le cylindre, le débit de l'injecteur venant ensuite en quelque sorte entretenir le feu. On sait que la portion de combustible injectée après que l'allumage a eu lieu, brûle sensiblement à la vitesse à laquelle se produit l'injection, c'est-à-dire au fur et à mesure de l'arrivée de combustible frais.

L'aptitude d'un combustible diesel à s'enflammer spontanément se mesure par comparaison avec un mélange de référence ou combustible-type. On a d'abord utilisé un mélange de :

a) cétène, formule $C_{12}H_{22}$, se caractérisant par une très grande douceur de combustion ;

b) alpha-méthyl-naphtalène, formule $C_{10}H_8$, qui fait fortement cogner le moteur.

On cherche par dosage le pourcentage de cétène pour obtenir le mélange de comparaison qui se comporte exactement comme le gasoil essayé et ce pourcentage est l'indice de cétène du gasoil.

Les essais se font comme pour l'essence dans un moteur approprié C.F.R. selon une méthode standard, en mesurant le délai d'allumage. De par le réglage du moteur, on sait à quel moment, c'est-à-dire à quelle position du piston dans le cylindre ou position angulaire du volant l'injecteur commence à débiter. On peut également, grâce à un appareillage approprié, connaître la variation de la pression dans le cylindre. Reste à trouver à quel moment se produit l'inflammation.

Le système du bouncing pin, décrit plus haut, fut utilisé au début, avec cette différence toutefois, que l'aiguille en montant coupait le circuit au lieu de le fermer. Théoriquement la coupure devait s'effectuer au moment de l'inflammation,

l'augmentation de la pression agissant sur la membrane et faisant monter l'aiguille. Sans entrer dans les détails du système disons que l'on mesurait la quantité d'électricité qui passait dans le circuit pendant qu'il était fermé. Un contact à came, commandé par la pompe d'injection, permettait de fermer le circuit toujours au même point du cycle. Donc, si la quantité d'électricité enregistrée est la même avec le combustible essayé qu'avec le combustible de référence, on peut conclure que l'ouverture du circuit se fait également au même point pour les deux, c'est-à-dire que l'allumage se produit au même moment et que le délai d'allumage est le même.

Toutefois la méthode manquait de précision, par suite de l'inertie des pièces, de l'arc plus ou moins prolongé à la rupture, etc., et l'on a remplacé le bouncing pin par un système électronique dans lequel la membrane élastique est solidaire de l'armature d'un microphone magnétique. Une lampe au néon s'allume quand, par suite de l'augmentation de pression due à l'allumage, la membrane se déplace rapidement et provoque une augmentation de tension dans la bobine. En projetant la lueur instantanée de la lampe sur un repère au volant on peut connaître la position du volant à laquelle se produit l'allumage.

Le cétane étant assez instable et donnant des résultats irréguliers, la Société Américaine pour l'Essai des Matériaux (ASTM : American Society for Testing Materials) lui a substitué le cétane ($C_{26}H_{54}$). L'indice de cétane est de 96 pour le cétane, autrement dit le cétane donne une combustion moins souple que le cétane.



C'est l'indice de cétane qui a été adopté également en France. La méthode française, due à M. Duma-nois, est basée sur le principe que l'indice de cétane d'un combustible varie en sens inverse de son indice d'octane. On mesure donc l'abaissement de l'indice d'octane résultant de l'addition à une essence de base, d'une proportion donnée de gasoil à essayer, et l'on détermine, par le moteur CFR, l'indice d'octane de ce mélange. Cet indice d'octane peut être converti en indice de cétane au moyen d'une courbe-étalon. Cette courbe est une droite qui, d'après les mesures effectuées par la station nationale de recherches Claude Bonnier relie deux points détermi-

nés par les coordonnées ci-après :
point A : $x = 72$ $y = 22$
point B : $x = 52$ $y = 72$
l'indice d'octane étant porté en abscisse (axe des x) et l'indice de cétane en ordonnée (axe des y) (fig. 2).

Les essais se font avec un mélange formé de 80 % d'essence de base et 20 % du combustible à essayer. On relève l'indice d'octane de mélange avec une décimale, et l'on en déduit l'indice de cétane en se reportant à la droite de référence. Le chiffre trouvé est arrondi au nombre entier le plus voisin.

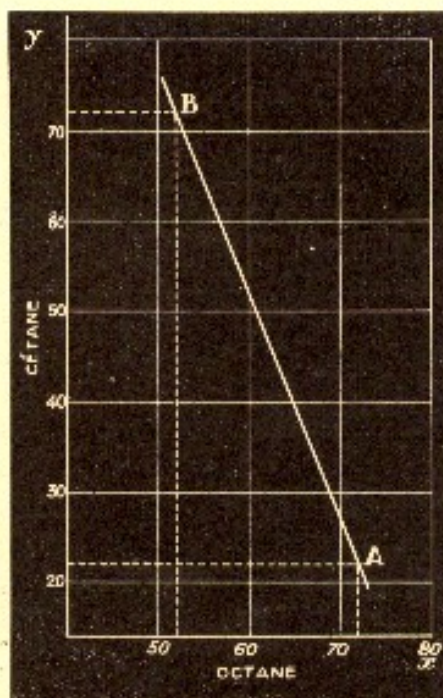


Figure 2.

Exemple : Pour un indice d'octane de 65, déterminé par essai dans le moteur CFR, le graphique donne un indice de cétane de 40 ; à 60 octane correspondent 52 cétane. On voit que les gasoils les plus satisfaisants dans les diesels sont ceux qui donnent le plus fort abaissement de l'indice d'octane. Pour les gasoils courants l'indice de cétane est compris entre 42 et 63. Pour les produits de très mauvaise qualité cet indice peut descendre à 25. Les pétroles bruts donnant des essences à faible indice d'octane fournissent également les gasoils à indice de cétane élevé. Pour les produits de Mésopotamie par exemple on trouve des indices supérieurs à 65.

Plus le taux de compression d'un diesel est faible, plus l'indice de cétane du combustible à utiliser

doit être élevé. L'indice minimum, exigé en France pour les gasoils moteur est fixé à 50, et un indice de 55 convient à tous les moteurs courants.



Un autre moyen d'appréciation des qualités d'allumage du combustible est donné par le rapport critique de compression. On appelle ainsi la moyenne arithmétique entre le rapport de compression correspondant à la disparition de l'allumage et celui où l'allumage se produit, les essais étant effectués dans des conditions de vitesse, de température (air, eau, huile) et d'avance à l'injection bien déterminés.

On voit d'après le graphique 3 que ce rapport est très élevé pour l'octane et très faible pour l'heptane ; on voit également la relation entre ce rapport et l'indice de cétane. Les carburants donnant la combustion la plus douce, présentant la plus grande aptitude à l'allumage, se situent dans une zone allant de 48 à 77 indice de cétane.

Un critère encore plus simple, et à la portée des usagers, est l'index diesel, pour la détermination duquel il n'est pas besoin de moteur d'essai. L'index diesel a été défini comme suit par des ingénieurs de la Standard-Oil :

$$(1) \text{ index D} = \frac{\text{point d'aniline} \times \text{densité API}}{100}$$

Le point d'aniline est facile à déterminer. Dans un tube à double paroi on chauffe un mélange à 50 % en volume d'aniline et de combustible, jusqu'à ce que la solution cesse d'être trouble. On laisse refroidir et on relève la température à laquelle l'aspect trouble se manifeste à nouveau. Dans la formule ci-dessus elle est exprimée en degrés Fahrenheit.

La densité API (American Petroleum Institute) n'exprime pas le poids spécifique, mais des degrés, comme par exemple la densité Baumé. Elle est liée au poids spécifique par la formule

$$(2) \quad d = \frac{141,5 - 131,5 D}{D}$$

d étant les degrés API ;
 D le poids spécifique par rapport à l'eau et que nous appelons couramment densité (par exemple 0,860), celle-ci étant prise à 60° Fahrenheit ou 15,5°C.

En remplaçant, dans la formule (1) le point d'aniline en Fahrenheit par son équivalent en degrés C. et la densité API par la densité réelle, on peut donc écrire :

$$\text{index Diesel} = \left(\frac{9}{-C + 32} \right) \times \left(\frac{141,5 - 131,5 D}{100 D} \right)$$

Pour un gasoil de densité 0,860 et un point d'aniline de 15°C. on obtiendra ainsi un index diesel de 19,5.

qui ont pour effet d'augmenter son aptitude à l'allumage spontané, de même qu'on additionne l'essence d'antidétonants tels que le plomb tétra-éthyle. Ce dopage peut être réalisé par exemple avec du nitrate d'amyle ou du nitrate d'éthyle. Une addition de 5 % de nitrate d'éthyle permet de porter l'indice de cétane de 60 à 85. Ces produits réduisent le délai d'allumage et la pression de pointe, sans que l'aire utile du diagramme et la pression moyenne effective soient diminuées. On man-

le PC supérieur et le PC inférieur. Dans ce dernier on néglige la condensation de la vapeur d'eau produite par la combustion, tandis que dans le premier on tient compte de la chaleur dégagée par cette condensation quand les produits de la combustion sont ramenés à la température de 15°.

Dans leurs spécifications, les fournisseurs indiquent généralement le PC supérieur, mais pour l'emploi dans les moteurs, seul le PC inférieur est intéressant, car il n'y a pas de condensation permettant de récupérer la chaleur correspondante. La différence entre les deux est d'environ 600 calories.

Le pouvoir calorifique des produits de pétrole diminue très légèrement en raison inverse de leur densité, autrement dit les produits lourds ont un pouvoir calorifique un peu moins élevé que les produits légers.

Pour le gasoil normal, de densité 0,850, le pouvoir calorifique varie entre 9.800 et 10.700 cal./kg, contre 11.000 pour l'essence et le kérosène.

Densité

Nous en avons parlé plus haut. Elle est intéressante à connaître du fait que le combustible s'achète au volume, alors que le pouvoir calorifique se rapporte au kg. Tous autres facteurs égaux, on a intérêt à prendre un produit plus lourd. Ainsi pour un pouvoir calorifique de 10.500 cal/kg, on a par litre

densité 0,860 :
 $0,86 \times 10.500 = 9.030 \text{ cal.}$

densité 0,830 :
 $0,83 \times 10.500 = 8.715 \text{ cal.}$

La densité s'exprime chez nous par le poids spécifique, c'est-à-dire le poids d'un litre, à la température de 15°C. Dans les spécifications américaines on l'exprime en degrés API, dont nous avons donné plus haut la formule de conversion. Voici du reste quelques correspondances entre les deux :

poids spécifique	0,82	0,83	0,84	0,85
densité API	41	39	37	35
poids spécifique	0,86	0,87	0,88	0,89
densité API	33	31	29	27
poids spécifique	0,90	0,91		
densité API	25,5	24		

Point d'éclair (Flash-point)

C'est la température à laquelle il faut porter le combustible pour que les vapeurs dégagées s'enflamment

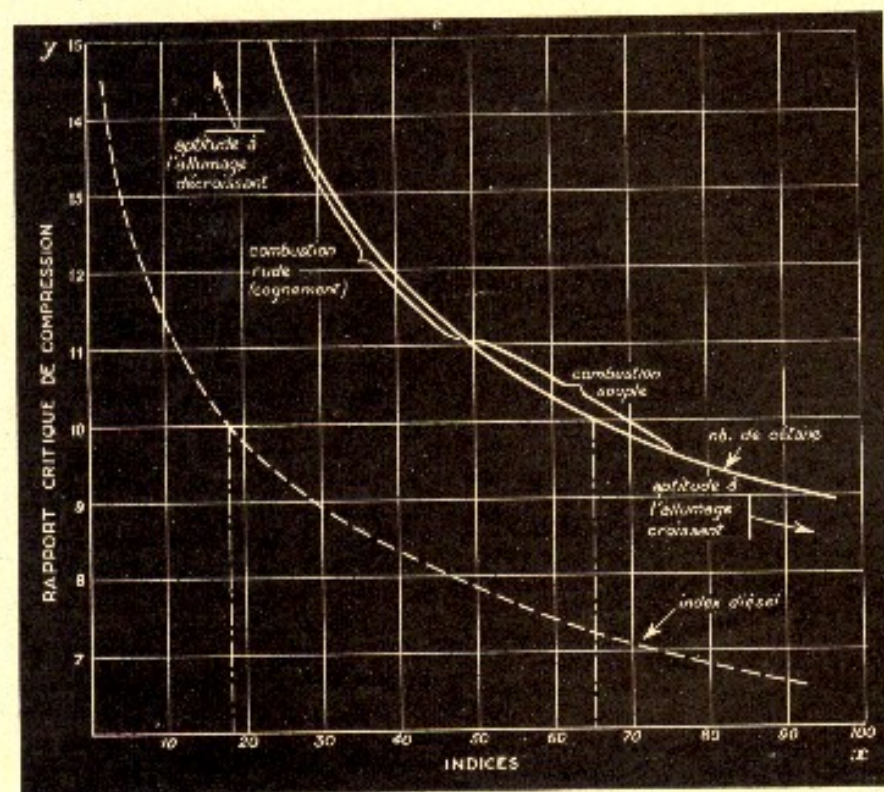


Fig. 3. — Relation entre le rapport critique de compression, le nombre de cétones et l'indice diesel.

Le graphique 3 donne la relation entre l'indice diesel et le rapport critique de compression, ce qui permet donc, dans une certaine mesure, de ramener le premier à l'indice de cétane.

Bien que certains spécialistes estiment que l'indice diesel n'est pas assez précis et qu'il n'y a pas, pour tous les combustibles, une corrélation satisfaisante entre ce critère et l'indice de cétane, on utilise les deux méthodes en Amérique concurrentiellement. La marine, notamment, a adopté l'indice diesel.

que cependant encore de données précises quant à leur effet sur les organes du moteur et sur la stabilité du combustible.

Bien que l'utilisateur n'ait pas la possibilité de vérifier les différentes caractéristiques d'un combustible — sauf exception — il est bon néanmoins qu'il en connaisse les spécifications, ne fût-ce que pour pouvoir les comparer avec celles données par le constructeur du moteur. En dehors des qualités d'allumage, d'autres points sont utiles à connaître que nous allons examiner.

Pouvoir calorifique

C'est la quantité de chaleur obtenue en cas de combustion complète dans un excès d'air. On distingue

Pour en terminer avec le critère de « qualité d'allumage » signalons que l'on peut incorporer au gasoil des produits chimiques appropriés

dans l'air au contact d'une flamme. Aussitôt les vapeurs brûlées, la combustion cesse. En France, on le détermine en vase clos, à l'aide de l'appareil Luchaire. Il ne doit pas être inférieur à 65°C. Plus il est élevé, moins il y a de risques d'incendie.

Point d'écoulement (Flour point)

C'est la température la plus basse, à laquelle on peut amener le combustible sans qu'il cesse de couler. Ce point ne doit pas être au-dessus de la température atmosphérique minimum à laquelle le moteur peut être appelé à fonctionner. Cette caractéristique est importante pour le fonctionnement en hiver et dans les régions froides. Un gasoil qui a un point d'écoulement trop élevé, perd sa fluidité et l'alimentation du moteur devient impossible à moins de réchauffage. Pour les diesels routiers, on demande des combustibles dont le point d'écoulement ne se trouve pas au-dessus de -18°C.

Courbe de distillation

Dans les produits vendus actuellement, environ 50 % passent avant 250°C et 90 % avant 360°C.

Viscosité

C'est l'inverse de la fluidité. Elle s'exprime en Europe en degrés Engler, c'est-à-dire le rapport entre le temps d'écoulement, dans l'appareil d'essai, de 200 cm³ de gasoil et de 200 cm³ d'eau. Elle doit être constante (environ 1,55 degré Engler en France, à 20°C). Une huile trop ou pas assez visqueuse donne de la fumée, et peut, en certains cas, entraîner l'échauffement et l'encrassement des injecteurs. Une

trop grande viscosité empêche une bonne pulvérisation.

✱

En plus des caractéristiques physiques, les caractéristiques chimiques sont à considérer.

Eaux et sédiments divers

Les produits distillés en sont généralement exempts. Les combustibles plus visqueux et lourds, venant de résidus de première distillation, peuvent contenir jusqu'à 0,75 % d'impuretés, ce qui oblige à filtrer et à centrifuger. Les impuretés peuvent également provenir du stockage.

Acides

En principe, les gasoils ne doivent contenir ni acides ni alcalis et être absolument neutres. En pratique, et surtout pour les moteurs routiers, davantage encore que pour les grosses installations fixes, on est moins exigeant. Cependant les constructeurs de moteurs et les utilisateurs tiennent à ce que la teneur en soufre ne dépasse pas un certain maximum. Il n'est pas nécessaire de limiter celui-ci à 0,5 % comme il fut demandé autrefois, mais au-dessus de 1 % elle peut être nuisible. Actuellement on la donne comme inférieure à 1,3 %. Le soufre peut donner lieu à la formation d'anhydride sulfureux SO₂ et d'acide sulfurique SO₃H₂, en présence de l'eau de condensation, et causer ainsi des dégâts par corrosion surtout aux basses et moyennes températures. (Danger des parois froides). D'autre part, aux températures élevées il peut se produire une sorte de vulcanisation de certains dépôts gommeux se formant dans les huiles. Il y a donc intérêt à maintenir la température de marche autant que possible à sa valeur optimum.

En particulier les fréquents arrêts et remises en route facilitent la formation de corps nocifs.

Cendres et dépôts charbonneux

On estime qu'une teneur en cendres et dépôts charbonneux supérieure à 2,5 % se traduit par une usure excessive des cylindres. Dans les gasoils pour diesels rapides, cette teneur ne doit pas dépasser 0,5 %.

✱

En résumé, les caractéristiques des combustibles ne présentent pas seulement de l'intérêt au point de vue fonctionnement et rendement du moteur, mais aussi au point de vue de la conservation des organes en bon état. Vouloir réaliser des économies en mélangeant un gasoil une certaine quantité de combustibles inférieurs, comme le font certains usagers, est un leurre, car on risque une détérioration prématurée du moteur et du matériel d'injection, sans compter le manque à gagner résultant de l'immobilisation du véhicule ou du moteur pour remise en état.

On choisira un combustible dont les caractéristiques s'approchent autant que possible des spécifications ci-après :

densité	environ	0,850
inflammabilité Luchaire	>	65
viscosité Engler à 20°C		1,55
congélation		-18°C
soufre	<	1 %
eau		traces
asphalte		0
indice cétane	>	50
pouvoir calorifique	>	10.500

En cas de nécessité, on pourra se dépanner avec un mélange de 75 % d'essence et 25 % d'huile de graissage.

LES LUBRIFIANTS POUR DIESEL

L E problème du graissage ne se présente pas tout à fait de la même façon pour le diesel que pour le moteur à essence. Ceci pour plusieurs raisons :

a) le bon fonctionnement du moteur dépend davantage de la parfaite étanchéité des cylindres qui conditionne la pression et la température finale de l'air, c'est-à-dire de mise en route et le rendement ;

b) les pressions sont beaucoup plus élevées et peuvent atteindre jusqu'à 200 kg/cm² aux paliers ;

c) le diesel travaille en moyenne à une température plus élevée.

L'étanchéité est déterminée essentiellement par les segments qui doivent pouvoir jouer librement, de toute leur élasticité, dans des gorges parfaitement propres. Autrement dit, les segments ne doivent pas être gommés. Les dépôts provoquant le gommage sont constitués par :

1) les résidus provenant d'une combustion incomplète du gasoil ;

2) les résidus provenant de la « cuisson » de l'huile amenée dans les chambres où elle est soumise à des températures élevées ;

3) les goudrons formés par les huiles insuffisamment stables. Ces goudrons qui ont à froid une consistance pâteuse, rendent la mise en route difficile. Le gommage n'affecte pas seulement les segments, mais aussi les soupapes d'échappement et peut empêcher la fermeture de celles-ci. La compression de l'air dans le cylindre devient alors impossible et le moteur ne peut pas partir.

2

La viscosité de l'huile a une grande importance et l'on emploie souvent, suivant la saison, des huiles de viscosité différente. En même temps qu'une viscosité convenable, l'huile de graissage de diesel doit avoir un point d'écoulement aussi bas que possible, situé au-dessous de la température minimum à laquelle le moteur peut être exposé. Une huile qui « fige » trop rapidement, présente deux inconvénients graves :

a) les départs sont difficiles par suite de la résistance accrue due à la consistance du lubrifiant ;

b) les pignons de la pompe peuvent se faire leur chemin sans refouler de lubrifiant dans les canalisations et les paliers, non graissés, peuvent subir des accidents graves.

Les constructeurs précisent généralement le degré

de viscosité de l'huile à employer dans leurs moteurs. D'aucuns équipent même ces derniers d'un viscosimètre spécial qui permet au conducteur de connaître à tout moment la viscosité de l'huile en circulation dans le moteur. L'appareil (fig. 1) est monté sur la canalisation principale, entre la pompe et les paliers. Une certaine quantité d'huile arrive à l'appareil et passe à travers un filtre et un orifice calibré dans une chambre obturée par un clapet taré. Cette chambre communique par un autre orifice calibré, avec une deuxième chambre. De celle-ci partent :

- 1) une canalisation allant à l'indicateur au tableau ;
- 2) une tuyauterie calibrée de retour au carter.

La pression dans la première chambre est constante quelle que soit la pression de l'huile refoulée par la pompe. Elle dépend en effet du tarage du ressort du clapet, à moins que la pression de refoulement ne descende au-dessous d'une certaine valeur.

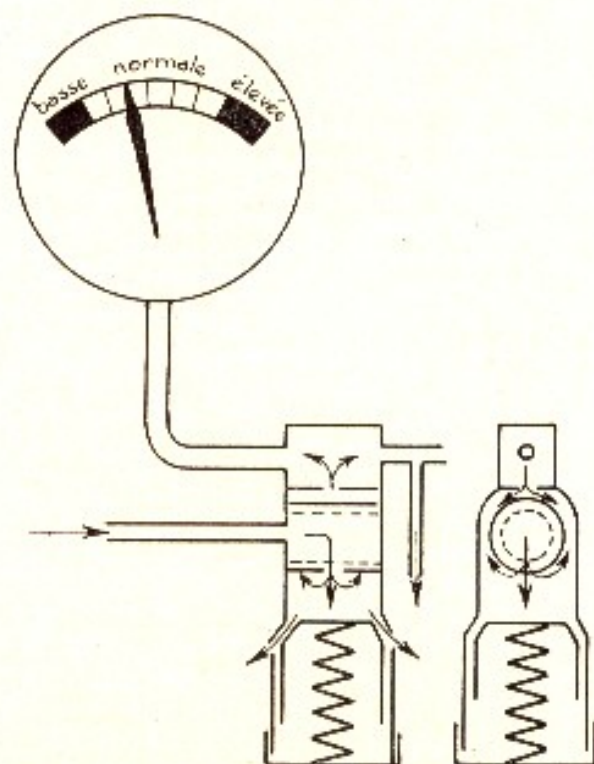


Fig. 1. — Indicateur de viscosité.

Une partie de l'huile, sous la pression déterminée par le ressort, va dans la deuxième chambre pour retourner ensuite au carter par le tube calibré. Plus l'huile est visqueuse, plus elle s'écoule difficilement à travers ce tube et il en résulte une augmentation de pression qui se transmet à l'indicateur, où une aiguille se déplace devant un cadran divisé en trois secteurs et renseigne sur le degré de viscosité de l'huile envoyée aux paliers : basse, normale, élevée.

Il faut se garder d'apprécier la viscosité d'une huile à sa couleur. C'est une opinion assez répandue, bien qu'erronée, qu'une huile est d'autant plus visqueuse que sa couleur est plus sombre. Au surplus, on devra rechercher, de préférence à une huile très visqueuse, une huile qui conservera une bonne viscosité entre des températures éloignées. La précision avec laquelle les moteurs modernes sont réalisés, autorise et engage même à utiliser des huiles plus fluides qu'autrefois.

Le maintien d'un niveau correct a également une grande importance. Les jauges portent en général deux marques : minimum et maximum, entre lesquelles doit se tenir le niveau. Bien qu'au voisinage du minimum, il n'y ait pas directement risque d'accident par suite du manque d'huile, on a tout avantage à maintenir le niveau autant que possible près du maximum, principalement par temps chaud. En effet plus la réserve d'huile dans le carter est grande, plus l'huile aura le temps de se refroidir, chaque particule venant moins souvent en contact avec les surfaces chaudes. L'huile conservera mieux sa viscosité et remplira mieux son rôle d'agent réfrigérant.

Une bonne précaution consiste à équiper le moteur d'un radiateur d'huile qui constitue en fait un régulateur de température.



Aujourd'hui on emploie de plus en plus des huiles dites « détergentes » dont nous allons dire quelques mots.

Comme il n'est pas possible d'éviter totalement la formation de dépôts, et qu'il se produit toujours dans le moteur des résidus charbonneux provenant aussi bien du combustible que du lubrifiant, on a cherché à éviter l'accumulation de ces dépôts. On y est arrivé en incorporant au lubrifiant des produits qui ont la propriété de maintenir en suspension les particules charbonneuses et de les enrober, de les emprisonner en quelque sorte, au fur et à mesure de leur formation.

On ajoute également des inhibiteurs d'oxydation qui ont pour but d'empêcher la corrosion des surfaces métalliques, notamment celles des coussinets, plus exposées à la corrosion par les produits d'oxydation du fait de l'action dispersante signalée plus haut et qui prive les surfaces en question du mince vernis résultant des dépôts.

En outre, on a cherché à rendre le film lubrifiant plus résistant à la rupture et à améliorer la viscosité qui se maintient à une valeur satisfaisante entre des limites de température plus éloignées.

Enfin on a amélioré l'indice d'émulsion, cette dernière étant toujours à redouter par suite des possibilités de descente d'eau dans le carter.

Ainsi aux huiles minérales pures sont venues s'ajouter d'autres, en particulier les huiles dites « supérieures » qui possèdent les propriétés anti-oxydantes et anti-corrosives requises pour le graissage de moteurs travaillant dans des conditions plus dures que la normale, et les huiles dispersantes ou détergentes pour service dur qui présentent, outre les propriétés indiquées, les qualités dispersantes voulues pour empêcher la formation de dépôts.

Dans la nomenclature API (American Petroleum Institute) ces trois qualités sont désignées respectivement : regular type, premium type et heavy duty type.

Au début, l'emploi des huiles dites détergentes dans des moteurs graissés précédemment avec de l'huile minérale pure, a donné lieu à quelques déboires. Ceci du fait que les propriétés dispersantes s'accompagnent d'une action détergente provoquant la dissolution des dépôts formés antérieurement et l'entraînement des impuretés dans les canalisations. Par suite de l'abondance de ces dépôts l'huile se trouvait en quelque sorte sursaturée au bout de peu de temps et des obstructions de canalisations se produisaient, entraînant des grippages.

Aussi faut-il, lorsqu'on passe d'une huile ordinaire à une huile détergente, procéder à des vidanges rapprochées, pendant les premiers temps, pour évacuer les impuretés accumulées, au fur et à mesure de leur dissolution. Il n'en résulte aucune augmentation de consommation, puisque l'huile vidangée peut être réutilisée après décantation ; ses qualités propres n'ont pas été altérées par le court séjour dans le moteur.

Les huiles détergentes sont parfaitement miscibles avec les huiles minérales pures : bien entendu le pouvoir dispersant du mélange sera d'autant moindre que la proportion de détergent sera plus faible et les vidanges devront être proportionnellement plus rapprochées.

De nombreux usagers jugent la qualité de l'huile contenue dans le carter selon son aspect et ils l'estiment d'autant meilleure qu'elle est plus claire. Indépendamment du fait que la teinte plus ou moins claire d'une huile n'est pas un critérium de qualité, il faut distinguer entre les huiles minérales pures et les huiles détergentes. Le lecteur aura bien compris, par ce qui précède, que l'huile détergente doit se noircir plus vite que l'huile minérale pure du fait qu'elle se charge peu à peu des matières charbonneuses qu'elle maintient en suspension, alors que l'huile minérale pure les laisse au contraire déposer. Par contre cette dernière subit une altération de teinte, plus lente, due à l'oxydation.

En définitive, il importe pour la bonne conservation du matériel, de ne pas graisser un moteur donné avec n'importe quelle huile. Le lubrifiant à employer dépend des caractéristiques du moteur : régime de marche, température, jeux de montage, circuit de graissage. Chaque constructeur, à la suite d'essais comparatifs, choisit et préconise le lubrifiant convenant le mieux à son type de moteur et l'utilisateur agira sagement en se conformant aux recommandations du constructeur, premier intéressé à ce que son client soit satisfait de la marche et de la durée de son moteur.

LE ROULEMENT A AIGUILLES



DANS LE MOTEUR DIESEL

équipe paliers de vilebrequin, pieds de bielles, axes de culbuteurs, galets de soupapes, galets de pompe, etc...

S. A. des roulements à aiguilles
— 133, 137, Boulevard National —



RUEIL-MALMAISON (Seine-et-Oise)
Téléphone : MALmaison 30-19 (6 lignes)

LA POMPE D'INJECTION

La plupart des diesels routiers sont alimentés par une pompe du type à course de piston constante, avec décharge par entaille. Le principe est le suivant :

Le piston est pourvu d'une gorge circulaire limitée en bas par une arête droite et en haut par une arête généralement inclinée (fig. 1 a-c). On a ainsi un espace annulaire dans le piston, espace qui communique avec la chambre de refoulement au-dessus du piston par une rainure longitudinale dans ce dernier. Tant que celle-ci se trouve devant un des orifices d'entrée, il n'y a pas de refoulement, car pendant la montée du piston, le liquide passe par la rainure longitudinale et l'orifice d'entrée dans la capacité d'arrivée du combustible frais qui entoure le cylindre. Mais si l'on tourne le piston de façon à avoir devant l'orifice d'entrée une partie pleine du piston, le liquide est refoulé dans l'injecteur jusqu'au moment où l'arête supérieure de la gorge vient découvrir l'orifice d'entrée. On peut donc faire cesser l'injection plus ou moins tard et varier ainsi le débit en plaçant devant l'entrée une partie non-évidée plus ou moins haute. La quantité injectée est donc directement proportionnelle à la hauteur de la génératrice comprise entre le bord supérieur du piston et l'arête supérieure de la gorge.

Le refoulement, c'est-à-dire l'injection, commence toujours alors que le piston a déjà accompli une partie de sa course et acquis une certaine vitesse; il cesse de même avant que le piston n'arrive à son point mort haut, donc à un moment où il est encore animé d'une certaine vitesse.

Nous allons étudier en détail quelques-unes des pompes les plus utilisées,

afin de faire comprendre au lecteur à la fois le fonctionnement et la marche à suivre pour les opérations de démontage, remontage et réglage. La pompe la plus connue est celle construite par la Société Robert Bosch de Stuttgart et fabriquée en France par les Ateliers Lavalette, en Grande-Bretagne par CAV et aux Etats-Unis par l'United American Bosch Co.

POMPE LAVALETTE

Description

Elle comprend un corps de pompe ou carter (en fonte ou alliage léger) pouvant comporter jusqu'à huit cylindres, suivant le moteur à

équiper. Pour les moteurs de plus de huit cylindres on emploie deux pompes.

Les cylindres, rapportés dans le corps de pompe et pourvus d'une collerette de repos, sont orientés et

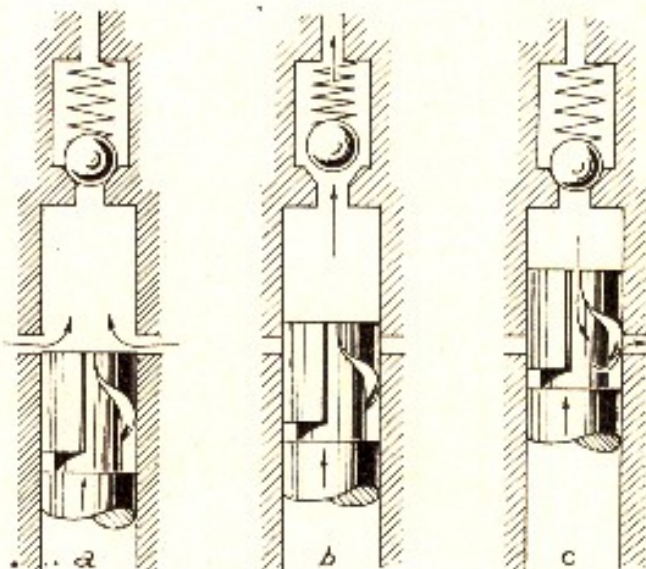


FIG. 1. — SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DE LA POMPE D'INJECTION
a) le cylindre se remplit ;
b) le piston refoule vers l'injecteur, les deux lumières sont obturées ;
c) le refoulement cesse.

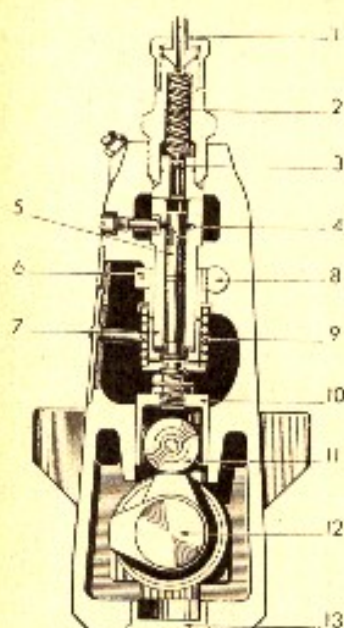


FIG. 2. — Vue schématisque en coupe d'une pompe d'injection

1. - Tube d'injecteur.
2. - Ressort de soupape.
3. - Soupape de retour.
4. - Orifice d'entrée.
5. - Piston.
6. - Secteur denté du manchon.
7. - Manchon.
8. - Crémaillère.
9. - Ressort de rappel.
10. - Poussoir.
11. - Galet du poussoir.
12. - Arbre à cames.
13. - Bouchon de réglage.

maintenus par une vis-poinçon visible de l'extérieur.

Le corps de pompe est divisé, dans le sens vertical, en trois compartiments (fig. 2) :

- a) le compartiment inférieur dans lequel est logé l'arbre à cames;
- b) le compartiment du milieu, où se placent les ou les ressorts de rappel et le dispositif d'entraînement de rotation des pistons;
- c) en haut la chambre d'arrivée du combustible.

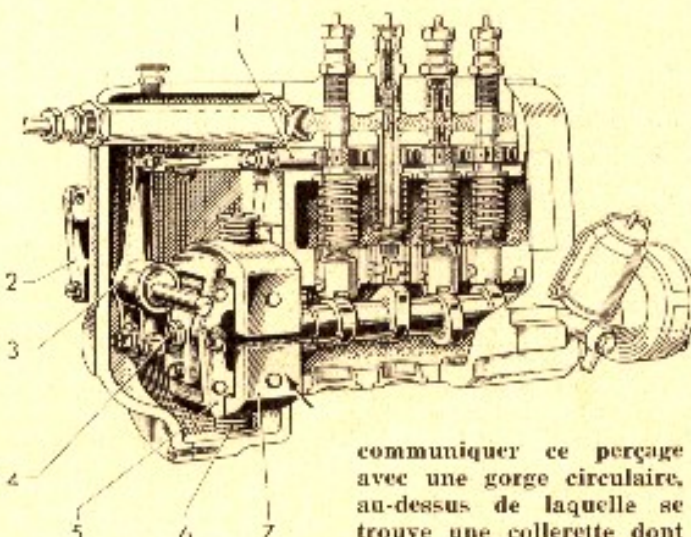
Au-dessus du cylindre est placé le porte-soupape, sur lequel appuie un raccord vissé dans le corps de pompe et auquel se raccorde le tube d'injection (fig. 3).

Dans la partie supérieure du cylindre qui traverse la chambre d'arrivée, sont percés deux trous diamétralement opposés par lesquels le combustible pénètre dans le cylindre.

Les pistons sont commandés par l'arbre à cames qui tourne à chaque extrémité dans un roulement placé dans un logement amovible. Chaque came attaque le piston correspondant par l'intermédiaire d'un poussoir à galet. A sa partie supérieure ce poussoir comporte un dispositif de réglage avec contre-écrou, analogue au taquet de réglage des poussoirs d'un moteur à soupapes latérales.

FIG. 3. — Vue intérieure d'une pompe d'injection avec crémaillère et régulateur (Bosch)

1. - Crémaillère.
2. - Levier d'accélération.
3. - Balancier de commande de crémaillère.
4. - Coulisser.
5. - Levier de manivelle.
6. - Ressort.
7. - Manivelle.



Le piston est muni à l'extrémité inférieure de sa tige d'une cuvette sur laquelle appuie le ressort de rappel du piston. Ce ressort prend appui en haut dans une autre cuvette solidaire d'un manchon concentrique au cylindre et dont nous verrons plus loin le rôle.

En bas le piston est pourvu de deux tétons diamétralement opposés lesquels s'engagent chacun dans une échancrure correspondante du manchon dont nous verrons de parler.

L'extrémité supérieure du piston est plate; un peu en dessous est prévue une gorge circulaire dont le bord inférieur est plat et le bord supérieur hélicoïdal. Par une rainure parallèle à

l'axe de piston, cette gorge communique avec l'espace au-dessus du piston.

Sur la partie supérieure du manchon est bloqué un secteur denté qui engrène avec une crémaillère parallèle à l'arbre à cames et dont le déplacement axial entraîne la rotation du manchon et du piston.

Le clapet de retour est constitué par une tige percée axialement sur une partie de sa longueur. Deux petits trous obliques font

c'est-à-dire après avoir masqué ceux-ci. Le refoulement dure tant qu'une partie pleine de la tête obture les orifices d'entrée, et cesse dès que l'arête supérieure de la gorge circulaire arrive à hauteur des orifices, l'espace au-dessus du piston et la chambre d'arrivée du combustible se trouvant alors mis en communication. Comme la pression dans la chambre d'arrivée est inférieure à celle au-dessus du piston, le gasoil retourne alors dans la chambre d'arrivée.

En même temps le clapet de retour en haut du cylindre se ferme, sous l'action de son ressort. Cette fermeture s'opère en deux temps : pendant la première partie de la descente du clapet (fig. 4), la collerette vient couper la communication entre le tube d'injection et le cylindre de pompe, de sorte que le gasoil contenu dans le tube ne peut pas retourner dans le cylindre. Mais il peut se détendre grâce à l'augmentation de volume dans le tube par suite du retour du clapet qui continue à descendre jusqu'à ce que la tête porte sur le siège (fig. 5). Cette détente diminue bien un peu la pression du gasoil, mais de l'autre côté on évite le bavage de l'injecteur et l'encrassement qui en résulterait.

Comme le bord supérieur de la gorge circulaire, par

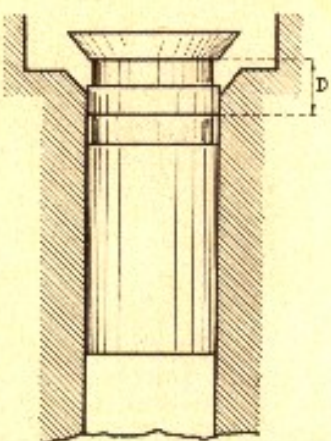


FIG. 4. — Le clapet empêche le retour du gasoil dans le cylindre

communiquer ce perçage avec une gorge circulaire, au-dessus de laquelle se trouve une collerette dont le diamètre correspond à l'alésage du porte-soupape. La tête de la soupape est à portée conique. Nous verrons plus bas le but de cette soupape.

Dans le fond du corps de pompe, à l'endroit de chaque came, sont vissés des bouchons pour la mise en place et le démontage des poussoirs.

Fonctionnement

Quand le piston est au PMB, son arête supérieure se trouve au niveau inférieur des orifices d'entrée dans le cylindre. Le piston, poussé par la came, ne commence à refouler qu'à partir du moment où son arête arrive à hauteur du bord supérieur des orifices,

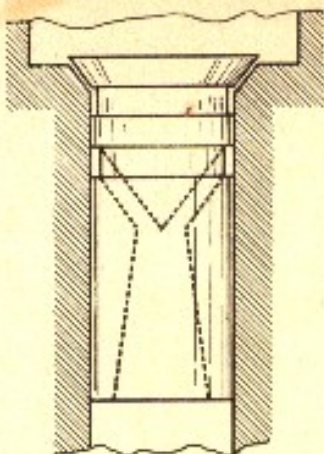


Fig. 5. — Le clapet étant fermé, le gasoil se défect légèrement.

son tracé incliné, permet à celle-ci de démasquer l'orifice d'entrée plus ou moins tard, le refoulement cesse lui aussi plus ou moins tard, suivant la position angulaire du piston, la course de celui-ci étant invariable. Le débit est donc proportionnel à la hauteur de la partie pleine du piston passant devant l'orifice et l'on peut, par simple rotation du piston, varier le débit de zéro à pleine charge.

Le secteur engrénant avec la crémaillère est bloqué sur le manchon et sa rotation entraîne celle du piston, grâce aux têtes de ce dernier engagées dans les échancrures du manchon.

Nous avons vu que le refoulement cesse plus ou moins tôt suivant le débit, mais toujours quelque temps avant la fin de la course ascendante du piston, donc à un moment où le piston a encore une certaine vitesse. Ceci pour faire cesser l'injection brusquement afin d'obtenir jusqu'à la fin une bonne pulvérisation.

Le début de l'injection se produit toujours au même moment, c'est-à-dire à un même point de la course du piston, pour un calage donné. Pour varier l'avance à l'injection, on utilise soit une avance automatique, soit une avance à main qui seront étudiées plus loin.

Les cames sont disposées dans l'ordre d'allumage du moteur. Leur profil est sy-

métrique de sorte que les pompes peuvent tourner indifféremment à droite ou à gauche. Deux repères sont marqués sur le carter. Ils indiquent la position angulaire à donner à l'arbre à cames lors de l'accouplement, suivant le sens de rotation de la pompe. Un autre repère se trouve sur un bossage du manchon d'accouplement. On amène ce dernier en regard du repère sur carter correspondant au sens dans lequel la pompe doit tourner : D ou R pour rotation à droite, G ou L pour rotation à gauche. Le premier piston à partir de l'accouplement se trouve alors au début de la course d'injection, pour le sens de rotation correspondant.

La chambre d'arrivée du combustible est ouverte aux deux extrémités ce qui permet de raccorder l'une ou

l'autre au tube d'arrivée, l'extrémité opposée étant obturée par un bouchon.

Graissage

Les organes inférieurs : arbre à cames, roulements, poussoirs sont graissés avec de l'huile moteur dont le niveau dans le carter est à maintenir entre les deux repères sur la jauge. Les pistons et cylindres sont lubrifiés automatiquement par la pellicule de gasoil adhérent aux surfaces.

Régulateur

A l'opposé du manchon d'accouplement est monté un régulateur centrifuge ou à dépression qui a pour but de maintenir la vitesse de rotation entre des limites bien déterminées. Nous l'étudierons plus loin (fig. 3).

POMPE P. M.

Dans cette pompe les dents de la crémaillère ne sont pas directement taillées dans la tige de commande. Celle-ci est une barre ronde pleine sur laquelle sont montés autant de tronçons dentés qu'il y a de cylindres. Chaque tronçon est constitué par deux pièces en bronze semi-circulaires réunies par vis et dont une comporte la denture (fig. 6). Les tronçons peuvent être déplacés sur la tige, ce qui permet de faire varier, si nécessaire, la position angulaire du piston par rapport à la crémaillère et de régler soit le début de l'injection en même temps que le débit, soit le débit seul, suivant le type de piston employé.

Le manchon d'entraînement du piston est aussi en bronze et engrène directement avec le tronçon denté par une denture usinée dans une collerette du manchon, désigné sous le nom de pignon.

Il ne comporte pas d'échancrure en bas, mais deux prolongements qui entraînent le piston. La tige

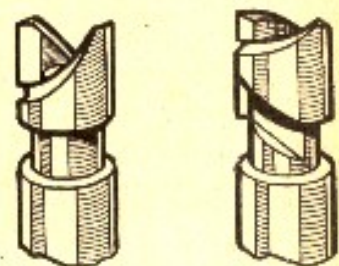
de celui-ci comporte à son extrémité inférieure un plateau circulaire venu d'usinage sur lequel porte d'une part le ressort, avec interposition d'une rondelle d'épaisseur. D'autre part, deux échancrures diamétralement opposées reçoivent les prolongements du manchon-pignon.

Les pistons existent en plusieurs types, caractérisés par le tracé de la tête.

Le piston « Auto-Avançe » comporte en haut de la tête deux rampes obliques se terminant chacune par un sommet plat. La gorge circulaire a les arêtes inférieure et supérieure droites. Elle communique

avec l'espace au-dessus du piston par deux rainures longitudinales diamétralement opposées (fig. 7).

Par le tracé des rampes supérieures, l'avance à l'injection augmente avec le débit, puisqu'en faisant tourner le piston dans le sens de l'augmentation de débit, on présente devant les orifices d'entrée une partie plus élevée des rampes. Pour passer de zéro à plein débit, le piston tourne d'environ 90 degrés.



A gauche :
Fig. 7. — PISTON P.M. « AUTO-AVANÇE »

A droite :
Fig. 8. — PISTON P.M. A DÉBUT ET FIN D'INJECTION VARIABLES

Le piston « Auto-Avançe » est utilisé principalement pour les moteurs à injection directe.

Un autre type de piston est à début et fin d'injection variables. Il comporte comme le précédent deux rampes inclinées en haut, mais l'inclinaison est moindre, et deux autres rampes en bas, mais inclinées en sens contraire de celles du haut, et formant arête supérieure de la gorge (fig. 8).

Le troisième type est de conception classique, avec dessus du piston plat. Il

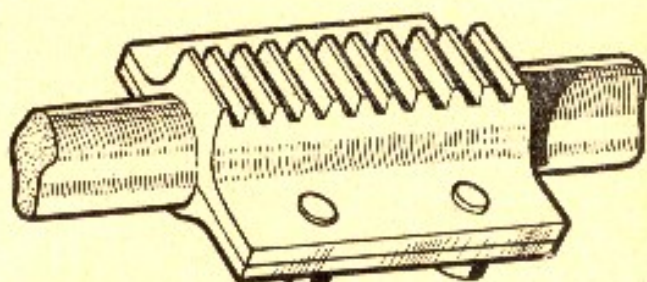


Fig. 6. — TRONÇON DENTÉ DE CRÉMAILLÈRE P.M.

comporte deux rainures longitudinales de communication avec la gorge.

Le clapet de retour de la pompe P.M. est du type à bille. Il y a deux clapets superposés; la levée des

billes est limitée par une butée, la fermeture se fait sous l'action d'un ressort. Un troisième ressort, placé au-dessus de la butée supérieure, maintient celle-ci en place.

AUTRES POMPES

En dehors des pompes que nous venons de décrire, il existe d'autres modèles, dont le fonctionnement est basé sur le même principe et dont nous nous bornerons à signaler les particularités essentielles :

Pompe Scintilla

Le poussoir agit par l'intermédiaire d'un chapeau reposant sur un épaulement avec interposition d'une rondelle et maintien en place par un jone. Le jeu entre le poussoir et le piston est déterminé par l'épaisseur de la rondelle.

Le ressort de rappel du piston appuie sur une cuvette en forme de C, ce qui supprime la clavette. Deux tétons solidaires du piston s'engagent dans les échancrures correspondantes du manchon qui est entraîné par l'intermédiaire d'un secteur formant collier. L'agencement du piston, en haut, et la soupape de retour présentent des caractéristiques semblables à celles des pompes Bosch.

Les bouchons inférieurs, prévus pour le démontage des pistons, sont creux et garni d'un feutre que la came vient toucher à chaque tour: ces feutres étant

imbibés d'huile, on évite le frottement à sec des came en cas de manque d'huile dans le carter.

Pompe Junkers

Cette pompe qui équipe les moteurs C.L.M., diffère des précédentes en ce sens que la communication entre l'espace au-dessus du piston et la gorge circulaire n'est pas assurée par une rainure longitudinale extérieure, mais par un perçage axial et un petit conduit radial aboutissant dans la gorge (fig. 9).

Quand le piston descend, la gorge vient découvrir l'orifice inférieur A, ce qui permet au combustible contenu dans la chambre d'arrivée de pénétrer dans le cylindre à travers le piston creux. En remontant, la partie pleine de celui-ci obture l'orifice d'entrée et l'injection commence. Elle dure jusqu'au moment où l'arête supérieure de la gorge découvre la lumière supérieure, ce qui met l'espace au-dessus du piston en communication avec la chambre d'arrivée.

La rotation du piston est obtenue à l'aide d'un levier horizontal, calé sur un axe

vertical et agissant sur une bielle d'accouplement qui relie des tétons convenablement agencés sur les manchons, de sorte que la rotation de l'axe vertical entraîne celle du ou des pistons.

Le clapet de retour est du type à deux billes.

Les cames agissent sur les pistons par l'intermédiaire d'un culbuteur à gâlet lui-même articulé sur un arbre dont la rotation peut être commandée du siège du conducteur, et dont le déplacement permet de réduire la course du piston à zéro pour l'arrêt.

POMPE-INJECTEUR COMBINÉ

La réunion de l'injecteur et de la pompe en un seul appareil présente l'avantage de supprimer le tube

d'injection plus ou moins long. Un dispositif de ce genre est employé sur les moteurs deux temps GMC.

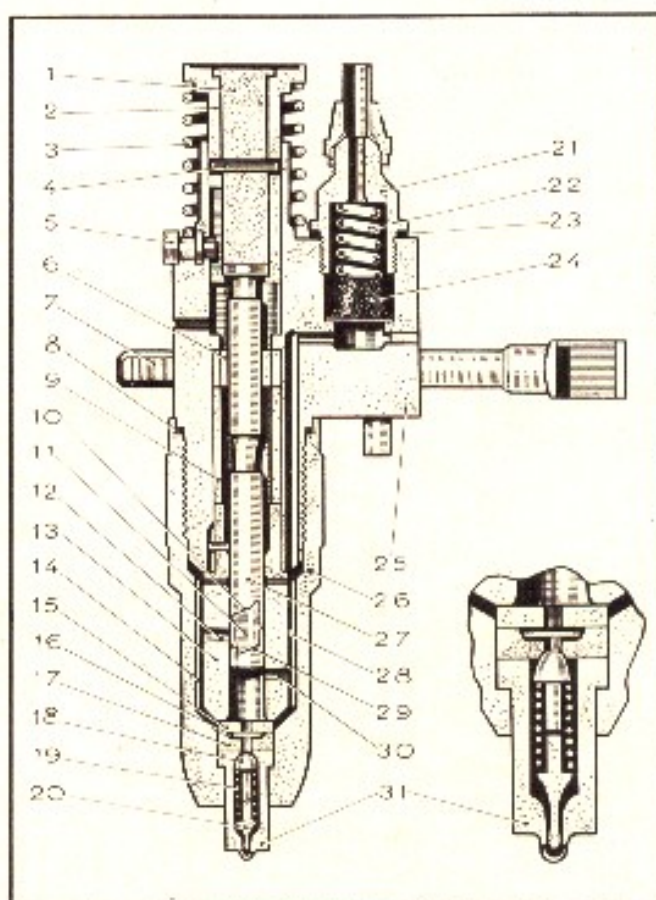


FIG. 16. — POMPES ET INJECTEURS COMMANDÉS « UNIDIRECTION » (G.M.C.)

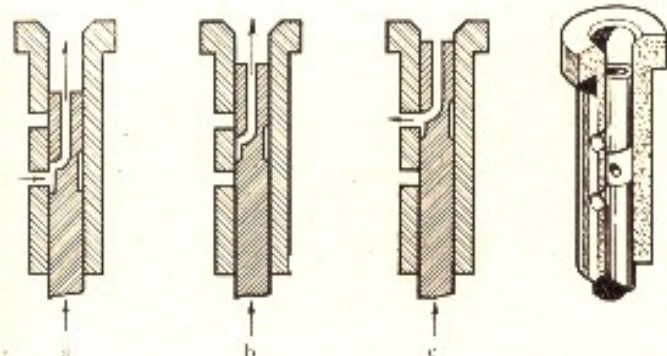


Fig. 5. — PRINCIPLE DE FONCTIONNEMENT DE LA POMPE C.L.M.
a) le cathode se remplit, b) refoulement, c) fin d'injection.

sous le nom d'Unijector. Il ressemble extérieurement à un injecteur ordinaire. Une pompe d'alimentation normale formant distributeur refoule le combustible dans une cavité prévue à cet effet et qui communique avec l'intérieur du cylindre par deux lumières disposées à des hauteurs différentes (fig. 10).

Le piston est actionné par l'arbre à cames du moteur, par l'intermédiaire d'une tringle, d'un culbuteur et d'un poussoir, ces deux derniers étant toujours maintenus en contact par le ressort de rappel du poussoir.

Quand le piston est au PMH, le cylindre est rempli de combustible, et communique avec la chambre d'arrivée par deux voies :

- a) directement par la lumière inférieure;
- b) indirectement par un percage axial et une entaille dans le piston, entaille dont les bords inférieur et supérieur sont inclinés, mais à des angles différents.

Quand le piston descend, il masque d'abord la lumière inférieure, tandis que la communication de l'intérieur du cylindre avec la chambre d'arrivée subsiste. L'injection commence au moment où l'arête supérieure de l'entaille masque la lumière supérieure; elle dure jusqu'au moment où l'arête inférieure découvre la lumière inférieure. A ce moment le combustible contenu dans le cylindre, au lieu d'être refoulé vers le pulvérisateur, reflue par le canal axial et la lumière inférieure dans la chambre d'arrivée, pendant que le piston continue à descendre.

Dès que le piston commence à refouler dans le pulvérisateur, l'aiguille de ce dernier est soulevée et le combustible est projeté dans la chambre de combustion. Aussitôt que le refoulement cesse, un clapet actionné par un ressort taré obture l'orifice de communication entre le cylindre et le pulvérisateur.

Quand le piston remonte, une dépression se crée dans le cylindre et le gasoil s'écoule à nouveau de la chambre d'arrivée dans le cylindre, d'abord par la lumière inférieure et le conduit axial, puis par la lumière supérieure et le conduit.

L'inclinaison des arêtes de l'entaille permet de varier à la fois le débit d'injection, ainsi que le début et la fin. Cette variation est obtenue par rotation du piston à l'aide d'une crémaillère. La pression d'injection est d'environ 140 kg.

POMPE CUMMINS

Cette pompe qui équipe les moteurs de même marque dont un certain nombre sont en service en France, diffère totalement des types que nous venons de décrire (fig. 11).

Une pompe à engrenage Pa, analogue aux pompes de graissage des moteurs, envoie le combustible dans

un distributeur Di. Un by-pass avec clapet de décharge S permet le retour du combustible en cas de surpression dans la canalisation entre la pompe d'alimentation Pa et le distributeur.

Le distributeur comporte :

- a) une tête fixe dans laquelle sont percés :
un canal d'arrivée,
un canal de communication avec le doseur,
autant de canaux de refoulement qu'il y a d'injecteurs.

- b) un plateau rotatif Pr percé également de plusieurs canaux qui permettent de mettre le doseur alternativement en communication avec la pompe d'alimentation et avec les injecteurs. Ces deux positions sont représentées schématiquement par les figures.

Le plateau Pr tourne à demi-vitesse du vilebrequin, de sorte qu'en un tour il doit assurer pour un quatre cylindres quatre fois une communication entre

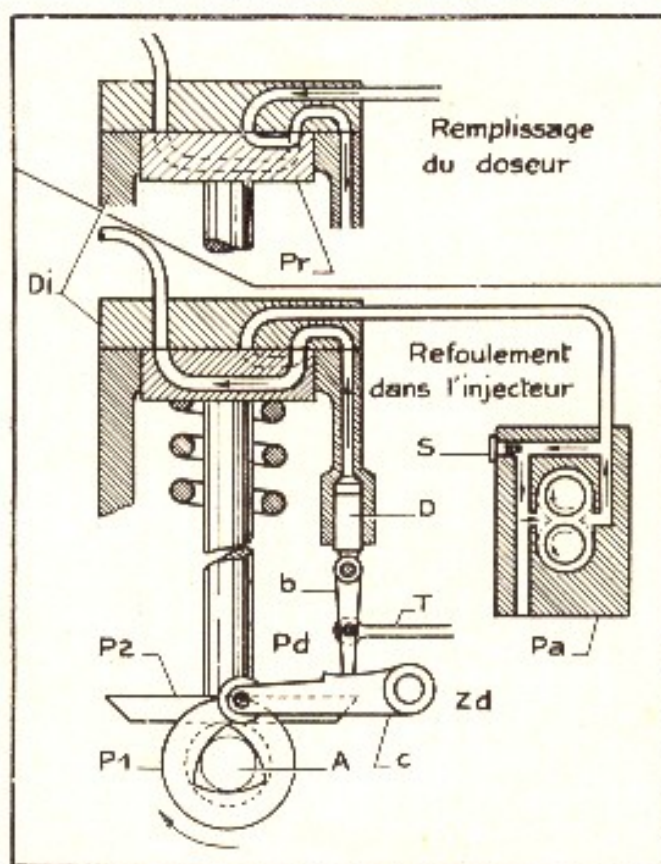
le doseur et un des injecteurs, et quatre fois relier le doseur à la pompe d'alimentation Pa, de sorte qu'une rotation de 45° inverse les communications.

Le doseur D, dont le piston est commandé par came et levier, aspire pendant la course descendante et refoule pendant la course ascendante. Le débit d'injection est fonction de la course du piston qui peut être variée par déplacement angulaire de la bielle b à l'aide de la tringle de réglage T. Quand on pousse la tringle dans le sens PD, on augmente le débit, quand on la tire vers Zd, où le déplacement linéaire du levier c est, le débit tombe à zéro.

Le déplacement de la tringle T est commandé par l'accélérateur et le régulateur.

Le schéma présente une pompe pour moteur six-cylindres. L'arbre A tourne à la vitesse du vilebrequin et comporte trois cames, ce qui donne six levées pour deux tours de vilebrequin. Les pignons d'angle P1 et P2 étant dans le rapport de 1/2, le plateau Pr tourne à demi-vitesse du vilebrequin.

FIG. 11. — SCHÉMA D'ALIMENTATION CUMMINS



La plupart des pompes ont les cylindres montés en ligne, avec commande des pistons par arbre à cames. Mais on construit également des pompes avec cylindres en étoile; les pistons sont alors commandés par un plateau incliné unique et les tubes d'injection partent en haut de l'appareil à l'instar des fils d'allumage sur la tête d'un allumeur.

La plus répandue est celle fabriquée par la firme Ex-Cel-O Aircraft and Tool Corp. à Détroit et qu'on trouve sur un certain nombre de moteurs importés d'Amérique. Les cylindres de pompe, un par cylindre-moteur sont usinés dans un bloc et disposés en cercle autour de l'arbre d'entraînement. Sur cet arbre est claveté un plateau incliné (fig. 12) qui, tournant avec

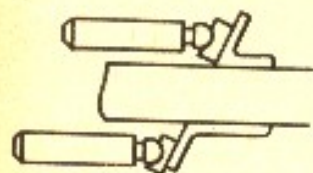


FIG. 12. — PLATEAU OSCILLANT

l'arbre, agit par l'intermédiaire d'un plateau loupoyant et de poussoirs sur les pistons plongeurs. Le rappel de ceux-ci se fait par ressort hélicoïdal comme dans les pompes ordinaires. La course des pistons de refoulement est constante. Mais à l'encontre de ce que nous avons vu dans les pompes en ligne, les pistons ne tournent pas dans leur cylindre. En bout de chaque cylindre est monté un clapet à bille auquel est raccordé le tube d'injection.

Chaque cylindre de pompe communique par un conduit radial avec un alésage formant cylindre de basse pression et alimenté en charge par une canalisation venant du filtre. Dans ce cylindre tourne un rotor-distributeur solidaire de l'arbre d'entraînement et qui comporte une gorge annulaire au droit du canal d'arrivée du combustible. Cette gorge est limitée d'un côté par un secteur triangulaire qui, pendant la rotation du distributeur, vient masquer successivement les conduits radiaux allant aux cylindres de refoulement.

Quand le piston commence sa course foulante, le cylindre est en communication avec l'alésage central dans lequel tourne le distributeur. A un moment donné, et alors que le piston a déjà une certaine vitesse, le secteur masque le conduit de communication et l'injection commence. Pendant que le piston continue à pénétrer dans le cylindre, le distributeur continue à tourner et le secteur démasque à nouveau le conduit. En raison de la différence entre les pressions dans le tube d'injection d'une part, et l'alésage

central d'autre part, le clapet à bille se ferme et le piston, continuant sa course, renvoie le combustible dans l'alésage central, pendant que le distributeur va obturer le conduit allant au cylindre suivant où le cycle se développe de la même façon. Lors du retour du piston, le cylindre se remplit à nouveau de combustible frais (fig. 13 a et b).

Etant donné le profil du secteur, on comprend aisément qu'en déplaçant le distributeur axialement, on peut amener devant les conduits radiaux une portion plus ou moins large du secteur et maintenir ainsi l'obturation de chaque conduit pendant un arc de rotation plus ou moins grand (fig. 14). Ce déplacement axial est déterminé par l'accélérateur et le régulateur.

En outre, suivant que la première arête du secteur, dans le sens de rotation, est parallèle ou oblique, par rapport à l'axe, l'injection commence soit toujours au même moment, soit plus ou moins tard. En d'autres termes l'orientation de cette arête détermine également l'avance à l'injection. Si l'arête est oblique, l'avance augmente avec le débit. Ceci indépendamment des variations d'avance pouvant être obtenues par un dispositif automatique ou un correcteur à main. Nous en parlerons plus loin.

Le débit est donc fonction du diamètre du conduit de communication et de la grandeur de l'arc limité par les arêtes du secteur.

La différence essentielle entre ce type de pompe et les pompes ordinaires réside dans le fait que dans celles-ci le débit de chaque cylindre est déterminé séparément par la position angulaire de son propre piston, position qui doit être rigoureusement la même pour tous les pistons, ce qui exige un réglage très précis. Dans la pompe Excello le dosage est assuré par un élément unique.

D'autre part, la course qui est également commandée par un organe unique et ne dépend que de l'inclinaison du plateau, est la même pour tous les pistons. Des différences de débit d'un cylindre à l'autre ne pourraient donc résulter que d'une différence d'alésage ou d'un jeu excessif d'un piston.

Le déplacement axial du distributeur, déjà animé d'un mouvement de rotation, n'exige qu'un très faible effort, de sorte que le régulateur aussi peut être très léger.

Les organes assurant la distribution et le refoulement sont réunis en un bloc plombé, facilement démontable et interchangeable avec une autre unité.

L'American Bosch Corp. a établi une pompe à piston unique qui assure à la fois le dosage et le refoulement vers les injecteurs (fig. 15).

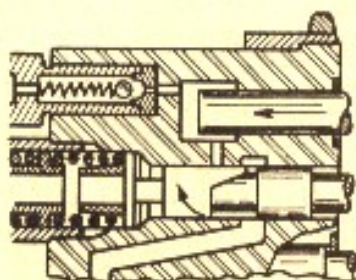
L'arbre à cames 1 tourne, à la vitesse du moteur, dans un roulement à billes côté pignon d'entraînement et dans un palier lisse côté

régulateur. La came actionne le piston 2 par l'intermédiaire d'un poussoir 3, en même temps qu'un pignon 4 solidaire de l'arbre entraîne à demi-vitesse un fourreau 5. Celui-ci comporte intérieurement des rainures dans lesquelles s'engage la crénelure du poussoir. Le fourreau tourne dans une bague sur la collerette de laquelle il prend également appui.

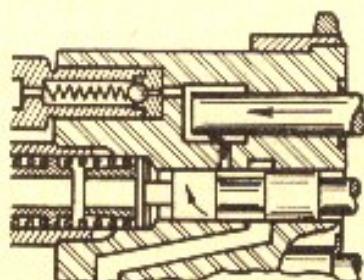
Sur le fond du poussoir repose un siège de ressorts 6 munis d'ergots engagés dans des trous correspondants pratiqués dans le poussoir. En haut, les ressorts portent contre une plaquette 7 maintenue par un jonc 8 noyé dans une gorge circulaire du fourreau.

La tige du piston-plongeur se termine en T renversé, la branche transversale se logeant dans une fente du siège des ressorts. Ainsi le fourreau, le poussoir, le piston et les ressorts forment un ensemble tournant à demi-vitesse de l'arbre à came, en même temps que le piston, sous l'action de la came et du ou des ressorts, monte et descend.

La came comporte deux lobes à 180° dans les pompes pour moteurs quatre-cylindres et trois lobes à 120° pour les moteurs six-cylindres. On sait que dans un quatre-temps, à n cylindres, il y a n courses motrices tous les deux tours ou $n/2$ courses par tour. Comme l'arbre à cames tourne à la même vitesse que le vilebrequin, il faut qu'il actionne le piston $n/2$ fois par tour.



a



b

FIG. 13



FIG. 14

Ainsi dans un quatre-cylindres tournant à 2.000 tours/minute le piston de la pompe d'injection est soulevé 4.000 fois, c'est-à-dire quatre fois autant que chacun des pistons d'une pompe ordinaire. Pour un six-cylindres de même régime, il monte et descend 6.000 fois, soit six fois autant.

Le combustible arrive dans le cylindre de refoulement à travers un clapet 9 relié au régulateur et dont l'ouverture plus ou moins grande règle le débit. Sur la tige du clapet est monté une membrane qui ferme la chambre d'arrivée.

En montant, le piston obture d'abord le conduit sur lequel est placé le clapet, et refoule ensuite le combustible à travers un autre clapet 10 et un conduit descendant dans un espace annulaire 11 constitué par une gorge circulaire pratiquée dans le piston. Au-dessus de cet espace annulaire se trouve une rainure verticale 12 creusée dans le piston. Cette rainure, par suite de la rotation du piston, passe successivement devant des conduits radiaux 13 qui sont au même nombre que le moteur a de cylindres et auxquels sont raccordés les tubes d'injection. Comme le piston tourne à demi-vitesse du moteur, la rainure passe une fois tous les deux tours devant chacun des conduits d'injection, de même que le rotor d'un allumeur passe tous les deux tours devant chacun des plots du distributeur d'allumage.

Le combustible est envoyé dans la chambre d'arrivée (avec le clapet 9) par la pompe d'alimentation, à travers un filtre. La pompe d'alimentation, incorporée à la pompe d'injection, est du type à engrenage analogue à une pompe de graissage, et entraînée par la denture du fourreau. Un clapet de décharge permet, en cas d'excès de débit de la pompe d'alimentation, le retour

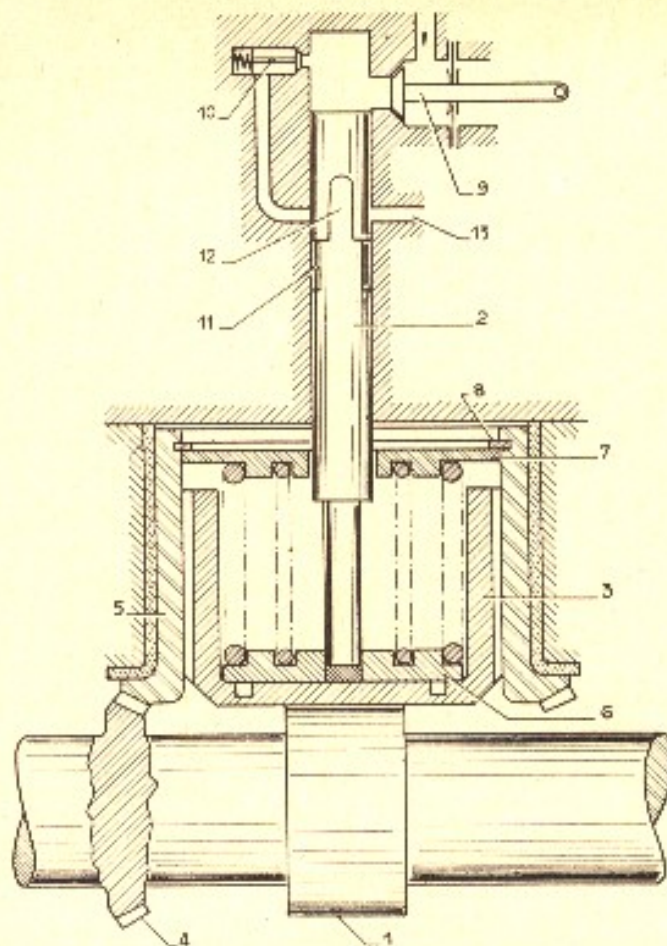


FIG. 13. — POMPE AMERICAN BOSCH A PISTON UNIQUE

de l'excédent de combustible vers le réservoir.

Le cylindre de refoulement comporte en haut un piston obturateur soumis à l'action d'un ressort à tarage réglable (non représenté sur le schéma) et qui permet de régler le débit maximum.

La pompe que nous venons de décrire a été réalisée principalement pour des moteurs de faible cylindrée (faible en comparaison de la cylindrée des gros moteurs fixes, des moteurs de locomotives et autres) dans lesquels l'équipement d'injection représente une fraction très importante du prix d'achat. Il faut noter en effet que le rapport entre le coût de l'appareillage d'injection et le prix du moteur même est d'autant plus élevé que la cylindrée du

moteur est plus réduite, ceci en raison de l'usinage coûteux des pistons et cylindres, des clapets, comes, etc... Dans la pompe American Bosch il n'y a qu'un piston et un cylindre à usiner, ce qui réduit le prix de revient dans des proportions considérables. Cette pompe est en outre moins encombrante et moins lourde qu'une pompe ordinaire.

Une autre pompe d'un type spécial et qu'on rencontre également sur des moteurs américains en service en France, est celle qui équipe les véhicules de l'International Harvester Co. (IHC). Comme dans les deux appareils que nous venons de décrire, on a cherché ici également à réaliser le dosage par un

organe unique, afin d'obtenir une alimentation égale des différents cylindres-moteurs. La pompe IHC comporte en fait deux organes séparés : une pompe de dosage monocylindrique, et un distributeur constitué par trois ou quatre cylindres disposés en ligne. Pour les moteurs six-cylindres on emploie deux pompes de dosage alimentant chacune un groupe-distributeur de trois cylindres. On y trouve donc le même principe que dans la pompe Excello, avec comme différence la disposition des cylindres-distributeurs en ligne et la commande des pistons par arbre à cames.

Le combustible est envoyé dans la pompe de dosage par la pompe d'alimentation, du type à engrenages. La pompe de dosage est du type classique avec piston à entaille, l'arête supérieure de celle-ci formant rampe inclinée; une rainure verticale fait communiquer l'espace annulaire limité par l'entaille avec l'espace au-dessus du piston. Celui-ci refoule à travers un clapet dans une canalisation dont part une dérivation vers chacun des cylindres distributeurs.

Les cames du distributeur sont calées à 120 ou 90°, suivant qu'il est à trois ou quatre cylindres. L'arbre à cames tourne à demi-vitesse du moteur et entraîne par des pignons droits l'arbre commandant la pompe de dosage, à une vitesse égale à trois ou quatre fois celle de l'arbre du distributeur, puisqu'à chaque tour de celui-ci doivent correspondre trois ou quatre refoulements de la pompe de dosage. Cette dernière tourne donc suivant le cas à 1,5 ou 2 fois la vitesse du moteur.

La variation de débit est obtenue par rotation du piston-doseur, à l'aide d'une crémaillère reliée à l'accélérateur et soumise d'autre part à l'action du régulateur.

LE DÉBIT DES POMPES

EN moyenne, et abstraction faite des différences de consommation qu'on peut enregistrer d'un moteur à l'autre, la quantité de combustible injectée à pleine charge est égale, en volume, à environ 1/20.000 à 1/22.000 de la cylindrée unitaire du moteur.

EXEMPLE : Pour un moteur six-cylindres de 9 litres, soit 1,5 litre par cylindre, chaque piston de pompe refoule à pleine charge :

$$1.500 : 20.000 = 0,075 \text{ cm}^3 \text{ ou } 75 \text{ mm}^3 \text{ de gazoil.}$$

On peut se faire une idée de la faible grandeur de ce volume, en considérant qu'il correspond à un cube de 4,23 mm de côté.

Ce débit théorique est à très peu de chose près le même que celui qu'on obtient en se basant sur la consommation effective du moteur, exprimée en g/ch.h. Supposons que cette dernière soit de 180 g de gazoil de 0,850 de densité. Nous connaissons, par les courbes caractéristiques ou par les données du constructeur, la puissance développée aux différents régimes, par exemple 80 ch à 2.000 t/m, pour un moteur quatre-cylindres de 110 x 150 mm.

Le débit de la pompe est de :

$$\frac{80 \times 180}{0,85 \times 1.000 \times 60 \times 4} = \frac{14.400}{204.000} = 0,0705 \text{ cm}^3.$$

Nous trouvons le même résultat en divisant la cylindrée unitaire, soit 1.425 cm³, par 20.000, c'est-à-dire 0,071 cm³.

Autre exemple : Soit un six-cylindres de 105 x 165 mm, ce qui représente une cylindrée unitaire de 1.430 cm³. Puissance 95 ch à 1.700 t/m, consommation 240 g/ch.h.

Débit de la pompe :

$$\frac{95 \times 240}{0,85 \times 850 \times 60 \times 6} = \frac{23.800}{260.000} = 0,091 \text{ cm}^3,$$

ou :

$$\frac{1.430}{22.000} = 0,065 \text{ cm}^3.$$

Pour le même moteur, tournant à 1.000 t/m et développant 62 ch, avec une consommation spécifique de 220 g/ch.h., nous trouvons un débit de :

$$\frac{62 \times 220}{260.000} = 0,050 \text{ cm}^3.$$

On sait que le refoulement n'a lieu que pendant une partie de la course du piston de pompe. A pleine charge comme à vide, l'injection ne commence qu'après que le piston a déjà effectué une partie de sa course, et cesse avant que le piston ne soit arrivé au P.M.H.

Le rapport entre la fraction de course correspondant au refoulement et la course totale du piston de pompe est assez variable. (voir tableau plus loin). Le débit maximum réel des pompes est généralement supérieur au maximum pour lequel on les règle sur chaque moteur, ce réglage dépendant des caractéristiques du moteur. Il est déterminé par le régulateur.

En pratique, on trouve souvent, entre la course effective de débit pleine charge, pour un moteur donné, et la course totale du piston, un rapport $\leq 1/4$.

De sorte que le déplacement du piston de pompe et la cylindrée unitaire du moteur sont dans un rapport $\leq 1/5000$ à $1/5500$.

Ceci permet dans une certaine mesure, de choisir la pompe pour un moteur donné.

Les pompes se font naturellement en plusieurs diamètres et courses de piston. Exemple :

Bosch. — Diamètre 4 et 6 mm, course 7 mm; diamètre 6 à 10 mm, course 10 mm; diamètre 11 et 12 mm, course 12 mm.

P.M. — Diamètre 6 à 10 mm, course 10 mm; diamètre 10 à 16 mm, course 13 et 15 mm.

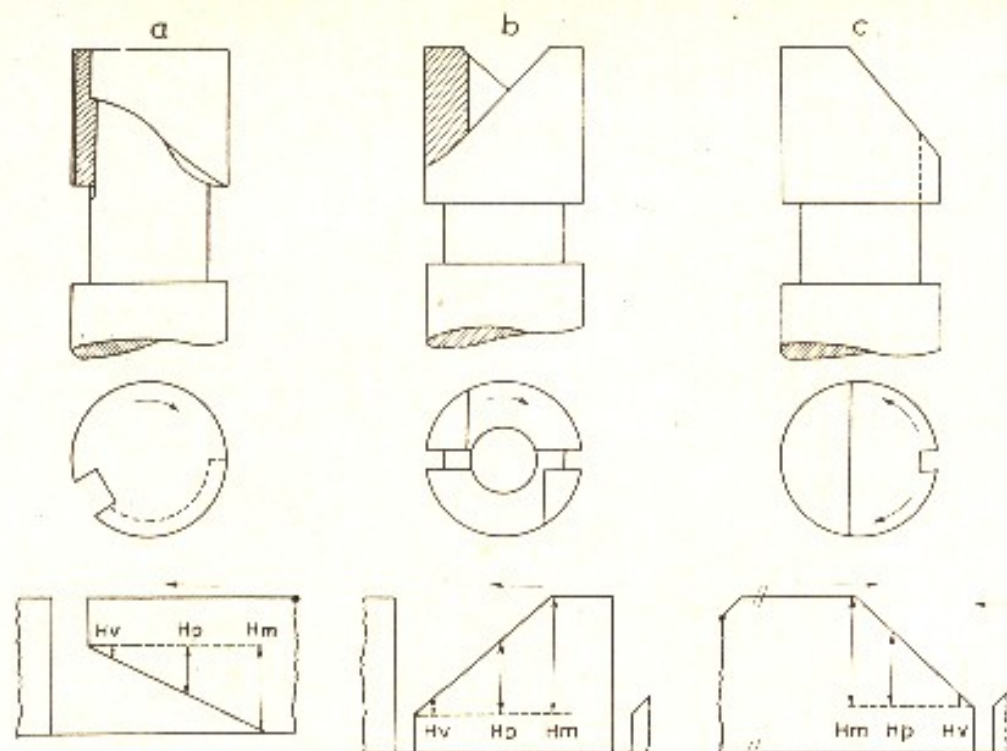
Scintilla. — Diamètre 4 à 8 mm, course 7 mm; diamètre 6 à 10 mm, course 10 et 12 mm.

Comme il a été indiqué précédemment, le débit D est fonction de la hauteur H de la partie pleine du piston se trouvant devant l'orifice d'arrivée du combustible dans le cylindre de pompe. La figure représente le développement de cette surface, limitée par le haut du piston et l'arête supérieure de l'entaille (a) ou, dans certains cas, par une rampe inclinée prati-

Tableau indiquant les débits maxima et les déplacements du piston de différentes pompes (Le déplacement du piston représente le volume engendré par la course totale du piston.)

Diamètre	Course	Débit D	Déplacement V	Rapport D/V
4	7	30	88	1/2,93
5	7	45	137	1/3,04
6	10	100	283	1/2,83
7	10	135	385	1/2,85
8	10	180	503	1/2,80
9	10	230	636	1/2,78
10	10	280	785	1/2,80
10	13	400	1020	1/2,55
11	12	600	1140	1/1,90
12	12	730	1358	1/1,86
14	12	875	1592	1/1,82
13	12	1050	1845	1/1,75
16	13	1200	2600	1/2,16
16	15	1400	3020	1/2,16

Note. — D et V sont exprimés en mm³.



→ SENS DE ROTATION POUR AUGMENTER LE DÉBIT

Hv, marche à vide. — Hp, pleine charge du moteur. — Hm, débit maximum de la pompe.

quée dans la partie supérieure du piston, et par l'arête supérieure de l'entaille (b), qui peut être, elle aussi, droite ou inclinée. Dans une troisième disposition, on découpe un onglet en haut du piston (c).

Pour une pompe de 10 mm de diamètre et 10 mm de course, nous avons un débit maximum de 280 mm³, ce qui correspond à une course utile de :

$$\frac{280}{10^3 \times 0,785} = 3,57 \text{ mm.}$$

Le rapport entre la course utile et la course totale est naturellement le même que le rapport D/V :

$$\frac{3,57}{10} = \frac{280}{785} = \frac{1}{2,8}$$

La hauteur correspondante H' sera donc égale à 3,57 mm, plus le diamètre de l'orifice, puisque le piston doit obturer celui-ci avant que le refoulement ne puisse commencer.

A chaque degré de rotation du piston correspond une variation de débit

$$v = \frac{0,785 d^3 H}{n}$$

d étant le diamètre, H la course utile à plein débit et n la grandeur de l'arc que l'arête inclinée occupe sur la circonférence.

Comme

$$H = \frac{D}{0,785 d^2}$$

on a :

$$v = \frac{0,785 d^3}{n} \times \frac{D}{0,785 d^2} = \frac{D}{n}$$

Autrement dit, lorsqu'on tourne le piston de pompe d'un degré, on augmente ou l'on diminue le débit de mm³.

Exemple : Pompe de 8 mm de diamètre, 10 mm de course, débit maximum 180 mm³, angle de rotation pour passer du débit minimum au maximum : 90°.

Variation de débit par degré de rotation du piston :

$$v = \frac{180}{90} = 2 \text{ mm}^3.$$

Course effective de refoulement pour le débit maximum de la pompe :

	Diamètre 8,1	Diamètre 8	Écart	
			en mm ³	en %
Débit maximum de la pompe (H=3,6 mm).	185,5	180	5,5	3
Débit pleine charge (H=2,5 mm)	128,75	125	3,75	3
Débit à vide (H=0,5 mm).	25,75	25	0,75	3

$$H = \frac{180}{8^3 \times 0,785} = 3,6 \text{ mm.}$$

Sur le moteur, la pompe sera réglée pour un débit pleine charge inférieur au maximum de 180 mm³, et correspondant à environ 2,5 mm, représentant 1/4 de la course totale du piston. Pour la marche à vide, on aura une course H égale à 2,5 : 5, soit 0,5 mm, le débit à vide étant égal à environ 1/5 du débit pleine charge. Entre la marche à vide et la marche à pleine charge, le piston tournera d'environ 62,5°.

Une différence de 1° entre les positions angulaires de deux pistons se traduit en pleine charge, dans l'exem-

ple choisi, par une différence de débit de 2 mm³, soit 1,6 %. Par contre, dans la marche à vide, l'écart, de même valeur absolue, sera d'une valeur relative beaucoup plus grande et atteindra, pour un débit de 25 mm³ par exemple, le chiffre de 8 %.

Or, un décalage de 0,5 mm seulement du secteur denté sur le manchon entraînant la rotation du piston se traduit par une différence d'environ 4 degrés.

On voit que des différences infimes suffisent à entraîner des débits inégaux d'un cylindre à l'autre et à faire « boiter » le moteur, surtout au ralenti.

Le maximum de différence admis entre les diamètres des pistons d'une même pompe est de 0,1 mm. Nous obtenons, avec deux pistons, dont un de 8 et l'autre de 8,1 mm, les débits suivants :

L'écart varie en valeur absolue avec la charge, mais il reste le même en valeur relative. Il est sensiblement inférieur à celui qui résulterait d'un décalage du pignon sur le manchon.

Nous verrons au chapitre « Réglage » comment on peut égaliser les débits pour les différents cylindres, lorsqu'on se trouve en présence de pistons de pompe de diamètres différents, dans la limite de 0,1 mm indiquée ci-dessus.

Quant au jeu entre piston et cylindre, il ne doit pas dépasser 3 microns. Au-delà, on enregistrera des fuites et une alimentation déséquilibrée du moteur.

LE RÉGULATEUR

LE diesel, comme tout moteur à combustion interne, se caractérise par la variation de sa vitesse de rotation en raison inverse du couple résistant : le moteur ralentit quand ce couple augmente, et il accélère quand le couple diminue. Par suite du poids plus élevé des organes en mouvement, une vitesse de rotation exagérée du diesel peut engendrer des forces d'inertie dangereuses, de sorte que le régime de rotation doit être maintenu en dessous d'une certaine limite fixée par le constructeur.

A l'opposé, la vitesse minimum doit être assez élevée pour que l'injection puisse se faire à une vitesse assurant une pulvérisation satisfaisante du combustible. On sait que le débit de la pompe, à vide, représente environ le cinquième du débit à pleine charge et l'injection s'étend sur un arc de rotation réduit dans les mêmes proportions. Mais il faut tenir compte aussi du fait qu'à vide la vitesse de rotation aussi est plus faible et qu'en conséquence la durée de l'injection est proportionnellement plus longue.

Considérons un moteur dont le régime à pleine charge est de 1.800 t/mn. L'injection s'étend en moyenne sur 30° de rotation du vilebrequin, ce qui représente une durée de

$$\frac{60 \times 30}{1.800 \times 360} = \frac{1}{360} \text{ seconde.}$$

Au ralenti, à vide, que nous supposons être de 400 t/m, l'injection s'étend sur un arc cinq fois plus petit, soit 6°, ce qui donne une durée de

$$\frac{60 \times 6}{400 \times 360} = \frac{1}{400} \text{ seconde.}$$

Parallèlement, la quantité injectée à vide est cinq fois moindre qu'à pleine charge, de sorte que les vitesses d'injection : v à vide et V à pleine charge, seront dans un rapport

$$\frac{v}{V} = \frac{360}{400 \times 5} = \frac{9}{50}$$

Autrement la vitesse d'injection est environ cinq fois plus faible à vide qu'à plein débit. Comme la finesse de pulvérisation est liée à la vitesse d'injection, on comprend qu'elle est moins bonne à vide qu'à plein débit et qu'on ne peut descendre au-dessous d'une certaine limite si l'on veut éviter une combustion incomplète avec formation de dépôts charbonneux.

En outre, pour une position angulaire donnée du piston, certaines pompes débitent moins à faible vitesse qu'à vitesse élevée, de sorte que si, pour une alimentation donnée, la vitesse du moteur vient à baisser par suite d'une augmentation du couple résistant, le débit de la pompe aussi diminue et le moteur risque de caler. Il faut donc qu'à mesure que la vitesse du moteur diminue le débit de la pompe puisse être augmenté pour maintenir toujours une alimentation suffisante.

Ce maintien du régime du moteur entre un minimum et un maximum de vitesse donnés est assuré par le régulateur. Celui-ci est généralement du type centrifuge comportant soit des masselottes pivotant autour d'un axe, soit des billes logées dans une cuvette, et dont le déplacement, par un jeu de renvois appropriés, fait varier la position angulaire du ou des pistons de pompe dans le sens voulu.

Ainsi quand, sous l'action de la force centrifuge, les masselottes ou

les billes s'écartent, les pistons tournent dans le sens de la diminution de débit; inversement, lorsqu'elles se rapprochent du centre, les pistons tournent dans le sens de l'augmentation de débit. De cette façon le régime de rotation est maintenu entre deux limites : une inférieure et une supérieure; ceci à l'aide d'un seul appareil appelé régulateur à minimum et maximum.

Régulateur à masselottes

La réalisation la plus courante est constituée comme suit (fig. 1) :

Sur l'arbre à cames de la pompe est claveté un moyeu S muni de deux axes A disposés radialement l'un dans le prolongement de l'autre. Sur chaque axe est montée une masselotte centrifuge M. Ces masselottes comportent un alésage dans lequel sont logés plusieurs ressorts, concentriquement à l'axe A et prenant appui sur une rondelle-butée réglable montée en bout de l'axe. Chaque masselotte agit sur un levier de sonnette L, articulé sur le moyeu en a, et dont l'autre branche, terminée en chape, coiffe un axe E solidaire d'un coulisseau C porté par le moyeu, dans le prolongement de l'arbre de pompe. Ce coulisseau est pourvu d'une gorge circulaire qui reçoit la chape d'un levier droit I, relié à la crémaillère.

Quand les masselottes, sous l'ac-

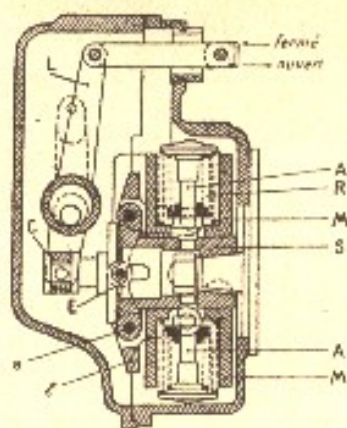


Fig. 1. — Coupe du régulateur Bosch.

tion de la force centrifuge, s'écartent, elles font pivoter les leviers de sonnette *L* qui déplacent le coulisseau *C* vers la droite et le levier *L* pivote à gauche, entraînant la crémaillère qui commande les pistons.

Dès que la vitesse diminue, les masselottes se rapprochent du centre; les différentes pièces se déplacent en sens inverse et la crémaillère est repoussée vers la droite, faisant tourner les pistons dans le sens plein débit.

Le levier *L* est du type flottant et soumis à la fois à l'action du régulateur et à celle de l'accélérateur. Commandé par le régulateur, il fonctionne en levier du premier genre, le point d'appui *P* étant situé entre les points d'application de la force et de la résistance. Commandé par l'accélérateur, il fonctionne en levier du troisième genre : le point d'application de la force étant situé entre le point d'appui et la résistance. A cet effet, l'accélérateur agit sur un axe à excentrique sur lequel est monté le levier (fig. 2 a et 2 b).

Tant que le moteur tourne à une vitesse constante, la position du coulisseau *C* ne varie pas, et le point *P* est fixe. Pour augmenter la vitesse du moteur, nous agissons sur l'accélérateur relié par une tringle à un levier en bout de l'axe à excentrique. Nous faisons ainsi tourner cet axe vers la droite et le levier *L* se déplace vers la droite autour de *P* comme point d'appui. La crémaillère est poussée à droite vers la position plein débit (fig. 2 a).

Si, dans cette nouvelle position de l'accélérateur, le couple résistant diminue, le moteur accélère : les masselottes s'écartent et le coulisseau sera tiré vers la droite et le levier *L* pivotera à gauche autour de l'excentrique devenu point d'appui *P*. La crémaillère est ramenée vers la gauche, c'est-à-dire la position stop (fig. 2 b).

L'écartement des masselottes en fonction de la vitesse de rotation

est réglé par les ressorts qui sont judicieusement tarés pour éviter le pompage du régulateur. On prévoit pour chaque masselotte plusieurs ressorts qui agissent séparément et successivement. Le ressort extérieur est assez mou et agit seul sur sa masselotte quand le moteur tourne au ralenti. Sa tension est juste suffisante pour empêcher l'écartement des masselottes. Une diminution de cette tension permettrait aux masselottes de s'écarter et d'amener la crémaillère à la position débit nul. Le moteur s'arrêterait. Une tension accrue ferait tourner le moteur trop vite. Dans les régimes normaux, le ressort extérieur est le seul à agir sur les masselottes. Il appuie en effet directement sur la base de la masselotte et permet à celle-ci un certain écartement avant qu'elle ne vienne buter contre le ou les ressorts intérieurs. Ceux-ci sont généralement au nombre de deux et appuient sur une rondelle en butée sur un épaulement de l'axe et placée à une certaine distance de la base de la masselotte.

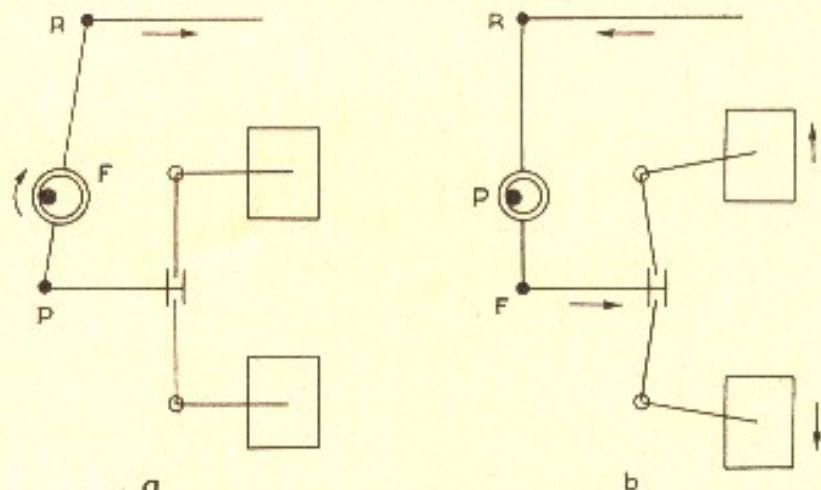


Fig. 2. — Action du régulateur et de l'accélérateur sur la crémaillère.

Dès que la puissance développée par le moteur dépasse la puissance exigée par le couple résistant, le moteur accélère, les masselottes s'écartent et après avoir comprimé le ressort extérieur, viennent buter contre les ressorts intérieurs. Elles continuent à s'écarter et à diminuer le débit jusqu'à ce que la vitesse du moteur soit descendu à régime donnant la puissance suffisante pour vaincre la résistance, rétablissant ainsi l'équilibre.

De même, si par le déplacement de la crémaillère à l'aide de l'accélérateur on envoie dans le moteur une quantité de combustible supérieure à celle qui est nécessaire pour faire tourner le moteur dans la limite de la vitesse pour laquelle il est réglé, les ressorts intérieurs

se compriment et la crémaillère est ramenée vers le stop, d'où diminution de débit.

Soulignons en passant que le régulateur est absolument inopérant pour empêcher le moteur de tourner au-dessus de son régime maximum, quand il est entraîné par le véhicule dans une descente.

Les régulateurs équipant les pompes Bosch, Lavalette, P.M., Scintilla et autres sont conçus selon le même principe et diffèrent surtout par des détails de réalisation.

La zone de vitesse contrôlée par le régulateur dépend de la tension des ressorts qui est réglable à l'aide d'un écrou vissé sur l'extrémité de chaque axe *A* et qui sert de butée aux rondelles d'appui des ressorts. En vissant l'écrou, on augmente donc la tension des ressorts, on freine ainsi l'écartement des masselottes et leur action dans le sens de la diminution du débit de la pompe.

L'ensemble du mécanisme régulateur est enformé dans un carter accolé au corps de pompe et dans lequel est prévu un bouchon de

regard, par lequel on peut régler les ressorts. Mais pour éviter que les conducteurs ne cèdent à la tentation d'augmenter la puissance de leur moteur par une modification du réglage initial, le carter est normalement plombé. En retardant l'action du régulateur, on fournit non seulement, à certains moments, plus de combustible au moteur qu'il n'en peut brûler normalement — d'où combustion incomplète, encrassement et fumée — mais on risque également de le faire tourner à des vitesses supérieures au régime-limite prévu, ce qui peut provoquer de graves accidents mécaniques.

La liaison entre le levier droit *L* et la crémaillère est assurée par une tige à chape dont la longueur

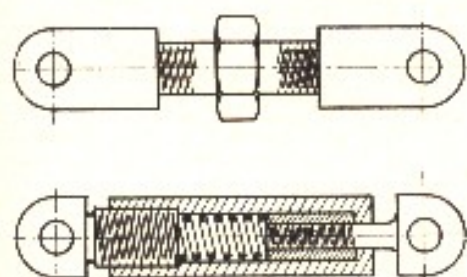


FIG. 3. — En haut : Tige réglable par six-pans. — En bas : Tige élastique.

est réglable. La tige peut comporter par exemple deux filetages à pas contraire, se vissant chacun dans une chape, de sorte qu'en tournant la tige, à l'aide du six-pans prévu entre les parties filetées, on augmente ou l'on diminue la longueur utile de la tige (P.M.) (fig. 3 en haut).

Une autre disposition se caractérise par une tige creuse à l'intérieur de laquelle se place un ressort hélicoïdal appuyant contre une douille solidaire de la chape reliée à la crémaillère. Si les masselottes, lors d'une baisse subite de régime, se rapprochent brusquement, le levier L comprime d'abord le ressort, dont la détente pousse ensuite la crémaillère dans le sens plein débit (fig. 3 en bas).

Pour la mise en route du moteur, on met la crémaillère toujours à la position plein débit. Mais la vitesse à laquelle le démarreur entraîne le moteur est trop faible pour que le régulateur puisse limiter le débit de la pompe. Aussi prévoit-on une butée pour limiter le déplacement de la crémaillère et pour empêcher que le moteur ne reçoive plus de combustible qu'il n'en peut brûler. Cette butée de départ est réglable. En outre, une butée latérale sur le carter du régulateur limite

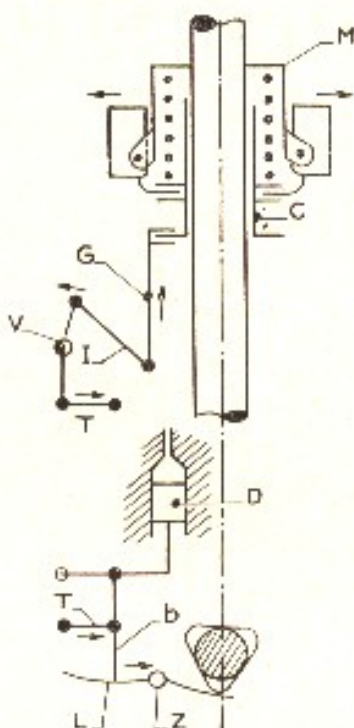


FIG. 4. — Schéma de régulateur Cummins.

l'amplitude de déplacement du levier L. Nous en parlerons plus loin, au chapitre « Réglages ».

Le régulateur équipant les pompes Cummins agit sur la bielle b commandant le piston doseur D, dont la course est plus ou moins grande, suivant que l'extrémité inférieure de la bielle est plus ou moins éloignée du point d'articulation Z du levier L commandé par l'arbre de pompe (fig. 4).

Le régulateur monté sur l'arbre de pompe fonctionne comme le montre le schéma. Les masselottes sont articulées sur un manchon M solidaire de l'arbre et font coulisser

un manchon C concentrique. Ce dernier est relié à un axe guidé G qui se déplace dans le même sens que le manchon C. L'axe G, par l'intermédiaire d'une tringle I, commande la rotation de l'axe vertical V, relié par la tige T à la bielle b. L'axe V est monté lui-même sur un excentrique d'un arbre vertical dont la rotation est commandée par l'accélérateur. Nous retrouvons donc ici le principe du levier flottant exposé plus haut.

Régulateurs à billes

On trouve ceux-ci sur les pompes CLM et Renault. Dans le dispositif CLM (fig. 5), les billes sont placées entre un disque plat solidaire de l'arbre d'entraînement de la pompe et une cloche conique. Des rainures radiales sont prévues pour le guidage des billes. Celles-ci, qui se trouvent près du centre quand le moteur tourne lentement, s'écartent sous l'effet de la force centrifuge dès que la vitesse augmente et provoquent ainsi le soulèvement de la cloche. Sur la face extérieure, c'est-à-dire supérieure de cette dernière, roule un galet porté par un doigt horizontal solidaire d'un axe vertical. Sur cet axe est enroulé un ressort hélicoïdal accroché d'une part à l'axe et d'autre part au support de celui-ci. Ce ressort tend constamment à tourner l'axe de telle sorte que le galet se place près du sommet de la cloche. A son extrémité supérieure, l'axe est muni d'un bras commandant une tringle qui fait tourner les pistons de pompe dans le sens voulu.

A mesure que l'écartement des billes provoque le soulèvement de la cloche, le galet se déplace vers

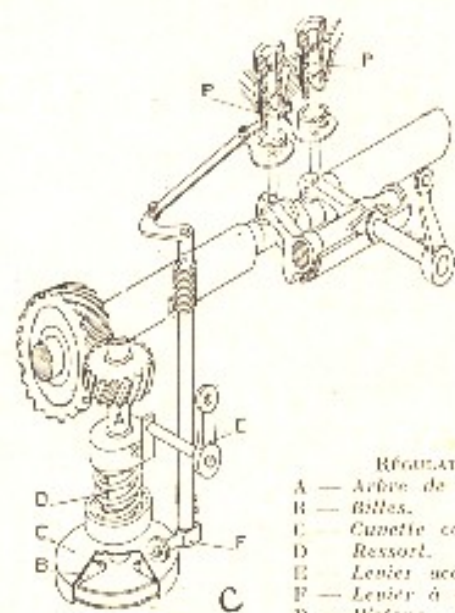
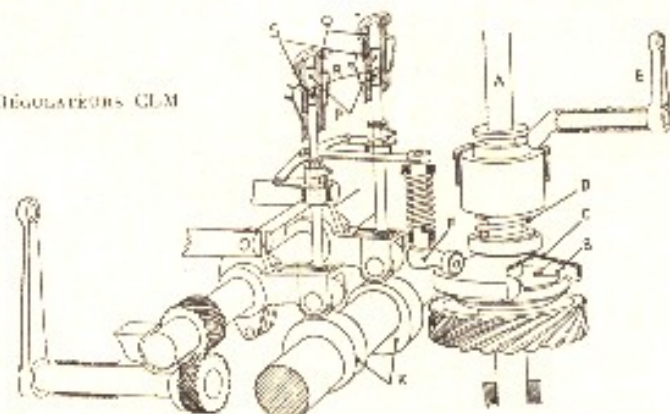


FIG. 5. — Régulateurs CLM.



RÉGULATEUR CM

- RÉGULATEUR LG
- A — Arbre de régulateur.
 - B — Billes.
 - C — Cupette conique.
 - D — Ressort.
 - E — Levier accélérateur.
 - F — Levier à galet.
 - P — Pistons.

- A — Arbre de régulateur.
- B — Billes.
 - C — Cupette conique.
 - D — Ressort.
 - E — Levier accélérateur.
 - F — Levier à galet.
 - K — Cames.

- P — Piston de pompe à combustible.
- Q — Corps de pompe.
- R — Rampe inclinée du piston.
- S — Orifice de décharge.

la périphérie, faisant ainsi tourner l'axe dont la rotation entraîne celle des pistons de pompe, et le débit diminue.

Quand la cloche redescend, le ressort ramène le galet vers le sommet, ce qui détermine une rotation des pistons de pompe dans le sens d'une augmentation de débit.

La conjugaison du régulateur avec l'accélérateur est assurée par une douille servant de butée au ressort antagoniste placé au-dessus de la cloche. Cette douille peut être déplacée verticalement par un levier relié à l'accélérateur. En appuyant sur la pédale d'accélérateur, on fait descendre la douille, ce qui augmente la tension du ressort antagoniste et freine la montée de la cloche.

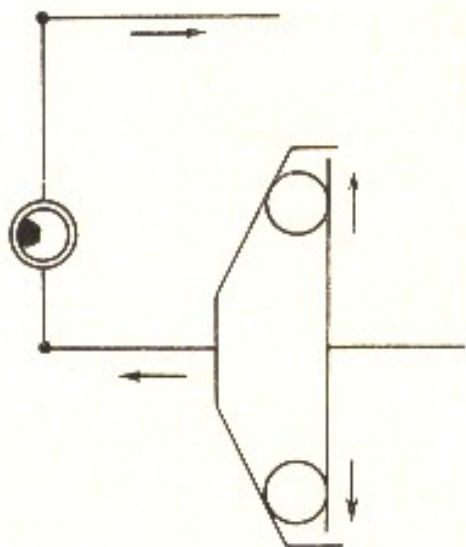


FIG. 6. — SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT DU RÉGULATEUR RENAULT.

Dans le dispositif Renault, les billes agissent de la même façon sur le déplacement d'un plateau, mais l'ensemble est placé dans un plan vertical, puisque l'arbre de pompe est horizontal. Le plateau, en se déplaçant axialement, remplit donc le même office que le coulisseau des régulateurs à masselottes, en agissant sur un levier flottant monté sur l'excentrique de l'arbre commandé par l'accélérateur, avec cette différence toutefois que la crémaillère se déplace en sens contraire, comme le montre le schéma (fig. 6).

Régulateur de débit

Pour les moteurs devant tourner à vitesse constante tout en développant une puissance variable suivant le couple résistant (tracteurs, moteurs marins), la Précision Mécanique (P.M.) a créé un régulateur avec lequel on fait varier la vitesse de fonctionnement par variation de

la tension d'un ressort antagoniste s'opposant à l'écartement des masselottes (fig. 7).

L'appareil comporte trois parties essentielles :

1° Le régulateur proprement dit, formé par un croisillon portant quatre masselottes centrifuges M. Ce croisillon tourne à 3,8 fois la vitesse de l'arbre de pompe, grâce à un train multiplicateur à engrenages hélicoïdaux. L'écartement des masselottes provoque le déplacement axial d'une tige avec butée à billes.

2° Le système de commande de la crémaillère : la tige Q appuie par une rotule P sur un levier à fourche F libre sur l'axe O. Ce levier est relié à la crémaillère par une chape E. Il comporte en outre un bossage T contre lequel agit un levier L pour ramener la crémaillère au stop.

Le levier F est soumis à l'action d'un ressort V appelé ressort de vitesse, par l'intermédiaire d'un levier G également libre sur l'axe O. La course de ce dernier est limitée par une butée réglable K.

3° Le dispositif de réglage de vitesse : le ressort V est solidaire d'une part du levier G et d'autre part d'une bielle U clavetée sur l'axe N commandé par le levier d'accélération S. Une butée à oreilles, fixée sur le carter l'appareil, limite la rotation de l'axe N et la tension maximum du ressort V, donc aussi la vitesse maximum du moteur.

Le fonctionnement est le suivant :

A l'arrêt, le ressort V n'est pas tendu. Un petit ressort Z applique le levier F sur la rotule P et maintient la crémaillère sur la butée de surcharge, cette dernière correspondant au jeu entre les faces de contact des leviers F et G. A la mise en route, on met l'accélérateur à la position de vitesse maximum, ce qui a pour effet de tendre le ressort V. Aussitôt que le moteur tourne, les masselottes s'écartent et poussent le levier F vers la droite, ce qui élimine la surcharge et entraîne la crémaillère vers le stop. L'accélérateur étant ramené à la position de ralenti, le ressort V se détend ; le ralenti est réglé suivant le cas par une butée à l'extérieur du carter, soit par un ressort R fixé d'une part sur l'axe N et d'autre part au levier G.

Pour la marche normale, on amène l'accélérateur à la position correspondante, ce qui tend le ressort et fait pivoter les leviers G et F dans le sens d'une augmentation de débit. La vitesse augmente alors jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse entre l'action des masselottes et la tension du ressort V. Si le couple résistant diminue, la vitesse du moteur tend à augmenter, d'où accroissement de la force centrifuge des masselottes, qui, agissant sur le levier F, ramènent la crémaillère vers le stop. Inversement, quand la charge augmente, la vitesse et la force centrifuge tendent à diminuer,

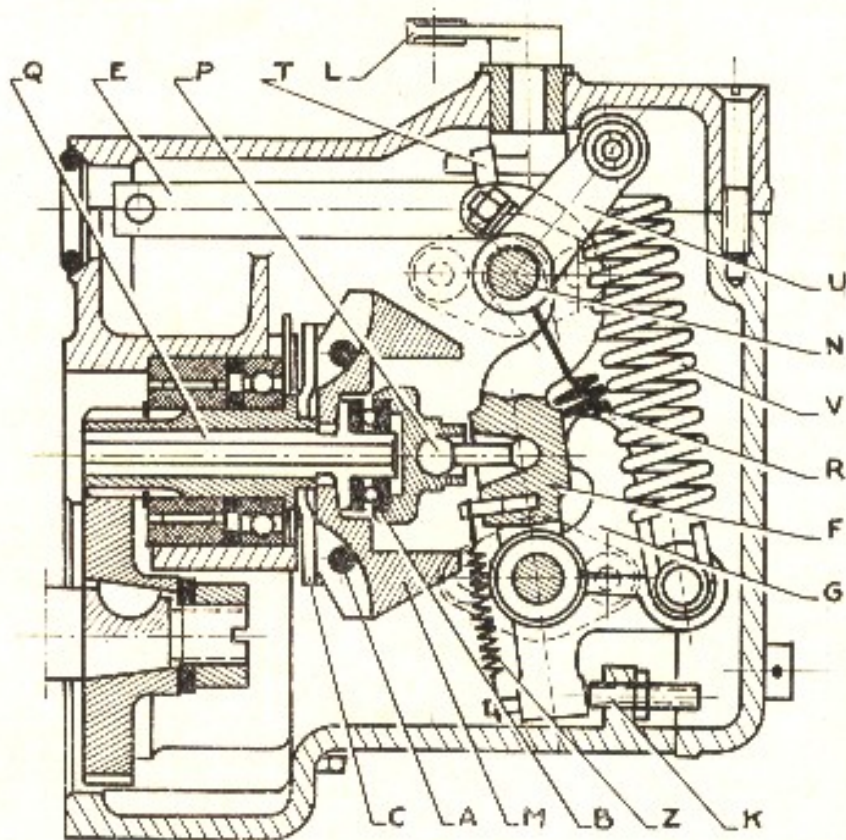


FIG. 7. — RÉGULATEUR DE DÉBIT PM (type P2 et P3).

l'action du ressort devient prépondérante et les leviers G et F, ainsi que la crémaillère sont déplacés dans le sens de l'augmentation de débit. La variation de vitesse, pour une position déterminée de l'accélérateur, est de l'ordre de 4 à 10 %, suivant le régime.

Dans certains cas, la liaison entre le levier F et la crémaillère peut être élastique, pour augmenter la stabilité du ralenti.

Régulateurs à dépression

Ces appareils permettent de proportionner le débit de la pompe au couple résistant, pour toutes les allures comprises entre le minimum et le maximum. Leur principe est basé sur l'utilisation de la dépression qui règne dans la pipe d'admission en aval d'un volet commandé par la pédale d'accélérateur.

L'appareil Bosch est constitué pour un boîtier accolé à la pompe d'injection et séparé en deux compartiments par une membrane solide de la crémaillère. Dans un des compartiments est placé un ressort qui pousse la membrane avec la crémaillère vers la position plein débit. Ce même compartiment communique par une tubulure avec un venturi placé dans la pipe d'admission où est monté un volet d'air.

Quand ce volet est grand ouvert et que le moteur tourne lentement, la dépression dans la pipe d'admission est très faible; l'action du ressort étant prépondérante, la crémaillère est poussée vers la gauche, ce qui entraîne une augmentation de débit. A mesure que le moteur accélère, la dépression augmente, elle finit par dépasser la tension du ressort et la crémaillère est rappelée vers la droite, d'où diminution de débit (fig. 8).

La dépression dans la pipe diminue à mesure qu'on ouvre le volet d'air, et pour une position donnée de celui-ci, elle varie dans le même sens que la vitesse de rotation : elle

augmente quand le moteur accélère et diminue quand il ralentit.

Or nous avons vu que la diminution de la dépression a pour conséquence une augmentation du débit de la pompe. On comprend dès lors que si en cas de résistance accrue — en montant, par exemple, une côte — la vitesse du moteur tend à diminuer, ce ralentissement est compensé automatiquement par une augmentation de débit. Inversement, si pour une position donnée du volet le moteur arrive à tourner plus vite, la dépression augmente et la crémaillère est ramenée en arrière.

Pour l'arrêt, une tirette au tableau permet d'amener la crémaillère à la position stop ou débit nul.

Lors de la mise en route, la dépression est très faible, le ressort pousse la crémaillère à l'extrême gauche, contre une butée de surcharge réglable. Certains appareils comportent une butée de ralenti.

Dans le dispositif P.M., la membrane est remplacée par un piston qu'un ressort pousse en direction plein débit. Le boîtier est séparé par une cloison rigide en deux compartiments, dont chacun est en communication, par une canalisation distincte, avec la pipe d'admission, débouchant l'une en aval et l'autre en amont du volet monté dans la pipe. Ainsi quand le volet est fermé il n'y a pas de communication entre les deux chambres (fig. 9).

Dans la cloison de séparation est placé un correcteur constitué par un pointeau P se déplaçant dans une douille et permettant de faire communiquer directement les deux compartiments.

Ce régulateur fonctionne de la manière suivante : Pour une position donnée du volet, c'est-à-dire de la commande d'accélération, la dépression dans la pipe d'admission se transmet par la tubulure 1 à la chambre D, et le piston avec la crémaillère est tiré vers la droite (voir schéma), d'où diminution de débit, jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre la dépression et le ressort. Si la vitesse augmente, sans

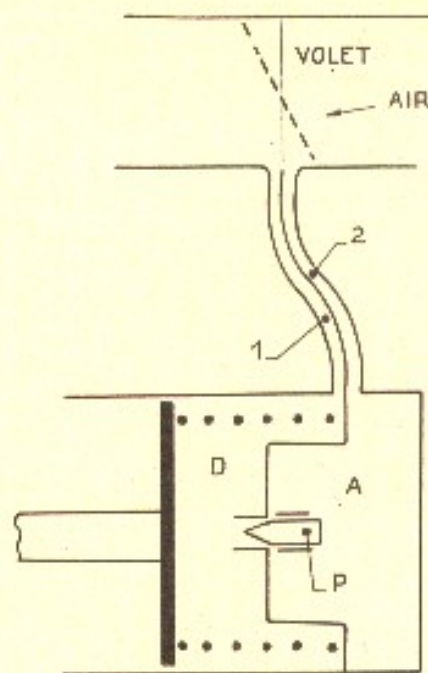


FIG. 9. — RÉGULATEUR À DÉPRESSION P.M. (schéma).

que la position du volet soit modifiée, la dépression augmente également et la crémaillère est à nouveau déplacée vers le stop, jusqu'à ce que l'équilibre se rétablisse. Inversement, une augmentation du couple résistant, obligeant le moteur à ralentir, diminue la dépression et le ressort pousse la crémaillère vers plein débit. A chaque position du volet correspond donc une vitesse de régime, légèrement plus faible en charge qu'à vide, les différentes positions d'équilibre du piston étant variables suivant la charge du moteur.

Le correcteur a pour but d'éviter les oscillations de vitesse lors des déplacements de la crémaillère autour d'une position d'équilibre. (Ces déplacements sont d'autant plus importants, pour une variation de vitesse donnée, que celle-ci se produit à régime ou à charge plus faible.) Ce résultat est obtenu comme suit : Dans la chambre A et la tubulure 2 il règne une dépression à peu près constante, et inférieure à celle de la tubulure 1 et de la chambre D. En mettant la chambre D en communication avec la tubulure 2, on provoque un écoulement entre 1 et 2 qui dépend de la position du volet et de la grandeur de la section de passage entre le pointeau P et la douille dans la cloison. De cette façon, les variations de dépression dans la tubulure 1 sont atténuées.

Le volet de prise d'air de la pipe d'admission peut se déplacer entre deux butées réglant l'une la vitesse de ralenti et l'autre la vitesse maximum du moteur.

Cette dernière correspond à la plus grande ouverture du volet.

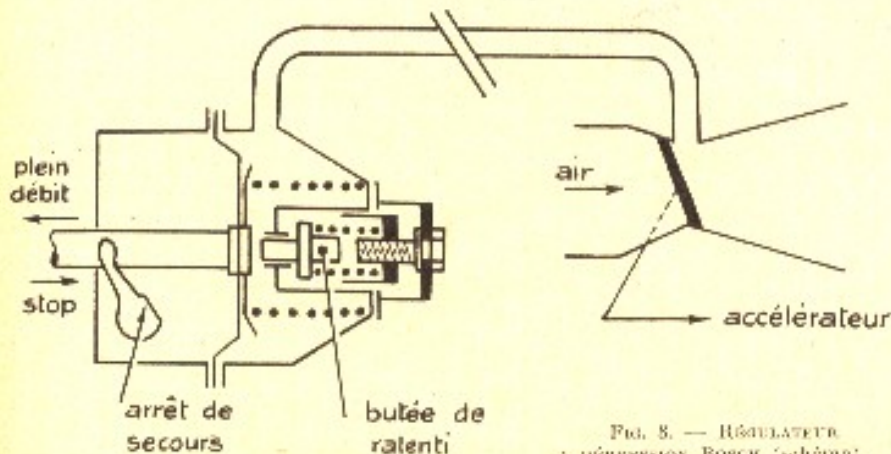


FIG. 8. — RÉGULATEUR À DÉPRESSION BOSCH (schéma).

VARIATION DE L'AVANCE A L'INJECTION

DANS le diesel comme dans le moteur à essence, la combustion doit s'effectuer en un temps d'autant plus court que le moteur tourne plus vite. D'autre part, pour une charge donnée, le moteur tourne d'autant plus vite que la quantité de combustible injectée est plus grande. Pour que cette charge ait le temps de brûler complètement et de fournir du travail utile, il faut donc provoquer son inflammation plus ou moins tôt. Le moment d'inflammation dépend évidemment du moment d'injection, puisque le combustible commence à brûler — au délai d'allumage près — lorsqu'il arrive en contact avec l'air préalablement comprimé et chauffé.

Dans de nombreux cas, on fait donc varier l'avance à l'injection en fonction du débit et de la vitesse de rotation. Cette variation peut être réalisée de plusieurs façons. Elle peut être obtenue par exemple par la forme même du piston. Nous avons vu que le refoulement, c'est-à-dire l'injection, commence dès que le piston de pompe obture l'orifice d'entrée du combustible. Si l'arête supérieure du piston est droite, cette obturation se fait toujours au même moment, à un même point de la course du piston, quel que soit le débit, mais l'injection finit plus ou moins tôt, suivant le débit.

Si au contraire l'arête supérieure est inclinée, l'injection commence d'autant plus tôt que le débit est plus grand, l'obturation se faisant par la partie haute de l'arête. C'est ce qui est réalisé entre autres avec le piston Auto-avance de la Précision Mécanique. Par contre, la fin d'injection a toujours lieu au même moment.

Quelquefois, les deux arêtes de la partie pleine du piston sont inclinées, mais en sens contraires; en ce cas, à mesure que le débit augmente, l'injection commence plus tôt et finit plus tard.

Un autre moyen d'obtenir la variation automatique de l'avance à l'injection consiste à munir la pompe d'un dispositif automatique analogue, dans les grandes lignes, à l'avance automatique des allumeurs pour moteurs à essence, dont ils diffèrent toutefois par les dimensions et la robustesse, car il faut vaincre des

résistances infiniment plus grandes. Ces appareils réalisent, par le jeu de masses centrifuges et de rainures inclinées, un décalage en avant de l'arbre de pompe par rapport à l'arbre d'entraînement. Notre figure 1 représente un dispositif de ce genre (P.M.).

Sur un plateau d'entraînement 1276 sont prévues deux broches solidaires de taquets 1283 qui coulisseront dans les rainures inclinées des masselottes A. Ces masselottes peuvent se déplacer radialement le long des deux axes 1312 d'un croisillon. Leur déplacement est freiné par des ressorts R.

Un plateau 1277, solidaire de l'arbre de pompe, est également muni de deux broches dont les taquets coulisseront dans deux autres rainures des masselottes.

Sous l'effet de la force centrifuge, les masselottes s'écartent et compriment les ressorts R. En raison de l'inclinaison des rainures, les taquets s'écartent aussi et comme ils sont solidaires les uns du plateau entraîneur, les autres du plateau de l'arbre de pompe, ils font tourner ces plateaux l'un par rapport à l'autre, décalant ainsi l'arbre de pompe par rapport à l'arbre d'entraînement.

L'angle d'inclinaison est très faible, pour rendre le système irréversible et pour éviter que les chocs produits par les injections successives ne provoquent un décalage en sens opposé. Quant aux ressorts, ils sont à flexibilité variable, pour compenser l'augmentation de la force centrifuge due à l'éloignement du centre de gravité des masses par rapport à l'axe de rotation.

La variation totale de l'avance dépend uniquement de l'inclinaison des rainures : plus celles-ci sont incli-

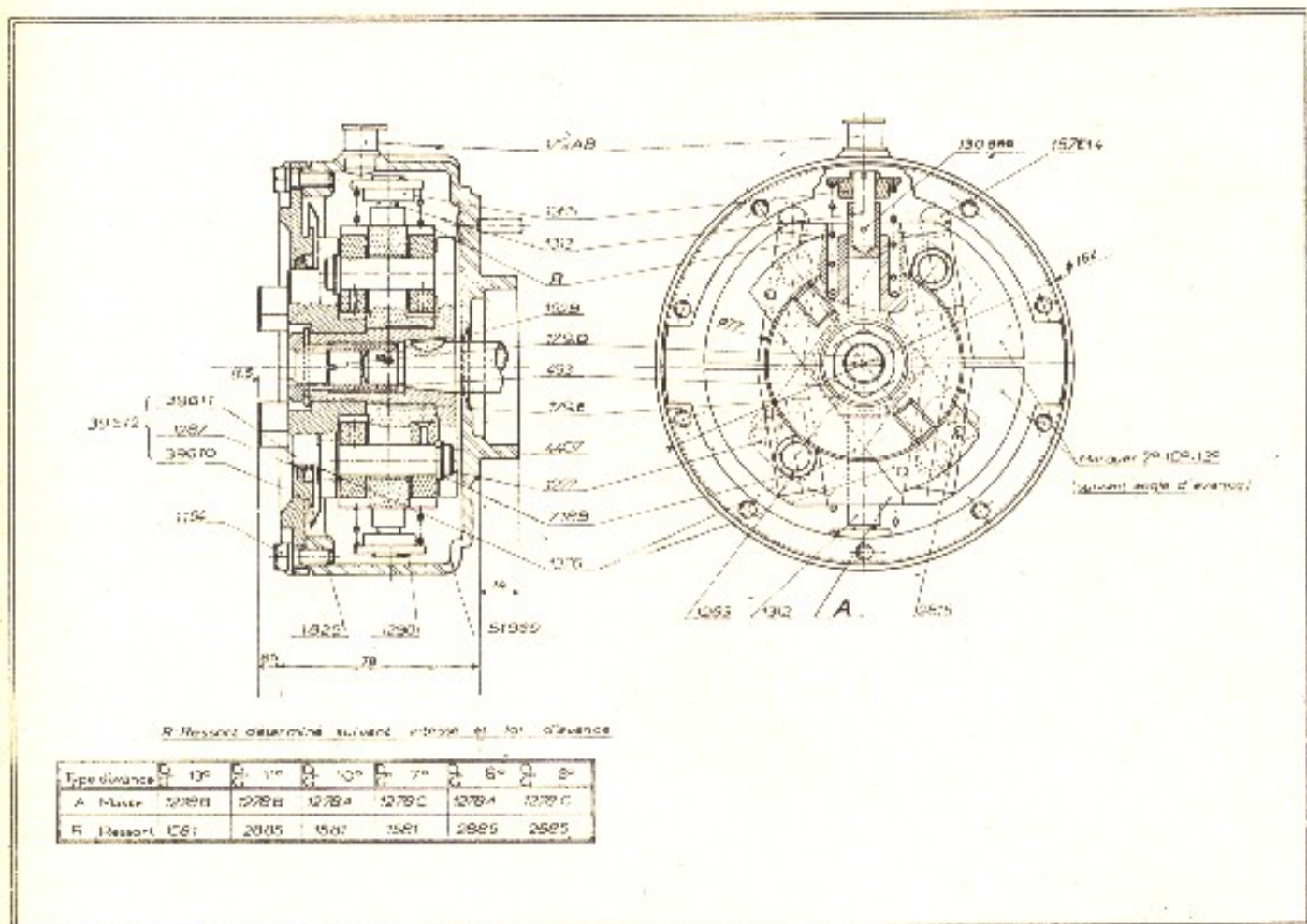


FIG. 1. — DISPOSITIF D'AVANCE AUTOMATIQUE.

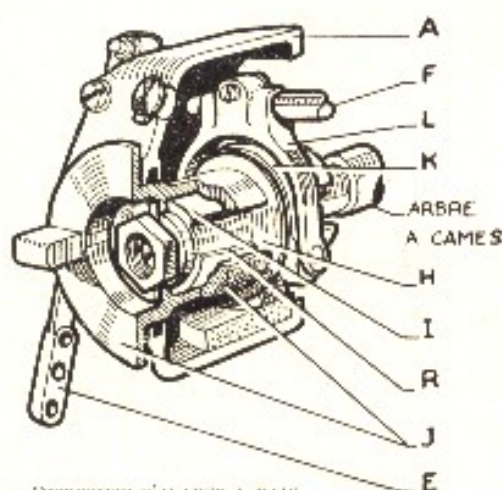


FIG. 2. — DISPOSITIF D'AVANCE À MAIN.

nées, plus l'avance totale est grande. La courbe d'avance au contraire, c'est-à-dire la variation en fonction de la vitesse, dépend du poids des masselottes et de la flexibilité des ressorts.

La disposition relative des plateaux dépend du sens de rotation de la pompe, de sorte que ces variateurs se font en deux versions : pour rotation à gauche et pour rotation à droite.

L'angle maximum du type série est de 5° à la pompe, soit 10° au moteur; toutefois, par une combi-

naison appropriée des ressorts et des masselottes (deux types de ressorts et trois types de masselottes) six courbes d'avance différentes avec des maxima de 5, 6, 7, 10 et 13° peuvent être réalisés.

Le troisième moyen de varier l'avance est l'emploi d'un correcteur à main (fig. 2). Celui-ci se monte du côté entraînement de la pompe, comme l'avance automatique. Le décalage en avant de l'arbre de pompe est obtenu par déplacement axial d'une bague H pourvue intérieurement de deux ergots, A l'intérieur de cette bague se trouvent deux manchons : un, I, claveté sur l'arbre de pompes et pourvu de deux rainures hélicoïdales diamétralement opposées, l'autre, J, solidaire de l'entraînement et pourvu de deux rainures droites. Chaque ergot de la bague est engagé à la fois dans une rainure du manchon J et une rainure du manchon I. En déplaçant la bague axialement, à l'aide du levier E commandant l'axe F avec la fourche L, on fait tourner le manchon intérieur I avec l'arbre de pompe par rapport au plateau d'entraînement.

Les rainures du manchon d'entraînement peuvent également être inclinées, mais d'un angle différent de celui des rainures du manchon entraîné.

Le décalage ou variation maximum d'avance est de 8 ou 12° sur l'arbre de pompe, suivant le type, ce qui correspond à une variation d'avance de 16 ou 24° sur le vilebrequin.

Pour le sens de la variation d'avance, qui dépend du sens de rotation de la pompe, on se reportera au chapitre « Réglages ».

LES INJECTEURS

L'INJECTEUR doit remplir une double fonction :

- a) diviser le combustible en fines gouttelettes ;
- b) assurer une répartition judicieuse de celles-ci dans l'air comprimé.

Pour obtenir la pulvérisation voulue, plusieurs procédés ont été employés successivement ; le plus répandu aujourd'hui consiste à faire passer le jet par une soupape à aiguille (fig. 1). Le combustible arrive sous pression par un canal latéral dans un espace annulaire, sous une partie plate ou conique de l'aiguille formant soupape et que la pression soulève de son siège. Le liquide passe alors à travers un ou plusieurs trous dont la forme, le nombre et le diamètre varient suivant les types de moteurs.

On distingue les injecteurs ouverts et les injecteurs fermés.

Injecteurs ouverts

Ceux-ci sont en principe de simples bouchons percés d'un trou très fin. Ils se caractérisent par leur simplicité et l'on fait valoir en leur faveur qu'il n'y a pas de perturbation à redouter en cas de présence de bulles d'air dans la canalisation, ces bulles pouvant s'échapper par l'injecteur. (Dans le type fermé, ces bulles sont emprisonnées dans la canalisation où elles se compriment lors du refoulement par la pompe, sans que toutefois la soupape s'ouvre, d'où fonctionnement irrégulier du moteur.) La soupape étant absente, il n'y a pas non plus de fuite à craindre de ce côté (fig. 2).

Par contre, la pression d'injection étant relativement faible, notamment au début et à la fin de l'injection — en raison de la faible vitesse du piston de pompe — la pulvérisation est moins bonne. Toutefois, cet inconvénient disparaît avec les pompes où le refoulement ne commence que lorsque le piston a

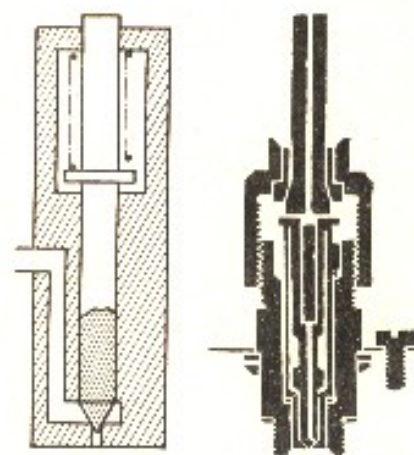


Fig. 1. — (À gauche) Coupe schématisée d'un injecteur à aiguille.

Fig. 2. — (À droite) Coupe d'un injecteur ouvert (G.M.).

déjà effectué une partie de sa course et où la décharge a lieu brusquement, avant que le piston ait terminé sa course, donc à un moment où il est encore animé d'une grande vitesse, ce qui est le cas pour la

presque totalité des pompes employées actuellement.

Avec l'injecteur ouvert, l'injection commence dès que la pression de la colonne liquide dépasse la pression dans le cylindre.

Injecteurs fermés

La commande de la soupape, c'est-à-dire le soulèvement de l'aiguille, peut se faire par voie hydraulique (cas le plus fréquent) ou par voie mécanique.

Dans le premier cas, c'est la pression du liquide dans la canalisation de refoulement qui agit sur la soupape ; celle-ci s'ouvre dès que la pression atteint une valeur supérieure à la tension du ressort.

Une particularité de l'injecteur à soupape hydraulique est le délai d'injection, c'est-à-dire l'intervalle de temps entre le moment où la pompe commence à refouler et le moment où la soupape s'ouvre. Ce délai est dû à la compressibilité du liquide et à l'élasticité des canali-

sations. Il est d'autant plus important, que la pression d'ouverture déterminée par la tension du ressort de l'aiguille est plus élevée (cette tension est généralement réglable) et que les canalisations sont plus longues.

Avec l'injecteur à commande mécanique, c'est l'action d'une came qui soulève l'aiguille au moment opportun. Ces appareils sont utilisés dans le cas où il n'y a qu'une pompe unique pour tous les cylindres, la répartition du combustible étant assurée par un distributeur.

Durée de l'injection

Elle s'étend en moyenne sur 25 à 30 degrés de rotation du vilebrequin, à plein régime. Exprimée en secondes, elle est pratiquement la même à tous les régimes. Dans un moteur tournant à plein régime à 2.000 t/m, l'injection s'étendant sur 30 degrés de rotation, dure 0,0025 secondes, c'est-à-dire 1/400^e de seconde. Il s'agit donc, comme on le voit, de temps excessivement courts.

✱

Nous allons maintenant décrire les différents organes d'un injecteur qui comporte essentiellement deux parties :

- l'injecteur ou pulvérisateur proprement dit ;
- le porte-injecteur.

La conception et la forme des organes varient suivant les caractéristiques du moteur à équiper, l'emplacement et le genre de fixation sur la culasse.

Pulvérisateur

C'est lui qui, comme son nom l'indique, assure la pulvérisation et la répartition du combustible amené sous pression par la pompe d'injection. Cette pièce travaille dans des conditions très dures, tant de pression que de température.

Le jeu des pièces en mouvement ne dépasse pas quelques millièmes de mm.

Le pulvérisateur comprend la buse et l'aiguille ou soupape.

La buse est un corps cylindrique comportant un perçage axial dans lequel se loge l'aiguille. Ce perçage se continue en bas par un espace torique formant chambre de combustible dans laquelle aboutit un canal légèrement oblique venant d'une gorge circulaire usinée dans la face supérieure de la buse (fig. 3).

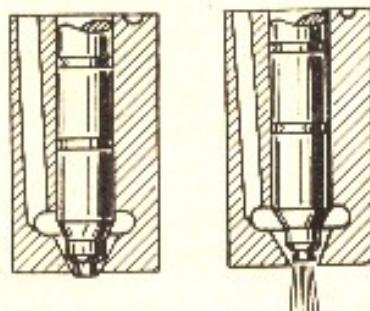


Fig. 3. — Pulvérisateur à téton.

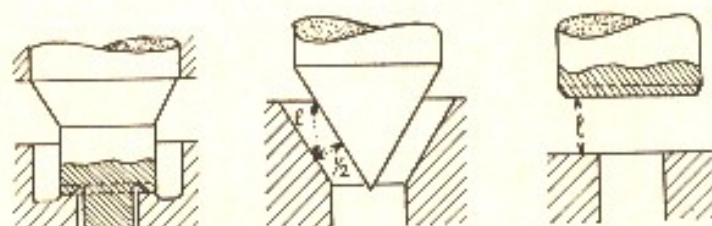


Fig. 4. — A trois égale. In portée plate donne une plus grande ouverture que la portée conique.

En bas la chambre de combustible comporte une surface généralement conique formant siège de soupape. Le ou les trous de pulvérisation sont percés au centre.

L'aiguille qui coulisse à l'intérieur de la buse est pourvue en haut d'une queue cylindrique de plus petit diamètre s'emboîtant dans un alésage de la tige poussoir dont il sera question plus loin.

En bas, elle présente deux parties tronconiques de diamètres différents, séparés par une partie cylindrique. Le cône inférieur repose sur le siège dans la buse, tandis que le cône supérieur reçoit la poussée du liquide lors de refoulement par la pompe d'injection ; cette poussée provoque la levée de l'aiguille.

A sa partie supérieure, la buse est munie d'une collerette pour la fixation au porte-injecteur.

✱

Nous avons déjà dit que le jeu de l'aiguille dans la buse est de l'ordre de 2 à 3 microns. Les pièces rodées l'une dans l'autre sont rigoureusement appariées. Ni la buse, ni l'aiguille ne peuvent donc être changées séparément. En cas de détérioration de l'une d'elles, les deux sont à remplacer. Il va de soi qu'on ne peut pas davantage monter l'aiguille d'un injecteur dans la buse d'un autre.

Des gorges sont pratiquées dans le corps de l'aiguille pour recueillir les fuites pouvant se produire et

pour former en même temps réserve de lubrifiant.

L'étanchéité entre la buse et l'aiguille, au lieu d'être assurée par surface conique, peut être obtenue par une arête s'appliquant sur une surface plane. Cette disposition donne une pression unitaire plus élevée et, à hauteur de levée égale, une ouverture plus grande que dans le cas d'un siège conique (fig. 4).

La partie de l'aiguille sur laquelle s'exerce la pression lors de l'ouver-

ture, peut être constituée par un arrondi ou une surface plate annulaire.

Injecteur à téton

La buse ne comporte qu'un seul orifice de pulvérisation, percé dans l'axe; le diamètre varie de 1 à 3 mm. L'aiguille se termine par un téton dont le diamètre est légèrement inférieur à celui de l'orifice et qui présente une forme tronconique. L'angle de ce cône détermine l'angle de dispersion du jet qui peut varier de 4 à 90 degrés (fig. 5).

Quand l'injecteur est fermé (aiguille reposant sur son siège) l'extrémité du téton est en saillie sur la face inférieure de la buse.

✱

Les injecteurs à téton sont utilisés principalement sur les moteurs à antichambre (précombustion, réserve d'air).

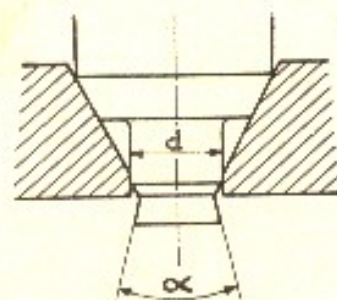


Fig. 5. — L'angle de dispersion du jet dépend de l'angle du téton.

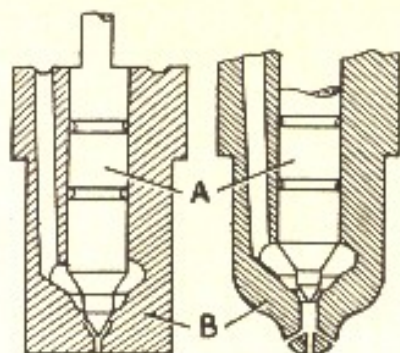


Fig. 6. — A gauche : injecteur à trou unique. — A droite : injecteur à trous multiples.

Injecteur à trous

Ce type diffère du précédent par une protubérance au centre de la face inférieure de la buse, et dans laquelle sont percés le ou les trous de pulvérisation. Suivant le cas, on distingue (fig. 6 a et b) :

- l'injecteur à trous obliques multiples, disposés symétriquement,
- l'injecteur à trous obliques multiples asymétriques,
- l'injecteur à trous multiples radiaux,
- l'injecteur à trou unique axial.

Le diamètre des trous augmente par 0,05 mm à partir de 0,2 mm. Les trous peuvent être disposés dans un angle variant de 15 à 180 degrés.

Ces injecteurs sont destinés principalement aux moteurs à injection directe, et aussi à certains types de moteurs à antichambre de forme asymétrique, où le combustible est projeté d'un seul côté.

Porte-injecteur

Il est constitué essentiellement par un corps en acier comportant plusieurs percages et auquel sont reliés d'une part la canalisation d'arrivée, d'autre part le pulvérisateur. Souvent il est prévu aussi une canalisation de retour des fuites (fig. 7).

Ce corps est alésé suivant son axe pour recevoir la tige-poussoir et le ressort qui prend appui sur l'écrou formant chapeau. Parallèlement à cet alésage est percé un canal par lequel le combustible va à l'injecteur. Le raccord d'arrivée peut être disposé latéralement, ou verticalement au-dessus du corps, suivant l'emplacement de l'injecteur sur la culasse et la place disponible.

Dans le raccord d'arrivée est logée une tige-filtre servant à arrêter

les impuretés ayant pu pénétrer dans le tube d'injection lors d'un démontage. Cette tige-filtre est apparée avec le raccord et ne doit jamais être retirée de ce dernier.

Souvent une vis de purge est prévue pour permettre l'évacuation de l'air se trouvant dans le tube d'injection. Cette vis obture un petit conduit communiquant avec le canal d'arrivée.

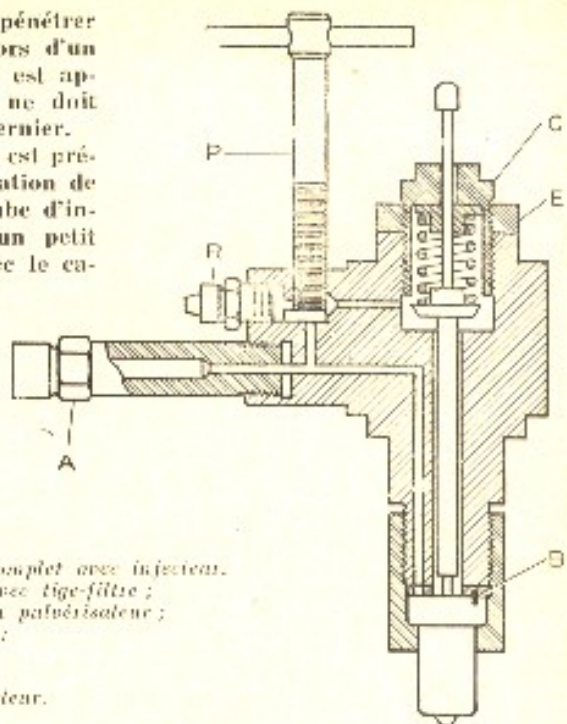


Fig. 7. — Porte-injecteur complet avec injecteur.

- A - Raccord d'arrivée avec tige-filtre ;
- B - Pied de centrage du pulvérisateur ;
- C - Chapeau de réglage ;
- E - Contre-écrou ;
- P - Vis de purge ;
- R - Raccord de récupérateur.

Le ressort est monté généralement entre deux rondelles dont l'une coiffe la tige-poussoir et l'autre porte contre l'écrou ou la vis de réglage, dont le blocage est assuré par contre-écrou. Ces pièces sont parfois traversées dans leur axe par une tige à tête moletée servant de contrôle. En appuyant sur cette tige, on doit sentir les pulsations de l'aiguille de l'injecteur, de sorte qu'on peut se rendre compte si l'injecteur est coincé ou non.

Tarage du ressort

Dans les appareils utilisés sur les diesels routiers, on règle la tension généralement en vissant plus ou moins l'écrou, le chapeau ou la vis de réglage. Cette solution présente un avantage et un inconvénient : elle permet le réglage sans démontage de l'injecteur, ce qui n'est pas toujours indiqué.

Une autre solution consiste à régler la tension du ressort par interposition de pastilles.

Fixation du pulvérisateur sur le porte-injecteur

L'assemblage de ces pièces doit être effectué avec un soin minutieux. Les faces de contact, rodées l'une sur l'autre, doivent être parfaitement propres. L'écrou qui fixe l'injecteur par sa collerette prenant sous l'épaule doit être vissé de façon à ce qu'il ne se produise pas le moindre coincement. Un certain

jeu est donc prévu entre les diamètres extérieurs de la buse et les diamètres intérieurs de l'écrou (2 à 3/10 mm).

Le corps de l'aiguille doit se trouver légèrement en retrait par rapport à la face supérieure de la buse (8/10 mm).

Lorsqu'il s'agit d'un pulvérisateur asymétrique, il faut veiller à son orientation correcte par rapport au porte-injecteur. Des repères ou pieds de centrage sont prévus à cet effet.

Fixation sur la culasse

Dans la plupart des cas, l'appareil est tenu par une bride prenant appui sur le corps du porte-injecteur et serrée par écrous et goudjons. Le serrage doit se faire progressivement et alternativement par quart de tour et ne pas dépasser un couple d'environ 3 m.kg.

La buse peut être protégée efficacement contre les gaz chauds par un joint en cuivre qu'il est bon de remplacer à chaque démontage. Il faut naturellement que la buse dépasse l'écrou d'assemblage, pour qu'elle écrase légèrement le joint. Un serrage exagéré de la bride pourrait provoquer un gonflement de la buse et le coincement de l'aiguille.

De même les injecteurs vissés ne doivent pas être serrés exagérément.

ORGANISATION GÉNÉRALE DU SYSTÈME D'ALIMENTATION

L'ensemble des organes d'alimentation peut être disposé de plusieurs façons, dont les trois principales sont :

a) réservoir en charge. C'est la disposition la moins coûteuse, mais elle n'est guère utilisée sur les véhicules en raison du manque de place qui interdit l'emploi d'un réservoir en charge de capacité suffisante. Or les véhicules à gasoil survient essentiellement pour de longs parcours, demandent des réservoirs de grande capacité (minimum 100 litres).

a) réservoir en charge. C'est nourrie en charge, celle-ci étant alimentée par pompe aspirante et foulante. Elle présente l'inconvénient d'exiger des tuyauteries et un organe supplémentaire, la noue, mais dispense de l'immersion de la pompe et permet dans une certaine mesure une évacuation automatique de l'air.

c) par réservoir en contrebas et filtre en charge. C'est la disposition adoptée généralement (fig. 1).

Réservoir

Il est dans la plupart des cas fixé latéralement au moteur. Dans le fond est souvent prévue une cavité pour la décantation de l'eau et le dépôt des impuretés qui peuvent entrer lors du remplissage.

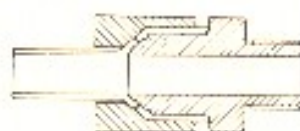


Fig. 2. — Raccordement par tube évasé.

Canalisations

Toutes les tuyauteries en amont de la pompe d'injection sont à basse pression et réalisées en tube en cuivre de 8x10 ou 12x14 mm, suivant la cylindrée du moteur. Les raccords sont constitués soit de la manière classique par bi-cône, soit par évasement de l'extrémité des tubes. Cet évasement peut être obtenu à l'aide d'un entillage approprié analogue à celui qui est utilisé pour les tuyauteries des freins hydrauliques (fig. 2). On emploie également les raccords orientables, notamment pour les filtres et les pompes.

Tous les tubes doivent être en pente continue : toute partie en contrebas facilite l'accumulation de dépôts pouvant entraîner une obstruction totale.

Les coudes doivent avoir un rayon minimum de 5 cm.

Si l'alimentation se fait en charge (installations fixes, groupes électrogènes, etc.) le filtre entre le réservoir et la pompe

d'injection doit se trouver au moins à 20 cm au-dessus du fond du réservoir, car il faut une certaine pression pour que le liquide puisse traverser le filtre.

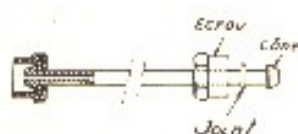


Fig. 3 a. — Tube d'injection avec joints et écrous de raccord, cône repoussé.

d'air (et non pas des fuites), la canalisation se trouvant sous dépression.

Le raccordement de deux tubes par durite en caoutchouc n'est pas recommandé. Si une liaison élastique est indispensable, il faut employer un tube flexible approprié.

Les tubes d'injection sont en acier étiré sans soudure. Les raccords sont obtenus par refoulement à l'aide d'un appareil approprié fourni par les fabricants de matériel d'injection (fig. 3 a et b).

On obtient ainsi un lèvre de cône dont la grande base porte

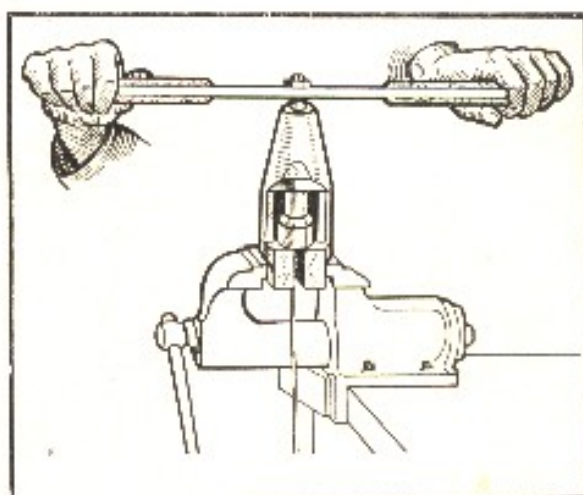


Fig. 3 b. — Outil à refouler les cônes.

En cas de réservoir en contrebas, le départ du tube d'aspiration, qu'il soit vertical ou latéral, doit être 15-20 mm au-dessus du fond du réservoir, pour éviter l'entraînement de l'eau et des impuretés qui s'accumulent dans le fond.

Beaucoup d'installations comportent des tubes de récupération par lesquels les fuites se produisant dans l'injecteur, sont raménées soit directement au réservoir, soit au filtre.

contre la rotule de l'écran de raccord, avec interposition d'un joint en cuivre rouge.

Les tubes d'injection, qui doivent résister à des pressions atteignant en certains cas plusieurs centaines de kg, ne sont pas à réparer en cas de détérioration ; il faut les remplacer. Avant refoulement des cônes, ne pas oublier d'engager sur le tube les deux écrous et les joints.

On peut remarquer sur certains moteurs que les tubes alimentant les cylindres voisins de la pompe, sont roulés en serpentin, ceci a pour but de donner à tous les tubes la même longueur pour éviter des inégalités qui pourraient résulter de la compressibilité du liquide et de l'élasticité des canalisations, phénomènes qui retardent la pulvérisation dans le cylindre.

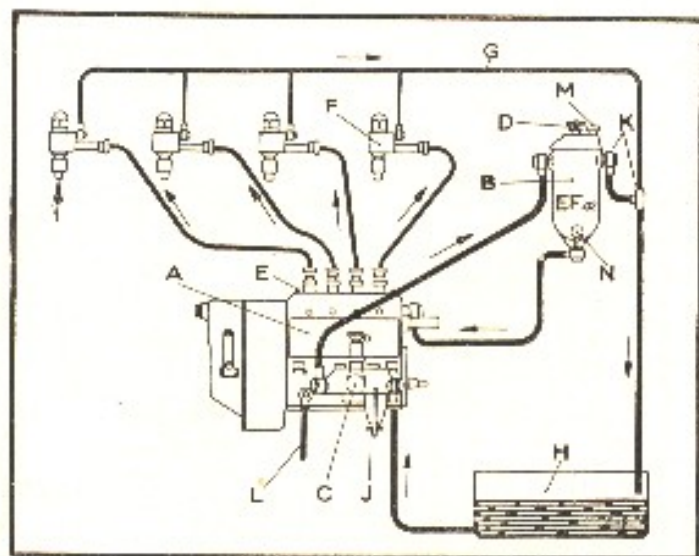


Fig. 1. — Schéma d'installation avec réservoir en contrebas, filtre en charge et tubes de récupération.

LA POMPE D'ALIMENTATION

NOUS avons vu, dans le chapitre précédent, que le refoulement du combustible dans le filtre-nourrice qui alimente la pompe d'injection, est assuré par une pompe d'alimentation. Il existe deux types principaux :

- la pompe à membrane, semblable à celle qui est utilisée pour les moteurs à essence,
- la pompe à piston qui fait souvent partie intégrante de la pompe d'injection

Pompe à membrane

Un excentrique prévu sur l'arbre à cames du moteur actionne un levier basculeur qui commande à son tour une tige solidaire d'une membrane au diaphragme, dont le déplacement fait varier le volume de la chambre contenant le combustible. Celle-ci est reliée d'une part au réservoir, d'autre part au filtre-nourrice. Dans chacune des canalisations respectives est disposé un clapet culamattique (fig. 1).

Lorsque le levier basculeur tire la membrane vers le bas, le volume de la chambre augmente, il se crée une dépression sous l'effet de laquelle le liquide est aspiré, le clapet R étant ouvert et le clapet S fermé. Dès que l'excentrique libère le levier basculeur, le ressort R repousse la membrane vers le haut, le volume de la chambre diminue et le liquide est refoulé dans le filtre-nourrice. Pendant ce mouvement le clapet S s'est refermé sous l'action de son ressort et de la pression du liquide, tandis que le clapet R s'est ouvert.

Le levier basculeur n'est pas d'une pièce, mais en deux pièces assemblées de telle sorte que seule la traction sur le diaphragme est positive, ce qui permet à ce dernier de rester en bas dès que le filtre-nourrice est plein. On évite ainsi tout

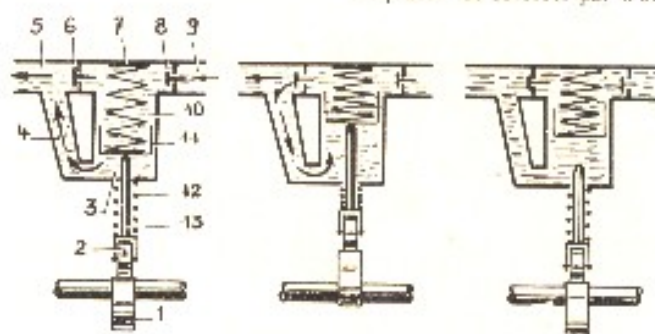


Fig. 2 — Schéma de fonctionnement de la pompe d'alimentation Bosch.

la surpression dans la chambre de la pompe.

Un deuxième levier, accessible de l'extérieur, peut être au-

torisé à la main pour l'annulation de la pompe.

L'entretien se limite au nettoyage des clapets que jamais ne remplacent les ressorts par d'au-

tre se ferme, le clapet S s'ouvre et la chambre 10 se remplit à nouveau. En même temps, le combustible contenu en 3 est refoulé vers le filtre par le piston, le clapet R fermé empêchant le retour vers la chambre 10.

Le ressort 7 agit sur le piston que tant que sa tension est supérieure à la pression dans le tube de refoulement. Dès que cette dernière atteint la valeur de la tension du ressort, le piston s'immobilise, pendant que le poussoir 12, poussé par le petit ressort 13, suivra l'excentrique et ne reprendra contact avec le piston qu'après avoir effectué une certaine partie de sa course ascendante. Le débit de la pompe est donc fonction de la course du piston, plus ou moins longue suivant la pression en aval.

Pompe P.M.

Cette pompe ne comporte ni hy-pas ni chambre de refoulement séparée. La figure 3 montre son fonctionnement qui diffère de celui de la pompe Lavallette en ce sens qu'il n'y a pas de transvasement. La course d'aspiration est commandée par l'excentrique et la course de refoulement par le ressort. Celle-ci cesse dès que la pression en aval s'équilibre avec la tension du ressort.

▲

Les pompes à piston, pourvu qu'elles soient d'un dispositif d'annulation demandent le même entretien, au point de vue des clapets, que les pompes à membrane. Un bon étrage en amont est d'autant plus nécessaire que les impuretés ne risquent pas seulement d'entraver le bon fonctionnement des clapets, mais d'accélérer aussi l'usure de la pompe et même de coincer le piston.

D'une manière générale, on les préfère aux pompes à membrane, malgré la simplicité et le bas prix de celles-ci, aux quelles on reproche le manque de robustesse et de pression.

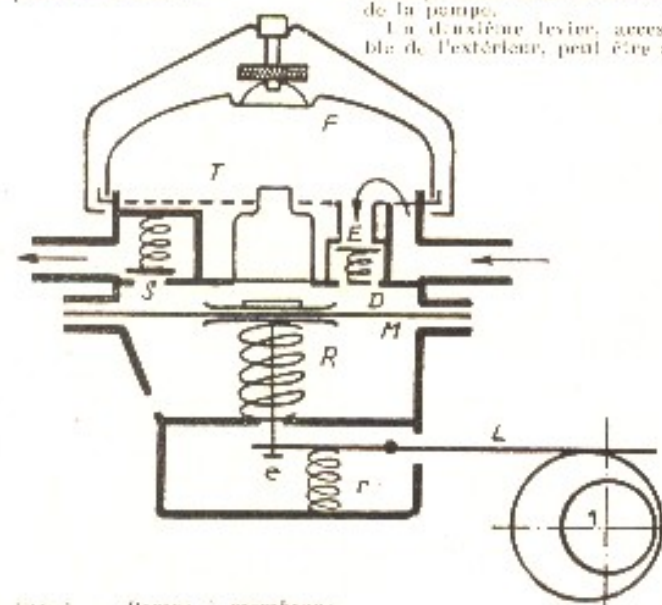


Fig. 1. — Pompe à membrane.

Pompe à Piston

Dans celle-ci le volume de la chambre varie avec la course d'un piston commandé par un excentrique de l'arbre à cames de la pompe d'injection. Nous résumons les deux types les plus répandus : Lavallette et P.M.

Pompe Lavallette (fig. 2)

La chambre 10 étant remplie de graisse et le piston 13 se trouvant au P.M., l'excentrique 1 repousse le piston vers l'intérieur. Le clapet 8 se ferme, le clapet 6 s'ouvre et le combustible est refoulé à travers le hy-pas 4 dans la chambre 3. Dès que l'excentrique permet au piston de revenir, celui-ci est poussé par le ressort 7 ; le clapet 6

LE FILTRAGE

L E filtrage du combustible a une importance capitale pour le bon fonctionnement du diesel et la durée du matériel d'injection. L'arrivée d'une impureté au carburateur d'un moteur à essence peut tout au plus provoquer l'obstruction d'un gicleur ou empêcher la bonne portée du poiteau sur son siège. Dans les deux cas le mal n'est pas bien grave et il peut y être remédié facilement. Par contre dans le diesel le plus minuscule grain de silice risque de causer des dégâts sérieux et peut rendre nécessaire une réparation coûteuse.

La très faible quantité de combustible refoulée à chaque injection, l'obligation d'un dosage judicieux de cette quantité et enfin la pression sous laquelle se fait l'injection exigent une parfaite étanchéité de la pompe et de l'injecteur qui ne peut être obtenue qu'avec un jeu sensiblement inférieur au centième de mm. Ce jeu, de l'ordre de 2 à 3 millièmes de mm. est tellement faible que l'aiguille d'injecteur, tenue un certain temps à la main, se dilate suffisamment pour qu'elle ne puisse plus entrer dans la buse. On comprend donc que même un corps de dimensions microscopiques puisse coincer et endommager l'injecteur ou la pompe.

Pour arriver à une élimination aussi complète que possible des impuretés contenues dans le gasoil, on effectue le filtrage en plusieurs stades. Un premier filtrage doit être fait lors du remplissage du réservoir en prenant notamment toutes les précautions nécessaires pour empêcher l'entrée de poussières.

On a tout intérêt à s'approvisionner à des pompes puisant le combustible dans des cuves de grande capacité dans lesquelles la majeure partie des impuretés (eau et corps solides) a pu se déposer par décantation, ceci d'autant plus facilement que le liquide est au repos, ce qui n'est pas toujours le cas avec les fûts. Il est recommandé en outre de faire passer le gasoil, lors du remplissage du réservoir, à travers un tamis à mailles très fines (jamais de tissus pelucheux) qui retiennent également l'eau. On emploiera de préférence un entonnoir muni d'un tel tamis.

Malgré cette précaution, des poussières et de l'eau s'accumulent peu à peu dans le réservoir. L'eau, en particulier, provient de l'humidité de l'air qui se condense sur la paroi intérieure du réservoir et s'accumule dans le fond. D'où l'intérêt de ne jamais laisser un réservoir longtemps vide. Dans les installations fixes avec réservoir immobile, les risques d'arrivée d'eau à l'appareillage d'injection sont moindres que sur les véhicules où le contenu du réservoir est constamment agité par les secousses. Mais encore faut-il que le tube partant du réservoir ne soit pas raccordé à la partie la plus basse du réservoir, mais un peu plus haut pour

laisser en-dessous une capacité de décantation qui peut être munie d'un bouchon de vidange. L'eau est dangereuse du fait que les organes essentiels des appareils d'injection — en l'occurrence les cylindres, pistons, clapets, buses et aiguilles — sont en métaux ferreux, donc sujets à corrosion par l'humidité, ce qui peut aller quelquefois jusqu'au grippage des pièces.

Par temps très froid, l'eau accumulée dans une partie basse des canalisations, peut également geler et former bouchon de glace rendant l'alimentation du moteur impossible. Aussi prévoit-on souvent une chambre de dépôts avec robinet soit dans le fond du réservoir, soit sur la canalisation.

Quant aux particules solides, suivant qu'elles sont plus ou moins grosses, elles provoquent le grippage ou des rayures et en tout cas une usure prématurée d'un matériel coûteux.

Un premier filtre, appelé aussi préfiltre, en aval du réservoir, est monté à l'entrée de la pompe d'alimentation. Il sert à arrêter la majeure partie des impuretés pouvant se trouver en suspension dans le liquide par suite de l'agitation de celui-ci. Ce filtre ne présente rien de particulier. Il est du même type que ceux qui équipent les pompes d'alimentation des moteurs à essence. Le gasoil, avant son arrivée dans la pompe même, traverse une cuve de décantation et une toile métallique très fine. La cuve, tenue par étrier, est facilement démontable pour permettre la vidange des sédiments et le nettoyage. La toile métallique s'enlève en même temps et peut être lavée dans du gasoil ou de l'essence. Il est bon de mettre, à chaque démontage, un joint neuf, qu'on aura le cas échéant laissé tremper dans de l'huile pour l'assouplir. Un ancien joint, déjà comprimé, peut ne pas reprendre exactement la même place par rapport à la cuve ou au corps de filtre et l'on risque en ce cas des entrées d'air parfois difficile à déceler. Le filtre n'étant pas en charge, aucun suintement de liquide ne révélera le manque d'étanchéité.

Grâce à ce premier filtrage, la pompe d'alimentation est elle-même protégée contre les impuretés qui pourraient nuire à son fonctionnement, notamment par

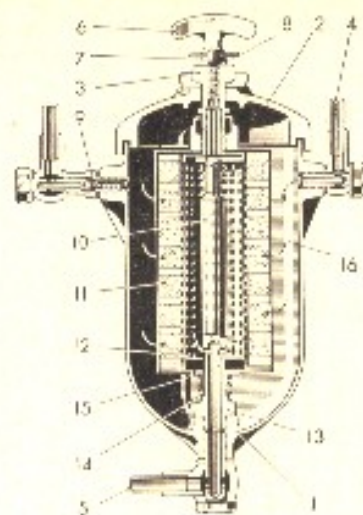


Fig. 1. — Coupe du filtre Lavalette.

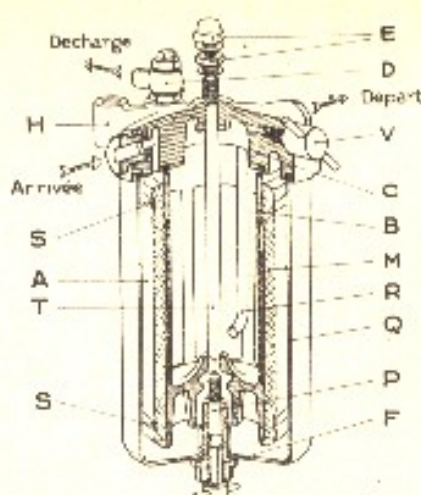


Fig. 2. — Coupe du filtre P.M. à manchon textile.

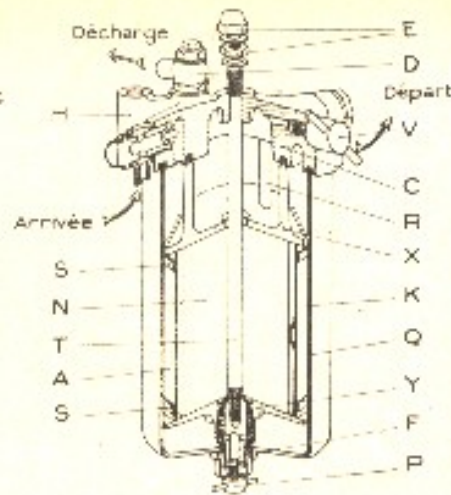


Fig. 3. — Coupe du filtre P.M. à cartouche « diatrose ».

coincement d'un clapet ou du piston. Nous avons vu précédemment que ce dernier n'est commandé par la came et le poussoir que dans un sens et déplacé dans l'autre sens par un ressort relativement faible, de sorte qu'un grain minuscule peut provoquer le coincement.

La pompe d'alimentation refoule le combustible dans le filtre principal appelé aussi en certains cas filtre-nourrice, car c'est lui qui alimente en charge la pompe d'injection. Toutefois quand le départ vers la pompe ne se trouve pas placé en bas de la cuve, la pompe d'injection n'est pas alimentée tant que la pompe d'alimentation elle-même ne débite pas dans le filtre. Celui-ci se trouve toujours placé à une certaine hauteur au-dessus de la pompe d'injection. La forme, la constitution et la fixation de l'élément filtrant, ainsi que la disposition des raccords d'entrée et de sortie varient d'un modèle à l'autre.

C'est à ce filtre qu'est dévolu le rôle délicat d'arrêter les impuretés de l'ordre du millième de mm (on pourra se faire une idée du degré d'efficacité exigé de ces filtres en considérant que l'épaisseur d'un papier à cigarette est d'environ 2/100 ou 20/1000 mm) sans toutefois freiner l'écoulement du liquide. Il doit avoir en outre une assez longue durée d'utilisation pour ne pas exiger des vérifications et changements trop fréquents.

▲

Nous allons donc donner ci-après quelques indications sur le fonctionnement des différents appareils offerts aux usagers et sur les soins qu'ils réclament. On verra qu'ils se répartissent en deux catégories principales : ceux dont l'élément filtrant peut être nettoyé et réutilisé, et ceux dont la cartouche de filtrage est à remplacer quand elle est chargée d'impuretés. Notons que la solution adoptée est fonction surtout de la nature de l'élément filtrant. Si des toiles métalliques ou un empilage de rondelles métalliques peuvent être nettoyés sans inconvénient — du moins jusqu'à un certain point — il n'en est pas de même pour des manchons en tissus ou en matière spéciale, à propos desquels les partisans du remplacement déclarent que le nettoyage déplace les impuretés dans la matière filtrante et que ces impuretés sont ensuite entraînées par le combustible jusqu'à la pompe d'injection où elles peuvent évidemment causer des ennuis sérieux. D'autre part, le nettoyage peut compromettre l'homogénéité de la matière filtrante et supprimer son efficacité. Gardons-nous de préconiser l'un ou l'autre système, mais en tout état de cause nous recommandons vivement à l'usager de se conformer strictement aux prescriptions du fabricant.

FILTRE LAVALETTE

Il se compose d'une cuve fixe, d'un couvercle amovible et de l'élément filtrant placé dans la cuve. Celle-ci comporte les raccords d'arrivée et de départ et les pattes de fixation (fig. 1). Le gasoil arrive par la tubulure 4 dans la chambre 16 de la cuve et traverse de l'extérieur vers l'intérieur l'élément filtrant constitué par un empilage de plaques de feutre 11. Ces plaques sont montées sur un cylindre perforé radialement et traversé selon son axe par le tirant d'assemblage 10, dont la partie inférieure 13 est vissée dans le fond de la cuve. Cette partie est perforée axialement pour la sortie du combustible. La partie supérieure est également perforée et coiffée d'un capuchon de serrage 3 muni de la vis de purge 7. Par une soupape 9 tarée le trop-plein retourne au réservoir. La sortie vers la pompe d'injection se trouvant en bas, celle-ci est alimentée en charge dès la mise en route du moteur.

Pour le nettoyage de l'élément filtrant, on dévisse de quelques tours le bouchon de vidange dans le fond de la cuve ce qui permet au liquide de s'écouler avec les impuretés à travers les percages prévus dans le bouchon. Dévisser ensuite le capuchon 3 et retirer le couvercle 2. On peut alors sortir l'élément filtrant 11 pendant que le ressort 14 repousse la douille 15 vers le haut, cette douille venant ainsi obturer les trous radiaux dans le tirant 10. Ceci empêche les impuretés pouvant se trouver dans la cuve, de pénétrer dans la canalisation de départ, pendant le nettoyage. Les plaques de feutre sont à détacher et à nettoyer dans de l'essence ou du gasoil.

Après remontage et remplissage, on ouvre la vis de purge pour évacuer l'air.

FILTRE P.M.

Les appareils type O et G de cette firme comportent un élément filtrant constitué soit par un manchon textile, pour gasoil et fueloil, soit par une cartouche en « diatrose » pour gasoil et combustibles légers. En cas de colmatage, ces éléments sont à changer. Le filtre se fixe par le chapeau qui comporte également les raccords d'arrivée et de départ, ainsi que le cas échéant la soupape de retour. La cuve est amovible (fig. 2).

Le combustible arrive dans l'espace annulaire A compris entre la cuve et le manchon M. Les grosses impuretés et l'eau descendent par gravité au fond de la cuve d'où une vis de purge P permet de les évacuer. Le combustible, après avoir traversé le manchon, est acheminé par un tube R vers le raccord de sortie. La

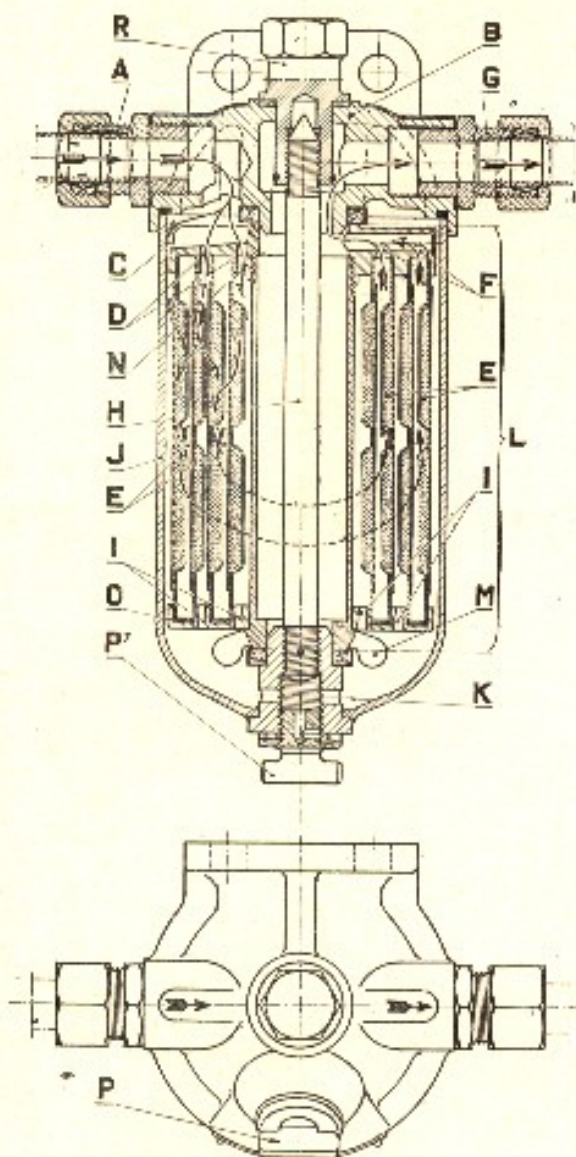


Fig. 4. — Coupe d'un filtre L.B.

vis de purge d'air V permet d'éliminer l'air accumulé à la partie supérieure du filtre au moment de l'amorçage du circuit d'alimentation. Par la soupape de trop-plein D, en communication avec l'espace annulaire A, le trop-plein retourne au réservoir entraînant en même temps l'air qui peut être contenu dans l'espace A.

Pour changer le manchon filtrant, on dévisse complètement la vis de purge P en bas de la cuve, on attend que la cuve soit complètement vidée et on dévisse l'écrou F, après quoi on peut descendre la cuve. On dévisse ensuite les écrous E pour extraire la tige-support B avec le manchon usagé qu'on enlève après avoir desserré les colliers S. On nettoie toutes les pièces dans de l'essence (ne pas essuyer avec des chiffons). On monte le manchon neuf sur le support en serrant les colliers sur la partie pleine du support. Vérifier les joints et engager la tige dans le chapeau, en s'assurant en même temps que le support s'engage bien dans la rainure circulaire du chapeau. Bloquer les écrous E. On remonte ensuite la cuve en la serrant à l'aide de l'écrou F et on rebloque la vis de vidange.

L'écrou F ne doit jamais être dévissé sans qu'on ait au préalable dévissé complètement la vis de purge P, faute de quoi on risque de détériorer les filetages.

Dans le filtre à cartouche en diatomee (fig. 3), celle-

ci, N, est centrée par la tige T dans la cuve Q et maintenue par deux flasques. Elle est protégée par un pré-filtre K à toile très fine qui arrête les impuretés les plus grosses.

Pour le changement de la cartouche on opère comme suit : Après vidange du filtre, on dévisse les écrous E et on enlève la cuve avec la cartouche. On retourne l'ensemble pour extraire le flasque supérieur X, le pré-filtre K et la cartouche N. Le pré-filtre peut être nettoyé par rinçage dans de l'essence ou du gasoil. La cartouche colmatée est à changer, de même que la toile du pré-filtre si elle est détériorée.

Au remontage, on remet en place la cartouche, le pré-filtre et le flasque. L'ensemble cuve-cartouche est remonté au chapeau et on remettra les écrous avec les joints fibre. Ne pas trop serrer l'écrou inférieur sur le chapeau, pour éviter les déformations de la cuve. Bien bloquer d'écrou borgne. La vis de purge P se remonte en dernier.

Dans le filtre type U, plus récent, de cette même firme, la cartouche filtrante est constituée par une pile de rondelles entre lesquelles passe le combustible. Cette disposition donne une très grande surface de filtrage.

FILTRES L. B.

La caractéristique des filtres Le Bozec et Gautier réside dans le fait que les tamis filtrants travaillent en parallèle et non pas en série (fig. 4). Le gasoil arrive en A et par des passages D du flasque supérieur N il passe de l'espace annulaire C dans le filtre proprement dit dont il traverse les tamis E pour ressortir par les trous F du flasque et pénétrer dans le bouchon collecteur H d'où il est acheminé vers le raccord de sortie G. L'eau et une partie des impuretés se déposent dans le fond de la cuve formant capacité de décantation. La vidange de celle-ci s'effectue à l'aide du bouchon P'. A la partie supérieure du corps B est prévue une vis de purge d'air R, permettant la purge simultanée du compartiment d'arrivée et du compartiment de départ.

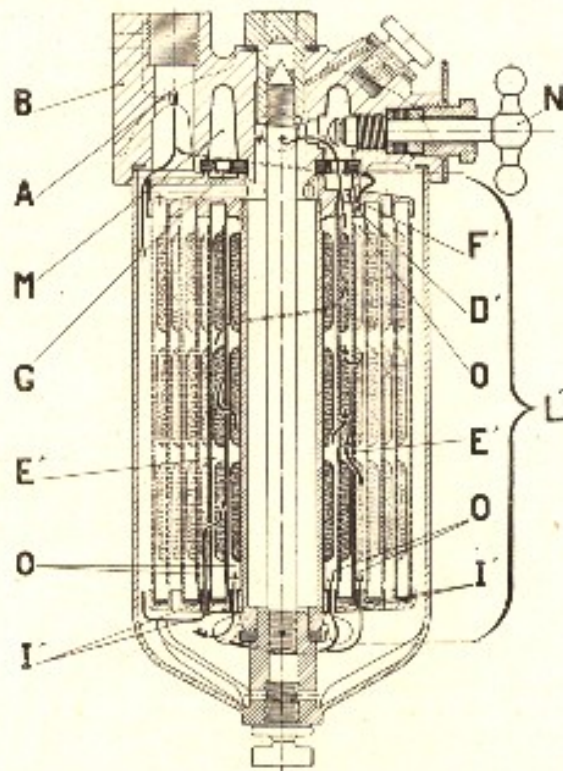


Fig. 5. — Filtre L.B. à surface de réserve.

L'élément filtrant est formé par une série de tamis métalliques concentriques engagés dans les rainures de deux flasques assemblés à l'aide d'une tige creuse à papillon M qui se visse dans le flasque supérieur N.

Pour le nettoyage on dévisse le boulon H ce qui libère la cuve J. Descendre la cuve avec l'élément filtrant et extraire celui-ci en le faisant glisser sur le boulon H. Dévisser la tige creuse M et enlever le flasque N. Les différents tamis peuvent alors être séparés pour le nettoyage. Si les éléments sont très encrassés, il est préférable de les changer en bloc.

Pour le remontage, on emboîte les tubes portant les tamis d'abord dans le flasque supérieur, ensuite on engage l'ensemble sur le flasque inférieur en s'assurant de la bonne portée des joints. On visse le papillon M modérément et on glisse le bloc sur le boulon H dans la cuve. Réviser ce boulon dans le corps B.

Une vidange fréquente de la capacité de décantation K permet d'espacer les démontages et nettoyages du filtre.

Certains filtres LB comportent une réserve de surface filtrante grâce à laquelle il n'est pas nécessaire de procéder immédiatement au démontage du filtre en cas de ralentissement de débit par suite de colmatage pendant la marche du moteur (fig. 5). A cet effet, une capacité annulaire M est ménagée dans le corps B, et isolée en marche normale par un robinet à pointe N. Le filtre fonctionne comme il a été indiqué plus haut. En cas de colmatage des quatre tamis extérieurs, on ouvre le robinet N et le liquide venant du conduit A pénètre par les trous D' et F' dans l'espace annulaire O pour gagner E' à travers les tamis restés propres. Par les trous F' il passe dans la capacité M dont la communication avec la sortie est ouverte grâce au robinet N.

FILTRE SCINTILLA

La figure 6 représente le type FM avec soupape de retour. L'élément filtrant comporte un grand nombre de rondelles (80 à 100 suivant modèle) dont la moitié

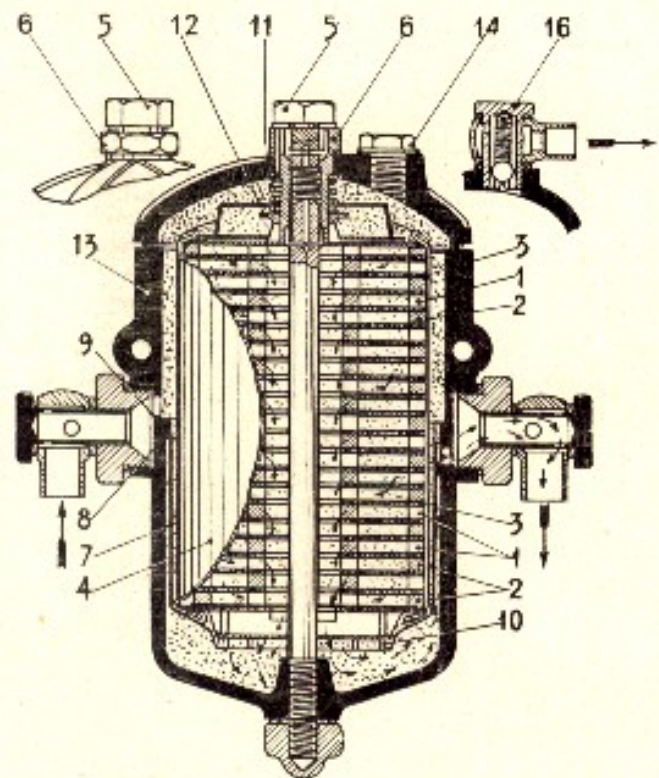


Fig. 6. — Filtration Scintilla type FM 3.

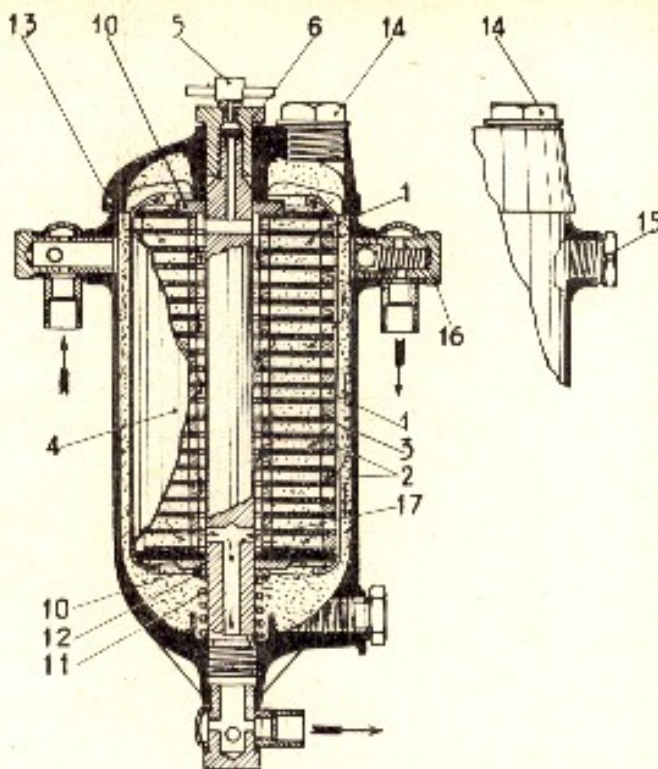


Fig. 7. — Filtration Scintilla type EP.

présente des interstices à la périphérie et l'autre moitié des interstices au centre. Ces rondelles alternent et sont séparées en outre par des rondelles en papier filtrant spécial. La pile, comprimée, est placée dans un sachet en toile formant préfiltre.

Les orifices d'entrée et de sortie du filtre sont placés à mi-hauteur de la cuve qui comporte également la patte de fixation. La soupape de retour est placée dans le couvercle amovible. Le liquide traverse l'élément filtrant de l'extérieur vers l'intérieur, l'orifice de sortie se trouvant à un niveau légèrement plus bas que celui de l'orifice d'entrée. Les grosses impuretés sont retenues par la toile. Le bas de la cuve ne contient que du gasoil filtré, sans aucun dépôt.

Le nettoyage exige le démontage complet, après débranchement des canalisations. On dévisse l'écrou 6 ce qui permet d'enlever le couvercle et de sortir la cartouche filtrante. Celle-ci comporte à la base un disque en feutre tenu par quatre griffes qui peuvent être détruites par corrosion (combustible à trop forte teneur en acide). Lors du retrait du bloc filtrant il faut donc vérifier ce point. Enlever le sachet de toile qu'on peut rincer dans l'essence. Le bloc filtrant même ne doit pas être disloqué car son assemblage correct ne peut être réalisé qu'à l'aide de dispositifs appropriés. On le rincera dans de l'essence pour débarrasser l'extérieur de toutes les impuretés pouvant y adhérer. La cuve et la boîte de séparation intérieure 7 sont à débarrasser de tout dépôt par rinçage dans l'essence ou le gasoil. Ne pas essuyer avec des chiffons.

Pour remonter, on enfle d'abord sur la boîte 7 l'anneau de feutre 9 et la rondelle 8, en vérifiant la bonne portée dans la cuve. Mettre le bloc en place dans la boîte, poser le couvercle en veillant à ce que le ressort 11 appuie bien sur son siège 12. Serrer l'écrou d'assemblage 6.

Il ne faut jamais se contenter d'un simple retrait du bloc filtrant, en laissant la cuve en place. En effet, en retirant le bloc, on ferait tomber dans le fond de la cuve les impuretés contenues dans la boîte de séparation et elles pourraient être entraînées vers la pompe d'injection.

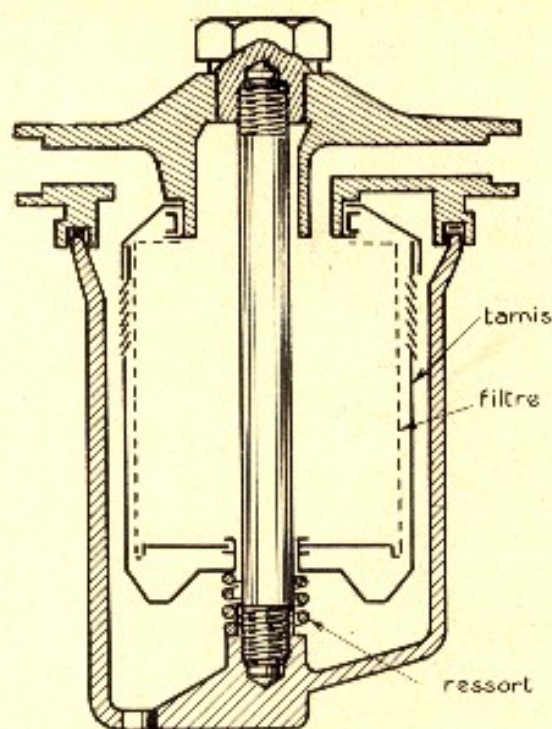


Fig. 8. — Filtré CLM.

Le filtre type EF (fig. 7) ne comporte pas de boîte de séparation. Son agencement général est analogue à celui des filtres Lavalette décrits plus haut, avec arrivée du gasoil à la partie supérieure, départ en bas et bouchon de vidange dans le fond de la cuve. Le nettoyage ne demande donc ni débranchement des canalisations ni dépose de la cuve. Il suffit de vidanger d'abord et de retirer ensuite le couvercle puis l'élément filtrant constitué de la même manière que dans le type FM.

FILTRE CLM

Le filtre fait corps avec la pompe d'injection et se trouve accolé à la cuve à niveau constant de celle-ci. Dans un type l'arrivée se fait à mi-hauteur de la cuve et le départ en haut. L'élément filtrant comporte trois tamis concentriques facilement amovibles. Un robinet de vidange est prévu en bas de la cuve pour l'évacuation de l'eau et des sédiments. La cuve à niveau constant est également pourvue d'un filtre.

Dans un autre modèle (fig. 8) plus récent, arrivée et départ sont raccordés au couvercle. La cuve est amovible grâce à un écrou vissé sur le tirant d'assemblage. L'élément filtrant est constitué par un tamis métallique extérieur et un filtre en textile à l'intérieur.

FILTRE TECALEMIT

Les différents types de filtres de cette maison se caractérisent également par la grande facilité de démontage et de nettoyage, la cuve étant tenue soit par étrier, soit par tirant d'assemblage. L'élément filtrant comporte suivant le cas trois tamis concentriques ou un treillis métallique et un tissu filtrant spécial.

FILTRE ZENITH

L'élément filtrant est formé par des rondelles en laiton matricées sur une face; le retrait s'effectue en quelques secondes : il suffit de dévisser l'écrou borgne en haut du couvercle et de retirer celui-ci avec la car-

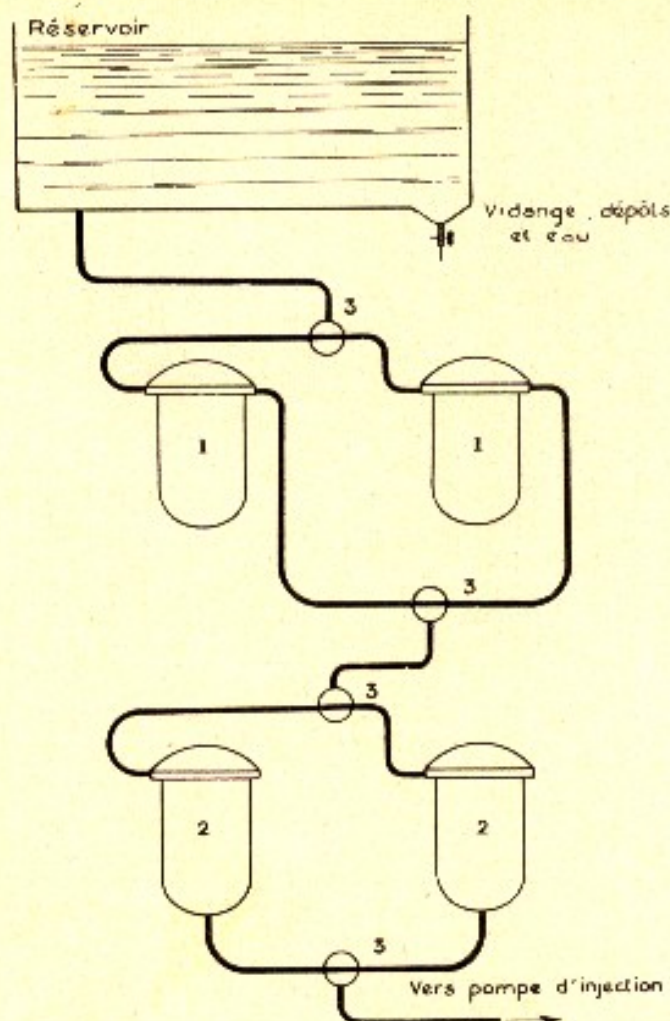


Fig. 9. — Schéma de montage de préfiltres et filtres jumelés : 1 préfiltres, 2 filtres principaux, 3 robinets à 3 voies.

touche. Grâce à un dispositif spécial le rinçage peut se faire de façon efficace sans qu'on risque de perdre la moindre pièce.

Dans certaines installations (fixes, marines) avec réservoir ou nourrice en charge, on utilise souvent des préfiltres qui servent à arrêter une partie notable des impuretés avant l'arrivée du combustible au filtre principal. Les deux filtres sont ainsi montés en série.

En outre, pour éviter tout arrêt du moteur en cas d'encrassement d'un filtre, on emploie soit des filtres jumelés avec robinet à trois voies, soit des filtres doubles. On peut ainsi dans certains cas disposer d'une surface de filtrage double et avoir de toute façon la possibilité d'isoler le filtre encrassé pour procéder à son nettoyage ou au remplacement de la cartouche filtrante. Le schéma 9 montre une installation avec deux préfiltres et deux filtres principaux. On remarquera que cette disposition exige également un robinet à trois voies sur la canalisation de sortie de chaque groupe de filtres.

La figure 10 montre une réalisation de filtre double (L.B.) avec robinet à boisseau permettant de passer d'un élément à l'autre.

Comme on vient de le voir, toutes les précautions sont prises pour qu'aucune impureté ne puisse arriver à la pompe d'injection. Les filtres offerts aux usagers sont d'une efficacité réelle et si l'utilisateur se confor-

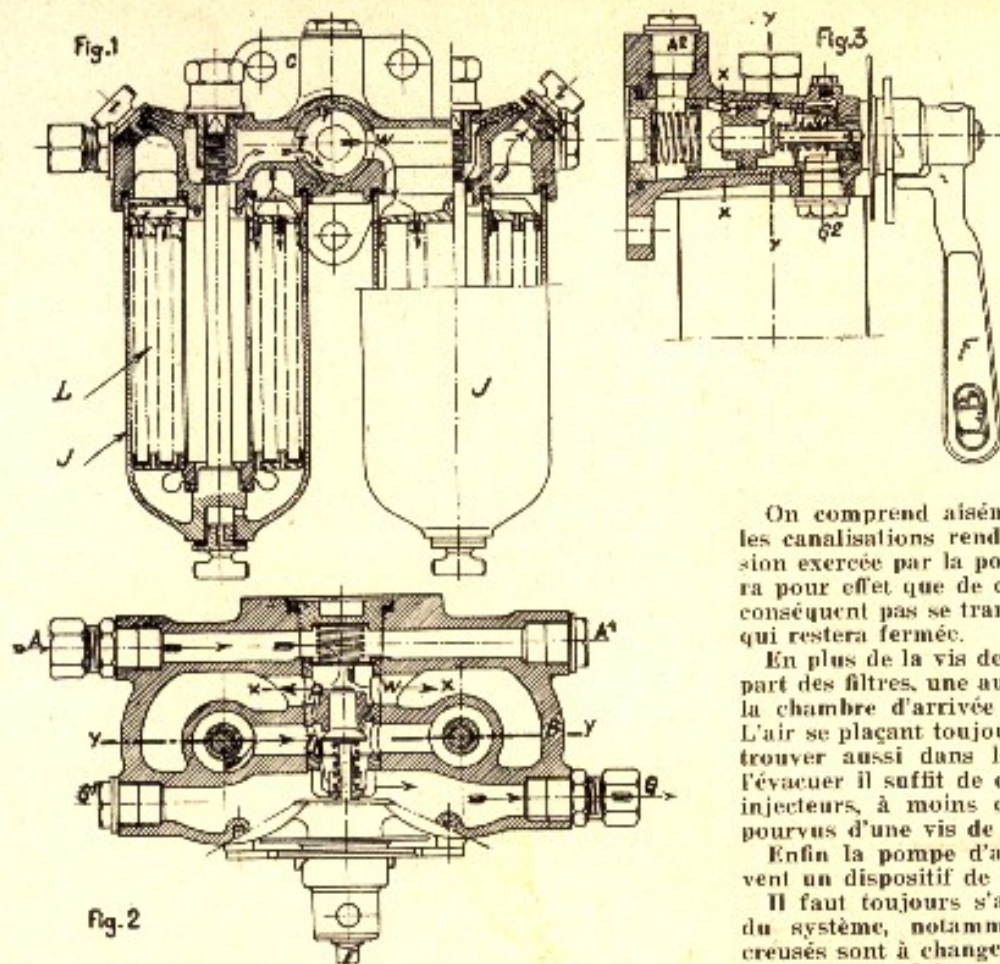


Fig. 10. — *Filtre double L.B. avec robinet d'isolement.*

On comprend aisément que la présence d'air dans les canalisations rend l'injection impossible. La pression exercée par la pompe sur la colonne liquide n'aura pour effet que de comprimer l'air et ne pourra par conséquent pas se transmettre à l'aiguille de l'injecteur qui restera fermée.

En plus de la vis de purge dont sont pourvus la plupart des filtres, une autre purge est souvent prévue sur la chambre d'arrivée de la pompe d'injection même. L'air se plaçant toujours aux points élevés, il peut s'en trouver aussi dans les tubes de refoulement; pour l'évacuer il suffit de dévisser un peu les raccords aux injecteurs, à moins que ceux-ci ne soient également pourvus d'une vis de purge, ce qui facilite les choses.

Enfin la pompe d'alimentation aussi comporte souvent un dispositif de purge.

Il faut toujours s'assurer de la parfaite étanchéité du système, notamment des raccords. Les bicones creusés sont à changer. Les joints en cuivre rouge des raccords annulaires sont à recuire (chauffer au rouge cerise et plonger dans l'eau). Les faces des raccords doivent être rigoureusement parallèles et ne pas présenter de creux ou d'aspérités. Il convient de vérifier surtout les raccords de la canalisation d'aspiration, qui va du réservoir à la pompe d'alimentation et qui se trouve généralement à une pression inférieure à la pression atmosphérique, quand le moteur tourne. Un manque d'étanchéité de cette canalisation ne se traduit pas par des fuites de combustible, mais par des entrées d'air.

Il peut arriver, accidentellement, qu'une impureté traverse la pompe d'injection et parvienne à l'injecteur où elle risque d'avoir des effets néfastes. Aussi a-t-on prévu dans le raccord du porte-injecteur un dernier filtre appelé tige-filtre (voir : injecteurs) qui constitue une ultime protection et qu'il ne faut en aucun cas retirer du raccord.

me aux recommandations du fabricant concernant la vidange régulière des dépôts accumulés dans la capacité de décantation et le nettoyage ou le remplacement en temps voulu de la cartouche filtrante, il n'y a aucun incident à redouter et l'usure des appareils d'injection est réduite au minimum.

Nous avons déjà indiqué plus haut, qu'après chaque démontage du filtre il faut procéder à la purge pour évacuer l'air contenu dans le système. Il peut également pénétrer de l'air dans les canalisations quand le moteur reste un certain temps sans tourner. Il peut aussi se produire, après un fonctionnement prolongé à pleine charge, un blocage par la vapeur. Les diverses parties du circuit d'alimentation peuvent en ce cas atteindre une température suffisante pour vaporiser une certaine quantité de combustible. Lors de la condensation de cette vapeur au contact des parties froides, de l'air peut pénétrer à l'intérieur surtout quand les raccords ne sont pas absolument étanches.

ENTRETIEN DU DIESEL

L E diesel est un moteur robuste, d'un fonctionnement sûr, moins sujet aux pannes que le moteur à essence, en raison de l'absence de certains dispositifs tels que les appareils d'allumage qui se dérèglent facilement. Mais il ne procure tous les avantages escomptés, au point de vue rendement et régularité de marche, que s'il est entretenu convenablement. Il est plus sensible au manque d'entretien que le moteur à essence et toute négligence se traduit par une usure prématurée, exigeant une remise en état coûteuse.

D'importantes compagnies de transport, ayant une longue expérience dans l'exploitation des deux types de moteur, comme la Compagnie des Autobus de Londres par exemple, ont constaté qu'une méthode d'entretien appliquée avec succès au moteur à essence, est insuffisante pour le diesel. Avec le premier on peut sans trop de risque espacer au delà des délais normaux le nettoyage périodique des filtres à huile ou le remplacement des cartouches. Avec le diesel, le même dépassement du kilométrage prévu peut rendre nécessaire un démontage des pistons pour dégommer les segments. On a même, en certains cas, constaté des avaries aux coussinets par suite d'obstruction des canalisations d'huile.

Par contre, avec un entretien approprié les pannes sont beaucoup moins fréquentes et nous signalerons, à titre indicatif, qu'on n'enregistre qu'une immobilisation complète du véhicule sur route, demandant l'intervention de la dépanneuse, pour 640.000 km avec le diesel, tandis que le parcours est moitié moindre avec le moteur à essence.

Nous ne dresserons pas ici un tableau de périodicité des différentes opérations d'entretien; leur fréquence varie selon les types et le genre de service demandé au moteur; au surplus la notice du constructeur fournit à ce sujet toutes les indications nécessaires.

Mais nous tenons à souligner l'importance de l'entretien pour la bonne conservation du matériel et à mettre en lumière les répercussions fâcheuses que peut avoir une négligence ou une non-observation des recommandations du constructeur.

GRAISSAGE

Un bon graissage est à la base de l'entretien. Deux points doivent retenir l'attention : niveau et qualité.

Niveau

Il est à maintenir autant que possible au maximum prévu par le constructeur, sans toutefois dépasser ce maximum. Le minimum, au-dessous duquel il est toujours dangereux de descendre, peut être suffisant temporairement, quand le moteur ne travaille pas en charge. Mais lorsque le moteur développe toute sa puissance, la température et les pressions augmentent et la

quantité d'huile dans le carter risque de ne plus être suffisante pour remplir son double rôle de lubrification proprement dite et d'évacuation de la chaleur. L'huile, en trop faible quantité, vient trop souvent en contact avec les surfaces chaudes sans pouvoir être refroidie entre temps; il en résulte une élévation anormale de température pouvant aller jusqu'à la décomposition thermique de l'huile. Nous avons déjà souligné l'importance de ce point au chapitre « Graissage ». Donc, faire fonctionner le moteur toujours avec le plein d'huile et refaire le niveau tous les jours.

Mais il y a un autre facteur sur lequel il convient d'attirer l'attention : l'addition d'huile neuve, en quantité importante, à une huile très oxydée peut provoquer une floculation qui engendre quelquefois l'accumulation de dépôts dans les canalisations et même l'obstruction de celles-ci. Aussi faut-il bien se garder d'ajouter indéfiniment de l'huile neuve, au fur et à mesure des besoins. A intervalles réguliers, le carter est à vidanger, à chaud, et on remplacera par de l'huile fraîche après avoir le cas échéant procédé à un bon rinçage du système de graissage. Périodiquement aussi, mais à des dates plus espacées, on démontera le carter, en vue d'un nettoyage à fond; par la même occasion on nettoiera la crépine et on vérifiera la pompe. En cours de fonctionnement du moteur, la pression d'huile est à surveiller; le filtre à huile doit être révisé régulièrement.

Qualité de l'huile

Des huiles de marques ou de provenances diverses, mais répondant aux mêmes spécifications, peuvent ne pas avoir d'influence sur l'usure des cylindres et segments, mais affecter différemment le gommage de ces derniers. Il est donc préférable de s'en tenir à l'huile recommandée par le constructeur. Il faut également noter qu'en cours de service l'huile subit des altérations plus ou moins profondes; il se forme des produits d'oxydation; elle se charge de poussières et de particules métalliques; le gasoil se condensant au contact des parois froides et se mélangeant à l'huile dilue celle-ci et en diminue la viscosité. Le lubrifiant conservant ainsi une certaine fluidité apparente, on peut être tenté de considérer comme bonne une huile altérée.

Une huile qui ne présente plus la viscosité et l'onctuosité suffisantes, ne tient pas dans les articulations

ayant un certain jeu et c'est ainsi que des accidents mécaniques peuvent se produire aux coussinets. Dans un sens opposé, des usagers cherchent quelquefois à compenser des jeux devenus excessifs par l'emploi de lubrifiant trop visqueux qui peut donner lieu à des avaries par suite d'un débit insuffisant.

COMBUSTIBLE

Tout comme pour le lubrifiant, on se conformera pour le choix du combustible aux caractéristiques données par le constructeur. L'usure prématurée d'un moteur est due bien souvent à l'emploi d'un combustible de qualité inférieure. Certains utilisateurs de diesels rapides, pour réaliser des économies, mélangent le gasoil avec des combustibles plus lourds et moins chers, dont l'emploi dans ces moteurs présente de sérieux inconvénients. On incrimine le lubrifiant et parfois la qualité du moteur même alors que le seul fautif est un combustible ayant des caractéristiques par trop différentes de celles prévues, en particulier des combustibles trop riches en soufre. Avec un combustible médiocre un moteur peut être mis hors d'usage en quelques jours.

▲

Nous avons vu, par ailleurs, que le délai d'allumage dépend essentiellement du combustible. Pendant la période entre le moment d'introduction et le moment d'inflammation du combustible, ce dernier peut subir une véritable distillation qui libère les éléments non-vaporisables tels qu'asphalte et bitume. Ceux-ci, qui se trouvent à l'état gluant tant qu'ils sont chauds, se solidifient en refroidissant et provoquent le gommage des segments et aussi des soupapes. Ceci entraîne inévitablement un manque d'étanchéité et dès lors le cercle vicieux est amorcé : combustion incomplète, encrassement, diminution du rendement, difficultés de mise en route et ainsi de suite. Les fuites deviennent de plus en plus gênantes et l'on croit y remédier en raccordant par exemple le reniflard à la pipe d'admission pour récupérer ainsi les vapeurs d'huile. En fait, on ne supprime pas le mal, on le cache simplement et il est bien préférable de faire déboucher le reniflard à l'air libre ce qui permet d'avoir également, par le soufflé, une première indication sur l'étanchéité des cylindres.

ÉPURATION DE L'AIR

Pratiquement tous les diesels sont aujourd'hui munis d'un épurateur d'air. Mais cet appareil ne remplit son rôle qu'à la double condition d'être réellement efficace et de retenir vraiment les poussières, tout en ne freinant pas l'aspiration. Un moteur de 7 litres de cylindrée, tournant à 1.500 t/m pendant 8 heures, absorbe

$$\frac{8 \times 60 \times 1.500 \times 7}{2 \times 1.000} = 2.520 \text{ m}^3 \text{ d'air.}$$

Avec une teneur de 1 g par m³, c'est 2,520 kg de poussière qui passent ainsi dans le moteur en une journée. Or on trouve dans certaines atmosphères chargées, notamment dans les chantiers, des teneurs beaucoup plus élevées.

Du reste rien ne démontre mieux l'utilité de l'épurateur d'air que le colmatage de celui-ci au bout d'un certain temps. C'est ce colmatage progressif qui risque de freiner peu à peu l'admission d'air de sorte qu'il faut non seulement choisir un appareil d'un débit suffisant, mais également procéder périodiquement à son nettoyage, faute de quoi le moteur aspirera de moins en moins d'air ce qui réduit non seulement la pression finale de celui-ci, mais donne lieu également à une combustion incomplète; nous rappelons que le diesel doit fonctionner avec un large excès d'air.

REFROIDISSEMENT

Le diesel fonctionne le mieux à la température maximum compatible avec la marge de sécurité. Un thermostat est généralement prévu, dans le système de circulation d'eau, pour permettre un réchauffage rapide, de façon à ce qu'après un temps très court le graissage puisse se faire dans des conditions normales. La nécessité d'établir aussi vite que possible la température optimum de marche est due au fait qu'après un arrêt prolongé il n'y a que très peu d'huile entre les surfaces frottantes et que l'épaisseur du film est souvent insuffisante pour résister aux fortes pressions, beaucoup plus élevées que dans le moteur à essence. Une montée rapide en puissance, avant que l'huile n'ait atteint une température suffisante pour une bonne circulation, peut avoir des effets désastreux et provoquer le grippage. Le moins qui puisse se produire est une usure prématurée certaine et l'on a constaté (dosage du fer dans l'huile) que l'usure causée par un seul démarrage à froid et pleine charge peut dépasser celle de 50 heures de marche normale.

Le fonctionnement du thermostat est donc à surveiller et l'on vérifiera de temps à autre s'il ouvre et ferme bien aux températures voulues.

On évitera d'autre part un chauffage excessif. La tension de la courroie de ventilateur et le fonctionnement de la pompe à eau sont à vérifier, mais on veillera surtout à ce qu'il ne produise pas, dans les chambres d'eau, des dépôts excessifs de tartre qui, mauvais conducteurs, nuisent au refroidissement, entraînent des déformations et peuvent même provoquer la détérioration de la culasse. Un nettoyage complet de tout le système de circulation d'eau doit être effectué deux fois l'an, aux changements de saison.

DISTRIBUTION

Tous les 2.000 km ou 40 heures de marche on contrôlera le jeu des soupapes. Indépendamment des perturbations au point de vue distribution (modification des temps d'ouverture et de fermeture) le jeu incorrect se traduit en outre par une fatigue exagérée des soupapes et des sièges, quand il est trop grand, et un manque d'étanchéité lorsqu'il est insuffisant.

Le calage même de la distribution aussi est à vérifier de temps à autre. En principe, et à moins de rupture, la distribution ne se dérègle pas beaucoup, néanmoins l'accroissement des jeux par suite de l'usure (pignons et chaînes) peut entraîner parfois un certain décalage. Ce point est à vérifier surtout lors des révisions du moteur.

IMPORTANCE DE L'ÉTANCHÉITÉ

Quand l'étanchéité des cylindres d'un moteur à essence diminue, la puissance et le rendement baissent. Ceci pour deux raisons :

1° Lors de la compression une partie du mélange s'échappe du cylindre, on comprime donc une quantité de gaz moindre et le taux réel de compression se trouve réduit d'autant;

2° Lors de la détente, une partie des gaz chauds passe dans le carter sans fournir de travail utile.

Mais ce manque d'étanchéité n'affecte pas autrement la marche même du moteur. Abstraction faite de l'encrassement des bougies par suite des remontées d'huile, les conditions d'allumage et de combustion ne sont guère affectées et le moteur ne démarre pas moins bien qu'avec les compressions normales.

Dans le diesel, l'étanchéité a une importance capitale. Elle n'influe pas seulement sur le rendement du moteur, mais affecte aussi très sérieusement les conditions d'inflammation et de combustion, et dans une très large mesure la mise en route. On comprend sans peine

que si, lors de la mise en route, la pression de compression n'atteint pas une valeur minimum déterminée, la température liée à cette pression sera insuffisante pour l'inflammation du combustible. Or cette pression finale, rappelons-le, ne dépend pas du rapport volumétrique du moteur, mais du rapport entre le volume réel occupé par l'air au moment où la compression commence effectivement, c'est-à-dire où la soupape d'admission se ferme, et le volume occupé à la fin de la course de compression, par la même quantité d'air. Ce rapport est notablement inférieur au rapport volumétrique du moteur et il dépend du retard à la fermeture d'admission. Si ce rapport est par exemple de 10, et si pendant la compression un cinquième de la quantité d'air aspiré se trouve à nouveau refoulé à l'extérieur du cylindre, à cause du manque d'étanchéité, le rapport effectif de compression ne sera pas de 10/1, mais de 8/1 seulement. Or si la pression absolue en fin de compression, pour un rapport de 10/1, est de 21,4 kg, et la température absolue de 350°C environ, les valeurs correspondantes pour un rapport de 8/1 ne sont que de 16 kg et 310°C. Les différences sont sensibles.

À la diminution de la température en fin de compression s'ajoute la diminution de la quantité d'air comburant qui fait que la charge de combustible ne trouve plus l'oxygène en quantité suffisante pour que toutes les molécules puissent brûler. D'où combustion incomplète, c'est-à-dire une partie seulement de la charge est brûlée dont une fraction agit utilement sur le piston, tandis que l'autre passe dans le carter. En résumé : diminution du rendement thermique, par suite de la compression effective moindre, perte par suite de la combustion incomplète et perte par suite des fuites entre segments et cylindre. On voit l'effet du manque d'étanchéité dans le diesel.

Le moyen le plus simple et le plus rapide de se rendre compte de l'état du moteur et en particulier des cylindres, consiste à relever les compressions. Ceci peut être fait à l'occasion de la vérification des injecteurs. Le moteur étant chaud et les injecteurs démontés, on le fait tourner au démarreur en montant successivement sur les différents cylindres un manomètre de précision qu'on peut se procurer dans toutes les maisons d'accessoires. L'absence des injecteurs permet une rotation plus rapide du moteur et l'on peut ainsi relever la pression réelle en fin de compression, pour chaque cylindre. Le chiffre indiqué par le manomètre doit être sensiblement plus élevé que le rapport volumétrique du moteur qui n'est qu'un rapport d'espaces.

Certains constructeurs, malheureusement encore trop rares, indiquent, dans les caractéristiques du moteur, la pression de compression et l'usager devrait toujours chercher à obtenir cette donnée pour avoir une base de comparaison. À titre indicatif, pour un moteur déterminé, avec un rapport volumétrique de 17, elle est de 35 à 37 kg. C'est la pression réelle relevée par le constructeur sur le moteur neuf, rodé, et présentant le maximum d'étanchéité. Elle varie d'un cylindre à l'autre, dans des limites étroites, en l'occurrence 2 kg. En cours de service, et par suite de l'usure inévitable, le manomètre donnera des chiffres de plus en plus bas par rapport à la pression normale, mais l'écart entre les différents cylindres ne devra pas être supérieur à celui indiqué par le constructeur, sous peine d'un fonctionnement déséquilibré du moteur. Quand on ne connaît pas la pression de compression normale, on peut la calculer et rapprocher de ce chiffre les pressions relevées au manomètre. Cette pression théorique est donnée par la formule

$$P_c = P \times \rho^{\gamma} \text{ ou } \rho$$

en considérant la pression initiale P égale à 1.

ρ est le rapport volumétrique, ou taux de compression, mais il faudra prendre le rapport réel donné par la position du piston au moment où la soupape d'admission se ferme, ainsi que nous l'avons dit plus haut.

Soit par exemple un moteur de 150 mm de course,

avec un rapport volumétrique de 17, et un retard de 18 mm à la fermeture d'admission. La course réelle de compression représente en ce cas

$$132 \times 100$$

88 % de la course totale du piston. Le volume à comprimer est réduit dans la même proportion. Or

$$\frac{V+v}{v} = 17 \quad \text{et } V = 16$$

de sorte que

$$\frac{(0,88 \times 16) + 1}{1} = 15,1$$

L'exposant γ , qui est le rapport entre la chaleur spécifique à pression constante et la chaleur spécifique à volume constant d'un gaz, est pris égal à 1,33.

Nous avons donc

$$P_c = \rho^{\gamma} = 15,1^{1,33}$$

$$\log P_c = \log 15,1 \times 1,33 = 1,17898 \times 1,33 = 1,56804$$

1,56804 est le logarithme de 36,9.

La pression de compression est donc de 36,9 kg ou 37 kg en chiffre rond. C'est celle que nous avons indiquée plus haut. Si nous nous étions basés sur le rapport théorique de 17, nous aurions trouvé 43,3 kg, chiffre sensiblement supérieur, on le voit, à la pression de compression réelle du moteur en question.

Dans le carnet d'entretien du moteur ou du véhicule, on peut réserver une page pour l'inscription des pressions relevées dans les différents cylindres lors de chaque vérification. On verra ainsi comment l'étanchéité de chaque cylindre diminue progressivement, et dans quelle mesure :

date	pression des cylindres					
	1	2	3	4	5	6

Résumons, pour ce qui concerne la partie moteur :

- Emploi d'un lubrifiant de bonne qualité, conforme aux spécifications du constructeur;
- Maintien du niveau et surveillance de la pression;
- Vidange, rinçage et nettoyage à intervalles réguliers;
- Emploi d'un combustible de bonne qualité, à l'exclusion de tout produit bon marché dont les caractéristiques ne correspondent pas à la conception du moteur;
- Remise en état périodique des épurateurs d'air et filtres à huile;
- Révision périodique du système de refroidissement;
- Contrôle périodique du jeu des soupapes et réglage;

Vérification périodique des compressions.

En outre, on résulvera de temps à autre tous les serrages, on vérifiera le fonctionnement des commandes et on maintiendra l'extérieur du moteur et le dessous du capot aussi propre que possible.

△

Passons maintenant au système d'alimentation : réservoir, canalisations, filtres, pompes et injecteurs.

RÉSERVOIR

Malgré les précautions prises lors des remplissages, il pénètre toujours des impuretés, qui s'accumulent dans le fond, en même temps qu'une certaine quantité d'eau provenant des condensations sur les parois. Le

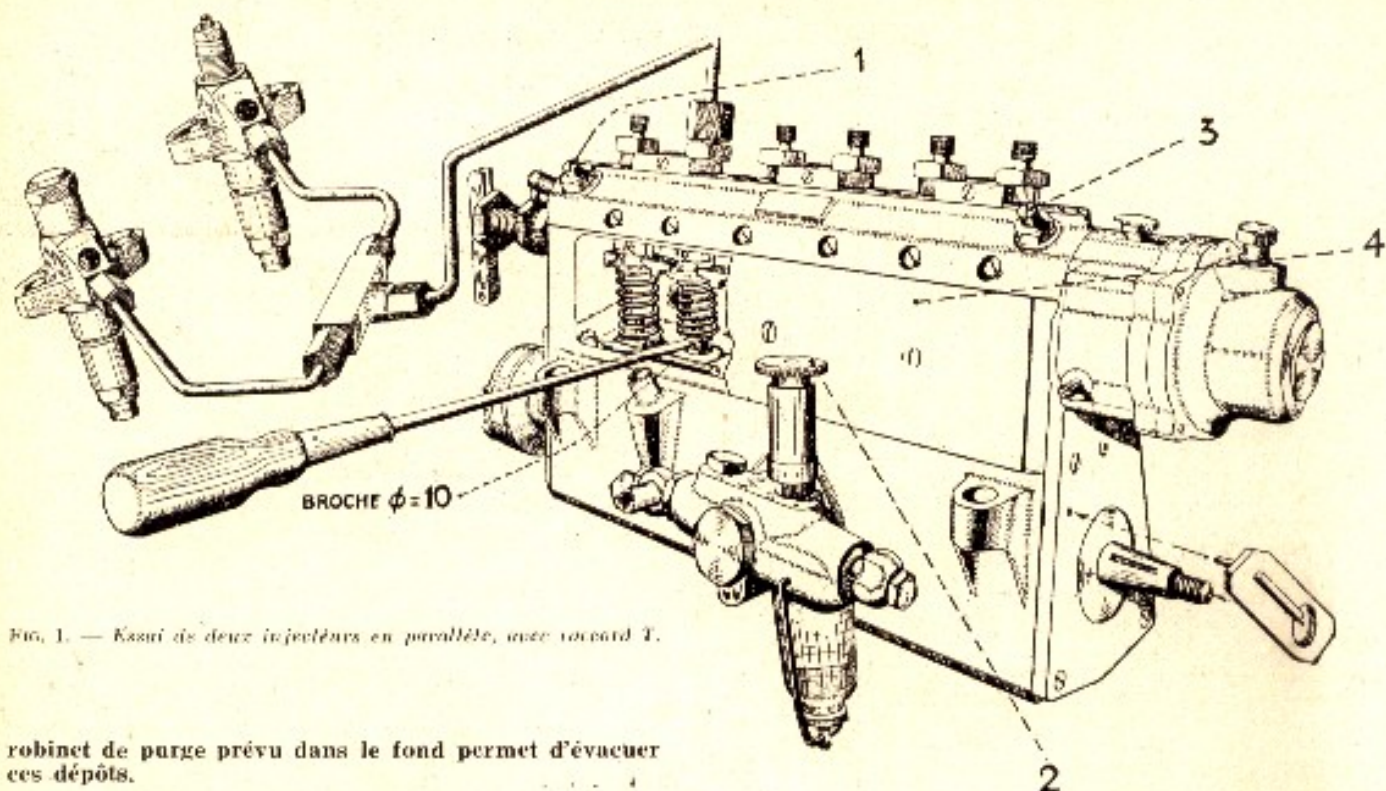


Fig. 1. — Cas où deux injecteurs en parallèle, avec raccord T.

robinet de purge prévu dans le fond permet d'évacuer ces dépôts.

CANALISATIONS

Les différentes canalisations sous pression (entre pompe d'alimentation et filtre principal, entre ce dernier et la pompe d'injection, ainsi que les tubes d'injection) ne demandent que peu de surveillance, car toute fuite se manifeste aussitôt par des suintements de gasoil. Par contre la canalisation entre le réservoir et la pompe d'alimentation demande à être vérifiée de temps à autre. On regardera notamment s'il ne se produit pas par endroit un frottement contre une partie quelconque du châssis, frottement qui peut élimer peu à peu le métal et donner lieu ainsi à des prises d'air. Pour se rendre compte de l'étanchéité de cette tuyauterie on peut la mettre en charge en la débranchant de la pompe et en la raccordant par un tube flexible à une nourrice tenue surélevée d'environ 30 cm. Le liquide s'écoulera vers le réservoir et les fuites éventuelles seront révélées par le suintement du gasoil.

FILTRES

Le filtre de la pompe d'alimentation ou préfiltre est à débarrasser des dépôts accumulés dans la cuve et le tamis à rincer dans du gasoil. Quant au filtre principal, on videra tous les jours les sédiments par la purge prévue à cet effet en bas de la cuve, jusqu'à ce que le gasoil coule clair. Au besoin on versera pendant cette opération un peu de gasoil dans l'appareil, par le bouchon de remplissage. Les cartouches filtrantes sont à nettoyer ou à changer suivant les indications du fabricant. (Voir chapitre « Filtrage »).

INJECTEURS

Ils sont à démonter en moyenne tous les 5.000 km pour vérification et décalaminage. Nous en reparlerons plus loin. Sur certains moteurs, les injecteurs se trouvent placés à l'intérieur du couvercle de culasse ou cache-culbuteurs, de telle sorte que les fuites aux raccords d'injecteurs s'écoulent dans le carter d'huile et risquent de diluer le lubrifiant. On enlève donc de temps en temps le couvercle de culasse et après avoir bien essuyé tous les raccords pour qu'ils soient absolument

secs, on regarde pendant que le moteur tourne, s'il se produit des fuites. Le cas échéant on resserrera le raccord ou, si la fuite persiste, on vérifiera s'il n'y a pas lieu de changer le tube dont l'embout refoulé peut ne plus être étanche. Il en sera de même pour les raccords de la canalisation de retour.

Le mauvais fonctionnement d'un injecteur se traduit généralement par un abondant dégagement de fumée noire à l'échappement. Mais il n'est pas facile de déceler l'appareil défectueux. Quelquefois une auscultation attentive peut mettre sur la voie. Un injecteur en bon état fait entendre lors de la pulvérisation un bruit de ronflement caractéristique assez prononcé. Le moteur étant arrêté, on met la crémaillère à plein débit et on actionne successivement les différents pistons de pompe, soit à l'aide des leviers d'amorçage prévus à cet effet, soit à l'aide d'un tournevis ou levier approprié permettant d'agir sur les pistons après dépose de la plaque de regard de la pompe. Si le moteur comporte des décompresseurs, on peut également ouvrir ceux-ci et faire tourner au démarreur. Dans bien des cas, cette méthode permet de découvrir l'injecteur en cause.

Si ce procédé ne donne aucune indication, on peut essayer les injecteurs à l'air libre. On les démonte du moteur et on les oriente de manière à pouvoir bien vérifier la diffusion et l'orientation du ou des jets. (Veiller à ce que ceux-ci ne blessent pas). Il est utile, pour cette vérification, de procéder par comparaison et la manière de faire variera suivant le matériel dont on dispose à bord.

Si l'on a un raccord en T et un injecteur neuf, on monte celui-ci en parallèle avec un injecteur du moteur, le T étant raccordé au tube d'injection (fig. 1). Il est bien entendu, que l'injecteur neuf doit être taré pour la pression d'injection du moteur. On actionnera la pompe et la comparaison des jets renseignera sur le fonctionnement de l'appareil à vérifier. Quel que soit le type : à téton, à trou unique ou à trous multiples, les deux appareils doivent donner la même pulvérisation et débiter en même temps. On peut voir ainsi, sui-

avant que l'appareil à contrôler débite plus tôt ou plus tard, s'il est réglé pour une pression trop faible ou trop forte. Celle-ci peut être le cas échéant réglée comme il sera expliqué plus loin. Tout appareil accusant une déviation du jet ou un manque de pulvérisation, est à remplacer.

La vérification peut également être faite sans injecteur neuf (qui ne devraient jamais manquer dans le matériel de bord, tout comme les bougies pour le moteur à essence), à condition d'avoir le raccord en T. On monte par exemple les injecteurs 1 et 2 sur le raccord relié à un des tubes d'injection correspondants, et on fait débiter les deux appareils ; on remplace ensuite l'injecteur 1 par le 3 et on essaie ainsi 2 et 3, puis on remplace 2 par 4 et on essaie 3 et 4 et ainsi de suite. Il est bien rare que tous les injecteurs d'un même moteur présentent le même défaut et on peut ainsi découvrir par exemple l'appareil insuffisamment ou trop taré (fig. 2 a - b).

L'injecteur-étalon, appareil qui ne devrait manquer dans aucune trousse d'outils, permet de connaître exactement le tarage des injecteurs du moteur. Ceux-ci sont montés successivement en série avec l'injecteur-étalon. Les deux appareils doivent fonctionner de manière identique.

Le tarage peut être vérifié également à l'aide d'un manomètre monté en parallèle avec l'injecteur à contrôler (utiliser le raccord T). On s'assurera au préalable que l'injecteur à vérifier n'est pas coincé fermé, pour éviter d'endommager le manomètre.

La tige de contrôle dont sont munis certains injecteurs permet de se rendre compte pendant la marche du moteur, si l'aiguille coulisse ou non, et de suivre les pulsations du pulvérisateur.

Sur route, le démontage d'un injecteur, c'est-à-dire le retrait de la buse avec l'aiguille, n'est pas recommandé, car on ne se trouve pas dans les conditions optimales pour faire le travail correctement et une poussière risque de venir se loger dans la buse. Ce travail est à faire à l'atelier ou au garage et on se contentera, en cours de route, de remplacer purement et simplement l'appareil défectueux, soit en montant un injecteur de rechange complet (porte-injecteur et pulvérisateur), soit en remplaçant la buse et l'aiguille sur le porte-injecteur en service. Procéder à l'abri de la poussière, car un grain peut se déposer dans la gorge circulaire en haut de la

buse et être entraîné par la suite par le gasoil vers le siège de l'aiguille.

Chaque fois qu'on retire un injecteur du moteur, le joint en cuivre (ne jamais se servir de joint métallo-plastique) est à recuire ou à remplacer par un neuf, l'ancien étant conservé pour recuit au garage. Dans le puits d'injecteur de la culasse il se forme souvent des dépôts de calamine. Tant que l'injecteur est en place, ces dépôts ne présentent pas d'inconvénient, mais lors du remontage on risque de déplacer des parcelles de carbone et d'avoir une portée défectueuse. Ces dépôts peuvent être enlevés à l'aide d'une sorte d'alésoir, au diamètre du puits, qui devrait également faire partie du matériel de bord.

Le nettoyage des pulvérisateurs, pour lequel on n'a pas à recourir obligatoirement au spécialiste, se fait en détrempant les dépôts d'abord dans du gasoil. Les orifices obstrués sont à déboucher avec une curette appropriée, à la rigueur un fil de cuivre, à moins de disposer d'une curette en acier au diamètre exact des orifices. Ne jamais se servir d'un brin quelconque de câble d'acier, d'une aiguille ou autre objet. Pour le rodage aussi, le fabricant fournit des bâtonnets appropriés. Jamais de grattoir, de lime, d'émeri.

Tout autre travail est du ressort du spécialiste.

L'étanchéité de l'injecteur, qui dépend de la portée de l'aiguille sur son siège, peut être vérifiée sans appareil spécial. Après purge, il suffit d'agir sur le piston de pompe juste assez pour mettre le liquide légèrement sous pression, sans toutefois soulever l'aiguille. Si cette dernière porte mal, le gasoil coulera. Notons que les injecteurs suintent toujours un peu, mais la fuite ne doit pas dépasser 2 gouttes par minute. Un injecteur qui « bave » est à remplacer.

Précisons encore que le seul aspect d'un injecteur ne renseigne en aucune façon sur son état. En raison de la précision d'usinage, du jeu extrêmement faible entre la buse et l'aiguille et du très petit diamètre des trous qui sont du reste rigoureusement calibrés, il faut des appareils spéciaux pour éprouver ces pièces. Une fente dans la buse par exemple n'est pas visible à l'œil nu et ne se voit même pas toujours à la loupe. Seul le suintement du liquide sous une pression de 100 kg et plus la révélera.

POMPE D'INJECTION

A part une vérification régulière du niveau d'huile dans le carter (une jauge est prévue) et le graissage du régulateur, il n'y a pas à toucher à la pompe. C'est le meilleur moyen de la conserver en bon état, à condition d'assurer un bon filtrage du combustible. Tout au plus pourra-t-on vérifier de temps en temps le bon blocage des boutonnières du manchon d'accouplement.

Quant au régulateur, il est plombé ou du moins il devrait l'être. En fait, la plupart des véhicules diesel qui empestent les routes avec des nuages de fumée noire, ont des pompes non plombées et marchent avec un matériel d'injection « bricolé » par des incompetents.

Puisque nous parlons de fumée, soulignons qu'il est du devoir de tout bon conducteur de diesel, de surveiller l'échappement de son moteur. Indépendamment des inconvénients que présentent les fumées pour les autres usagers — de graves accidents se sont produits par suite de cette fumée — elles sont toujours l'indice d'une défectuosité quelconque. Un moteur qui fume est un moteur qui meurt. C'est particulièrement vrai pour le diesel et dès qu'un moteur commence à fumer, il faut en chercher la cause. La fumée c'est du gasoil gaspillé, ce sont des calories envoyées dans l'atmosphère en pure perte et la mise hors service du moteur à bref délai.

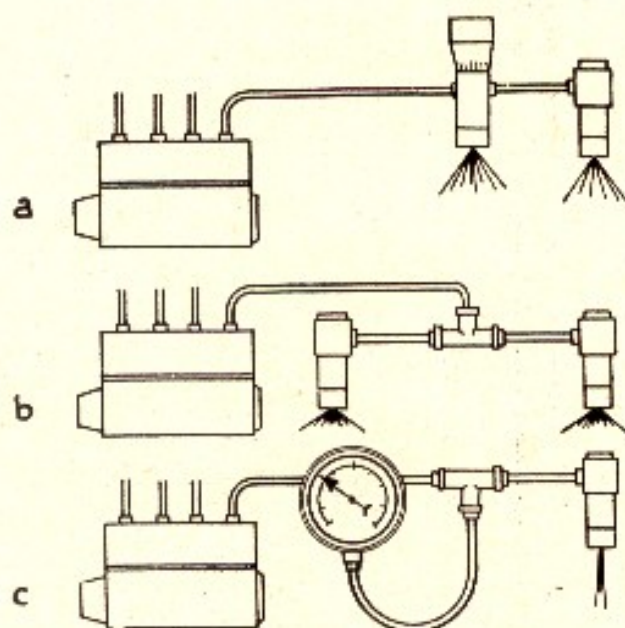


FIG. 2. — Essai des injecteurs : a : avec l'injecteur étalon ; b : deux injecteurs en parallèle ; c : avec le manomètre.

MISE EN ROUTE ET CONDUITE

Le diesel est moins capricieux au point de vue mise en route, que le moteur à essence. Il va de soi, qu'avant démarrage on vérifiera les différents niveaux. S'il y a lieu, par exemple après démontage d'organes d'alimentation, on procédera à la purge de l'air. La pompe d'alimentation étant amorcée, on ouvrira la vis de purge du filtre principal et l'on actionnera la pompe soit à l'aide du levier à main, soit en faisant tourner le moteur au démarreur (décompresseurs ouverts le cas échéant) jusqu'à ce qu'il ne sorte plus de bulles d'air. On purgera de même la pompe d'injection et les injecteurs. Si ceux-ci ne comportent pas de purgeur, on desserre un peu le raccord entre tube et injecteur.

Tout le système d'alimentation étant ainsi rempli de gas-oil, on amène la crémaillère de la pompe à la position « plein débit » et l'on procède au lancement. Aussitôt le moteur démarré, on ramène la crémaillère au ralenti et on laisse le moteur chauffer quelque temps avant d'accélérer. Certains conducteurs ont la fâcheuse habitude d'emballer le moteur dès la mise en route, estimant qu'il s'accommode sans inconvénient de ce régime parce qu'aucune difficulté d'alimentation, aucune question de dosage de mélange et de condensation dans la tubulure d'admission ne vient empêcher cette montée immédiate en puissance.

Mais nous avons vu précédemment que cette pratique présente de très graves dangers, notamment pour l'équipage mobile et aussi pour les pistons et cylindres, tous insuffisamment lubrifiés pendant les premières minutes de fonctionnement.

Pour faciliter le départ, on a recouru à des moyens variés qui ont pour but soit d'augmenter la température de l'air, soit de permettre une vitesse de rotation suffisante en qui se traduit finement aussi par une température plus élevée. (Décompression partielle ou totale pendant la rotation du démarreur).

Sur les moteurs à antichambre (précombustion ou réserve d'air) qui ont une surface de paroi plus grande que les moteurs à injection directe et où l'injection ne se fait pas dans un noyau d'air chaud, on emploie généralement des bougies de chauffage appelées aussi réchauffeurs. Ces bougies comportent une résistance électrique constituée par un filament de gros diamètre qui débouche dans l'antichambre. En les mettant en circuit pendant 1 à 1 1/2 minutes, on les chauffe à environ 1.000°, ce qui porte la température de l'air à un degré suffisamment élevé pour que le gas-oil puisse s'enflammer. Dès que le moteur tourne, les bougies sont à mettre hors circuit, sous peine de détérioration de la résistance. Dans certaines installations les commandes sont combinées de telle sorte que le démarreur ne peut être lancé tant que les réchauffeurs ne sont pas en circuit, et qu'au moment où l'on ferme le circuit de démarrage, on met hors circuit les réchauffeurs. (Voir Equipement électrique du diesel).

▲

Un autre dispositif consiste en une résistance de chauffage unique montée à l'entrée de la pipe d'admission d'air. Par ce

moyen aussi on augmente la température initiale de l'air et proportionnellement la température finale. Toutefois il convient mieux aux moteurs à injection directe présentant des surfaces de paroi moins grandes. Dans les moteurs à antichambre, l'air chauffé à l'entrée de la tubulure d'admission, abandonne à nouveau une partie de sa chaleur non seulement au cours de son trajet jusqu'aux cylindres, mais aussi lors de son passage dans l'étranglement entre cylindre et antichambre. On a constaté que dans ces moteurs, avec une résistance à l'entrée chauffée à 1.000° le gain de température finale n'était que de 60°, ce qui par temps froid peut ne pas être suffisant. Pourtant, ce mode de chauffage est utilisé avec succès sur des moteurs à chambre de précombustion (ex. Berliet, en combinaison avec un autre dispositif dont nous parlerons ci-après).

Dans certains moteurs (Gaz-Jendrassik) on utilise l'effet Joule-Thompson pour augmenter la température finale. On sait qu'un gaz s'échauffe en arrivant dans un espace où règne une forte dépression. Pour obtenir la dépression voulue, on ouvre la soupape d'admission vers la fin de la course d'aspiration seulement et l'air s'échauffe de 30 à 40° environ,

ce qui donne une augmentation de la température finale de l'ordre de 100°C.

On peut également provoquer l'inflammation du combustible pendant la période de mise en route, à l'aide de cartouches spéciales vissées dans le cylindre ou la culasse. Ces cartouches sont constituées par un bouchon pouvant recevoir en haut un tampon d'amadou ou de papier imprégné de nitrate de potassium (salpêtre) qu'on allume avant introduction et qui se consume lentement, inflammant ainsi la charge pendant les premiers cycles de fonctionnement. Pour les moteurs monocylindriques ou même bi-cylindres le procédé convient parfaitement : il n'est pas très pratique pour les polycylindres des véhicules.

Un autre moyen, dont nous avons déjà parlé, consiste à modifier le rapport volumétrique. On peut par exemple décompresser certains cylindres et augmenter la compression des autres (fig. 1). La résistance à vaincre par le démarreur ne sera pas accrue, mais en raison de la compression plus forte d'une partie des cylindres, la température de l'air dans ces derniers sera assez élevée pour l'inflammation du combustible. Aussitôt le moteur parti, on rétablit la compression normale pour tous les cylindres.

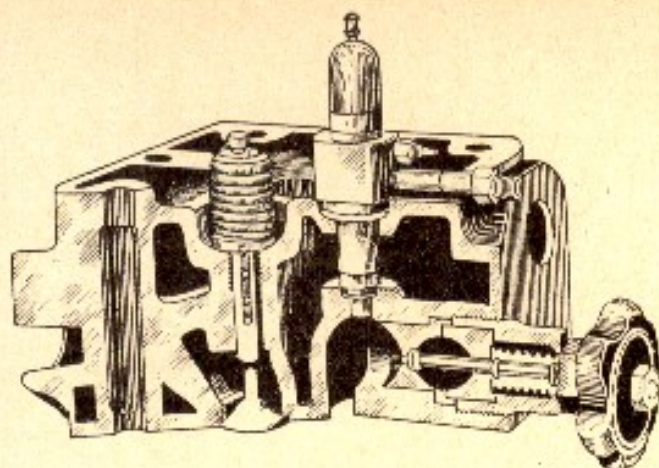


FIG. 1. — Calasse Lister à compression variable.

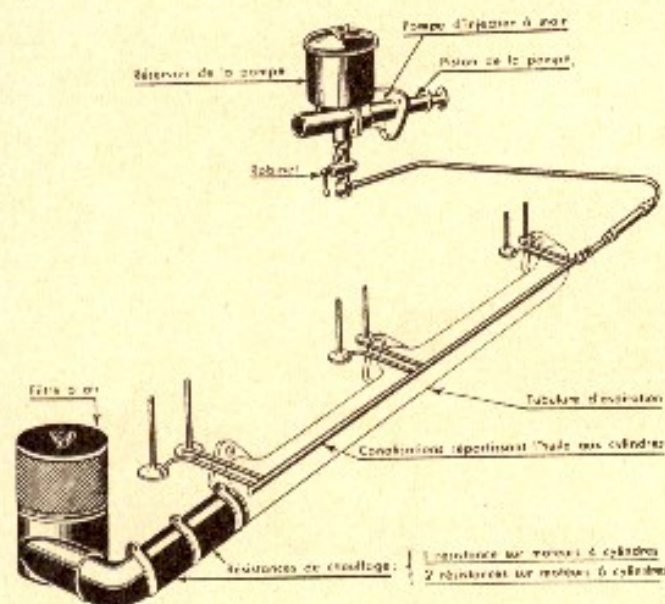


FIG. 2. — Schéma d'installation de la pompe de départ à froid Berliet.

De même, en décompressant tous les cylindres, on permet au démarreur d'entraîner le vilebrequin à plus grande vitesse; l'inertie du volant aidera à passer les compressions quand on fermera les décompresseurs, et le moteur pourra démarrer.

Un moyen ingénieux, destiné à assurer au départ une bonne étanchéité des cylindres est employé sur les moteurs Berliet, munis également d'une résistance de chauffage à l'entrée de la pipe d'admission. Il s'agit d'une pompe pouvant être actionnée de l'intérieur de la cabine et qui, par une canalisation aboutissant au-dessus des soupapes, injecte dans les cylindres une petite quantité d'un mélange d'huile et de gasoil. Ce mélange, descendant dans la

segmentation, augmente l'étanchéité (voir fig. 2).

Pour la mise en route (moteur froid) on donne deux coups de pompe, le premier remplissant les canalisations jusqu'aux soupapes, le second laissant écouler dans les chambres de compression le volume de lubrifiant nécessaire au départ. Ne jamais faire d'injection supplémentaire, car l'excès d'huile peut amener un bouchage préjudiciable à la tenue des organes (pistons, culasses). Il ne faut pas oublier que l'espace au-dessus du piston est très petit quand celui-ci est au PMH.

Par temps normal le moteur peut ainsi démarrer. La résistance de chauffage sur la pipe d'admission n'est à employer que par temps froid.

STARTER ET BUTÉE DE SURCHARGE

Les pompes sont généralement réglées de telle sorte que la pleine charge, c'est-à-dire le dé-

bit maximum en marche normale, soit inférieur au débit maximum pouvant être obtenu

avec la pompe. En d'autres termes, quand la crémaillère se trouve à la position plein débit, les pistons de pompe n'occupent pas encore la position angulaire, à toute la hauteur de la tête de piston est utilisée pour le refoulement. C'est encore une partie inclinée de l'arête qui se trouve devant le ou les orifices du cylindre (fig. 3). On pourrait donc tourner les pistons davantage et obtenir un débit supérieur, mais en ce cas le combustible se trouverait en excès dans le cylindre et le moteur fumerait. On limite donc la rotation des pistons, à l'aide d'une butée contre laquelle la crémaillère vient toucher. Cette butée est constituée par une douille fixée au corps de pompe, dans l'axe de la crémaillère. Dans cette douille, taraudée, est vissé un bouchon contre lequel l'extrémité de la crémaillère vient buter (fig. 4).

Dans certains cas, la butée est mobile de façon à pouvoir donner, pour le départ, une course plus grande à la crémaillère et avoir ainsi un débit un peu plus élevé. La figure 5 montre un dispositif de ce genre. Dans la douille se déplace une tige T qui peut être avancée ou reculée à l'aide d'un levier L commandé du tableau par tirette. En tirant cette dernière, on recule la tige T et l'on obtient la surcharge nécessaire. Dès que le moteur est parti, on repousse la tirette et on lache l'accélérateur.

Une autre réalisation est représentée par la figure 6. La surcharge, 10 à 15 % du débit normal, se règle à l'aide de la douille qu'on bloque avec le contre-bout.

La surcharge utilisée sur les pompes PM à régulateur pneumatique est déterminée par le dispositif que montre la figure 7. En marche normale, le débit maximum est limité par un linguet L, contre lequel bute un ergot de la crémaillère. Le linguet L est articulé sur un levier S solidaire d'un axe G. La rotation de cet axe est commandée par une tirette agissant sur un levier E monté sur l'axe, extérieurement au boîtier du régulateur. Le déplacement du levier E, donc la rotation de l'axe G, dans le sens plein débit, est limité par une butée B sur le boîtier. (Cette butée est plombée). Lorsqu'on pousse la tirette, on fait tourner l'axe G dans le sens « St » et le linguet L, appuyé contre l'ergot de la crémaillère, déplace celle-ci vers le « stop » et le moteur s'arrête. Pendant ce déplacement, le linguet L, appuyé vers le bas par le ressort R, passe sur la rampe C et se soulève suffisamment pour libérer l'ergot de sorte que la crémaillère, poussée par le ressort du régula-

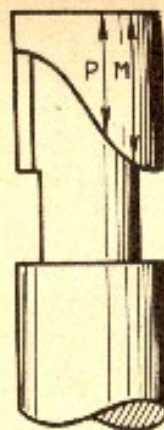


FIG. 3. — Le débit maximum de la pompe est obtenu quand la génératrice M passe devant l'orifice d'entrée. Le plein débit normal pour un moteur donné, un peu moindre, est obtenu quand la génératrice P, moins haute, passe devant l'orifice. Il reste donc une certaine marge pour augmenter le débit au départ, grâce au starter ou la butée de surcharge.

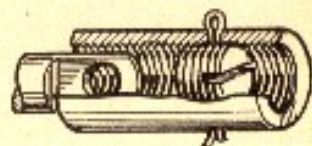


FIG. 4. — Butée fixe de crémaillère.

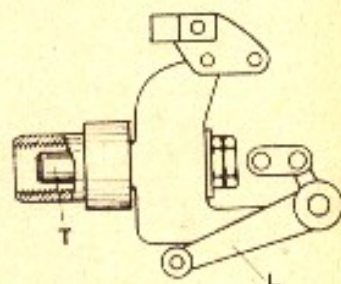


FIG. 5. — Starter permettant de pousser la crémaillère un peu plus loin que la position plein débit.

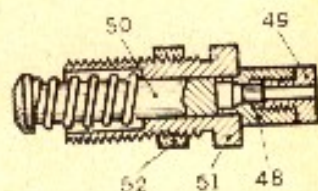


FIG. 6. — Starter à tirette Bowden (Scintille).

teur, peut revenir vers la gauche jusqu'à ce que l'ergot lanche le levier S même.

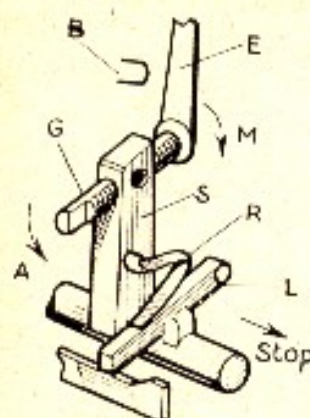


FIG. 7. — Dispositif de surcharge PM pour pompes à régulateur à dépression.

Pour la mise en route, on tire la tirette jusqu'à ce que le levier E bute contre B. L'axe G tourne dans le sens de la flèche M, avec le levier S, permettant à la crémaillère de suivre jusqu'à ce que son extrémité opposée touche à une butée de surcharge. Dès que le moteur tourne, la crémaillère est rappelée vers la droite par la dépression, l'ergot quitte le levier S et le linguet L redescend, pour limiter à nouveau la course de la crémaillère à une position correspondant au plein débit normal prévu.

Régime du moteur

Les vitesses minimum et maximum sont déterminées par le régulateur qui évite à la fois un ralenti trop faible et l'emballlement du moteur. En service, il faut néanmoins prendre certaines précautions car le régulateur ne se substitue pas au conducteur.

On évitera notamment de faire tourner le moteur longtemps au ralenti; un ralenti prolongé lave les cylindres et entraîne la dilution de l'huile de graissage.

En côte, on évitera de faire peiner le moteur, on le maintiendra toujours au même régime et lorsque celui-ci, malgré l'action du régulateur, commence à baisser, il ne faut pas hésiter à changer de vitesse.

En descente, et ce point est important, on n'utilisera pas trop le moteur comme frein, on risque de le faire tourner à une

vitesse supérieure au régime maximum prévu et des accidents graves, tant au moteur même qu'au régulateur, peuvent en résulter.

Arrêt du moteur

Celui-ci s'obtient en amenant la crémaillère à la position stop (débit nul). Une commande appropriée est prévue à cet effet. En aucun cas, sauf raison spéciale, il ne faut couper l'arrivée de combustible pour obtenir l'arrêt. On viderait ainsi les canalisations et l'on se trouverait dans des conditions défavorables pour le prochain départ.

Quand le moteur est très chaud, il est bon de le laisser tourner au ralenti pendant quelques minutes après arrêt du véhicule, afin d'éviter que l'eau de circulation ne soit portée à ébullition.

DIFFICULTÉS DE DÉPART

Si le moteur ne part pas immédiatement, lorsqu'on lance le démarreur, il ne faut pas insister, mais vérifier si tout est bien en ordre. L'impossibilité de mise en route est due le plus souvent à la présence d'air dans le système d'alimentation. Il arrive en effet que malgré une purge totale du système, de l'air soit à nouveau aspiré dans la canalisation primaire (entre réservoir et pompe d'alimentation). En ce cas le moteur peut partir, les tubes d'injection étant sous pression, mais le filtre principal ne sera plus alimenté, il se videra peu à peu et le moteur s'arrêtera.

Quelquefois, le moteur, dur à décoller, ne tournera pas assez vite pour démarrer. S'il n'est pas parti au bout de 30 secondes environ, on laissera les batteries reposer pendant quelques instants avant de faire une nouvelle tentative.

Précautions par temps froid

La protection du système de refroidissement contre le gel est une nécessité évidente. On trouve dans la commerce des solutions antigel appropriées. À défaut on pourra mélanger à l'eau 10 % de glycérine pure et

non raffinée; vérifier si elle est neutre en y plongeant un papier de tournesol rouge et un bleu. Ni l'un ni l'autre ne doivent changer de couleur. La glycérine aride peut être neutralisée par addition de 20 à 25 g de bicarbonate de soude. On peut également employer de l'alcool qui dans la proportion de 1/3, protège jusqu'à -15°C. L'alcool à l'inconvénient de s'évaporer ce qui oblige à rétablir de temps à autre la proportion correcte.

Pendant la nuit, au garage, l'eau peut être maintenue à une température normale à l'aide d'une résistance électrique montée dans une durite. Il serait bon de pouvoir employer la même méthode pour l'huile de graissage, ce qui faciliterait sa circulation lors de la mise en route.

Le meilleur moyen d'obtenir un départ facile en hiver consiste à avoir un moteur pas trop froid. Le remplissage du radiateur avec de l'eau chaude prouve évidemment une élévation de la température des parois du cylindre et des chambres, mais c'est un procédé fastidieux; au surplus ce moyen ne rend pas l'huile de graissage plus fluide.

Par temps très froid il est utile de réchauffer les canalisations de gazol; celui-ci se fige en cristallisant à -18°C, parfois au-dessus, suivant la qualité. En outre un bouchon de glace peut se trouver dans une partie basse de la canalisation.

Certains constructeurs conseillent de prévenir le gommage du moteur en versant le soir, au moment de l'arrêt, un peu de pétrole (1/2 verre à liqueur) dans chaque cylindre et de faire faire quelques tours au moteur, à la main ou au démarreur. De même quelques gouttes entre les tiges et guides de soupapes évitent le gommage de celles-ci.

En hiver, la mise en route est rendue difficile par plusieurs causes dont les principales sont les résistances mécaniques plus grandes (moteur gommé) et la température plus basse. Il en résulte que même avec un matériel en parfait état, le départ peut être laborieux. À plus forte raison quand certains points laissent à désirer, en particulier l'étanchéité des cylindres et l'état des appareils de démarrage. Il faut donc diminuer les résistances mécaniques. Le chauffage de l'eau et de l'huile

à l'aide de résistances électriques nous semble le moyen le plus simple et le plus pratique, notamment au garage où l'on peut le cas échéant utiliser le courant du secteur. Par ce même moyen, la température de l'air, au début de la course de compression, se trouvera également augmentée; en outre, l'air subira moins de pertes de chaleur au contact des parois, celles-ci étant moins froides et l'on atteindra plus facilement la température nécessaire à l'inflammation du combustible.

Dans des conditions normales de marche, la température de l'air en fin de compression varie aux environs de 600°C. On estime à environ 400°C la température minimum nécessaire pour obtenir l'allumage du gazol dont le point d'inflammation se situe à 330°C, c'est-à-dire sensiblement en-dessous. Mais il faut tenir compte du fait que le gazol froid, en venant en contact avec l'air, enlève à celui-ci une partie de sa chaleur.

Quelle est maintenant la température que l'air peut atteindre lors de la mise en route d'un moteur froid?

Cette température dépend de la température initiale et du rapport de compression. Elle est donnée par les formules

$$T_2 = T_1 \times \gamma^{\gamma-1}, \text{ en fonction de } \gamma$$

$$\text{ou}$$

$$T_2 = T_1 \times P_2^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

en fonction de la pression P_2 .

Pour un moteur ayant un rapport volumétrique de 17 et un rapport réel de 15,1, correspondant à une pression de compression de 36,9 kg (voir plus haut), à moteur en route à -10°C, soit une température initiale absolue de 263°, nous aurons donc

$$263 \times 15,1^{1,4} = 644 \text{ degrés absolus ou } 644 - 273 = 371^\circ \text{C.}$$

température qui est inférieure au minimum indiqué plus haut. Et nous avons supposé les cylindres étanches et la vitesse de lancement assez rapide pour que l'air, pendant la compression, ne cède pas trop de chaleur aux parois froides. On voit que même dans ces conditions optimales la température n'est pas suffisante pour provoquer l'allumage. On comprend dès lors pourquoi l'état du moteur et l'état des appareils de lancement ont une si grande importance pour la mise en route en hiver.

CALAGE DE LA POMPE D'INJECTION

LE calage de la pompe d'injection d'un diesel ne présente pas plus de difficultés que le calage de l'allumeur d'un moteur à essence. En gros, l'opération se décompose en trois temps :

1° mettre un piston du moteur, par exemple le premier, en fin de compression, à la position correspondant au moment où l'injection doit se produire ;

2° amener le piston correspondant de la pompe d'injection au point de début de refoulement ;

3° accoupler la pompe à l'arbre d'entraînement.

Nous allons examiner en détail les trois opérations.

MOTEUR

Normalement le moteur comporte un repère extérieur, le plus souvent un trait sur le volant, visible à travers un regard dans le carter, soit un indice sur un pignon de distribution, ou encore une marque sur la poulie avant. S'il n'y a aucune indication il est indispensable de connaître l'avance à l'injection, en mm de course du piston si possible. Mais on peut également caler d'après l'avance en degrés de rotation, grâce à la graduation que comporte le dispositif d'accouplement de la pompe. On procédera comme suit :

a) Avance linéaire

Amener le piston du premier cylindre en fin de compression ; ce point se détermine aisément en suivant le mouvement des soupapes du dernier cylindre : la soupape d'admission

vient de s'ouvrir et la soupape d'échappement va fermer.

Déclaveter une des soupapes du premier cylindre pour qu'elle puisse descendre sur le piston. Elle servira dès lors de pige et permettra de déterminer exactement le point mort. A cet effet on fera porter contre l'extrémité de la tige de soupape la touche d'un comparateur. Le piston étant au PMH, tourner la montre comparateur pour que le zéro du cadran vienne se placer devant l'aiguille. Faire tourner le moteur en arrière (à l'aide de la courroie de ventilateur par exemple, décompresseurs ouverts) en suivant les déplacements de l'aiguille du comparateur dont chaque tour correspond à un mm. la touche restant en contact avec la soupape. On arrêtera quand l'aiguille aura fait autant de tours qu'il y a de mm d'avance à donner. S'il était nécessaire, la

graduation en centièmes de mm du cadran de comparateur permettrait d'amener le piston à la position exacte avec toute la précision voulue, mais en raison de la mise au point qui pourra être effectuée lors de l'essai après calage, une telle précision n'est pas indispensable. En général la touche mobile du comparateur a une course supérieure à l'avance à donner. Dans le cas contraire, on peut utiliser un trusquin et un réglé : le trusquin fixera le point le plus élevé de la soupape, à partir duquel on mesurera la descente correspondant à l'avance linéaire. (Chez Berliet, par exemple, le moteur 120×160 a 18 mm d'avance).

On laisse le moteur dans cette position et on relève la soupape qu'on immobilisera provisoirement par un moyen quelconque pour empêcher sa descente dans le cylindre si par inadvertance on tournait le mo-

teur. On remettra le ressort et la clavette après calage.

b) Avance angulaire

Si l'on a un repère, on met le piston à la position correspondante. Si par contre on connaît seulement l'avance en degrés, sans repère quelconque, on met le piston au PMH par le moyen indiqué plus haut et on calera à l'aide de la graduation sur le dispositif d'accouplement de la pompe dont il sera question ci-après.

POMPE

Le dispositif d'accouplement de la pompe comporte pour la plupart des pompes utilisées en Europe, quatre pièces qui sont (fig. 1) :

a) un manchon claveté sur l'arbre de pompe et pourvu de deux tétons diamétralement opposés ;

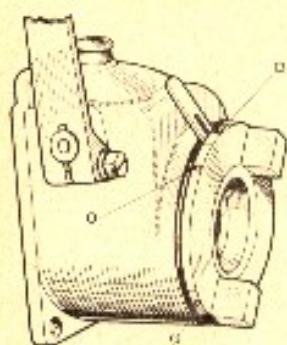


FIG. 1. — Dispositif d'accouplement. A droite, montage sans avance; à gauche, montage avec avance à main.

b) une pièce en fibre ou céloron avec quatre encoches à 90° et formant en quelque sorte joint Oldham;

c) un disque plat muni d'un côté de deux tétons identiques à ceux du manchon (a) et pourvu en outre de deux trous taraudés disposés sur un même diamètre;

d) enfin le plateau d'accouplement claveté sur l'arbre moteur (venant de la distribution) et qui est pourvu de deux boutonniers que traversent deux vis de fixation vissées dans le disque (c).

Sur le carter de pompe est gravé un trait; le manchon (a) comporte suivant le cas un trait avec une lettre A par exemple (pompes PM), ou deux traits, avec la lettre L ou G, pour l'un et la lettre R ou D pour l'autre (Bosch et licenciés). En ce dernier cas, suivant que la pompe tourne à gauche ou à droite, on amène l'un ou l'autre des deux repères en face la marque sur le carter. Quand ces repères coïncident, le piston de pompe le plus près de l'accouplement est en position de commencement d'injection. Quand il n'y a qu'une marque sur le manchon (PM par exemple) on amène celui-ci au voisinage du repère sur carter, de telle sorte que dans le sens normal de rotation de la pompe, le repère sur manchon se trouve décalé en arrière par rapport à la marque sur carter.

On raccorde la pompe au

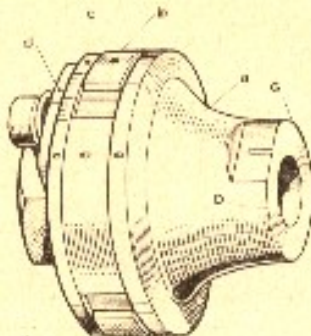
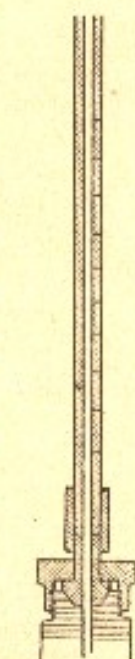


FIG. 2. Tube viseur.



filtre principal de façon qu'elle puisse se remplir de gasoil; on enlève les vis des boutonniers et l'on tourne l'arbre de pompe dans le sens normal de rotation jusqu'à ce que le gasoil s'écoule du raccord de refoulement du premier cylindre; continuer à tourner encore jusqu'à ce que la graduation du disque (c) s'approche du trait sur (d) et surveiller le raccord de refoulement. Dès que le gasoil commence à couler à nouveau, on arrête la rotation de la pompe et on bloque les boutonniers.

Un réglage plus précis peut être effectué en se servant d'un tube viseur que l'on visse sur le raccord de refoulement. Ce tube, en verre, a un diamètre inté-

rieur très faible, de sorte que la montée du gasoil peut être suivie avec beaucoup plus de précision (fig. 2).

Chaque division de la graduation du disque C correspond à trois degrés de rotation de l'arbre de pompe ou à six degrés de rotation de vilebrequin (pour les moteurs à quatre temps). Cette graduation permet de caler quand l'avance à l'injection est exprimée en degrés. Le piston moteur étant au PMH et l'avance à l'injection étant par exemple de 12°, on détermine comme indiqué précédemment, le moment où le gasoil monte dans le tube-viseur et l'on continue à tourner, dans le sens normal de rotation, pendant deux divisions de la graduation, correspondant aux 12 degrés d'avance à donner. On bloque ensuite les boutonniers dans cette position.

Si la pompe comporte un dispositif d'avance à main, on mettra celui-ci à la position préconisée par le constructeur. A défaut d'indication précise, on mettra à la position moyenne.

Pour les pompes avec piston sans avance (fig. 3 a), le début d'injection ne varie pas, quelle que soit la

position de la crémaillère, c'est-à-dire le débit. Par contre dans les pompes avec pistons du type « avance » (pistons à arête oblique en haut, fig. 3 b), l'avance augmente avec le débit, et l'on calera avec la crémaillère à plein débit. Avec ces pompes le calage se fait aussi quelquefois fin d'injection apparente.

CALAGE SANS COTE

C'est évidemment le cas le plus délicat. On peut cependant obtenir un résultat satisfaisant, en calant fin d'injection apparente au PMH. Le piston moteur étant au PM, on fait tourner l'arbre de pompe jusqu'à ce que la montée du gasoil dans le tube viseur cesse (crémaillère à plein débit) et on bloque dans cette position.

Quel que soit le mode de calage, quel que soit le type de moteur, une mise au point définitive sera faite, après accouplement de la pompe, au cours d'un essai en charge. Les boutonniers de l'accouplement permettent d'augmenter ou de diminuer l'avance et on réglera ainsi en cherchant la limite du cognement, sans diminuer le rendement du moteur et sans provoquer de fumée.

QUELQUES RECOMMANDATIONS

Il importe de veiller au parfait alignement de la pompe avec l'arbre de commande. L'arbre de pompe et l'arbre de commande doi-

vent se trouver exactement dans le prolongement l'un de l'autre; donc ni obliquité ni déport. Pour se rendre compte de l'alignement on vérifie le comportement du joint Oldham pendant la rotation. Au besoin on calera la pompe pour obtenir une position correcte.

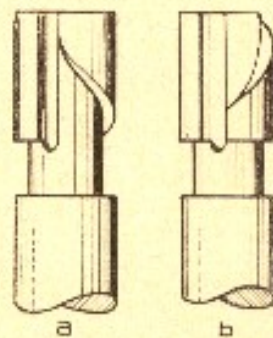


FIG. 3. — a : piston sans avance. b : piston à avance.

Il faut surveiller également le fonctionnement de la soupape de décharge du filtre principal, par laquelle s'évacue le gasoil refoulé en excès par la pompe d'alimentation, ainsi que l'air pouvant arriver dans le filtre. Une accumulation d'air aurait pour effet un désa-

morçage de la pompe d'injection et l'arrivée d'air jusqu'à celle-ci.

Pour le graissage de la pompe d'injection, il faut employer une huile absolument neutre. Toute acidité du lubrifiant provoquera des corrosions. Le niveau maximum ne doit pas être dépassé. De temps en temps on vidangera le carter par aspiration de l'huile y contenue à l'aide d'une seringue introduite par l'orifice de remplissage.

Avant mise en route, on n'oubliera pas le cas échéant de reclaveter la soupape qu'on avait libérée pour « piger ».

Pour la purge, on procédera comme suit : les injecteurs étant en place, on raccorde les tubes d'injection, sans toutefois bloquer les écrous de raccords. Par contre les écrous des raccords sur pompe peuvent être bloqués. On purge successivement filtre, pompe et tube d'injection.

FILTRE : ouvrir la vis de purge et actionner la pompe d'alimentation (levier ou tirette) jusqu'à ce que le gasoil sorte sans bulle d'air; refermer la vis;

POMPE : ouvrir le bouchon de purge sur la pompe, actionner la pompe d'alimentation jusqu'à disparition des bulles d'air. En cas d'alimentation en charge, le gasoil arrivant par gravité, doit s'écouler franchement sans « mousser »;

INJECTEURS : le moteur étant décomprimé, le faire tourner jusqu'à ce qu'il n'y sorte plus d'air aux raccords. Bloquer les écrous. Rappelons que certains injecteurs comportent une vis de purge.

Si la pompe d'injection comporte des clapets amorçables (sous le raccord de refoulement), on effectue l'amorçage en soulevant le clapet à l'aide d'une tige filetée spéciale. Il ne faut jamais débloquent le raccord même.

La purge étant faite, on ferme les compresseurs et on lance le moteur pour mise au point. On le laisse chauffer quelque temps pour qu'il prenne sa température normale. Puis, le moteur étant au ralenti, on l'accélère en charge et on règle l'avance à la limite du cognement, de même qu'on règle l'avance à l'allumage du moteur à essence à la limite du cliquetis accélération en charge.

On peut également suivre dans une certaine mesure la combustion en ouvrant les décompresseurs ou bouchons de regard (ne pas confondre avec les bouchons à mèche d'allumage de certains moteurs). Moteur et injecteurs étant en bon état, on doit remarquer :

- en accélération : une petite flamme sans fumée;
- en plein régime : ni fumée, ni étincelle (ni même de flamme sur certains moteurs).

Cet examen doit être fait rapidement pour éviter la détérioration du pas de vis par les gaz chauds.

S'il n'y a pas de flamme lors de l'accélération et si la fumée persiste à plein régime, il faut augmenter l'avance (celle-ci étant insuffisante, toute la charge n'a pas le temps de brûler). Pour augmenter l'avance on débloque les boutonnières et on tourne l'arbre de pompe dans le sens normal de rotation de la quantité voulue.

Une flamme trop importante lors de l'accélération indique un excès d'avance.

L'examen de l'échappement fournit aussi d'utiles indications.

— Absence de fumée : réglage bon.

— Légère fumée bleutée : calage bon, mais moteur un peu usé, injecteurs à réviser.

— Fumée noire à régime stable : manque d'avance, d'où combustion incomplète.

D'autres causes peuvent aussi provoquer la fumée : mauvais fonctionnement des injecteurs, usure du moteur (manque de compression, remontées d'huile; voir plus haut).

Une fumée blanche indique un excès d'avance et

l'éventuelle présence d'eau dans le combustible.

Notons encore, en ce qui concerne la fumée noire, qu'elle peut provenir d'un excès de débit résultant d'un dérèglement de la pompe ou du régulateur dont on aura par exemple modifié le tarage, pratique aussi courante que condamnable.

A la mise en route, la fumée peut être due au débit accru par la surcharge de départ.

POMPES SANS ARBRE A CAMES

Dans certains cas, la pompe est constituée seulement par les cylindres et pistons, le dispositif de commande (arbre à cames et poussoirs) faisant partie intégrante du moteur.

La came agit par un poussoir réglable, analogue à ceux d'un moteur à essence à soupapes latérales, c'est-à-dire avec vis de réglage et contre-écrou. Pour la mise en place, on n'a pas à s'occuper de la position du piston-moteur. Du moins

n'est-on pas obligé, lorsqu'on connaît la cote de réglage des poussoirs, d'amener le piston-moteur à la position d'avance à l'injection. Il suffit de tourner le moteur de telle sorte que le poussoir de came repose sur la partie cylindrique opposée au bossage, ce qu'on réalise en mettant le piston-moteur à peu près en fin d'échappement ou début admission du premier cylindre. (Moteur à quatre temps s'entend) (fig. 4).

Le poussoir se trouve alors en retrait par rapport au plan de fixation de la pompe et la distance en-

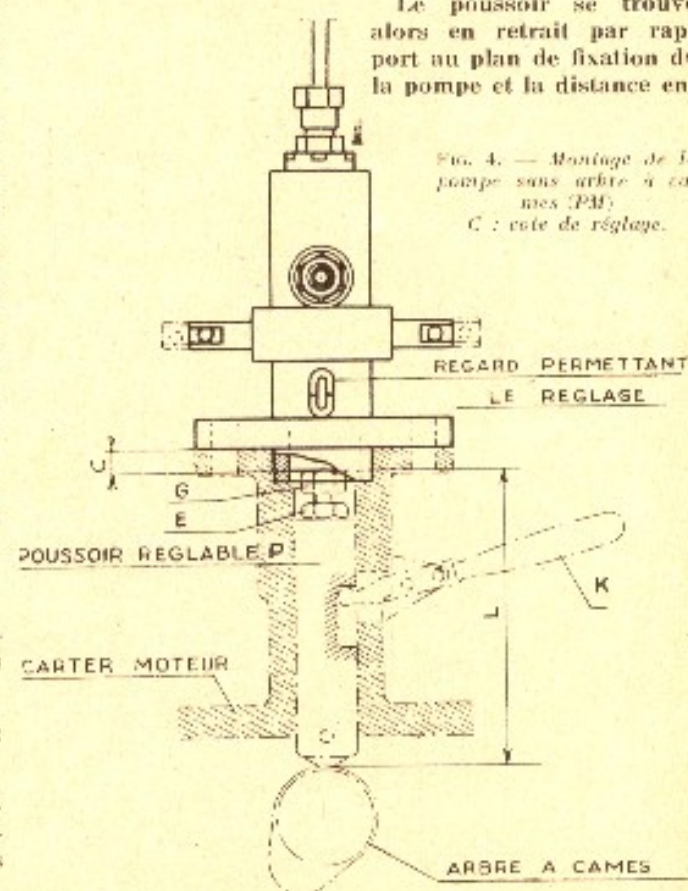


Fig. 4. — Montage de la pompe sans arbre à cames (PM).
G : cote de réglage.

tre ce plan et l'extrémité supérieure de la vis de réglage, qui représente la cote de réglage, est indiquée par le constructeur. Il suffira donc de régler la vis pour établir cette cote, exactement comme on le fait pour le réglage du jeu des soupapes, et on met la pompe en place. Le calage sera ensuite vérifié comme nous l'indiquons plus loin.

Si l'on ne connaît pas la cote, le travail est un peu plus compliqué. Voici à titre d'exemple le mode opératoire préconisé pour les pompes de la Précision Mécanique, types M et P :

On amène d'abord le piston-moteur à la position début d'injection ou plus exactement avance à l'injection, donné par le constructeur, et généralement repérée. On met la pompe en place et on règle la hauteur L du poussoir de manière à faire coïncider un repère sur le poussoir de pompe (ne pas confondre avec le poussoir sur l'arbre à cames) avec les repères marqués de part et d'autre d'un regard dans le corps de pompe.

Ce regard est circulaire pour les pompes avec poussoir à gorge, qui comporte le repère entre les deux arêtes de la gorge. Il est ovale pour les pompes avec poussoir lisse (fig. 5 a et b).

Suivant le cas, le réglage du poussoir de came peut se faire pompe en place quand la vis de réglage avec son contre-écrou est accessible de l'extérieur, ou exiger des déposes et reprises successives de la pompe

pour arriver à la cote correcte, ceci dans le cas où la vis n'est pas accessible, lorsque la pompe est en place.

Dans certains cas, des rondelles d'acier, d'épaisseur variable (1 à 5/10 mm) sont prévues pour donner exactement la cote voulue.

Le réglage devra naturellement se faire séparément pour chaque poussoir de came. Toutefois, pour n'avoir pas à amener chacun des pistons-moteurs à la position avance à l'injection, ce qui serait une opération par trop fastidieuse, on peut procéder de la manière suivante : le premier poussoir de came étant réglé, on tourne le moteur pour que le poussoir porte à l'opposé de la came. On

mesure exactement la cote entre l'extrémité supérieure de la vis et le plan de fixation, et on règle les autres poussoirs à la même cote, en veillant à ce qu'ils portent chacun, lors du réglage, sur la partie cylindrique de l'arbre à cames.

✱

Notons en passant, que suivant le type de pompe, le repère sur le poussoir de pompe se rapporte au début d'injection apparente ou à la fin d'injection apparente et l'on tiendra compte de ce qui a été dit précédemment concernant les pompes à piston « avance ».

Comme pour les pompes avec arbre à cames, on mettra l'avance à main, s'il

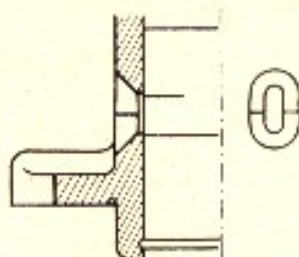


Fig. 7. — Limite PMH, regard ovale.

y en a une, à la position préconisée par le constructeur. A défaut d'indication, on mettra à mi-course.

Lorsqu'on n'a aucune donnée pour le calage, ni repère, on met le piston-moteur au PMH, on pousse la crémaillère à plein débit, on monte le tube-viscous sur la pompe qu'on alimente après mise en place. On règle ensuite la hauteur du poussoir sur came jusqu'à ce que le gasoil cesse de monter. On se rend compte en tournant le moteur à la main et en surveillant la montée dans le viseur. Celle-ci doit cesser au moment où le piston-moteur arrive au PMH.

Avant de procéder à la mise au point définitive en marche, on fera faire plusieurs tours au moteur, à la main, et l'on vérifiera :

— pour les pompes à regard circulaire, que l'arête inférieure de la gorge reste visible au PMH (fig. 6 a) et l'arête supérieure reste visible au PMB du poussoir de pompe (fig. 6 b) ;

— pour les pompes à regard ovale, que le trait sur le poussoir reste toujours visible (fig. 7).

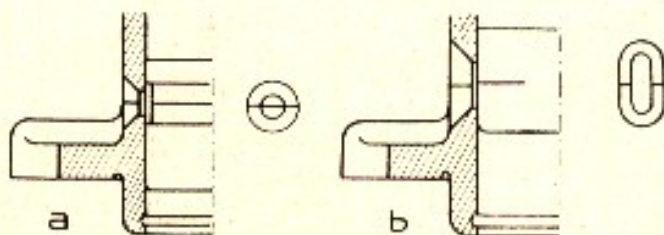


Fig. 5. — Repères de la pompe début d'injection : a : regard circulaire ; b : regard ovale.

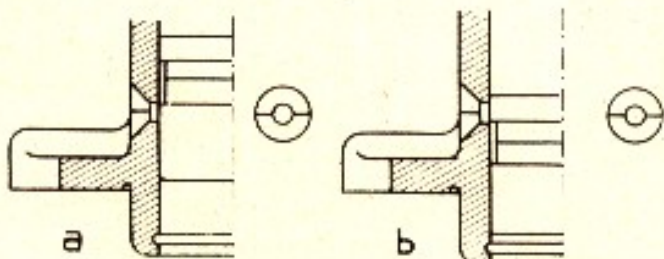


Fig. 6. — a : limite PMH (regard circulaire) ; b : limite PMB.

PANNES ET INCIDENTS

NOUS indiquons ci-après les pannes les plus courantes ainsi que les causes possibles. Il est à noter que les pannes du diesel sont relativement rares; ce type de moteur est moins sujet aux incidents de marche que le moteur à essence.

Une batterie bien chargée, des contacts francs, un filtrage efficace et l'absence de toute trace d'air dans le système d'alimentation, telles sont, avec un bon état mécanique du moteur (cylindres étanches, distribution bien réglée), les conditions indispensables pour obtenir une mise en route facile et un fonctionnement régulier.

Le moteur ne part pas

Deux cas peuvent se présenter :

a) le démarreur ne tourne pas du tout ou trop lentement ;

b) le démarreur tourne normalement sans que le moteur parte.

Dans le premier cas, on vérifie tout le circuit de démarrage, en partant de la batterie. Par temps froid, des résistances intérieures accrues (huile trop visqueuse) peuvent empêcher une rotation suffisamment rapide du vilebrequin. Ne pas oublier que par son seul rapport volumétrique plus élevé le moteur diesel est plus dur à démarrer que le moteur à essence de même puissance. Il doit tourner à une vitesse minimum de 200 à 250 tours, pour que l'air comprimé ne perde pas à nouveau sa chaleur au contact des parois froides.

Dans le second cas, s'assurer d'abord que les injecteurs fonctionnent normalement, en faisant le cas échéant les tiges de contrôle ou, si nécessaire, en démontrant un injecteur du moteur pour l'essayer à l'air libre. Des injecteurs fonctionnant normalement font entendre un roulement caractéristique qui n'est malheureusement pas toujours audible quand le démarreur tourne.

L'absence de fumée à l'échappement, pendant que le moteur tourne au démarreur, indique que le combustible n'arrive pas dans le cylindre. On procède alors à la purge du système, en ouvrant successivement et dans l'ordre, les purgeurs du filtre, de la pompe et des injecteurs. À défaut de ces derniers, on dévissera un

peu les raccords entre tube de refoulement et injecteur.

Vérifier également le fonctionnement de la pompe d'alimentation.

Contrôler ensuite le calage de la pompe d'injection et vérifier au besoin la distribution. La manière de procéder a été exposée au chapitre « Calage ». S'assurer que la crémaillère est bien à pleine charge et que la butée de départ fonctionne convenablement.

Le manque d'étanchéité des cylindres (mauvaise compression) facilite l'entraînement du moteur par le démarreur, mais rend le départ difficile et parfois impossible. L'obstruction au le colmatage du filtre à air a le même effet.

Vérifier le bon fonctionnement des bougies de chauffage; une bougie peut être grillée, la batterie alimentant les bougies peut être déchargée.

Une injection tardive ou insuffisante, due à une usure de la pompe (anneaux, galets de poussoir, pistons) est aussi une cause de départ difficile.

La mise en route peut être facilitée en faisant passer l'air frais à travers un chiffon imbibé d'essence (certains emploient même de l'éther), tenu à l'entrée de la tubulure d'admission.

Le moteur part, mais s'arrête de nouveau

L'arrêt peut se produire par suite d'un manque d'air (filtre bouché) ou d'un manque de combustible. Ce dernier peut être

causé par la présence d'air dans le système d'alimentation (purger), un mauvais fonctionnement de la pompe d'alimentation, le colmatage d'un filtre à gaz, ou encore par l'obstruction du trou d'aération du réservoir, ou un bouchon dans une canalisation.

Avec les filtres où le départ vers la pompe d'injection se trouve en bas, le moteur peut ainsi tourner jusqu'à épuisement de la réserve.

Il peut encore se produire un décalage de la pompe lors de la mise en route, qui provoque l'arrêt du moteur. Ce point est à vérifier.

Le moteur fume

Le moteur peut dégager une fumée blanche ou bleuâtre, ou une fumée noire.

Les deux premières proviennent de l'huile de graissage, comme dans un moteur à essence. La cause est la même dans les deux cas : excès de graissage ou remontées d'huile, celle-ci pénétrant dans la chambre de combustion par la paroi du cylindre. Ces remontées, dues à un manque d'étanchéité (segments usés ou gommés, cylindres ovalisés) s'accompagnent donc généralement d'un manque de compression.

Lorsque le moteur tourne un certain temps au ralenti, de l'huile peut s'accumuler dans l'échappement, ce qui provoque également une fumée bleuâtre.

Dans certains moteurs, le ralenti se fait sur la moitié du nombre de cylindres, un clapet fermant l'arrivée d'air

dans les autres cylindres. Il peut arriver, à faible charge, que ce clapet ne soit pas encore ouvert, de sorte que le combustible ne peut brûler faute de carburant.

Différents moteurs à deux temps ont davantage tendance à dégager de la fumée blanche que les quatre temps, du fait que l'air se charge de vapeurs d'huile lors de son passage dans le carter ou le cylindre auxiliaire.

La fumée noire est toujours l'indice d'une combustion incomplète, provenant :

— soit d'un manque d'air (cylindres non étanches, épurateur coincé, distribution déréglée) ;

— soit d'une mauvaise pulvérisation (pression d'injection trop basse, orifices de pulvérisation obstrués, aiguille coincée) ;

— soit d'une injection tardive, de sorte que toute la charge n'a pas le temps de brûler entièrement ;

— soit enfin d'un excès de combustible (débit exagéré). Celui-ci peut avoir plusieurs causes :

a) butée déréglée, ce qui permet de dépasser la crémaillère au-delà de la limite ;

b) couronne dentée desserrée sur le manchon, ce qui décale la position angulaire de la rampe par rapport à la crémaillère ;

c) vis d'arrêt du cylindre de pompe trop enfoncée (joint trop mince), ce qui provoque un étranglement du retour de combustible ;

d) déréglage du régulateur, par serrage des ressorts, ce qui freine l'action des masselottes et le rappel de la crémaillère vers un débit moindre.

Le moteur cogne

Il faut distinguer entre le cognement normal du moteur à injection directe qui a une combustion moins souple que les moteurs à antichambre, et le cognement brutal dû à une défectuosité ou un déréglage.

Une cause fréquente est l'excès d'avance : celle-ci doit être réglée, comme pour les moteurs à essence, à la limite du cognement. La pression d'injection trop élevée fait aussi cogner le moteur. L'excès de pression provient d'une trop forte tension du ressort de l'injecteur, à laquelle certains conducteurs ont d'autant plus facilement recours — dans l'espoir d'obtenir un meilleur rendement — qu'il suffit de tourner un peu la vis de réglage en tête du porte-injecteur.

L'obstruction partielle des orifices de pulvérisation produit les mêmes effets que l'excès de pression, du fait que la section totale de passage se trouve réduite.

L'état du moteur même peut donner lieu à des cognements d'ordre thermodynamiques, comme les précédents, et des engnements d'ordre mécaniques. Les premiers peuvent se produire en cas de mauvais refroidissement : la température trop élevée des parois provoque une explosion brutale, exactement comme l'auto-allumage dans le moteur à essence. Le manque de compression peut produire un retard à l'allumage et l'inflammation ne s'effectue pas progressivement, à mesure de l'arrivée du combus-

tible, mais soudainement une fois que toute la charge est injectée ; celle « explosion » donne lieu à un cognement.

Le engnement mécanique peut se manifester aux axes de piston ou aux coudes, comme dans les moteurs à essence.

Parfois le cognement s'accompagne d'un dégagement de fumée. Les causes peuvent être les suivantes :

a) injection tardive (ralenti au ralenti), par suite d'un mauvais calage de la pompe (vérifier calage et accouplement) ;

b) pression d'injection trop basse : ressort cassé ou insuffisamment tendu, aiguille coincée ouverte, portée défectueuse de l'aiguille sur son siège (injecteur bloqué) ou orifices obstrués ;

c) enfin les défauts du moteur, en particulier le manque de compression par suite d'un mauvais réglage de la distribution, peuvent faire cogner avec dégagement de fumée.

Le moteur ne tire pas

Indépendamment des défauts du moteur : avance, distribution mal réglée (souplesse usée, manque de jeu, segments gommés), la principale cause du rendement insuffisant est une alimentation défectueuse et notamment un débit trop faible provenant de la pompe :

— course de la crémaillère insuffisante (butée déréglée) ;

— piston et cylindre de pompe usés ;

— couronne dentée desserrée ;

— soupape de retour défectueuse.

A noter également le décalage du moment d'injection (cognement en cas d'excès d'avance, cognement et fumée en cas de manque d'avance).

Une mauvaise pulvérisation (ressort d'injection trop faible ou cassé, jeu exagéré de l'aiguille dans la buse, orifices bouchés) entraîne aussi une baisse de rendement.

Il arrive également que le moteur ne puisse atteindre son plein régime et qu'il soit impossible de réaliser la vitesse maximum en palier. En ce cas on vérifiera d'abord si les injecteurs ne sont pas calaminés. Il se peut aussi qu'un ressort de régulateur soit cassé, de sorte que les masselottes peuvent s'écartier plus librement, donc plus tôt, et ramener la crémaillère en arrière, d'où impossibilité d'atteindre le débit maximum.

Le moteur fonctionne irrégulièrement

Ce défaut peut provenir :

a) des injecteurs : écarts exagérés quant à la pression d'injection des différents cylindres ; rupture d'un ressort d'injecteur ;

b) des tubulures de refoulement : cassure ou fuite aux raccords ;

c) de la pompe d'injection : ressort de rappel de poussoir cassé, galet de poussoir usé, poussoir usé ou coincé, ressort de clapet de retour cassé ou soupape de retour défectueuse ; en ce dernier cas, la soupape fermant mal, le gasoil reflue dans le cylindre de pompe quand le piston redescend ;

d) mauvais fonctionnement de la pompe d'alimentation (piston coincé).

L'obstruction du fillet de gasoil et la présence d'air dans le système d'alimentation empêchant également un fonctionnement régulier du moteur.

Une dernière cause peut être le jeu exagéré dans l'entraînement de l'arbre de commande de la pompe.

Si le moteur tourne par à-coups au ralenti, on peut conclure à un mauvais réglage des ressorts de ralenti du régulateur, qui sont alors à remplacer.

Le moteur emballé et dépasse la vitesse limite ou cale

Dans le premier cas, c'est souvent le régulateur qui est en cause. Les ressorts limitant la vitesse maximum, étant trop tendus, empêchent l'écartement des masselottes et la crémaillère n'est pas ramenée vers la position stop quand il le faut. Pour diminuer la tension, on desserre de 1/2 ou de 1 tour les deux écrous de réglage. (Amener chacune des masselottes devant le regard du carter, fermé normalement par bouchon vissé).

La crémaillère, de son côté, peut rester coincée ou être dure à manœuvrer, ce qui empêche également le rappel vers le stop.

Le grippage d'un piston de pompe peut empêcher sa rotation, ce qui immobilise également la crémaillère, d'où emballé. Pour arrêter alors le moteur, on peut soit fermer complètement l'entrée d'air à la pipe d'admission, soit décompresser le moteur, soit enfin admettre de l'air dans le circuit d'alimentation.

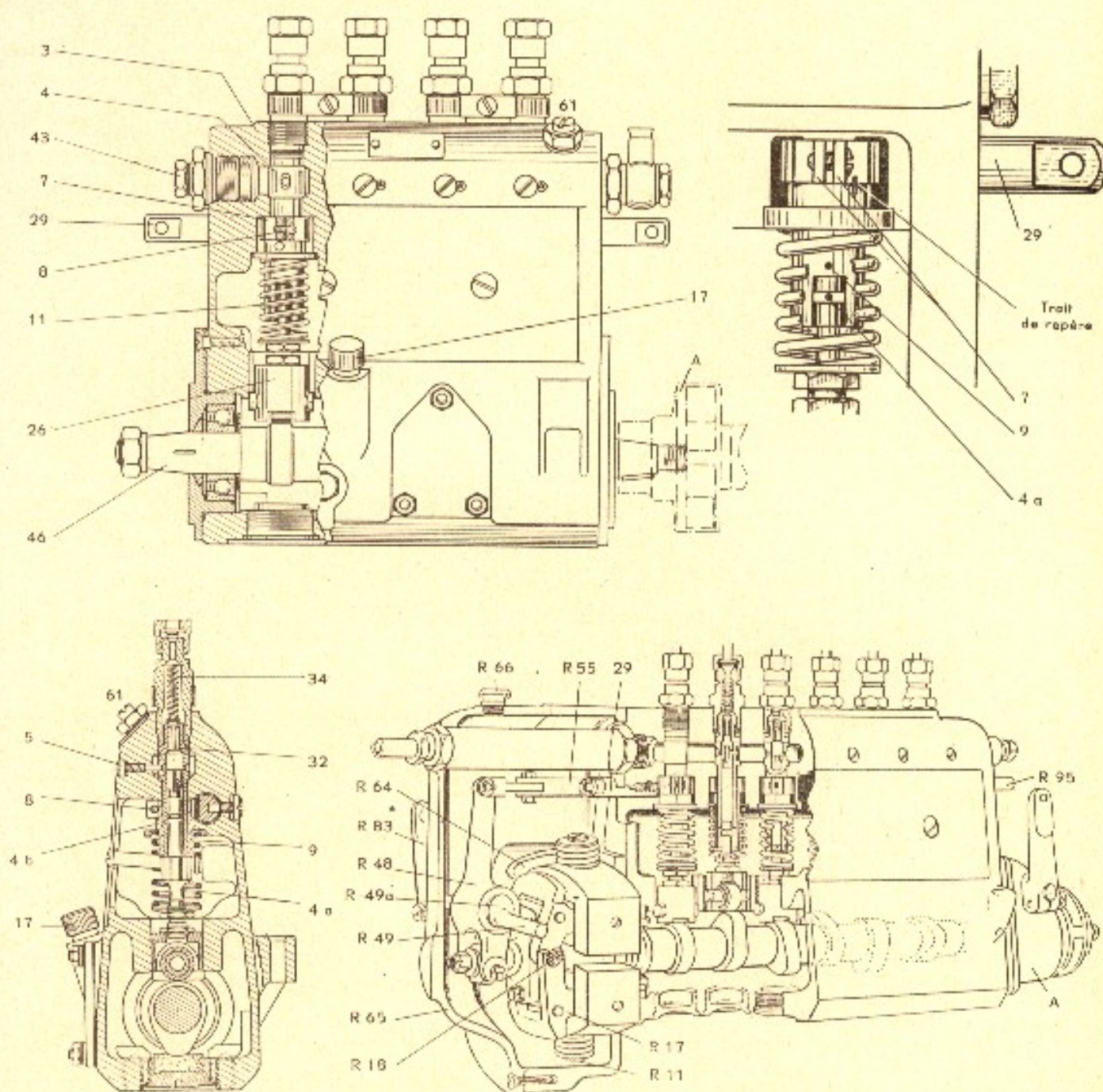
Quelquefois aussi le moteur emballé au ralenti, parce que réglé pour un débit trop grand. Une modification du réglage, par rotation des manchons dans les couronnes dentées, s'impose alors.

Si le moteur cale au ralenti ou lors des changements de vitesse, on peut remédier en resserrant les ressorts de ralenti du régulateur. Il se peut aussi que la pompe soit réglée pour un débit trop faible. Procéder alors comme en cas de débit trop grand, mais en tournant les manchons en sens inverse.

Il arrive que par suite d'une portée défectueuse du carter de régulateur sur le corps de pompe ou un serrage inégal des vis de fixation, l'axe à excentrique et le levier à fourche articulé sur l'excentrique, se coincent. Il faut vérifier le libre fonctionnement de ces organes.

Sauf le calage de la pompe sur le moteur et le contrôle du refoulement, tous les travaux intéressant la pompe, en particulier le réglage du débit et le tarage du régulateur, sont à confier à une station-service spécialisée, disposant de tout le matériel nécessaire pour effectuer ces opérations avec toute la précision désirable. Le réglage du débit notamment exige l'emploi d'un banc d'essai permettant de mesurer exactement la quantité de gasoil débitée par chaque élément de pompe.

DÉTAILS DES PIÈCES ET DÉFAUTS POSSIBLES



- 3 - corps de pompe
- 4 - élément piston et cylindre
- 4a - piston de pompe (usé, coïncé)
- 4b - cylindre (usé)
- 5 - vis d'arrêt de cylindre (trop enfoncée)
- 6 - couronne dentée (débriquée)
- 7 - vis de blocage de la couronne
- 8 - manchon de réglage (décalé par rapport à la couronne)
- 9 - ressort de piston (cassé)
- 11 - fange d'huile

- 26 - poussoirs à galets (usés, coincés)
- 29 - tige de crémaillère (rognée)
- 32 - soupape de retenue (mauvaise portée)
- 34 - ressort de soupape (cassé)
- 43 - bouchon fileté
- 46 - arbre à cames (bussages creusés)
- 61 - vis de purge d'air de la pompe
- A - accouplement
- R 11 - écrou de réglage des ressorts de régulateur

- R 17 - leviers de régulateurs
- R 18 - axe d'entraînement du soufflet
- 29 - crémaillère
- R 49 - axe à excentrique (cassé)
- R 55 - accouplement de la crémaillère et du levier de réglage
- R 64 - regard sur carter de régulateur
- R 65 - carter de régulateur (portée défectueuse sur corps de pompe)
- R 83 - levier de commande (coincé)
- R 95 - butée de crémaillère (dérégulée)

LA RÉVISION DU MOTEUR DIESEL

UN diesel convenablement entretenu peut faire plus de 100.000 km avant d'exiger une remise en état générale. Celle-ci, dans les grandes lignes, ne diffère pas de la révision d'un moteur à essence, à part certaines particularités que nous signalerons par la suite. Nous avons déjà attiré l'attention sur l'importance primordiale de l'étanchéité des cylindres pour le bon fonctionnement. Cette étanchéité peut diminuer soit par suite d'usure des soupapes et sièges, soit par suite de l'usure des cylindres et segments. (Voir au chapitre « Entretien » la manière de procéder pour vérifier les compressions.) La refabrication des soupapes et le remplacement des chemises — généralement amovibles — peuvent être effectués sans dépose du moteur ; d'autres travaux au contraire, et notamment la révision générale avec vérification de tous les organes du moteur, oblige à enlever celui-ci du véhicule.

DÉPOSE DU MOTEUR

Avant de procéder à un quelconque démontage, on nettoie tout ce qui se trouve sous le capot, soit au jet de vapeur — il existe maintenant en France des appareils très pratiques conçus à cet effet — soit par projection d'un solvant approprié. À défaut, on pourra nettoyer au gasoil, à l'aide d'une brosse, après avoir débranché les câbles de batterie, ou coupé les circuits s'il y a un robinet de batterie. Le temps consacré au nettoyage est largement récupéré par la suite, en raison d'une plus grande

facilité de démontage des organes débarrassés des dépôts de graisse et de cambouis. Ce dégraissage, effectué avec un matériel approprié — qui peut du reste servir également à d'autres fins dans l'atelier — demande au maximum une demi-heure.

Pour des raisons de poids, d'encombrement et aussi de facilité d'arrimage, on démonte ensuite tous les organes accessoires groupés sous le capot : radiateur, pompe à eau, compresseur, pompe d'injection, filtres (air, huile, gasoil), les

injecteurs, les réchauffeurs, les tubulures, la dynamo et le démarreur, bref tout ce qui est immédiatement détachable du groupe, afin de réduire le plus possible le poids à soulever et de faciliter au maximum les différentes manipulations.

▲

Le retrait d'un moteur sous cabine avancée est souvent une opération très délicate et demande des précautions sérieuses si l'on veut éviter les accidents. Il convient avant tout, d'utiliser des appareils de levage et des élingues d'une force

suffisante, en tenant compte que l'extrémité du bras auquel sera accroché le moteur, se trouve en porte-à-faux, ce qui oblige à assurer, avant levage, la stabilité de l'appareil-leveur. Les câbles ou cordes sont à passer de telle sorte qu'aucun glissement ne puisse se produire. Si nous insistons sur ce point, c'est qu'il y a eu déjà des accidents causés par la rupture ou le glissement du câble, ou par le basculement de la grue. Quand nous aurons ajouté que le coût des opérations de déshabillage, dépose et repose d'un moteur avec les organes annexes arrive fa-

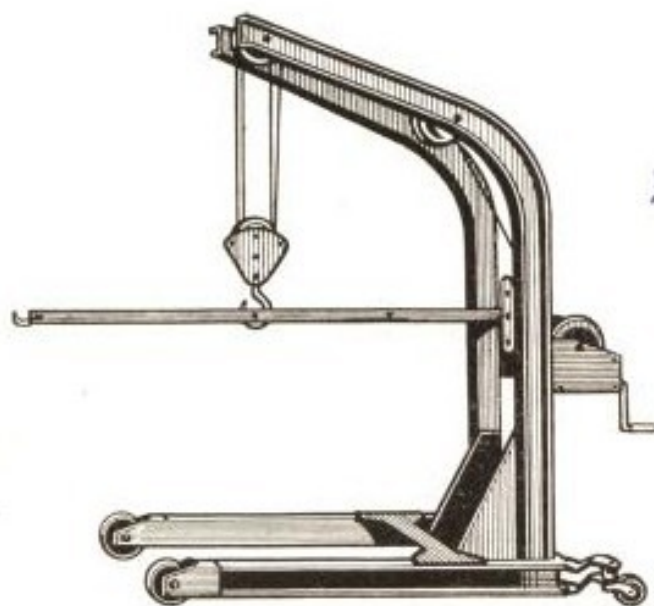


Fig. 1. — Grue à bras articulé pour déposer de moteurs sous cabine avancée.

cilement à dépasser 50.000 francs, on voudra bien admettre qu'on ne saurait jamais prendre trop de précautions en cette matière.

On emploie fréquemment, pour les moteurs sous cabine avancée, des grues d'atelier avec levier horizontal articulé au montant de la grue, et suspendu en son milieu au crochet de cette dernière (fig. 1). On se trouve ainsi en présence d'un levier du troisième genre, dans lequel le moment $F \times ab$ peut être supérieur

au moment $G \times bc$ (fig. 2 a). On évitera le basculement en lestant la base de la grue. Ne pas oublier non plus que si la grue est prévue normalement pour une charge de 1.000 kg, un moteur de 700 kg, accroché en bout du levier horizontal, exercera sur la grue une traction de 1.400 kg, puisque dans le système nous avons $P \times ac = T \times bc$ (fig. 2 b). Ce sont là quelques détails qui ont leur importance et que nous avons jugé utile de rappeler.

DÉMONTAGE DU MOTEUR

Le moteur déposé est fixé sur un support orientable de façon à pouvoir être tourné dans le sens voulu selon les besoins du travail. Si ce n'est déjà fait, on retire la ou les culasses, en respectant, pour le desserrage, le même ordre que pour le serrage, et en débloquent les écrous ou goujons progressivement. La culasse et les pipes (admission et surtout échappement) ne doivent jamais être démontées à chaud, et s'il faut procéder à un démontage rapide sur moteur, on activera le refroidissement par circulation d'eau froide.

Avant dépose de la cu-

lasse, vous pouvez le cas échéant vérifier si les repères au volant, ou ceux marqués sur les pignons de la distribution, correspondent bien aux moments d'ouverture et de fermeture des soupapes. Sur le quatre-cylindres, les soupapes d'admission et d'échappement sont faciles à distinguer, car elles se présentent toujours comme l'indique le schéma 3 a ; par contre, pour un six-cylindres, les soupapes extrêmes peuvent être de l'admission ou de l'échappement, suivant le type de moteur et le collecteur d'échappement peut

branches. Les conduits d'échappement renseignent donc toujours sur la disposition des soupapes (fig. 3 b et 3 c).

X Pour vérifier le repérage, il suffit de déclaveter par exemple une des soupapes du dernier cylindre qui servira alors de pige pour amener le moteur exactement au PMH. En tournant ensuite le moteur légèrement en avant et en arrière, on suivra le mouvement des soupapes du premier cylindre, dont l'admission doit généralement ouvrir avant que l'échappement ferme, et l'on vérifiera si ces mouvements correspondent aux repères du volant (voir fig. 4).

Le couvercle de distribution étant retiré, on regardera également si les repères sur les pignons coïncident bien. Le cas échéant on marquera les repères nécessaires, même dans le cas où des pignons seront à remplacer. Il suffira, en ce cas, de reporter sur les pièces neuves les repères marqués sur les anciennes, en superposant les pignons, pour faire coïncider les dents et en vérifiant bien que la rainure de clavette ou les trous de fixation (par exemple sur le pignon de l'arbre à cames) ne sont

pas décalés sur la nouvelle pièce par rapport à l'ancienne. Ceci arrive parfois, et si l'on n'a pas vérifié au préalable, on peut tâtonner longtemps avant de réussir à caler la distribution convenablement.

Après vérification des repères, et dépose de la culasse, on retire les tringles de culbuteurs, que l'on rangera dans leur ordre de montage sur le moteur. On peut prévoir à cet effet un petit dispositif à 16 trous, suffisant pour un huit-cylindres, et qui sera marqué à une extrémité du chiffre 1 correspondant au premier cylindre (fig. 5).

De même les poussoirs seront à placer dans leur ordre ; ils peuvent être retirés facilement, après dépose de la plaque de regard, et le moteur se trouvant dans sa position normale sur le support.

La dépose du couvercle de distribution demande parfois un dévissage préalable des boulons du carter d'huile et le retrait des boulons fixant l'avant de ce carter à la partie inférieure du carter de distribution.

☆

Le dessus et les côtés du moteur étant dégagés, on le retourne pour enlever le carter et passer à l'équipage mobile. Dans la plupart des moteurs français, la rampe d'huile constituée par des canalisations en cuivre rouge, est rapportée

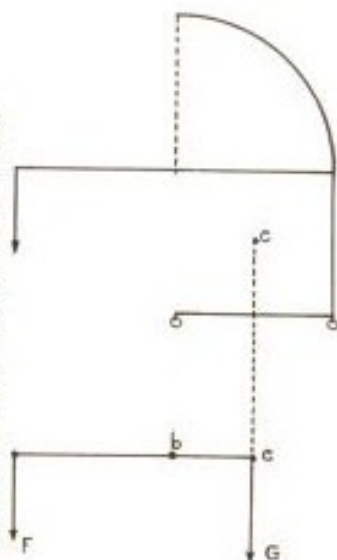


Fig. 2 a. — Si la charge est trop en porte-à-faux ($F \times ab > G \times bc$), il y a basculement.

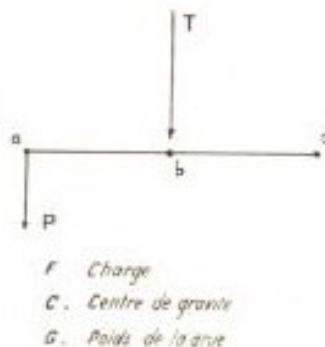


Fig. 2 b. — La traction sur le câble est égale au poids du moteur multiplié par la longueur ac et divisé par la longueur bc.

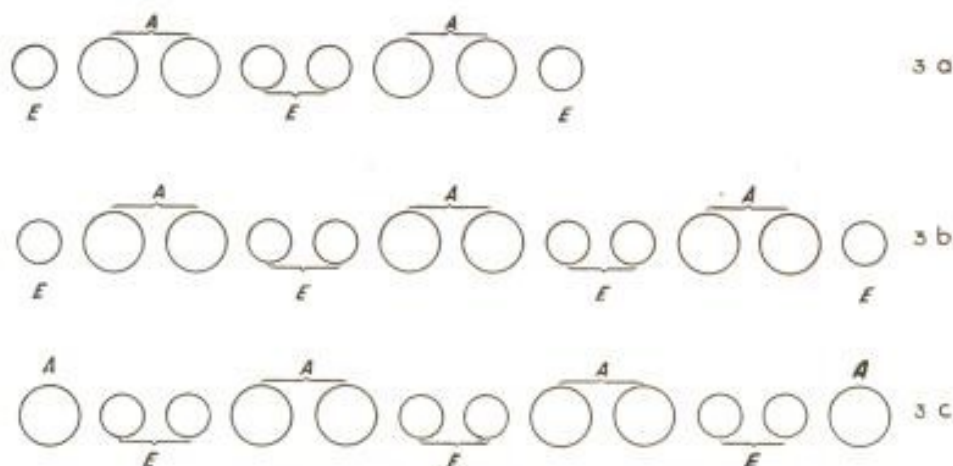


Fig. 3. — Disposition des soupapes, a, sur un 4 cylindres ; b et c, sur un 6 cylindres.

aux différents paliers, alors que sur les moteurs américains, les canalisations sont percées directement dans le groupe. Les vis, fixant la rampe aux chapeaux de paliers, de même que tous les boulons, vis, goujons ou écrous, qu'on retirera du moteur, sont à classer par catégorie et dimensions dans de petites boîtes ou de petites cases prévues spécialement sur les servantes de démontage. Celles-ci qui peuvent comporter plusieurs plateaux pour les différentes grosses pièces, sauf carter et groupe, sont munies utilement d'une série de crochets pour les bielles et pour la fixation des plaquettes, en tôle, dans lesquelles on loge les soupapes. Ces servantes, qui peuvent être montées sur roulettes, sont infiniment plus pratiques que les caisses en bois employées dans la plupart des ateliers.

On a avantage à réunir par un petit fil de fer certaines pièces telles que rondelles de butée, ou de friction, déflecteurs, etc., en respectant le sens et l'ordre de montage sur le moteur. Vous éviterez les pertes et les erreurs au remontage.

Comme pour la distribution, il faut vérifier le repérage des chapeaux de paliers et des bielles. Marquez toutes les pièces d'un numéro d'ordre, placé toujours du même côté, et en partant de l'avant, la lecture se fai-

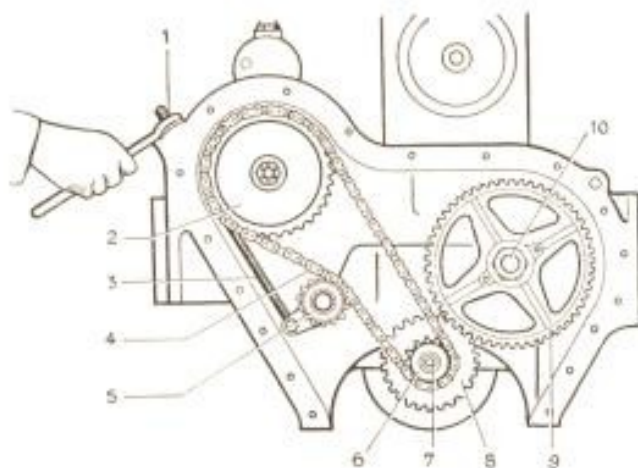
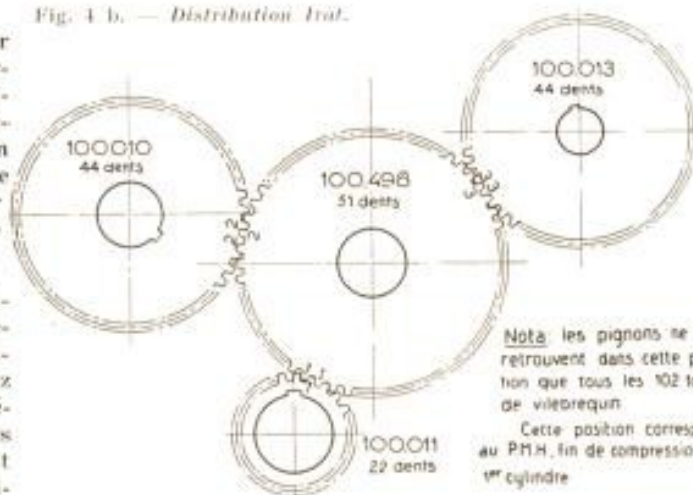


Fig. 4 a. — Distribution Berliet.

1 : Clé de l'écrou de réglage. — 2 : Pignon de commande d'arbre d'injection. — 3 : Tige pour tension de chaîne. — 4 : Chaîne. — 5 : Pignon sur excentrique. — 6 : Pignon de chaîne sur vilebrequin. — 7 : Vilebrequin. — 8 : Repère des dentures sur pignon de commande d'arbre à cames. — 9 : Pignon sur arbre à cames. — 10 : Arbre à cames.

Fig. 4 b. — Distribution Ival.



sant également de l'avant du moteur. Bien que les chapeaux de paliers par exemple soient en principe des pièces symétriques, sauf les extrêmes, il est préférable de les remonter toujours dans le même sens. Sur certains moteurs, vous trouverez même les écrous et les boulons des bielles et paliers repérés. Il va de soi, qu'après démontage, ces écrous sont à revisser aussitôt sur les boulons ou goujons respectifs.

Retirez les bielles et le vilebrequin séparément, et non pas en bloc comme on le fait souvent ; ceci ne fait pas gagner de temps, puisque de toute manière les bielles seront démontées par la suite.

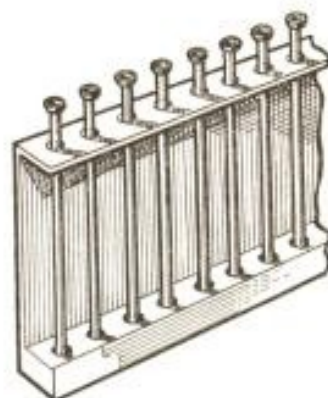


Fig. 5. — Dispositif pour ranger les tringles de culbuteurs.

La pompe à huile est à retirer également avant qu'on ne puisse retirer le vilebrequin ; pour le diesel, il n'y a pas à s'occuper du calage de l'arbre de pompe à huile par rapport à l'arbre à cames comme pour le moteur à essence, puisque l'arbre de pompe à huile n'entraîne aucun organe demandant un calage, la pompe d'injection étant entraînée séparément.

Le retrait de l'arbre à cames ne présente aucune difficulté ; la butée axiale est généralement constituée par une bride à l'avant dont on retire aisément les vis de fixation, soit à travers les trous dans le pignon, soit après démontage de celui-ci. Les bagues dans les-

quelles tourne l'arbre à cames, peuvent être sorties après desserrage des vis d'immobilisation ; quelquefois, ces bagues sont montées à la presse, et on les retire à l'aide d'un dispositif approprié comprenant une douille, un boulon, et une contreplaque, exactement comme pour les chemises, guides de soupapes, bagues de pied de bielle, etc...

Un mot encore sur le retrait du vilebrequin : soulevez-le au palan, et couchez-le ; un vilebrequin placé obliquement contre un mur par exemple fléchit.



Nous allons examiner en détail maintenant les différents organes.

Culasse

Vérifier le plan de joint. Les déformations même légères peuvent avoir des effets fâcheux en raison des très fortes pressions mises en œuvre dans le moteur diesel. En particulier, quand il s'agit de culasses monobloc de grande longueur, cette vérification se fera avec toute la précision voulue. De même le plan de fixation des pipes est à contrôler, bien que ce point ait ici moins d'importance que pour le moteur à essence. En effet, du côté admission on n'a pas de prise d'air addn onnelle à redouter, mais du côté échappement il est bon d'éviter les fuites, sans compter qu'en cas de désalignement on risque des efforts exagérés sur les brides de fixation du collecteur, surtout quand celui-ci est d'une seule pièce. Aussi préfère-t-on souvent réaliser le collecteur en plusieurs parties s'emboîtant l'une dans l'autre, pour évi-

ter les inconvénients qui pourraient résulter d'une trop grande longueur (fig. 6).

Une attention particulière est à apporter à l'examen du fond de culasse, aux abords de sièges de soupape et de l'emplacement de l'injecteur. Il arrive que le serrage exagéré de l'injecteur provoque des tensions qui se traduisent par une fissure de la paroi. Cette fissure n'est pas toujours visible à l'œil nu ; l'on aura soin de bien nettoyer la surface, de la polir même, et de passer ensuite du gessoil ou du pétrole qui révéleront le cas échéant le défaut.

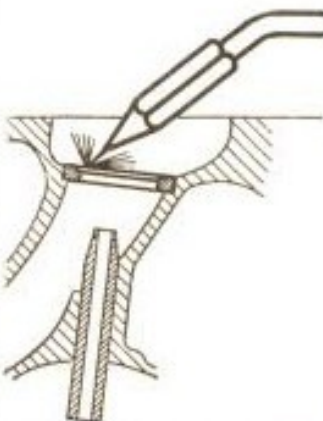


Fig. 7. -- Extraction d'un siège d'échappement en stellite.

Les sièges de soupape rapportés, qui sont parfois en stellite, alliage très dur, peuvent être retirés de la manière suivante, en cas d'usure trop prononcée. On chauffe le siège en un point, à l'aide du chalumeau avec bec de 350 litres (chauffage très localisé), on arrête le chauffage dès que la fusion commence, on laisse refroidir et la bague peut être extraite à l'aide d'un tournevis recourbé (fig. 7). Avant mise en place du nouveau



Fig. 6. -- Collecteur d'échappement en trois pièces.

Fig. 8. -- Portée et dégagements d'un siège de soupape.



siège, s'assurer que la portée est bien nette et régulière pour avoir un parfait contact du siège avec le support.

La portée de soupape sur le siège doit être de 2 à 2,5 mm au maximum, ce qui oblige à faire des dégagements au-dessus et en-dessous (fig. 8).

Sur les moteurs à antichambre, l'extraction de celle-ci exige dans la plupart des cas l'emploi d'un outil approprié qui est généralement livré par le constructeur avec l'outillage de bord (fig. 9). Les grilles, coquilles ou brûleurs de l'antichambre sont bien entendu à remplacer quand ils sont trop fortement oxydés.

Lors du décalaminage, ne pas oublier de nettoyer aussi, le cas échéant, les conduits de décompression qui peuvent être obstrués (fig. 10).

Soupapes

Nous avons souligné plus haut l'utilité de ranger les soupapes par ordre, lors du démontage (fig. 11). Si elles ne portent pas de marque distincte, il est bon de les repérer aussi, au besoin par de légers coups de meule (les soupapes d'échappement sont parfois trop dures pour pouvoir être marquées au pointeau). Sur certains diesels, les soupapes d'admission et d'échappement ont le même diamètre de tête, contrairement à ce qui est le cas pour les moteurs à essence, où la soupape d'admission est toujours plus grande. Un repérage précis est donc indispensable, si l'on veut éviter des erreurs et ne pas monter à l'échappement une soupape d'admission qui n'aura pas une résistance thermique suffisante.

On veillera également à l'orientation correcte des soupapes d'admission munies d'un déflecteur. Celui-ci a pour but de diriger l'air dans un sens déterminé et de provoquer ainsi un mouvement giratoire dans la chambre destiné à améliorer la combustion. La cuvette de ressort inférieure reposant sur la culasse est munie d'un petit ergot s'engageant dans un logement prévu à cet effet dans la culasse (fig. 12). Elle comporte en outre une fente dont la largeur est inférieure au diamètre de la tige de soupape ; celle-ci, dans la partie se déplaçant dans la cuvette, présente deux méplats ; l'épaisseur entre ces méplats correspond à la largeur de la fente de la cuvette, de sorte que la soupape une fois en place ne peut pas tourner ; mais on peut, au montage, la placer dans deux positions à 180°, dont une seule est la bonne. Il faut donc, au démontage, bien repérer l'orientation de la soupape.



Nous ne nous étendrons pas sur le procédé de rectification ; c'est une opération courante bien connue des mécaniciens, nous tenons cependant à attirer leur attention sur un point : la hauteur de la partie cylindrique du champignon. La rectification du cône a pour effet un amincissement du bord, qu'il faut par conséquent retoucher pour lui donner l'épaisseur suffisante, faute de quoi la soupape sera rapidement brûlée. Cette épaisseur doit être au minimum de 1,5 mm. L'extrémité de la tige de soupape est également à dresser.

La tension des ressorts de soupapes se contrôle à l'ai-

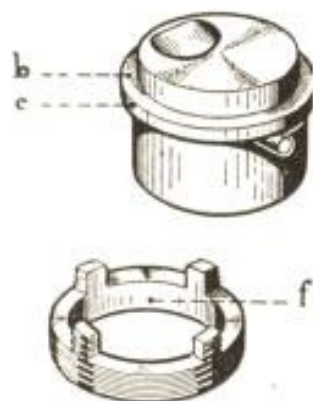
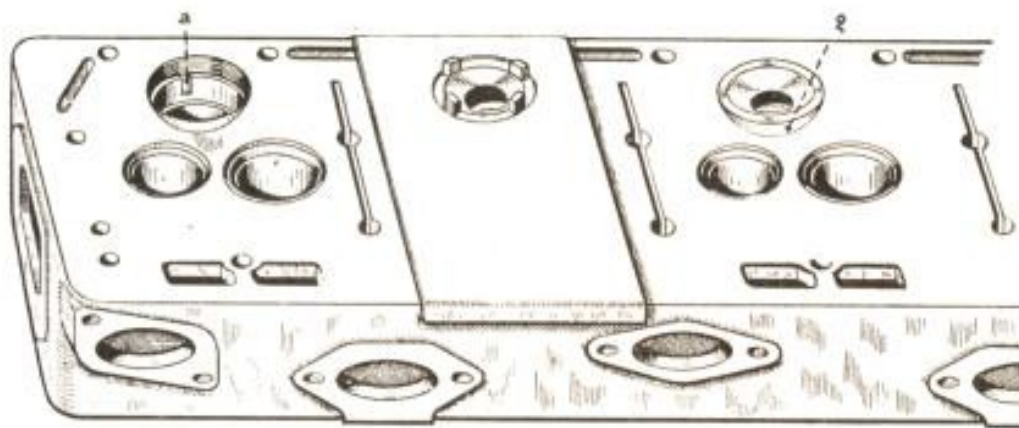


Fig. 9. — Exemples de démontage d'antichambres.

Ci-dessus et ci-contre :

a - Citroën : il faut percer deux trous pour l'engagement de la clé à ergot ; agrafer après montage de la nouvelle chambre.

Au-dessous :

b - Panhard, Delahaye, Somua : la cellule d'énergie est orientée par ergot et bloquée par plaquette.

En bas :

c - Mercedes : l'extraction de la chambre s'effectue à l'aide d'une clé spéciale.

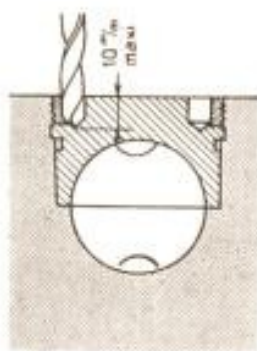
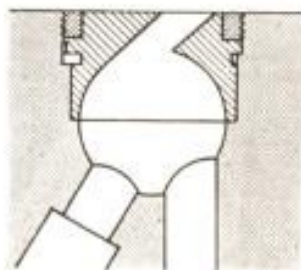


Fig. 10. — Nettoyage du conduit de décompression (Fiat).

sur leur rampe. Vérifier également si les conduits de graissage ne sont pas obstrués, ce qui est fréquent, et s'assurer le cas échéant du bon calibrage du gicleur ou de la pastille de contrôle de débit d'huile sur la culasse.

Les tringles peuvent être faussées, on regardera également si elles ne présentent pas à certains endroits des traces de frottement.

Arbres à cames, Poussoirs

Il peut être nécessaire de retoucher les cames à la

la soupape d'admission dans son guide peut entraîner une consommation d'huile exagérée, par suite de l'aspiration de l'huile à travers le guide lors de la course d'admission.

Culbuteurs, tringles

Les culbuteurs ne doivent pas présenter trop de jeu

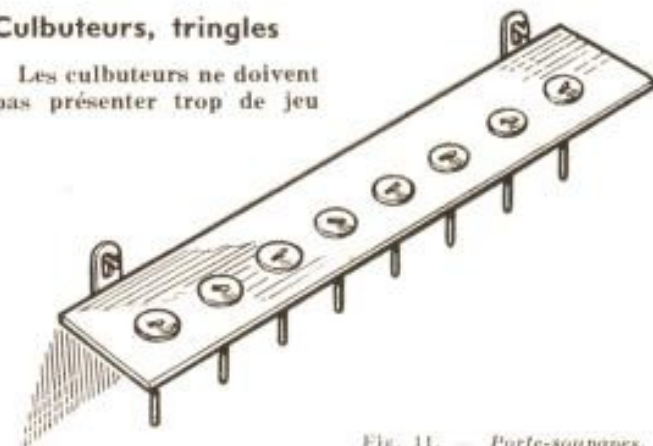


Fig. 11. — Porte-soupapes.

de d'une machine à tarer (fig. 13). Le constructeur indique généralement — mais pas toujours — la longueur des ressorts à l'état libre et la longueur sous une charge donnée. Ces caractéristiques ne sont pas nécessairement les mêmes pour l'admission et l'échappement.

Le jeu de la tige de soupape dans le guide ne doit pas dépasser 10 centièmes pour l'admission et 15 centièmes pour l'échappement, la tige de la soupape d'échappement se dilatant davantage, ce qui explique du reste aussi le jeu plus grand qui est à prévoir aux culbuteurs. Un jeu trop grand de

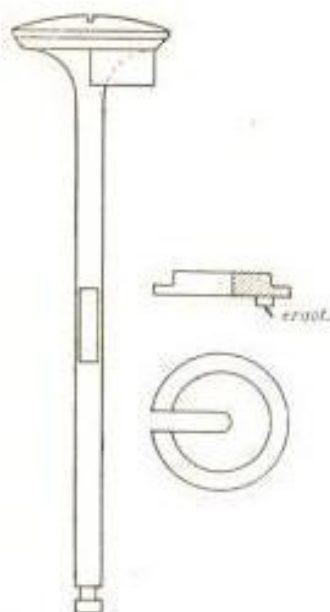


Fig. 12. — Soupape à défecteur avec capelle inférieure.

pièce ; les bagues de palier sont à présenter sur les portées correspondantes de l'arbre pour vérifier le jeu. Remplacer les poussoirs qui ont trop de jeu dans leur guide. La portée creusée des poussoirs sera rectifiée au besoin. Sur certains moteurs, les poussoirs sont déportés par rapport à la came ; ils sont ainsi entraînés dans un mouvement de

rotation ce qui a pour effet de répartir l'usure uniformément sur toute la portée et d'éviter les creux.

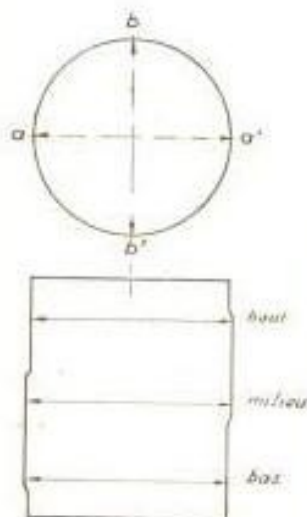
Cylindres

De plus en plus, les diesels ont des chemises de cylindres amovibles ; elles sont généralement du type noyé. Les avantages de cette solution sont connus : en particulier elle permet un rétablissement des conditions normales d'étanchéité sans immobilisation ni frais exagérés.

Pour se rendre compte de l'état du cylindre, on mesure celui-ci au comparateur, à différentes hauteurs (haut, milieu et bas) ;



Fig. 13. — Machine à mesurer la tension des ressorts.



$a, a' : \phi \parallel \text{à l'axe}$
 $b, b' : \phi \perp \text{à l'axe}$
 Un manque d'équerrage entraîne une usure oblique du fût

Fig. 14. — Mesurations des cylindres.

ainsi que sur diamètres perpendiculaires, l'un dans le sens de l'axe de piston, l'autre dans le sens transversal. C'est ce dernier qui donnera l'ovalisation. Les mesures relevées fourniront d'utiles indications sur les causes d'usure. A titre d'exemple une usure oblique dans le plan de l'axe de piston peut être considérée comme l'indice d'un mauvais équerrage de la bielle ou plus exactement d'une obliquité du piston par rapport au cylindre (fig. 14).

Le retrait des chemises

usées ne présente pas de difficultés particulières ; il s'effectue sans effort à l'aide d'un montage approprié qui sert également pour la mise en place de la chemise neuve. Pour cette dernière opération, différentes précautions sont néanmoins à prendre :

— nettoyer parfaitement toutes les portées qui doivent être lisses ;

— s'assurer de l'orientation correcte de la chemise ; des évidements sont parfois prévus en bas, pour le passage de la bielle ; ils n'ont pas toujours la même hauteur, par exemple quand il s'agit d'un moteur désaxé. Le plus grand doit se trouver du côté gauche, le moteur étant vu de l'avant (rotation du vilebrequin à droite), car c'est de ce côté que l'obliquité de la bielle sera la plus grande.

Souvent un ergot est prévu en haut de la chemise, pour déterminer l'orientation correcte de celle-ci, notamment quand il a un passage de communication avec une antichambre latérale (Hercules, p. ex.).

Le dépassement de la chemise par rapport au plan de joint du groupe doit correspondre exactement aux cotes indiquées par le constructeur ; il est parfois nul, mais atteint aussi, en certains cas, 1/10 mm. Les anneaux de caoutchouc assurant l'étanchéité

côté carter sont à remplacer avec les chemises. Leur prix est suffisamment bas pour qu'on ne coure pas le risque de fuites d'eau dans le carter.

Les chemises neuves étant en place et bloquées dans leur position, on vérifie leur perpendicularité par rapport au plan de joint supérieur ; celui-ci, à son tour, doit être parallèle au plan inférieur et à l'axe de la ligne d'arbre.

Les chemises sèches sont généralement montées avec quelques centièmes (4 à 5) de serrage. Une légère passe au rodoir remettra au rond les fûts qui auront pu se déformer par suite de l'emmanchement à force (fig. 15).

Pistons et segments

Si l'on remonte les pistons anciens, ce qui est le cas quand les cylindres ne sont pas trop usés et qu'on peut se contenter d'un changement des segments, on prendra soin avant tout, de bien marquer sur chaque piston le N° du cylindre correspondant. Ce repérage est important, car à l'origine piston et cylindre sont en quelque sorte appariés. En effet les cylindres n'ont pas tous rigoureusement le même diamètre, celui-ci peut différer de l'un

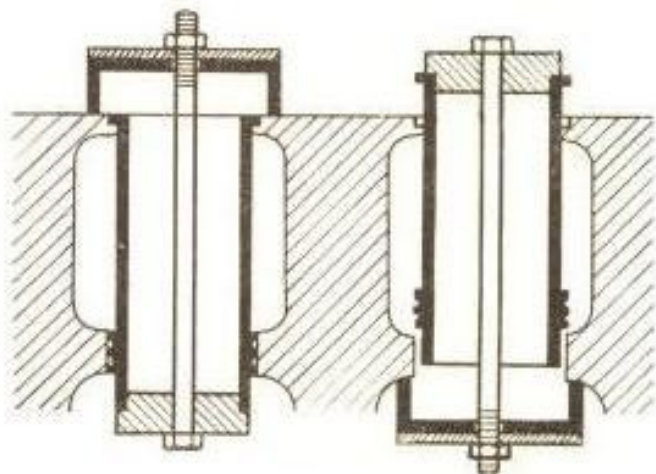


Fig. 15. — Extraction et emmanchement d'une chemise.

à l'autre de quelques centièmes, en raison des tolérances d'usinage ; à ces écarts doivent correspondre des écarts équivalents entre les diamètres des pistons. On peut s'en rendre compte lorsqu'on procède à un échange standard pistons et chemises : tous les pistons sont marqués pour éviter que l'on ne monte le plus gros dans le plus petit cylindre et le plus petit piston dans le plus gros cylindre. Une intervention, après un certain temps de fonctionnement, ne risque plus de faire serrer le premier, mais le second aura très probablement un jeu exagéré.

La tête du piston doit être soigneusement décalaminée, ainsi que les cavités ; on peut même polir les surfaces avec une vieille toile émeri, ce qui retardera le calaminage. Cordons et gorges de segments sont à retoucher, pour enlever la calamine et supprimer les bavures et le matage des gorges. Cette retouche pourra entraîner le montage de segments un peu plus hauts que les segments d'origine (fig. 16). Il ne faut cependant pas aller trop loin dans cette voie, et ne pas diminuer exagérément l'épaisseur des cordons. Si les pistons sont trop libres dans le cylindre, il faut les remplacer. On peut admettre que ce remplacement s'impose quand le jeu de la jupe atteint le double du jeu d'origine.

Quand aux pistons neufs, on vérifiera deux points : le poids et la hauteur d'axe. On comparera d'une part le

poids des pistons neufs par rapport aux anciens, d'autre part on regardera s'il n'y a pas trop d'écart d'un piston à l'autre, pour les neufs. Les tolérances de poids sont en effet très faibles (max. 5 gr environ).

La hauteur d'axe a une grande importance, non pas qu'un écart de l'ordre d'un mm influe beaucoup sur le rapport volumétrique, mais on risque de trop approcher et même de toucher la culasse lorsqu'il s'agit de moteurs à antichambre ou à cavité torique dans le piston. Dans certains cas, le piston se trouve, au PMH, à moins d'un mm du plan de joint de la culasse (fig. 17). Aussi la tolérance au point de vue hauteur d'axe est-elle très faible, de l'ordre de 1/10 mm et doit être respectée rigoureusement.



Fig. 17. — Mesure du désafflement des pistons au PMH.

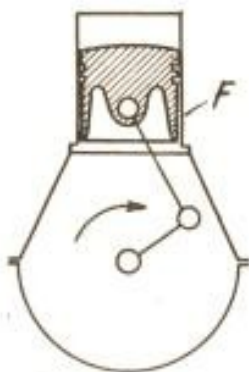


Fig. 18. — Orientation d'un piston à jupe fendue.

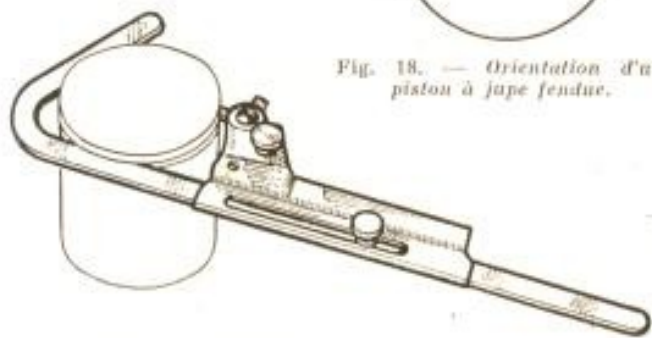


Fig. 16. — Appareil à rectifier les gorges de piston.

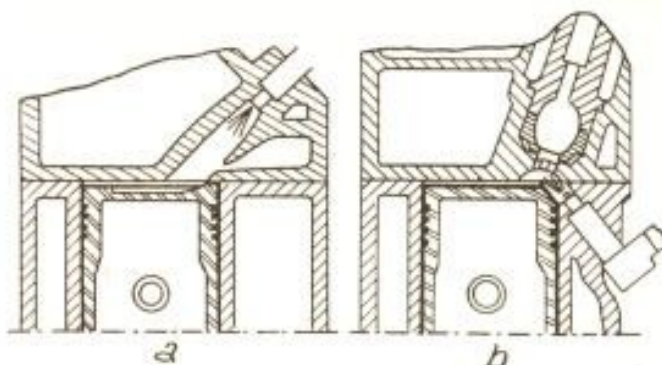


Fig. 19. — Piston à fond creux ou tronqué au droit de l'antichambre ou de l'injecteur.



Fig. 20. — Mesure du diamètre d'un piston.

En ce qui concerne l'orientation des pistons, il n'y a pas d'hésitation quand ils sont à jupe fendue. La fente se place toujours du côté droit, le moteur étant regardé de l'avant, avec rotation à droite (fig. 18). Autrement dit, la fente se trouve à l'opposé du côté où s'exerce la poussée latérale lors de la détente. Certains mécaniciens se basent sur la position de l'arbre à cames qui n'a aucun rapport avec les poussées dans le cylindre.

Pas de difficulté non plus, lorsque le piston est à jupe pleine et à tête symétrique par rapport au plan de l'axe. (Par exemple piston à fond plat, ou à cavité torique.)

Mais sur beaucoup de moteurs, la tête comporte un creux d'un seul côté, correspondant à la communication du cylindre avec l'antichambre (Berliet p. ex.). En ce cas on se guidera sur l'emplacement de l'antichambre ou de l'in-

jecteur comme sur certains moteurs (fig. 19).

Le jeu de montage varie selon le type de piston ; bien qu'il n'y ait en général pas de gros écarts, il y a lieu de se conformer aux indications du constructeur ou du fabricant de piston. Ce jeu représente la différence entre le diamètre du cylindre, mesuré au comparateur, et le diamètre du piston, mesuré au palmer, dans la partie inférieure de la jupe, sur un diamètre perpendiculaire à l'axe (fig. 20). Un moyen très simple pour vérifier ce jeu consiste à placer entre le cylindre et la jupe du piston une cale d'épaisseur donnée, dont la résistance au glissement sera mesurée à l'aide d'un petit peson. L'effort à exercer avec une cale déterminée, est indiqué par le fabricant (fig. 21).

Les segments sont montés avec un jeu à la coupe légèrement plus grand que le jeu admis généralement pour les moteurs à essen-

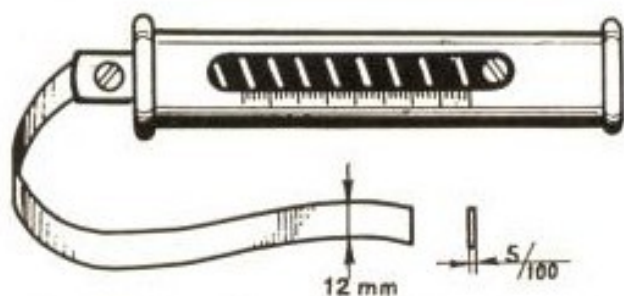


Fig. 21. — Peson à cale pour contrôle du jeu de piston.

ce. Faute d'indication précise, on peut se baser sur une moyenne de quatre millièmes de l'alésage au coup de feu, avec une faible diminution progressive jusqu'au râcleur. A titre d'exemple, pour un moteur de 120 mm, on prendra

$0,004 \times 120 = 0,5$ mm au coup de feu et

$0,0025 \times 120 = 0,3$ au râcleur.

Les coupes sont à alterner au-dessus de l'axe. Cette disposition présente sur la classique « tierçage » (coupes à 120°) l'avantage de freiner la tendance des segments à tourner.

Le jeu en hauteur est à limiter au minimum, pour empêcher à la fois le battement du segment et l'entrée des gaz à fond de gorge. Il est bon d'adoucir les arêtes intérieures des segments, pour éviter tout accrochage dans la gorge.

Le jeu à la coupe se mesure avec une cale d'épaisseur qu'on passe entre les becs, après avoir placé le segment dans le cylindre où on lui donnera une position droite en la poussant au besoin avec un vieux piston. Les segments ajustés ne doivent pas être mélangés ; aussi est-il bon de les monter sur le piston au fur et à mesure de leur ajustage. Utilisez, pour la mise en place, soit une pince à segment, soit trois bandes de clinquant tenues autour de la tête à 120° et par dessus lesquelles vous ferez glisser les segments. De cette façon ils ne subiront pas de déformation anormale.

L'axe de piston est de

plus en plus monté flottant, c'est-à-dire libre dans le pied de bielle et dans les bossages du piston, avec arrêt axial par jonc ou circlips. Sur quelques moteurs on continue à fixer l'axe soit dans le pied de bielle, avec un boulon de pincement ou un boulon clavette, soit dans un bossage du piston, avec immobilisation par vis pointeau.

Les bossages sont à aléser avec toute la précision voulue ; c'est un travail qui demande beaucoup d'attention, car il faut que les deux bossages soient parfaitement en ligne et rigoureusement perpendiculaires à l'axe médian du piston, c'est-à-dire parallèle au plat du piston. Tout axe présentant du jeu, dans les bossages ou dans la bague de pied de bielle, est à remplacer.

Même si l'axe est monté flottant, son emmanchement dans le piston ne doit pas se faire trop libre, mais dur ; le piston étant chauffé à environ 50° (plongée dans de l'huile chaude par exemple), l'axe doit entrer au pouce, mais avec une certaine pression. Même ainsi il sera encore assez libre dans les bossages une fois que le piston sera à sa température de fonctionnement.

Le pied de bielle se dilate moins, et l'on peut emmancher l'axe gras, à froid. Pour les axes oscillant dans le piston, c'est-à-dire bloqués dans le pied de bielle, veillez à ce que l'une ou l'autre extrémité ne vienne pas dépasser le corps de piston, la bielle étant complètement poussée contre

l'un ou l'autre des bossages. La longueur de l'axe de part et d'autre du pied de bielle doit être la même. Sa position est du reste nettement déterminée, en cas d'immobilisation par boulon-clavette.

••

L'introduction des pistons dans les cylindres fait souvent « batailler » les mécaniciens ; pourtant avec les colliers de segments dont on dispose aujourd'hui, l'opération ne présente pas de difficulté. Engagez le piston immédiatement dans sa position définitive, de façon à n'avoir pas à le tourner quand il est dans le cylindre, sans quoi vous risquez de décaler les coupes des segments qui forcent contre la paroi du cylindre. Inutile d'ajouter qu'avant mise en place, les pièces sont à huiler.

Bielles

La première opération consiste à vérifier les bielles au point de vue équerage et vrillage. La figure 22 montre une bielle qui n'est pas « d'équerre » (l'expression est impropre, car en fait c'est par un manque de parallélisme des axes d'alésage du pied et de la tête de bielle que se ca-

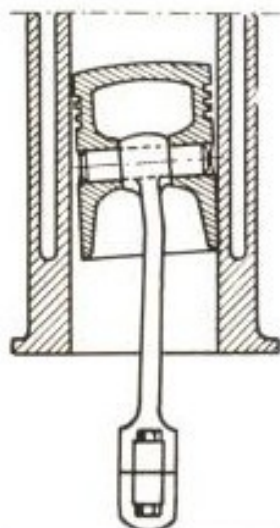


Fig. 22. — Bielle non équerée.

ractérise le défaut). On voit que le piston frotte contre le cylindre d'un côté par la tête et du côté diamétralement opposé, dans le plan de l'axe de piston, par le bas de la jupe. Il en résulte un frottement métal contre métal, entraînant un chauffage exagéré et une usure prématurée du cylindre qui prend la forme représentée schématiquement par la figure 14 (voir plus haut).

La figure 23 montre une bielle vrillée ou chantournée. En ce cas les points de frottement contre le cylindre changent à chaque demi-tour comme l'indique

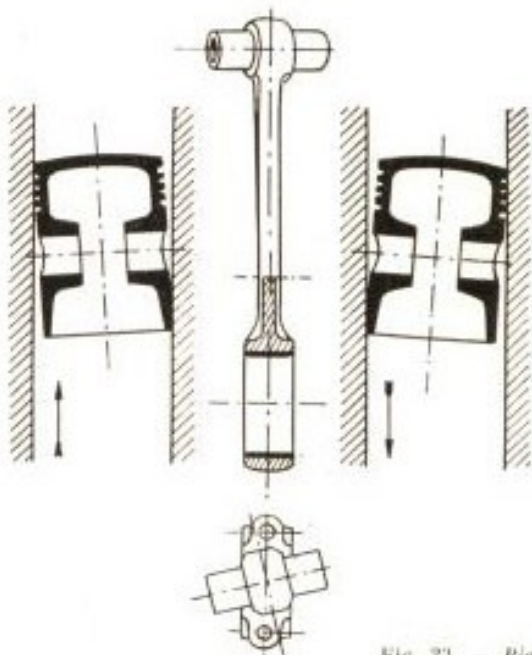


Fig. 23. — Bielle vrillée.

la figure. En effet, chaque fois que la bielle passe à un point mort, il se produit un coïncement du fait que la tête de bielle et le pied de bielle se déplacent dans des plans différents. Il en résulte une inclinaison du piston avec frottement contre le cylindre.

Le meilleur moyen pour se rendre compte d'une éventuelle déformation consiste à placer la bielle sur un marbre d'équerrage comme celui que montre la figure 24. Dans la position illustrée par la figure, on vérifie l'équerrage : la bielle est munie d'une part de l'axe de piston et d'autre part d'une broche centrée dans la tête par des cônes. La broche reposant dans les deux vés du socle, l'axe doit porter contre les deux vés de l'équerre dont les deux touches doivent à leur tour porter contre le marbre. Pour constater s'il y a vrillage, on tourne l'équerre de 90°, en plaquant les vés contre l'axe de piston. Si une des touches quitte le marbre, la bielle est vrillée. Le redressement se fait suivant le cas à l'aide d'une presse ou avec des griffes.

Après redressement de la bielle, on peut procéder à une nouvelle vérification, avec le piston monté, pour s'assurer de l'orientation correcte des alésages des

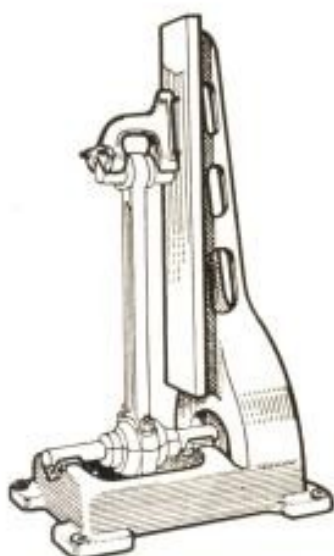


Fig. 24. — Vérificateur de bielle.

bossages. La jupe touchant le marbre, l'écart entre celui-ci et la tête de piston doit être le même des deux côtés (faire la première vérification et retourner de 180° la bielle avec le piston), tant dans la position verticale du piston (équerrage), que dans sa position inclinée (vrillage).

Certaines bielles comportent un gicleur d'huile qui doit être orienté du côté gauche, le vilebrequin étant vu tournant à droite (fig. 25). Quant à l'orientation des bielles à coupe oblique il n'y a pas de règle déterminée, suivant le moteur la coupe peut être inclinée à gauche ou à droite. Cette coupe oblique a surtout pour but de faciliter le retrait de l'ensemble piston-bielle par le haut, c'est-à-dire par le cylindre, car le retrait par en bas, vilebrequin non démonté, est généralement impossible à cause des contrepoids de l'arbre.

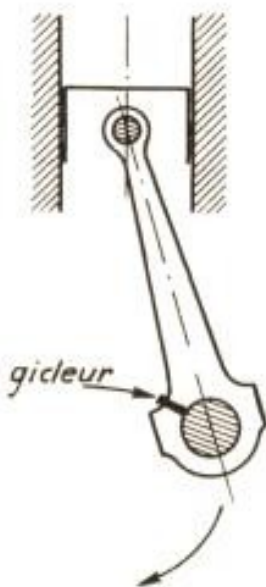


Fig. 25. — Bielle à gicleur d'huile.

Parfois les bielles sont pourvues d'un conduit de graissage percé dans le corps, en vue de la lubrification de l'axe de piston. Un ajustage en bout du pied de bielle, c'est-à-dire opposé au corps de bielle, sert parfois à projeter une cer-

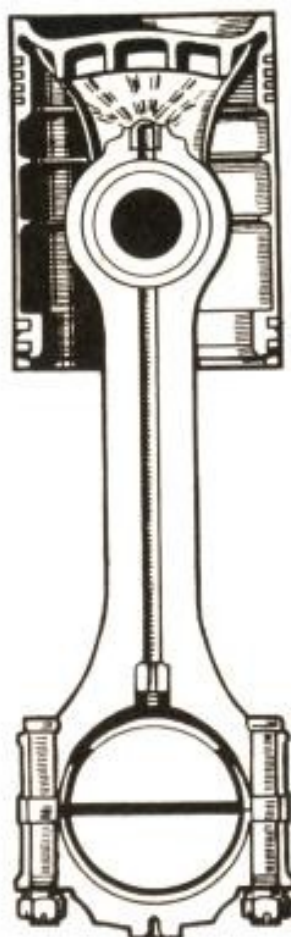


Fig. 26. — Bielle à conduit de graissage.

taine quantité d'huile contre la paroi interne de la tête de piston pour contribuer au refroidissement de celle-ci (fig. 26). La bague de pied de bielle doit être percée en ce cas de deux trous convenablement disposés. On s'assurera également que le conduit de graissage n'est pas obstrué.

Dans une autre disposition, le pied de bielle est percé en bout, et fraisé, de manière à former une sorte de godet dans lequel tombera une partie de l'huile projetée par les manetons contre la paroi intérieure du piston. Cette huile descend dans la bague pour le graissage de l'axe (fig. 27).

Faire attention également au déport de la bielle. Malgré le jeu entre pied de bielle et bossages, une inversion peut avoir pour effet de forcer le piston d'un côté contre le cylindre. Là

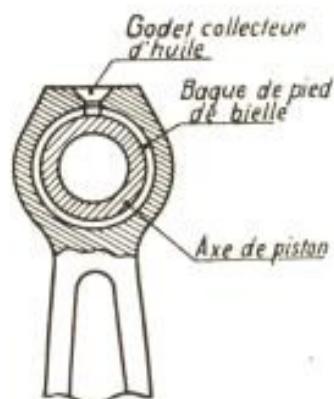


Fig. 27. — Bielle à godet graisseur.

encore, un repérage correct évitera des tâtonnements et des erreurs.

Passons aux coussinets. On emploie de plus en plus, dans les diesels, des coussinets rapportés pour les bielles, alors que les moteurs à essence comportent encore souvent des bielles régulières. Les coussinets rapportés peuvent être du type massif, avec coquille en bronze et antifriction en métal blanc, ou à coquille mince en acier, du type dit « interchangeable ». Le demi-coussinet supérieur, côté corps de bielle, sur lequel s'exercent les poussées, est parfois en bronze au plomb (métal rose), et le demi-coussinet inférieur garni de métal blanc (plomb, étain, antimoine).

Habituellement, les coussinets peuvent être fournis en « cote réparation » et le vilebrequin, dont nous parlerons plus loin, est à rectifier à la demande de ces cotes. Un léger ajustage du coussinet peut être nécessaire pour obtenir une portée parfaite en même temps que le jeu voulu.

Le jeu normal est d'environ 1/1.000 du diamètre, soit par exemple 0,07 à 0,08 mm pour un diamètre de 75 mm. Ceci pour le régule ordinaire ; pour le bronze au plomb, on peut prévoir 20 % de plus, soit 0,1 mm pour diamètre de 75 mm.

Le jeu latéral entre tête de bielle et joues du mane-

ton ne doit pas dépasser 0,1 à 0,15 mm.

Les coussinets minces ne peuvent être ajustés. Leur épaisseur totale (coquille plus antifriction) est de l'ordre de 2 mm, dont quelques dixièmes seulement pour l'antifriction. Les manetons sont donc à rectifier exactement à la cote voulue, compte tenu du jeu. Exemple : diamètre intérieur du coussinet cote réparation : 73,80 mm ; le maneton sera à rectifier à 73,70 mm.

Il est indispensable de bien vérifier l'alésage de la tête de bielle, sans coussinet. Cet alésage doit être bien cylindrique et ne pas présenter de trace de martelage. Les diamètres doivent être les mêmes de chaque côté, c'est-à-dire à chaque extrémité et les coquilles doivent plaquer parfaitement. A cet effet, le chapeau peut avoir 2 à 3/100 de pincement (fig. 28).

Autrefois, on ajustait les bielles « ferme », pensant que la couche de régule, d'assez forte épaisseur, se tasserait, ce qui donnerait le jeu nécessaire. Aujourd'hui on monte les bielles « libre », c'est-à-dire que la bielle, se trouvant verticalement au-dessus du maneton, doit faire un tour entier si on lui donne une légère impulsion.

La vérification du jeu peut se faire au palmer, pour le maneton, et au comparateur, pour le coussinet (fig. 29). Un autre moyen consiste à placer entre maneton et coussinet une cale d'environ 10 mm de large, et d'une longueur correspondant à la largeur du coussinet. L'épaisseur sera égale au jeu de montage du coussinet. Le chapeau étant bloqué, la bielle doit pouvoir tourner à la main, avec un léger effort.

Les coussinets massifs peuvent être finis au grattoir, après alésage à l'aléreuse de bielles.

Pour les rainures de graissage, réserve d'huile,

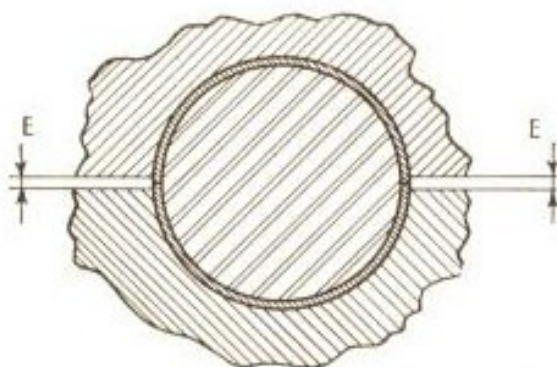


Fig. 28. — Pincement du chapeau de bielle et de palier.

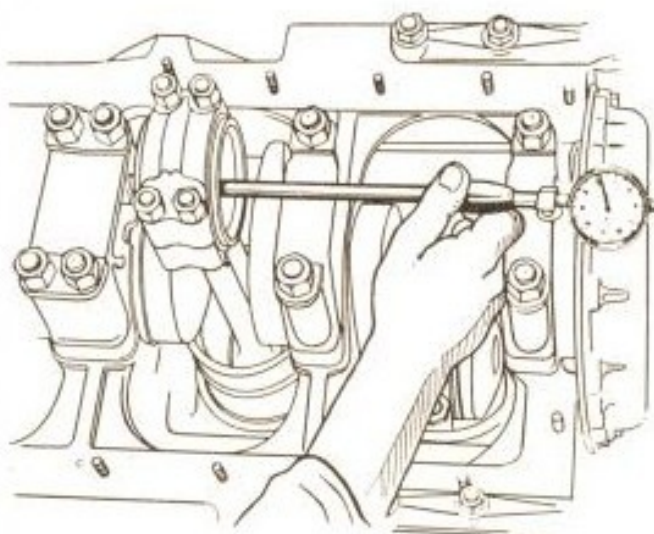


Fig. 29 a. — Mesure du coussinet.

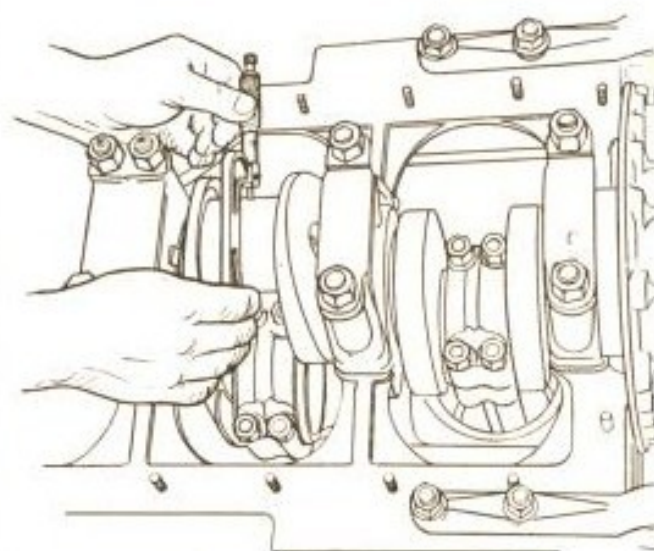


Fig. 29 b. — Mesure du maneton.

patte d'araignée, on se la bonne fixation des demi-coussinets (ergot ou vis dessins d'origine. Aucun de ces creux ne doit déboucher. On vérifiera également

minces). Ne pas oublier non plus de percer le demi-coussinet supérieur des bielles à conduit de graissage vers le pied de bielle.

Vilebrequin

C'est la pièce maîtresse du moteur. Les défauts les plus fréquents sont l'usure des tourillons et manetons et la déformation dans son axe (flambage). On mesure d'abord, au centième de mm, les diamètres du palier central, l'arbre étant placé entre les pointes d'un tour. On note le plus grand et le plus petit diamètre, dont la différence représente l'ovalisation ou faux-rond du tourillon, et l'on marque le sens de chaque diamètre, par un trait sur le flasque de fixation du volant par exemple, le trait correspondant au grand diamètre étant plus long. Supposons que le tourillon présente 1/10 mm d'ovalisation, avec diam. 70 et 69,9 mm. On tourne l'arbre de façon que le petit diamètre se trouve dans le plan vertical. On fait porter contre le tourillon la touche d'un comparateur, dont le cadran aura été réglé à zéro (fig. 30). L'ovalisation se partage normalement par moitié sur chaque rayon, de sorte qu'à chaque demi-tour de rotation devra correspondre un déplacement de l'aiguille de 5/100 mm. Si l'aiguille donne des variations plus importantes, par exemple 5/10 mm pour chaque demi-tour, l'arbre n'est pas droit et devra par conséquent être redressé à la presse, en lui donnant une déformation contraire légèrement supérieure à celle qu'il accusait ; ceci est nécessaire en raison de l'élasticité qui tend à lui faire reprendre sa forme première.

La rectification d'un arbre usé est un travail de spécialiste. On peut cependant effectuer de très légères retouches (par exemple quand l'arbre ne présente que des rayures peu impor-

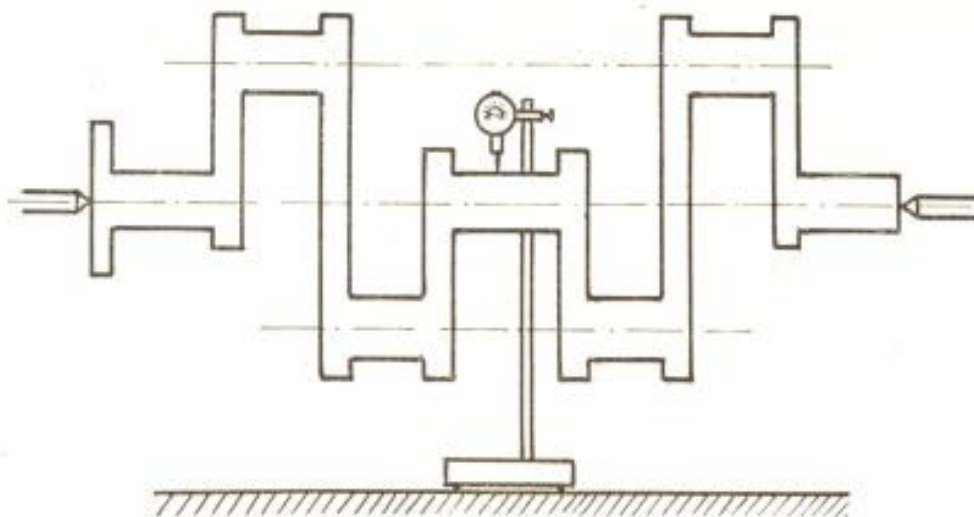


Fig. 30. — Vérification du vilebrequin.

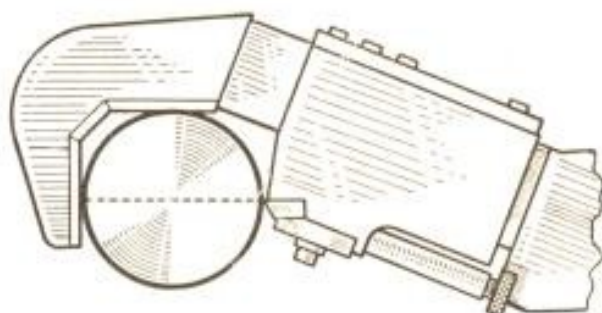


Fig. 31. — Rectifieur à couteau.

tante) à condition de disposer d'un appareil approprié. La retouche à la bande d'émeri n'est pas recommandée, car elle ne donne pas un travail précis. Il existe différents types d'appareils, les uns travaillant au couteau (fig. 31), les autres à la meule (fig. 32). Ceux-ci sont à utiliser pour les arbres traités que le couteau ne peut attaquer. On ne doit enlever qu'une très faible épaisseur de métal, car la couche traitée n'est pas toujours bien profonde.

✱

Il est rare qu'avec des coussinets minces le vilebrequin soit sérieusement endommagé en cas d'avarie de coussinet ; en raison de la faible épaisseur d'antifric-tion, on évite les chocs violents, contrairement à ce qui peut se produire avec les coussinets massifs. C'est là un des avantages des

coussinets minces. Certains constructeurs fournissent les coussinets, comme pour les bielles, en cotes réparation très rapprochées, diminuant de 0,25 en 0,25 mm, avec une première sous-cote de 0,10 mm. Pour un diamètre d'origine de 70 mm, on aura les dimensions de coussinets ci-après : 69,90 — 69,75 — 69,50, etc... Les sous-cotes descendent parfois jusqu'à 2 mm au dessous du diamètre d'origine.

✱

Les coussinets en bronze au plomb sont montés généralement avec les arbres traités. L'emploi de cet alliage d'antifric-tion est aujourd'hui très répandu ; il s'est révélé le mieux approprié aux exigences des moteurs modernes. Il peut supporter des charges atteignant jusqu'à 350 kg/cm² à la vitesse de 10 m/s, contre 50 kg/cm² à 7 m/s seu-

de cuivre et 20 à 50 % de plomb. Quand l'alliage est à faible teneur en plomb, il peut être utilisé sous forme massive, homogène. Par contre pour des teneurs en plomb élevées, on l'emploie non plus directement comme coussinet, mais comme garniture appliquée sur une coquille support en acier.

✱

Les alliages cuivre-plomb sont moins sensibles à l'élévation de température, en même temps qu'ils se caractérisent par une conductibilité thermique élevée. Pour des alliages contenant entre 27 et 31 % de plomb et 72 à 67,6 % de cuivre, on note une dureté Brinell de 25 à la température de 20°C, et 21 à la température de 150°C, tandis que la dureté d'un antifric-tion à l'étain, pour les mêmes températures, descend de 21 à 6 Brinell.

lement pour les anciens coussinets garnis d'antifric-tion au plomb et étain.

Le bronze au plomb est un alliage de cuivre et de plomb dont la composition peut varier entre 50 à 78 %

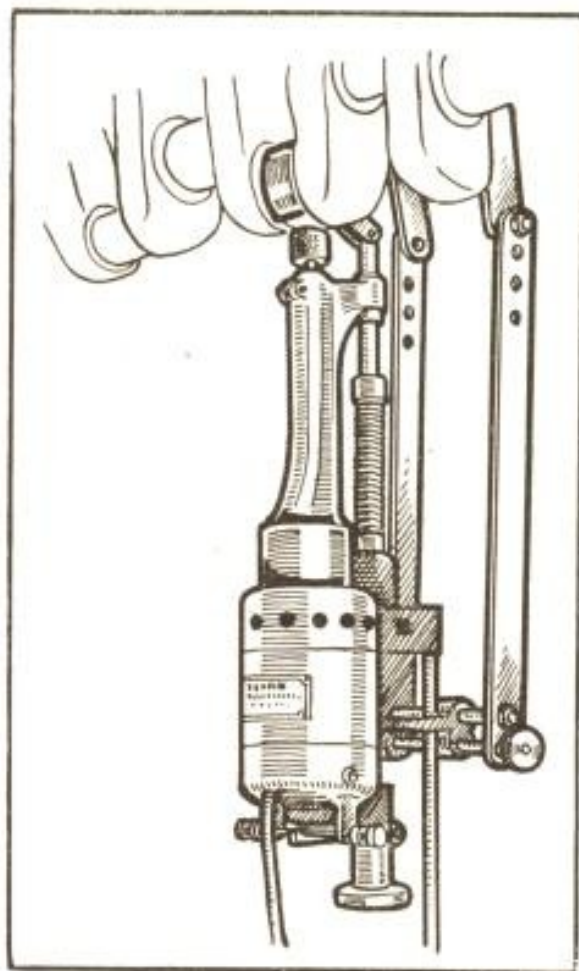


Fig. 32. — Rectifieur à meule.

Ajustage d'une ligne d'arbre

Il n'y a pas d'ajustage à faire avec les coussinets minces ; par contre il faut s'assurer d'un parfait alignement des paliers, car le moindre écart aurait des conséquences fâcheuses, la faible épaisseur d'antifric-tion ne permettant pas de le rattraper. L'arbre de son côté doit être parfaitement droit, condition à satisfaire également lorsqu'il s'agit de coussinets massifs. Les jeux sont du même ordre de grandeur que pour les bielles ; la vérification se faisant avec la cale d'épaisseur placée entre coussinet et tourillon (fig. 33), tout comme nous l'avons expliqué plus haut pour les bielles.

S'il s'agit de coussinets massifs, ou à forte épaisseur de régule, le meilleur procédé consiste à effectuer un alésage en ligne à l'aide d'une barre d'alésage ou d'une machine à aléser. L'ajustage au grattoir se pratique de moins en moins, il demande beaucoup de temps et ne donne pas de meilleurs résultats que l'alésage en ligne. La qualité du travail dépend bien plus de la conscience professionnelle de l'ouvrier que de la valeur respective des deux procédés. Avec l'alésage en ligne (fig. 34) on a la certitude d'avoir les centres de

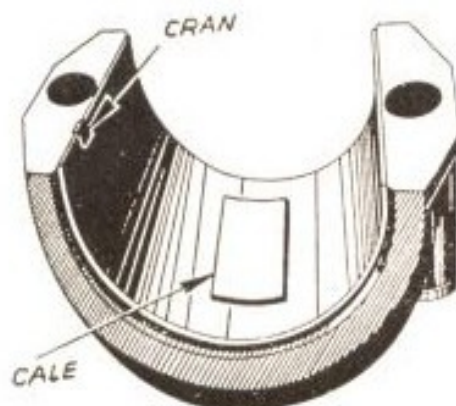


Fig. 33. — Vérification du jeu de coussinet.

tous les coussinets exactement sur le même axe, même si les paliers dans le carter présentent un léger désalignement. Il y a donc avantage à ébaucher la ligne au moins à la machine ou à la barre d'alésage, en approchant la cote définitive à 1/10 par exemple, et l'on finira au grattoir, si l'on tient absolument à employer ce procédé.

Il va de soi que le vile-brequin doit être nettoyé soigneusement, afin de débarrasser les chambrages et conduits d'huile de tout dé-

pôt. Vérifier également, sur les tourillons et manetons, si les entrées des conduits sont bien chanfreinées. Lorsque l'arbre est muni de contrepoids amovibles, ceux-ci doivent être repérés dans le cas où pour une raison quelconque ils sont démontés.

La mise en place du vile-brequin dans ses paliers doit être effectuée autant que possible au palan, de façon à le mettre bien d'aplomb et de ne pas ac-

Le latéral, qui est plus exactement le jeu axial de l'arbre, est à régler à la cote prescrite par le constructeur. Un jeu exagéré ne se traduirait pas seulement par des sorties d'huile excessives à ce palier, d'où risque d'avarie aux coussinets des bielles voisines, mais aussi par un bruit sourd parfaitement audible.

Si le moteur comporte des conduits de graissage percés dans les parois, ceux-ci sont naturellement à ser-ringer avant mise en place en vilebrequin ; la cana-lisation est constituée en ce cas par un canal longitudinal dont partent, à l'endroit de chaque palier, des perçages transversaux, continués par un perçage vertical ou oblique dans le fond de chaque palier. Des vis-bouchons en bout des perçages permettant d'accéder à l'intérieur de ceux-ci en vue de leur nettoyage

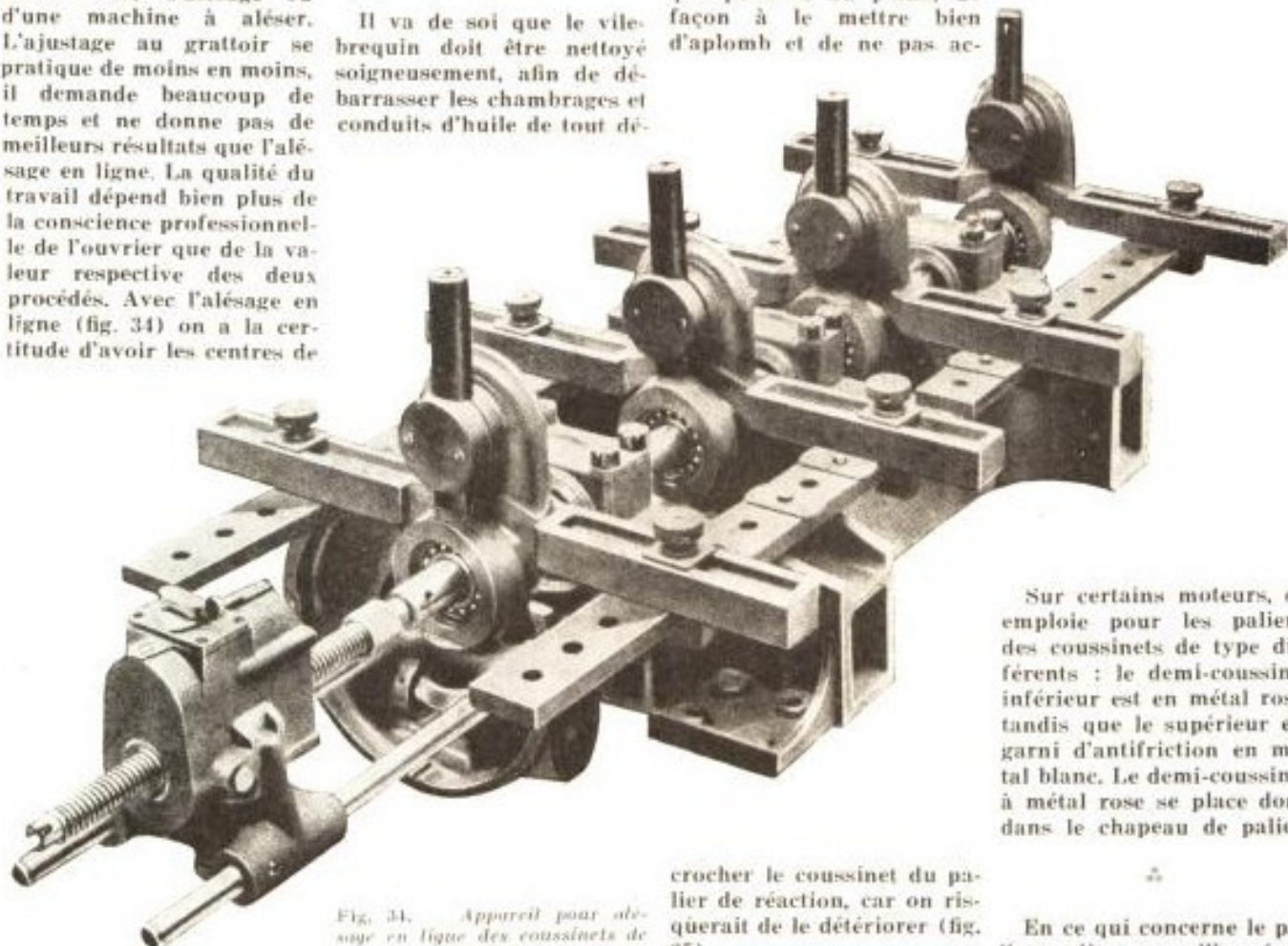


Fig. 34. Appareil pour alésage en ligne des coussinets de palier.

crocher le coussinet du palier de réaction, car on ris-querait de le détériorer (fig. 35).

Sur certains moteurs, on emploie pour les paliers, des coussinets de type différents : le demi-coussinet inférieur est en métal rose, tandis que le supérieur est garni d'antifric-tion en métal blanc. Le demi-coussinet à métal rose se place donc dans le chapeau de palier.

En ce qui concerne le pa-lier arrière, on veillera à sa

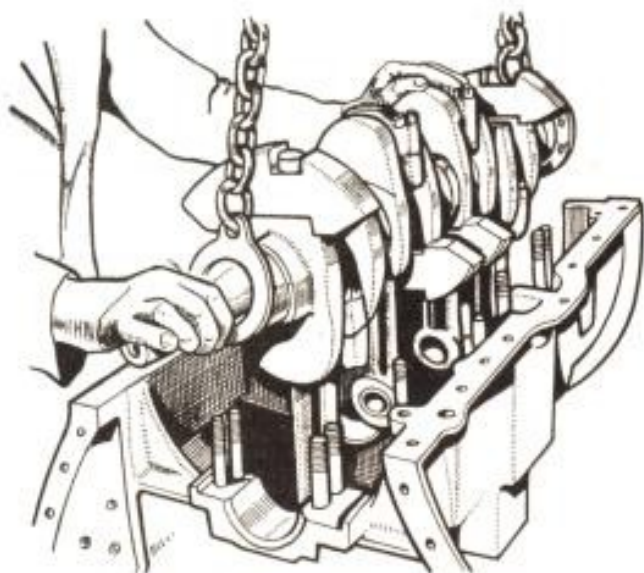


Fig. 35. — Mise en place du vilebrequin.

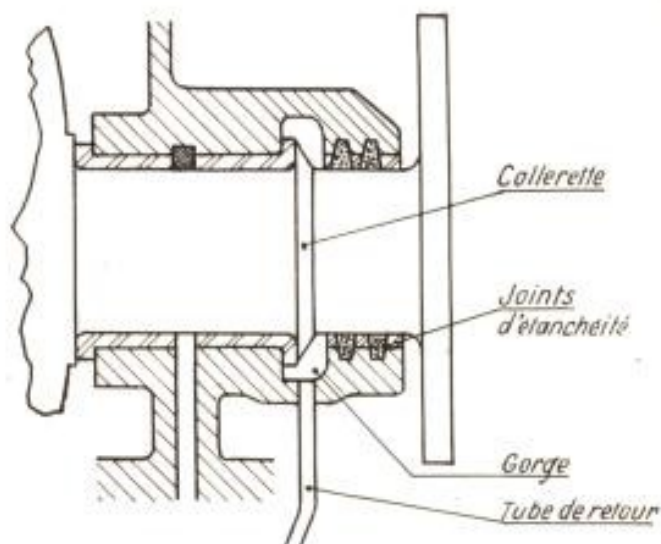


Fig. 36. — Exemple de disposition des joints d'étanchéité au palier arrière.

parfaite étanchéité, pour éviter les fuites d'huile dans le carter d'embrayage. Généralement le vilebrequin comporte, entre le tourillon et le plateau de fixation du volant, une collerette à section triangulaire qui tourne dans une gorge de retour d'huile ménagée dans le palier, à l'arrière du coussinet : l'huile venant du palier est projetée ainsi par force centrifuge dans cette gorge d'où elle retourne par un orifice muni ou non d'un tube, dans le carter.

Une autre solution consiste à usiner dans le vilebrequin, entre le tourillon et le plateau de volant, un filet de retenue d'huile, dont le pas est dans le sens de rotation de l'arbre. Il faut vérifier, en ce cas, le jeu entre le filet et l'alésage dans lequel il tourne ; avec un jeu excessif, le filet serait inopérant.

On peut également prévoir, à l'arrière de la collerette de rejet et de sa gorge, des joints noyés contre lesquels frotte le vilebrequin et qui raclent tout excédent d'huile (fig. 36).

De toute manière, le montage des joints au palier doit être fait avec un soin extrême, pour éviter toute fuite.

SYSTÈME DE GRAISSAGE

De son bon état dépend le fonctionnement et la durée du moteur. Il s'agit donc en premier lieu de débarrasser les canalisations de tous les dépôts qui ont pu s'y accumuler. Certaines de ces canalisations sont forcées directement dans le bloc, d'autres sont constituées par des rampes en tube de cuivre ; souvent même tous les conduits sont percés dans le bloc, c'est le cas par exemple sur les moteurs américains. Le nettoyage du bloc dans la machine à laver (au trichloréthylène, perchloréthylène ou à la potasse) dissout les dépôts, ce qui ne dispense cependant pas d'un bon serrage, en sens contraire de la circulation d'huile normale, pour éliminer toutes les impuretés. La rampe rapportée, très employée dans les moteurs européens, est à vérifier soigneusement. Des manipulations antérieures ont pu donner lieu à des déformations et des redressements qui provoquent finalement des fissures souvent imperceptibles, mais qui peuvent constituer une amorce de rupture. On procédera à un essai sous pression, tous orifices bouchés, pour déceler les fuites. Les brides de raccordement aux chapeaux

de paliers doivent être parfaitement droites et lisses et ne présenter aucune surépaisseur.

Malgré la crépine en amont de la pompe, et l'emploi des filtres à huile qui se répand de plus en plus, de fines particules abrasives peuvent arriver jusque dans la pompe et provoquer une certaine usure de celle-ci. La pompe est toujours du type à engrenages et généralement avec pignons à axe vertical et couvercle amovible en bas. Les impuretés viennent se loger entre le couvercle et la face inférieure des pignons ; agissant comme un abrasif, ils augmentent peu à peu le jeu axial des pignons. Souvent même leur action nocive se manifeste par des sillons assez profonds dans le couvercle. Le jeu exagéré se traduit par une pulsation de la veine liquide et des oscillations correspondantes de l'aiguille du manomètre. En général le jeu axial peut être supprimé

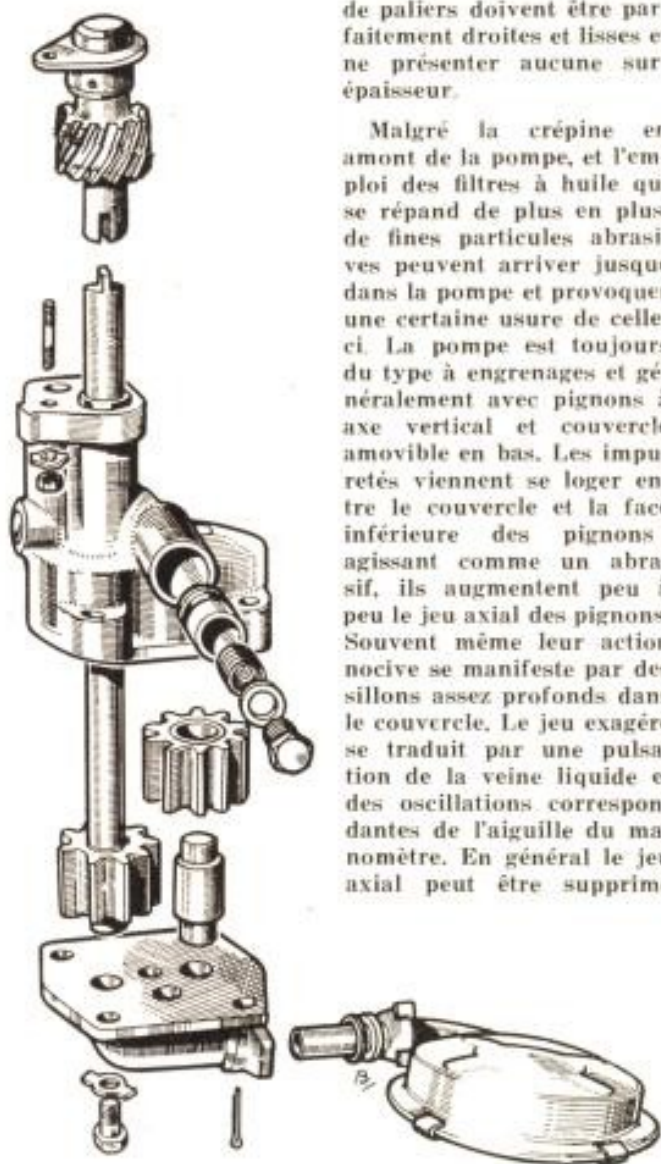


Fig. 37. — Pompe à huile.

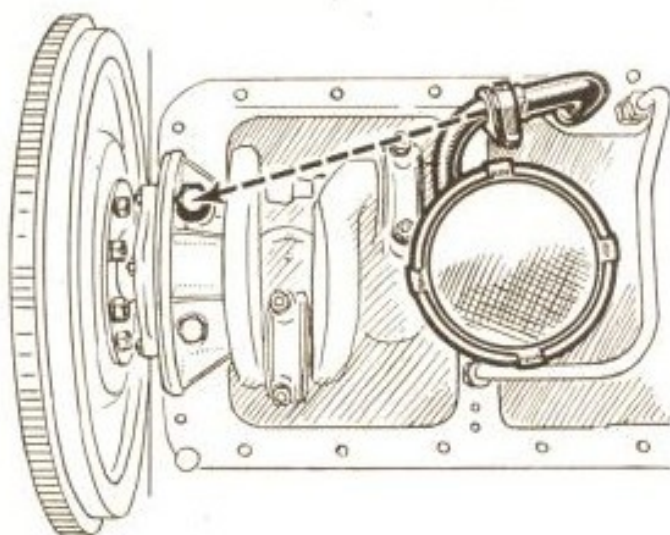


Fig. 38. — Exemple d'orientation de la crépine de pompe à huile.

par une rectification de la face intérieure du couvercle, qu'on peut d'abord retoucher à la lime douce, pour finir à la toile émeri fine, placée sur un marbre. On vérifie au bleu si le couvercle est bien droit. Le couvercle retouché, pressé contre les pignons, ne doit pas toucher le corps de pompe ; il faut en effet réserver l'épaisseur du joint (en papier). Le jeu axial des pignons sera au maximum de 0,15 mm (fig. 37).

L'usure radiale (jeu entre

l'extrémité des dents et la paroi latérale du corps de pompe), est généralement plus faible que l'usure axiale ; elle ne doit pas dépasser 0,10 mm. Si elle est plus élevée, il faut remplacer les pièces. Les pignons ne doivent pas forcer ; en cas de montage de pignons neufs il peut être nécessaire de retoucher les dents avec une lime en carborundum pour adoucir l'engrènement. Supprimer également toutes les bavures.

On vérifiera aussi le jeu

du pignon mené sur son axe, ainsi que le jeu de l'arbre de pompe dans son guidage.

☆

Tous les filtres sont à nettoyer dans l'essence, la crépine doit être brossée. Si elle présente des déchirures, elle est à remplacer. On abandonne de plus en plus les pompes noyées au bénéfice des pompes « sèches », c'est-à-dire placées au-des-

causer des dégâts importants. En principe, il n'y a pas à toucher au réglage du clapet et dans beaucoup de moteurs, il n'est pas accessible de l'extérieur. En cas de démontage, on comptera les nombres de tours de la vis ou du chapeau de réglage, et on revissera d'autant au remontage. Certains constructeurs indiquent la tension du ressort de clapet que l'on pourra ainsi vérifier. Si elle est insuffisante, il vaut mieux changer le ressort plutôt que d'augmenter sa tension par l'addition d'une pastille ou un

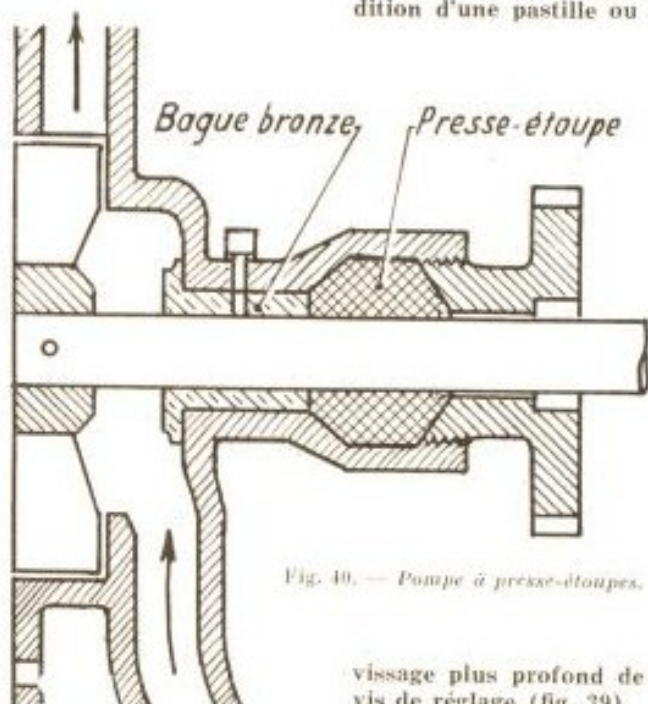


Fig. 40. — Pompe à presse-étoupes.

vissage plus profond de la vis de réglage (fig. 39).

Ne pas oublier de vérifier également le gicleur assurant, sur beaucoup de moteurs, le graissage de la distribution.

☆

Le reniflard est à nettoyer son obstruction entraînerait des surpressions dans le carter et une consommation exagérée de lubrifiant.

☆

sus du niveau normal de l'huile dans le carter. L'aspiration se fait par un tube plongeant portant la crépine en bout. Ce tube peut être articulé ; on vérifiera si cette articulation est bien étanche ; dans certains cas il faut veiller également à l'orientation de ce tube (fig. 38).

☆

Le clapet de décharge — il y en a quelquefois plusieurs — doit fonctionner librement, sans risque de coincement du piston ou de la bille. Un clapet coincé ouvert, par une impureté, réduit l'arrivée d'huile aux paliers et peu de ce fait

Lorsqu'il y a un radiateur d'huile, celui-ci est à nettoyer également, car les dépôts peuvent s'y accumuler en quantité assez considérable.

★

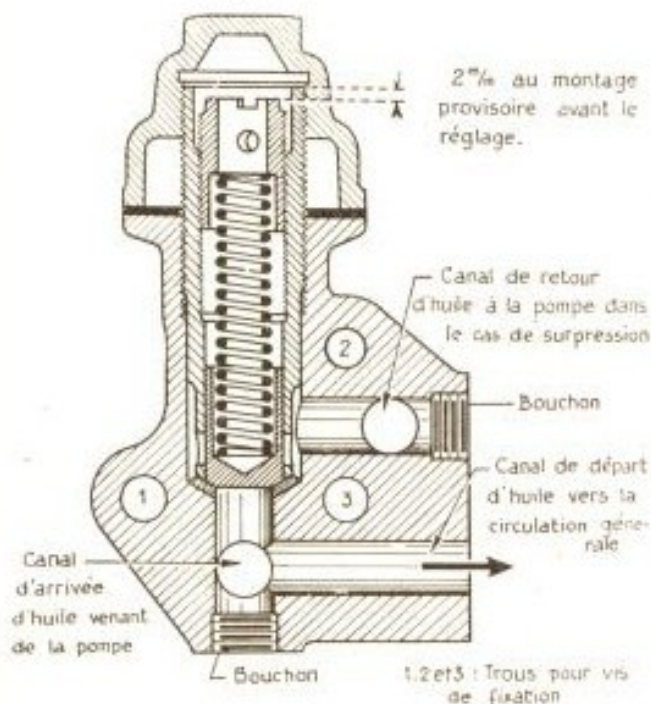


Fig. 39. — Clapet de décharge.

REFROIDISSEMENT

Peu d'usagers procèdent périodiquement au détartrage du radiateur. Or les dépôts de tartre ne diminuent pas seulement la conductibilité, mais réduisent aussi les sections de passage et freinent ainsi la circulation d'eau, d'où la nécessité d'effectuer de temps à autre, et notamment à l'occasion d'une révision du moteur, un nettoyage complet, d'une part avec un solvant pour éliminer la graisse, d'autre part avec un détartrant pour enlever les dépôts calcaires. On trouve dans le commerce des produits appropriés.

Un essai sous pression

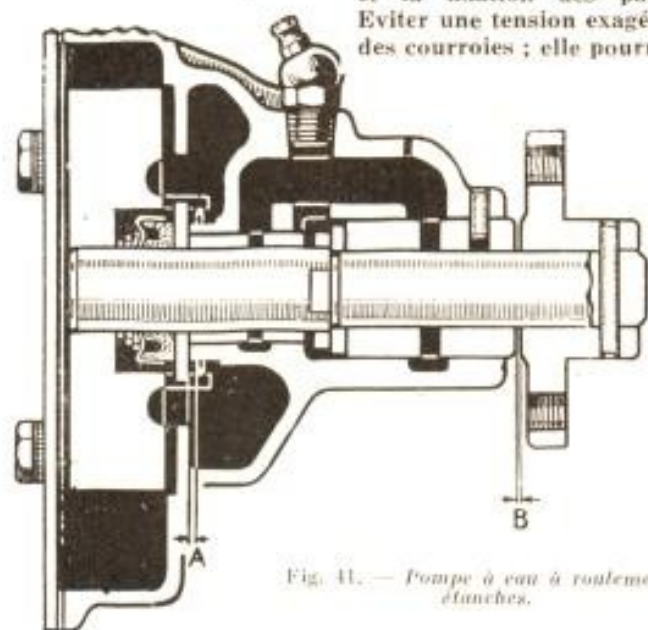


Fig. 41. — Pompe à eau à roulements étanches.

permettra de localiser les fuites éventuelles qu'on supprimera par soudure à l'étain. Un radiateur fortement endommagé est à confier au spécialiste, qui enlèvera au besoin les réservoirs supérieur et inférieur et procèdera à un tringlage des tubes.

Souvent les ailettes des tubes sont couchées, par suite de choc, il est facile de les redresser à l'aide d'une pince à becs plats ou d'un tournevis, pour rétablir ainsi un passage d'air suffisant.

Vérifier le raccordement des entrées et sorties aux réservoirs ou boîtes à eau,

Les tubes sont souvent désoudés.

En ce qui concerne la pompe à eau, les roulements, les bagues, la turbine et le presse-étoupe sont à examiner et à remplacer le cas échéant (fig. 40). Certaines pompes comportent des arbres montés dans des roulements étanches ; on remplace l'ensemble arbre-roulements, ainsi que le joint (fig. 41).

Pour éviter une détérioration trop rapide de la ou des courroies de ventilateur, on vérifie l'alignement des poulies, ainsi que la fixation de la poulie de ventilateur sur son moyeu et la fixation des pales. Eviter une tension exagérée des courroies ; elle pourrait

entraîner en certains cas la rupture du support de ventilateur.

Le nettoyage des chambres d'eau du groupe, surtout quand il s'agit d'un moteur à chemises noyées, est chose facile ; ne pas oublier de déboucher les trous de vidange d'eau, qui sont souvent obstrués. Le détartrage de la culasse, par contre, est moins aisé ; il a pourtant, principalement avec les soupapes en tête, ce qui est le cas de tous les diesels, une très grande importance, en raison de la formation de points chauds, à laquelle donne lieu le tartre, notamment au voisinage

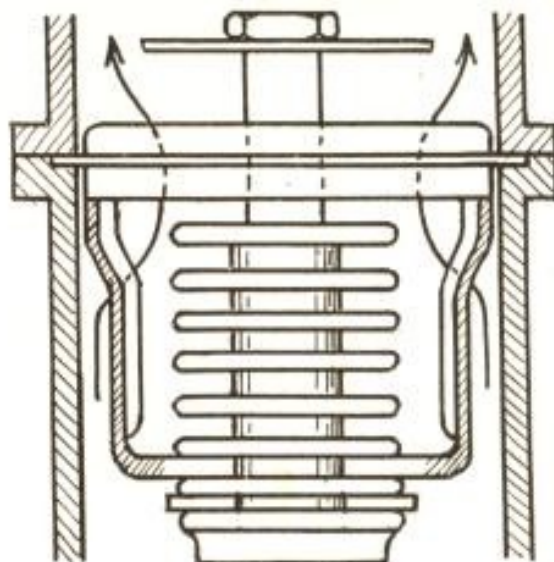


Fig. 42. — Thermostat.

de la soupape d'échappement. Ces points chauds, dans le cas du diesel, ne présentent pas les mêmes inconvénients qu'avec le moteur à essence, au point de vue allumage, mais le refroidissement insuffisant de la culasse à cet endroit peut entraîner sa détérioration.

Si le système de refroi-

dissement comporte un thermostat (placé dans la canalisation de retour d'eau au radiateur), vérifiez le fonctionnement de cet appareil en le plongeant dans de l'eau froide, que vous chauffez ensuite ; relevez au thermomètre la température à laquelle l'appareil ouvre. Elle doit être d'environ 70° (fig. 42).



RÉASSEMBLAGE DU MOTEUR

Toutes vos pièces étant convenablement disposées sur l'établi ou, mieux, sur la servante, boulons, vis, écrous, rondelles, etc., bien à portée de la main, la ligne d'arbre ajustée, les bielles assemblées avec les pistons, tous les plans de joint du groupe et du carter bien nettoyés, vous pouvez procéder au remontage du moteur. Il n'est pas possible d'indiquer ici la marche à suivre, pour tous les cas, en raison des différences structurelles que présentent les moteurs d'un type à l'autre. Nous essaierons néanmoins de donner quelques directives d'ordre général.

Commencez par les pistons, que vous monterez, chacun muni de sa bielle, dans le cylindre respectif, et en les laissant tous au point mort haut. La pres-

sion des segments contre la paroi des cylindres, de même que le serrage des joints d'étanchéité des chemises dans leur centrage du bas, seront suffisants pour empêcher ces pièces de se déplacer quand le moteur sera retourné pour mise en place du vilebrequin. Toutefois, si vous redoutez qu'elles n'arrivent à glisser (certaines chemises portent à plat sur les repos inférieurs), une simple tige placée sur le cylindre et tenue par un fil de fer à chaque bout, permettra de retourner le groupe en toute sécurité.

Placez alors le vilebrequin et bloquez les chapeaux de paliers. Attelez ensuite les bielles et bloquez également. Votre équipement mobile est ainsi en place. Bien entendu toutes les pièces auront été abon-

damment lubrifiées. Ne réutilisez jamais les vieilles rondelles écrasées (Grower, éventail), montez des goupilles neuves, parfaitement ajustées ; de même les arêtoirs et freins d'écrous sont à changer.

Montez la pompe à huile et vérifiez aussitôt si elle tourne bien. Montez la rampe d'huile, après avoir vérifié si toutes les brides peuvent être raccordées sans forcer. Si nécessaire, chauffez pour recuire le métal ce qui facilitera la mise en place correcte. Les joints métalloplastiques sous les brides de raccordement sont à changer.

Ramenez le moteur dans sa position normale, c'est-à-dire cylindres en haut et remettez en place l'arbre à cames, ainsi que, le cas échéant, les autres pignons de distribution et d'entraînement d'accessoires. Montez les poussoirs.

Malgré le repérage que vous aurez fait lors du démontage, il sera bon de vérifier la distribution. A cet effet, tournez le vilebrequin pour amener le piston du premier cylindre au point mort haut fin compression, ce que vous pourrez facilement contrôler à l'aide des deux tringles de culbuteurs que vous aurez introduites dans les deux premiers poussoirs et que vous tiendrez à la main pendant qu'un aide tourne le vilebrequin. Pendant la course ascendante du piston, les tringles ne doivent pas bouger. Si le volant ne comporte pas de repère (cas rare) marquez un trait sur le carter et un autre I en regard sur le volant (fig. 43).

Mettez le joint de culasse (enduit d'huile de lin), ainsi que la culasse, en engageant les deux poussoirs sous leur culbuteur respectif. Vissez deux écrous sur la culasse, au droit du premier cylindre ; serrez-les, sans bloquer. Si vous connaissez les cotes de réglage en degrés, reportez-les sur le volant, après conversion en mm sur la jante, à l'aide de la formule

$$\frac{d \times 3,14 \times n}{360}$$

dans laquelle d est le diamètre du volant en mm, et n le nombre de degrés.

Exemple : AOA 10°, diamètre du volant 400 mm : $\frac{400 \times 3,14 \times 10}{360} = 35 \text{ mm}$.

Marquez la cote AOA à gauche du repère PMH, et la cote RFE à droite de ce

repère, l'échappement doit fermer quand la marque FE passe devant I. Vous vérifiez en plaçant une feuille de papier à cigarette entre culbuteurs et soupapes. Le jeu de ceux-ci aura été réglé au préalable à environ 3/10 mm.

Si le volant porte des repères, vous procédez de la même façon, sauf que vous n'aurez pas eu à marquer

jeu de calage ; ceci est sans grande importance ; la différence ne donnera que de faibles écarts entre le moment où la soupape s'ouvre (admission) ou se ferme (échappement), et le moment où le repère correspondant passe devant l'index. Si la distribution est bien calée, la soupape d'admission pourra ouvrir un peu plus tôt et l'échappement fermer un peu plus tard, dans le cas où le jeu que vous aurez donné est inférieur au jeu de calage. Si votre jeu est plus grand, l'admission ouvrira avec un léger retard et l'échappement fermera avec une légère avance.

En tout cas, ces légers écarts ne sont pas assez grands pour provenir d'un mauvais calage. En effet, ce dernier serait dû au minimum à une différence d'une dent. Avec un pignon de 24 dents, par exemple, et un volant de 400 mm de diamètre, une dent d'écart représente à la périphérie du volant

$$\frac{400 \times 3,14}{24} = 78 \text{ mm ou environ } 8 \text{ cm.}$$

Il vous suffira donc de calculer la valeur d'une dent en mm au volant, et de comparer cette valeur à l'écart que vous aurez relevé.

Si le volant n'a pas de repères, et que vous ignorez également les cotes

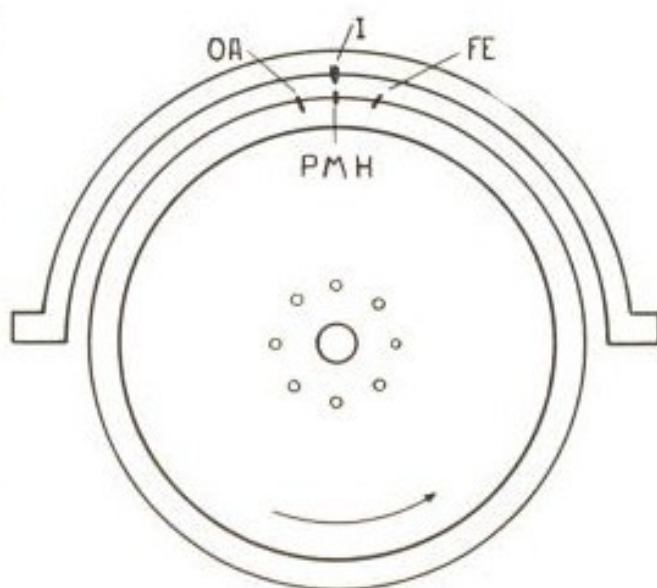


Fig. 43. Repères sur volant.

repère, le volant étant vu de l'arrière. Faites faire un tour au vilebrequin, en suivant le mouvement des soupapes du premier cylindre. L'admission doit ouvrir quand OA passe de-

les repères. Ceux-ci peuvent se rapporter au dernier cylindre. En ce cas, vous opérerez sur celui-ci.

Le jeu que vous aurez donné aux culbuteurs peut ne pas être exactement le

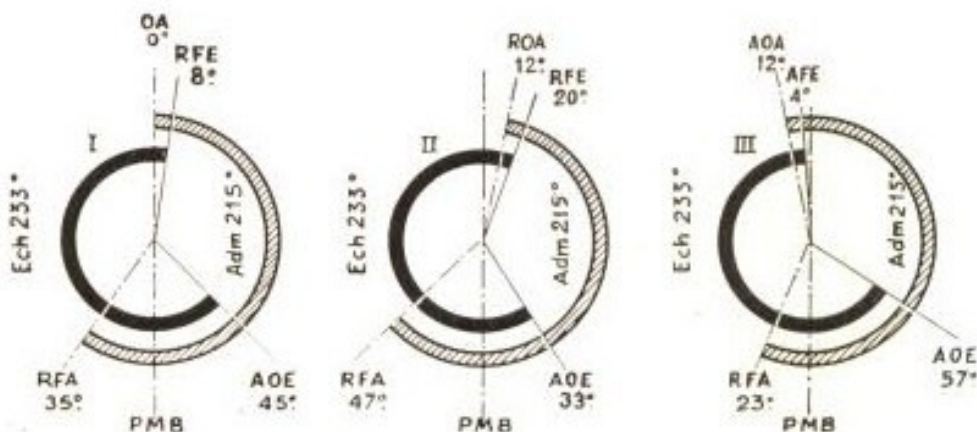


Fig. 44. Diagrammes de distribution avec une dent en plus ou en moins.

exactes de la distribution, vous pouvez néanmoins vérifier en vous basant sur vos repères des pignons de distribution et en tenant compte du fait que le croisement de l'échappement et de l'admission se partage à peu près de part et d'autre du point mort, avec un RFE légèrement plus grand que l'AOA. Celle-ci se fait parfois au point mort. Une erreur d'une dent sera sensible et vous vous en apercevrez.

Prenons par exemple un pignon de vilebrequin à 30 dents, ce qui représente 12° par dent.

d'admission, et son avance à la fermeture d'échappement, il apparaît inutile d'avancer l'arbre à cames encore d'une dent, car l'échappement fermerait alors avec 14° d'avance, solution qui n'est pas à envisager. En reculant l'arbre à cames d'une dent, nous aurons le diagramme I; reculons encore d'une dent, pour établir II, et comparons. De toute manière, le diagramme I nous paraît le mieux équilibré. Nous rejetons III, à cause de son avance à la fermeture d'échappement, et II, à cause du trop grand retard à la fermeture d'échappement. Des trois dia-

un réglage très précis, mais il faut connaître les cotes de distribution, faute de quoi on tâtonne.

Le calage étant vérifié, vous pouvez mettre toutes les tringles en place et serrer la culasse. Ce serrage se fera progressivement, dans l'ordre indiqué par le constructeur ou, si vous ne l'avez pas, en partant du centre et en progressant alternativement de part et d'autre vers les extrémités. Si la culasse est en plu-

$$\frac{100 \times 9}{30} = 30 \text{ kg.}$$

Les clés dynamométriques sont des clés à ressort. Or le ressort ne garde pas indéfiniment sa tension; c'est du reste la raison pour laquelle, dans beaucoup d'ateliers où l'on dispose d'une clé de ce genre, l'on ne s'en sert pas. Il faut donc vérifier de temps à autre la tension de la clé et la régler si possible. Engagez la clé sur un six-pans immobilisé; suspendez en bout de la clé un poids qui sera égal à la tension que vous voulez vé-

Calage normal :				
(PMH)				
D)	A O A	0	{	$180 + 35 = 215^\circ$
	R F A	35		
	A O E	45	{	$180 + 45 + 8 = 233^\circ$
	R F E	8		
Une dent de retard nous donnera :				
II)	A O A	12	{	$180 - 12 + 47 = 215^\circ$
	R F A	47		
	A O E	33	{	$180 + 33 + 20 = 233^\circ$
	R F E	20		
Une dent d'avance donnera :				
III)	A O A	12	{	$180 + 12 + 23 = 215^\circ$
	R F A	23		
	A O E	57	{	$180 + 57 - 4 = 233^\circ$
	R F E	4		

Examinons ces trois calages, entre lesquels il nous faut choisir; ayant réalisé un quelconque des trois, nous déterminons pour ce calage, les moments d'ouverture et de fermeture, avec les durées d'ouverture des soupapes. Nous marquons à cet effet les repères correspondants au volant, mesurons la longueur des arcs en mm et nous les convertissons en degrés; nous traçons le diagramme pour le calage effectué et nous en déduisons les diagrammes pour une dent en plus et une dent en moins (fig. 44 a-c).

Supposons que notre calage nous ait donné le diagramme III. Avec son faible retard à la fermeture

grammes, I est celui qui donne la meilleure répartition du croisement de l'admission et de l'échappement.

Comme on le voit, le problème du calage est loin de présenter des difficultés: un crayon, une feuille de papier, un peu de réflexion suffisent pour éviter les erreurs, même lorsqu'on ne possède aucune donnée.

Le problème est plus difficile, lorsque le pignon de l'arbre à cames peut prendre plusieurs positions par rapport à cet arbre. En ce cas, pignon et arbre sont percés d'une série de trous, qui peuvent être soit en nombre différent, soit différemment espacés. Cette disposition permet de faire

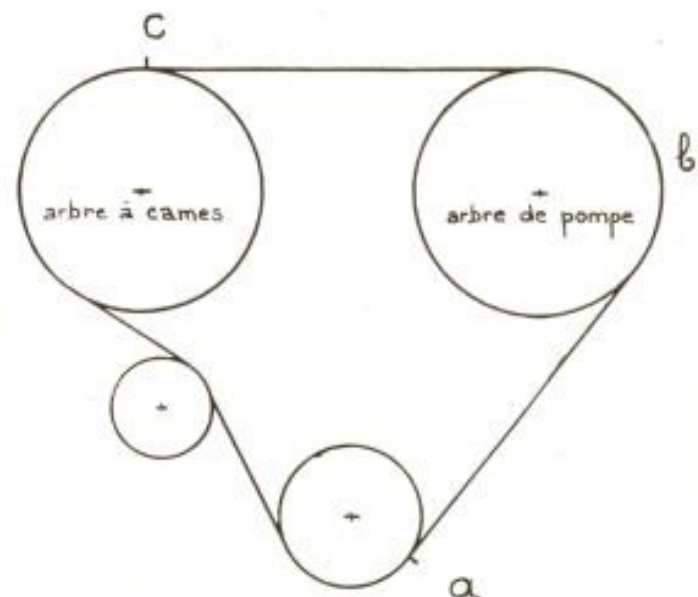


Fig. 45. — Le décalage de la distribution est proportionnel à l'allongement de la portion a-b-c de la chaîne.

sieurs éléments et le collecteur d'échappement d'une pièce on a intérêt à présenter celui-ci, avant blocage de la culasse. On aura également, avant pose de la culasse, vérifié tous les goujons, à l'aide d'une équerre.

Le blocage se fera autant que possible à la clé dynamométrique, et au couple indiqué par le constructeur. Le couple a pour unité le m.-kg. C'est la traction en kg exercée en bout d'un levier de 1 mètre de longueur; pour un levier plus court il faudra une traction proportionnellement plus forte. Ainsi, avec une clé de 30 cm, et pour un couple de 9 m.-kg, il faut exercer une traction de

multipliée par 100/L. (L est la longueur en cm depuis le centre de la douille jusqu'au point d'attache du poids.) Exemple: vous voulez vérifier si le couple développé, lorsque la clé marque 5, est effectivement de 5 m.-kg. Soit L = 40; le poids à accrocher pour amener l'index au chiffre 5 est égal à $5 \times \frac{100}{40} = 12,5$ kg. Si ce poids n'amène l'index qu'à 4, ou 4,5, le ressort n'a plus suffisamment de tension.

En montant les pignons de distribution, assurez-vous également du bon calage du pignon commandant la pompe d'injection.

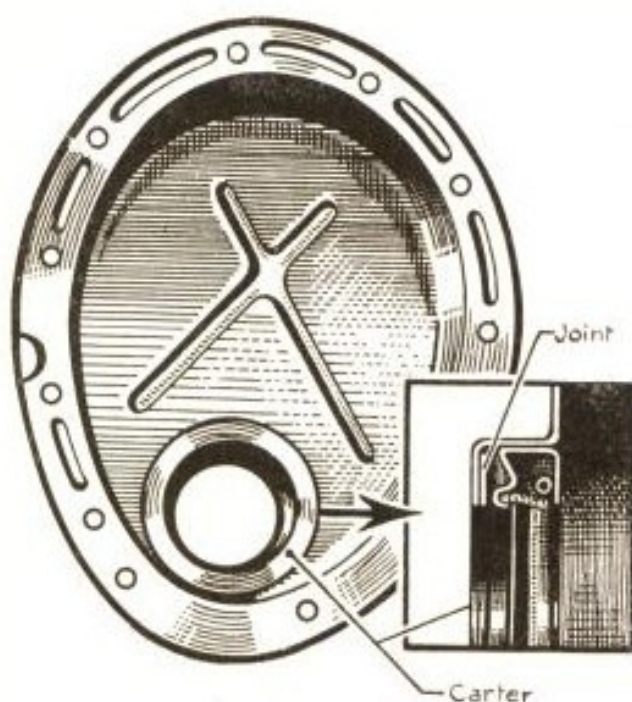


Fig. 46. — Remplacement d'une bague d'étanchéité.

On trouvera au chapitre consacré à cette question toutes les précisions concernant le calage proprement dit, mais les variations que permet le dispositif d'accouplement sont limitées, de sorte qu'il n'est pas inutile de se préoccuper de la position correcte du pignon de commande, avant de monter le carter de distribution.

Tournez le vilebrequin pour amener le premier piston au PMH, fin compression. Présentez la pompe sur son socle ; la pompe étant alimentée en gasoil, tournez l'arbre de pompe

jusqu'à ce que le gasoil commence à couler du raccord du premier cylindre. Vérifiez si dans cette position les boutonnières se trouvent au milieu de la graduation et si le manchon peut être claveté sur l'arbre d'entraînement. Ainsi vous serez sûrs de n'avoir pas à revenir à la distribution par la suite.

Un mot sur les chaînes de distribution, dont un tendeur permet généralement de rattraper le jeu. Entendons-nous : ce tendeur agissant sur le brin

mou de la chaîne sert uniquement à empêcher son flottement ; il ne supprime pas l'allongement, ni le décalage du pignon mené par rapport au pignon menant, et qui est proportionnel à l'allongement de la chaîne, plus exactement à celui du brin menant.

Connaissant le pas d'une chaîne, vous calculez la longueur normale du brin menant, en multipliant le pas par le nombre de maillons entre les pignons. Mesurez la longueur totale d'un même nombre de maillons de la chaîne que vous avez. La différence donne le jeu, donc le décalage du pignon mené.

Supposez un brin menant de 20 maillons au pas de 12,7. Un jeu de 2/10 par maillon donne un allongement de 4 mm pour ce brin, soit le tiers d'une dent. C'est un maximum, changez la chaîne. Dans une distribution comme celle que représente notre schéma (fig. 45), où l'arbre à cames se trouve à gauche, et l'arbre de pompe à droite, tous deux entraînés par chaîne, le décalage ou retard de la distribution sera au moins double de ce qu'il serait si l'arbre à cames se trouvait à droite et ne peut être rattrapé. Le décalage de l'arbre de pompe par contre peut être compensé par un réglage convenable du dispositif d'accouplement, grâce aux boutonnières.

Avant remise en place du

couvercle de distribution, vérifiez l'état de la bague antifuite qui viendra se placer sur le nez de vilebrequin. De toute manière si l'ancienne bague a été retirée du couvercle, elle sera à remplacer, car ces bagues, une fois enlevées de leur logement, ne peuvent pas être réutilisées (fig. 46). Si la bague comporte une garniture en cuir, plongez la dans de l'huile avant mise en place. Montez ensuite l'amortisseur de vibrations s'il y en a un, ou la poulie.

Nous avons parlé plus haut du volant, à propos duquel nous ajouterons quelques mots. Si les dents de la couronne de démarreur sont usées, la couronne est soit à décaler, soit à changer. La face du volant contre laquelle porte le disque d'embrayage, aura été rectifiée, dans le cas où elle présentait des rayures.

Retournez le moteur et mettez le carter d'huile. Le moteur pourra être reposé ensuite sur le véhicule où vous pourrez monter alors tous les organes accessoires. Réglez les soupapes, raccordez les canalisations et commandes, purgez le système d'alimentation, faites le plein d'huile, le plein d'eau et... mettez en route. Laissez chauffer et s'il y a lieu, réglez les soupapes à chaud — cela dépend des moteurs. Il n'y aura plus, pendant l'essai sur route, qu'à parfaire le réglage de la pompe d'injection comme nous l'indiquons par ailleurs.

PARTICULARITÉS DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES POUR VÉHICULES A MOTEUR DIESEL

L'ÉQUIPEMENT électrique d'un véhicule à moteur diesel offre aussi bien dans son principe même que dans le type des appareils utilisés, une analogie très étroite avec celui des voitures de tourisme à moteur à essence (1).

Une différence importante existe cependant. C'est la suppression du dispositif d'allumage sur le moteur diesel, puisque dans ce dernier l'amorçage de la combustion est obtenu par l'élévation de la température de l'air dans la chambre d'explosions, élévation qui résulte de la compression rapide de cet air à un taux élevé.

LE DÉPART

L'absence d'allumage fait qu'un équipement électrique très puissant et sûr est indispensable au véhicule à moteur diesel, car l'effort qu'il faut fournir lors du lancement est très important étant donné le taux de compression élevé. Le lancement à la manivelle est d'ailleurs des plus pénibles, sinon impossible dès que la puissance du moteur dépasse une certaine valeur.

En revanche si le moteur est entraîné à bonne vitesse, le départ est beaucoup plus certain que lorsqu'il s'agit d'un moteur à essence où la carburation et l'allumage entrent en compte. Toutefois la vitesse à atteindre est de l'ordre de 200 à 300 tr/m, donc supérieure à celle qu'exige un moteur à essence en bonnes conditions, soit 150 à 200 tr/m.

C'est le fait qu'à la fois le couple et la vitesse nécessaires pour assurer le lancement sont élevés qui, ainsi que nous allons le voir, entraîne l'obligation d'une installa-

tion électrique un peu spéciale et très robuste, bien qu'elle ne fournisse tout l'effort dont elle doit être capable que durant quelques secondes de temps en temps.

L'obtention de la première explosion, qui aussitôt engendre les suivantes, est évidemment d'autant plus difficile que le moteur est froid, que la température extérieure est basse, que le taux de compression est important et aussi que la cylindrée est petite, car alors le rapport de la surface des parois au volume engendré est plus grand et l'air perd plus vite la chaleur qu'il acquiert par la compression.

Les conditions ne sont pas améliorées au contraire dans les moteurs à chambre de précombustion, car l'air contenu dans la chambre est à une température inférieure à celle de l'air situé juste au-dessus du piston.

Pour ces différents motifs il est, dans de nombreux cas, obligatoire

L'installation est donc, à ce point de vue, notablement simplifiée, mais elle doit répondre à d'autres exigences, qui seront examinées plus loin, et qui en rendent difficiles une exécution entièrement satisfaisante.

Les moteurs diesel rapides employés en automobile sont de puissance relativement élevée, car leur procédé de fonctionnement perd de l'intérêt pour les faibles puissances. La gamme de puissance qu'ils couvrent est cependant étendue, leur mode d'emploi sur camionnettes, camions, cars, est aussi très divers et il en résulte des particularités d'installation assez variées.

Les différenciations ne portent pas tant sur les principes techniques suivis, que sur le choix, la puissance des appareils et sur le schéma de montage.

(1) L'équipement électrique des véhicules a été étudié en détail dans l'ouvrage « L'équipement électrique » de cette collection.

de pourvoir le moteur d'un dispositif de réchauffage au départ. Le dispositif adopté par tous maintenant est électrique ; il est constitué par une bougie à résistance, introduite dans chaque cylindre, et qui est généralement alimentée sous deux régimes : l'un, faible, qui assure le chauffage préalable des pièces de la culasse ; l'autre, fort, mis en service à l'instant du départ.

Un autre procédé employé seul ou en addition au chauffage par bougies, consiste à réchauffer l'air avant son admission dans le cylindre, à l'aide d'une résistance électrique.

Nous étudierons de plus près dans le chapitre ces dispositifs, mais remarquons que c'est encore la batterie qui doit fournir l'énergie calorifique nécessaire, charge qui s'ajoute à l'effort qu'on va lui demander au départ. Mais en revanche, le réchauffage réduit, il est vrai, la durée de cet effort puisqu'il augmente les chances d'un départ instantané.

DÉMARREUR

Pour les raisons mêmes qui viennent d'être données, il est évidemment nécessaire d'utiliser des démarreurs de forte puissance.

Il n'y a pas de difficultés techniques particulières pour la construction de tels démarreurs.

Ce sont des machines électriques bien connues, qui sont calculables avec une grande exactitude et qui seront seulement plus encombrantes et plus onéreuses que les démarreurs pour moteurs à essence. Pour réduire l'encombrement il est possible de les faire tourner plus vite, mais la liaison avec le moteur est moins aisée.

En raison en effet de cette vitesse et du couple important mis en jeu, l'accouplement du démarreur avec le moteur, puis son désaccouplement, opérations déjà difficiles sur moteur à essence, constituent un problème encore plus ardu et qui doit être traité avec une grande attention.

Le lanceur à inertie ou bendix même s'il est de gros modèle ne peut être retenu que pour les moteurs de puissance relativement peu élevée.

Sur les moteurs un peu forts on utilise toujours un dispositif à déplacement contrôlé du pignon, ou commande positive, obtenue soit manuellement, soit, ce qui est mieux, par un relais, soit par déplacement axial automatique de l'arbre porte-pignon solidaire du

démarreur. Ces réalisations seront étudiées ultérieurement.

Il faut d'autre part assurer l'alimentation du démarreur en électricité. Rappelons que la puissance électrique est le produit de la tension par l'intensité ; il faut donc chercher à augmenter chacun de ces deux facteurs pour augmenter la puissance comme il est dans le cas présent désirable.

INTENSITÉ ET BATTERIE

L'intensité que peut débiter de façon correcte, c'est-à-dire sans risquer d'être détérioré, un élément d'accumulateur, est fonction de sa capacité. Pour accroître l'intensité il faut donc augmenter la capacité de chacun des éléments de batterie ; on est assez rapidement conduit à un encombrement excessif et à une construction difficile. Sur les très gros diesel on ne dépasse guère l'intensité de 1.000 ampères fournie par des batteries de 200 à 220 Ah.

Mais pour conduire cette intensité élevée jusqu'au démarreur il est nécessaire que la section des conducteurs de liaison et leur longueur soient telles que la chute de tension dans la ligne et qui est proportionnelle à la résistance de cette ligne et au carré de l'intensité ($e = RI^2$), soit acceptable, c'est-à-dire en fait, aussi faible qu'il est possible. Elle ne devrait régulièrement pas être supérieure à 1 V, en 6 et en 12 V. On doit donc choisir des conducteurs de très larges sections, réaliser des connexions absolument franches, et aussi donner à la ligne, par le montage judicieux des appareils (batterie, contacteur, démarreur) la longueur la plus réduite qu'il se peut. L'étude des équipements laisse fréquemment à désirer sur ce dernier point.

Très avantageusement on obtient dans un grand nombre de montages modernes, la réduction de la longueur de la ligne par l'utilisation d'un relais de lancement. L'établissement d'un tel relais qui sera traversé par un courant important, offre quelque difficulté ; on offre dans le commerce des relais capables d'assurer un long service.

TENSION

L'accroissement de la tension nominale (au démarrage) est fort intéressant car il permet de réduire la section des lignes et conduit donc à une économie de cuivre ; mais on se trouve encore ici limité car l'élément d'accumulateur au plomb, le seul pratiquement à envisager, ne donne qu'une tension de 2 V laquelle tombe d'ailleurs à 1,7 ou 1,8

V, dans les meilleures conditions, quand l'élément fournit le courant de lancement.

On ne peut songer à monter un très grand nombre d'éléments en série. Leur recharge, leur montage, leur entretien deviendraient trop compliqués et le prix trop élevé. On se tient donc à l'emploi de batteries de 6 V ou de 12 volts analogues à celles qui sont construites en grandes séries pour les besoins des voitures à essence, et l'on branche en série plusieurs de ces batteries.

On rencontre des châssis à moteur diesel de petite taille, équipés à la tension de démarrage de 12 V. Ils tendent à disparaître et l'on s'arrête en général, de même que pour les modèles puissants, à la tension de 24 volts, aisément obtenue avec 4 batteries normales de 6 volts ou 2 de 12 volts. Cependant sur les très gros véhicules, camions et cars routiers par exemple, tels ceux construits en Amérique, on va jusqu'à 60 volts en montant 5 batteries de 12 volts.

La capacité des batteries est évidemment à choisir en rapport avec l'effort de démarrage. Sa détermination est évidemment toujours le résultat d'essais assez nombreux. Toutefois les constructeurs ont conservé dans un but d'économie la fâcheuse tendance de prévoir une batterie de capacité juste suffisante. En pratique les capacités restent comprises entre 90 et 200 Ah.

DYNAMO

Quant à la dynamo sa puissance varie considérablement selon le type de véhicule envisagé et les valeurs s'échelonnent de 100 à 350 W. Les génératrices pour gros camions ont un diamètre compris entre 145 et 150 mm.

Ainsi sur un camion industriel, sans remorque, et dont la largeur, inférieure à 2 m, n'entraîne pas le montage de feux d'encombrement, la dépense d'électricité, maximum durant la nuit, n'est pas plus élevée que sur une voiture de tourisme. La puissance de la dynamo est donc surtout déterminée par la fréquence moyenne des lancements et par la capacité de la batterie qui, à partir d'une décharge complète, devra pouvoir, après un temps de recharge suffisamment court, être capable d'assurer à nouveau le lancement.

Les conditions changent si le véhicule est destiné à tirer une remorque, qui exige des feux supplémentaires, s'il est d'une largeur supérieure à 2 m, s'il est pourvu d'une boîte de vitesses ou d'un embrayage électromagnétique à consommation permanente, si enfin,

comme dans un car, il existe un éclairage intérieur, des dispositifs de confort (réchauffage, ventilation, radio) dont certains sont susceptibles de rester en fonctionnement durant les arrêts.

La consommation totale de tous les appareils qui peuvent être simultanément mis en service durant la nuit, devient importante, et la dynamo devra être capable d'assurer l'alimentation tout en fournissant le courant de recharge à la batterie.

Le tableau ci-dessous donne une valeur moyenne de la consommation d'électricité sur les cars, camions et remorques les plus couramment utilisés et prévus pour un rayon d'action de l'ordre de 100 à 200 km.

Les gros véhicules routiers, les camions réfrigérés pour transport des denrées alimentaires, possèdent des installations spéciales plus puissantes.

C'est surtout sur les véhicules importants pourvus d'un moteur diesel que la régulation de la dynamo par balai auxiliaire ou troisième balai a causé les plus sérieux déboires.

Il convient en effet pour les raisons notées plus haut, que la batterie soit toujours maintenue en état de charge presque complète afin

qu'elle soit capable d'assurer, à tout instant, un lancement immédiat. Cette condition n'est pas satisfaite par la dynamo à balais qui débitant d'autant moins de courant que la batterie est moins chargée, n'en assure pas la recharge rapide. De plus lorsque la batterie est chargée à fond le débit de la dynamo est maximum ; il y a surcharge de la batterie qui se détériore, et l'effet est d'autant plus sensible que les véhicules envisagés sont souvent appelés à effectuer de longs parcours sans arrêt.

C'est donc sur les véhicules lourds qu'on est revenu en premier lieu, à la régulation de la dynamo

par régulateur de tension. Ce procédé de régulation est maintenant appliqué dans tous les équipements pour moteur diesel. Il est même particulièrement favorable d'utiliser alors un régulateur du type dit « à trois éléments ». Dans cet appareil un élément règle la tension, un second limite l'intensité, le troisième est un simple conjoncteur-disjoncteur. Sa qualité particulière est que la dynamo fournit son débit maximum, fixé par le limiteur d'intensité, tant que la batterie n'atteint pas une certaine tension à partir de laquelle le régulateur de tension jusqu'alors sans action, entre en jeu pour éviter la surcharge. La batterie est donc rechargée avec la rapidité maximum et sans excès, conditions favorables.

SCHÉMAS DE PRINCIPE

Nous avons indiqué dans ce qui précède que la tension de 24 V avait été adoptée de façon générale pour l'alimentation du démarreur. Pour ce résultat, et en employant des batteries de 12 volts classiques plusieurs montages sont possibles (fig. 1) et qui sont d'ailleurs encore tous utilisés, sauf un seul.

Ce dernier qui n'a eu que quelques applications assez rares et

auquel il n'est pas impossible que l'on revienne dans l'avenir, consiste à adopter pour l'équipement entier la tension de 24 V. Les accessoires sont donc, eux aussi, alimentés sous 24 V ; ils sont donc spéciaux en ce sens que les appareils identiques pour voitures à essence, sont construits en série pour 6 ou 12 V ; l'approvisionnement est donc plus difficile et le prix plus élevé ; au surplus les filaments de lampes sont sous 24 volts de diamètre assez faible et deviennent très fragiles.

Selon une autre disposition que l'on retrouve encore sur les véhicules anciens, la dynamo, la batterie, le démarreur sont encore à 24 V avec point commun à la masse, mais les appareils d'utilisation sont branchés entre le point milieu de la batterie et la masse.

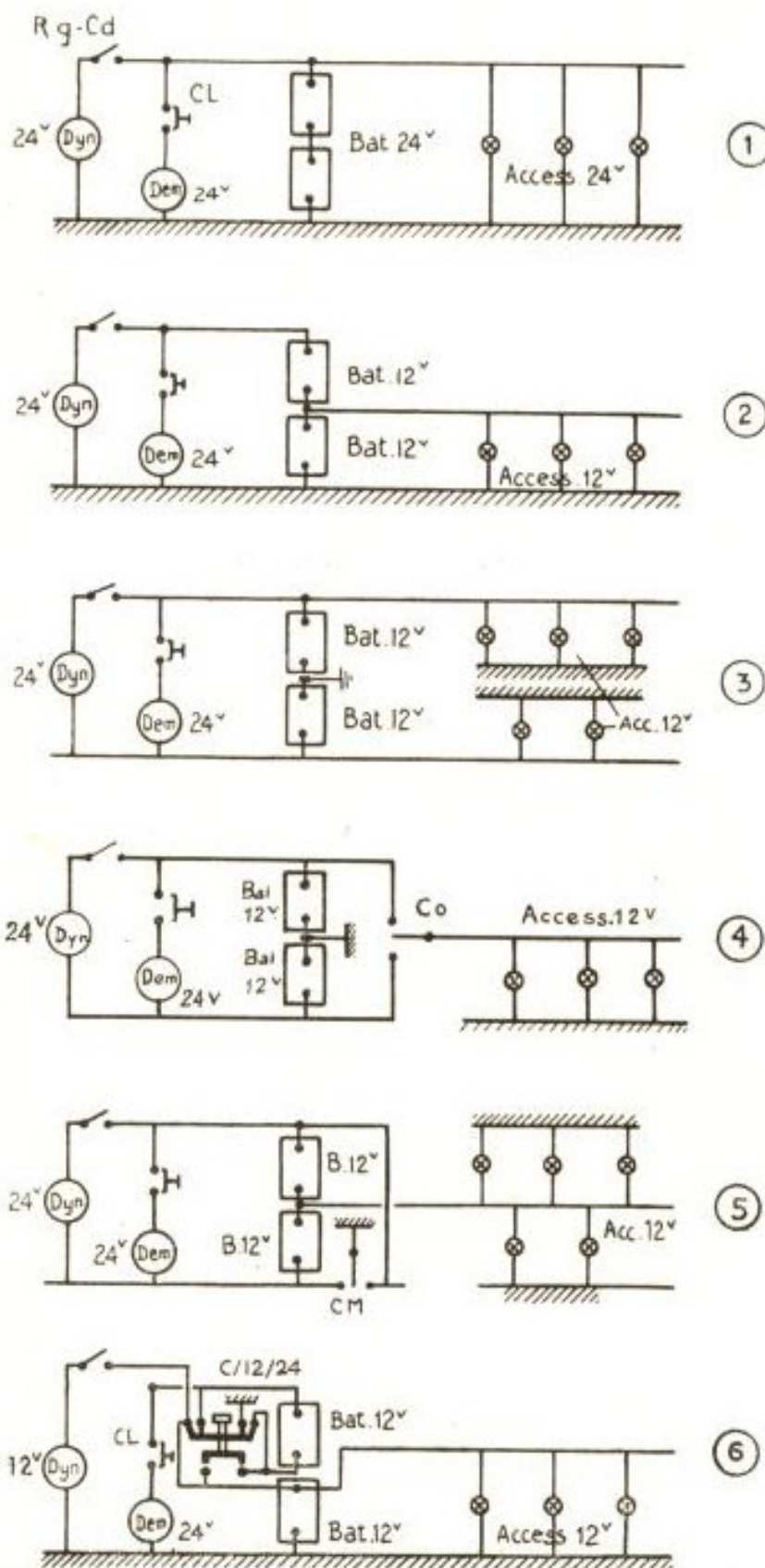
Ce sont donc des appareils classiques du type 12 volts.

L'ensemble de la batterie est composé de deux batteries normales de 12 V montées en série. Comme l'une d'elles seulement alimente les accessoires, elle travaille plus que l'autre. Pour qu'elles s'usent de façon à peu près égale on est conduit à intervertir périodiquement leur position de branchement.

Par un mode de montage différent, utilisé surtout à l'étranger, on équilibre la dépense de chacune des batteries de 12 volts.

La dynamo, le démarreur et le groupe de batteries sont à 24 V ; leurs bornes de sortie et les lignes de liaison sont isolées de la masse. Le point milieu de la batterie est, lui, relié à la masse ; on constitue ainsi deux ponts à 12 V situés entre la masse et chacune des deux lignes de liaison isolées. Les accessoires à 12 V (qui ont une borne à la masse) sont répartis également sur

APPAREILS D'UTILISATION	CONSOMMATION EN WATT											
	Camion 4 cyl.				Remorque				Car 6 cyl.			
	Jour		Nuit		Jour		Nuit		Jour		Nuit	
	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I
Phares (route ou code)			80						80			
Phare de brouillard			40						40			
Feux avant			10						20			
Feu arrière			10				10		10			
Plaque de police			10				10		20		20	
Feu stop		15		15		15		15	20		20	
Feux d'encombrement			20				10		25			
Triangle de signalisation							15					
Indic. changt direction		12		12					15		15	
Lampes de bord			4							4		
Éclairage intérieur										50		
Lampe de moteur				15							15	
Baladeuse				15							15	
Avertisseur ville		35		35					35		35	
Avertisseur route		35		35					40		40	
Répétiteur d'avertisse.	8		8						8		8	
Essuie-glace		14		14					25		25	
Dégivreur		18		18					18		18	
Jauge de réservoir	0,5		0,5						0,5		0,5	
Contrôl. pression huile		5		5					5		5	
Climatisation									500		500	
Ventilateur									20		20	
Radio et haut-parleur									80		80	
Total	8,5		182,5		0		45		8,5		257,5	
Batterie électrique	180		180						200		200	
Démarreur		8.000		8.000					12.000			
Relais de démarreur		200		200					200			
Bougie de préchauffag.		350		350					450			
ou Réchauffeur d'air		1.500		1.500					2.400			



permet l'alimentation des accessoires sous 12 V. La masse est commune. Il faut intervertir périodiquement les batteries pour qu'elles travaillent de façon égale.

3 — La dynamo et le démarreur sont à 24 volts mais isolés de la masse; les deux batteries de 12 V sont en série et leur liaison médiane est mise à la masse; les accessoires sont alimentés sous 12 volts et répartis également sur chacune des batteries.

4 — Le branchement de la dynamo, du démarreur, des batteries est le même que dans le montage 3; un commutateur Co à deux directions, lié à la ligne d'alimentation de tous les accessoires, met en service l'une ou l'autre des deux batteries.

5 — Le montage est dérivé des montages 3 et 4; le commutateur CM met à la masse l'une ou l'autre des bornes extrêmes du groupe des batteries.

6 — La dynamo à 12 V charge les deux batteries de 12 V branchées en parallèle et les accessoires sont à 12 V. Le commutateur CM met en série les deux batteries de 12 V pour alimenter le démarreur sous 24 V. La masse est commune.

chacun de ces deux ponts, de façon telle que les deux blocs de 12 volts travaillent à peu près de même façon. Le montage a l'avantage, qui est minime d'ailleurs, de permettre d'obtenir la tension de 24 V, entre les lignes extrêmes, en un point quelconque du châssis. En revanche le schéma d'installation devient très compliqué et il convient d'effectuer un repérage extrêmement bien soigné des lignes et bornes de branchement. De plus, la liaison batterie-démarreur exige deux gros câbles et il y a nécessité pratique à ce qu'elle soit très courte.

On peut simplifier le montage, et cela se fait parfois, en alimentant tous les appareils accessoires sous 12 V à l'aide d'une ligne commune isolée; celle-ci est reliée par un commutateur deux directions avec l'une ou avec l'autre des extrémités du groupe de batteries. Suivant la position du commutateur l'une ou l'autre des batteries de 12 V sera chargée de fournir le courant nécessaire. Par une manœuvre périodique (journalière est le mieux) on équilibre la fatigue des deux batteries. Une position médiane du commutateur permet de couper l'alimentation sous 12 V.

Un système dérivé du précédent a un succès qui se généralise actuellement; il a été choisi pour l'équipement des cars Renault en particulier. La dynamo, le démarreur, le groupe de batteries, à 24 V, sont encore isolés de la masse par leur montage: une ligne isolée est branchée au milieu du groupe de batteries et alimente directement les accessoires; enfin, un commutateur à deux directions et à position médiane de coupure permet de mettre à la masse l'une ou l'autre des bornes extrêmes du groupe de batteries.

Rg-Cd, régulateur conjoncteur-disjoncteur. — CL, contacteur de lancement. — Co, commutateur à deux directions (isolé). — CM, commutateur à deux directions (à la masse). — C 12/24, commutateur série-parallèle.

FIG. 1. — LES SCHÉMAS DE MONTAGE AVEC DÉMARREUR 24 VOLTS.

1 — La dynamo, le démarreur, la batterie, les accessoires sont tous à 24 V et la masse est commune.

2 — La dynamo, le démarreur sont à 24 V; les deux batteries de 12 V sont montées en série et une prise médiane

Le résultat est exactement le même que dans le cas précédent à cela près qu'après chaque manœuvre du commutateur le sens du courant dans les accessoires est inversé, ce qui n'a d'ailleurs aucune importance. Cependant la disposition présente un léger avantage qui mérite qu'on le préfère ; il réside en ce que lorsque le commutateur est mis en position médiane, en coupant l'alimentation des accessoires, il supprime par le fait même toute mise à la masse de la batterie, ce qui donne plus de sécurité s'il est nécessaire d'effectuer un travail quelconque sur les lignes de démarreur, de dynamo ou sur les accessoires eux-mêmes ; le commutateur joue ainsi le rôle de robinet de batterie ; il évite donc au surplus toute décharge intempestive de la batterie par mauvais isolement par rapport à la masse lors d'un repos prolongé.

Un dernier montage est à signaler. Il a de très nombreuses applications ; en particulier, grâce à lui, on peut sur un véhicule équipé avec démarrage sous 12 V, obtenir le démarrage sous 24 V en ajoutant : une batterie 12 V et le contacteur-commutateur spécial ou coupleur de batterie, qui est nécessaire. Bien souvent on peut même conserver le démarreur existant. Si cette machine n'est pas trop « poussée » sous 12 V, elle supporte ordinairement sans dommage, la tension de 24 V. On accroît ainsi son couple au départ, mais aussi le courant consommé et il est avantageux dans le cas d'une transformation d'augmenter la section de la ligne de démarrage.

La dynamo est d'un type classique, à 12 V. Elle a une borne à la masse. Elle charge deux batteries de 12 V branchées en parallèle. Par leur borne isolée reliée à une même ligne générale la dynamo et les deux batteries alimentant les accessoires 12 V, reliés d'autre part à la masse par leur montage.

Cette liaison en parallèle des bat-

teries est assurée au repos, ou lors de la marche à travers le coupleur de batterie. Pour le départ la manœuvre du coupleur met les deux batteries en série et le démarreur 24 V (avec une borne à la masse) fonctionne sous cette tension.

Ce même montage peut être appliqué identiquement aux équipements à 6 V qui existent sur certains anciens châssis à moteur diesel et dont on veut améliorer le lancement en l'effectuant sous 12 V.

Il existe des modèles divers de coupleurs de batteries. Certains ne réalisent que la commutation 12/24 V (ou 6/12 V) et il faut donc utiliser un contacteur séparé pour fermer le circuit au démarreur ; d'au-

tres sont disposés pour assurer à fond de course cette seconde action.

La commande du coupleur s'effectue suivant les modèles à la main (par tirette ou poignée), au pied (par pédale), ou encore à l'aide d'une bobine d'attraction comprise dans le coupleur.

Cette dernière disposition est la meilleure, car elle évite toute manœuvre fautive ou incomplète, et donne un appui franc des contacts.



Ces appareils sont étudiés en détail dans le chapitre 2 du Recueil « Equipements Electriques » auquel nous prions le lecteur de se reporter.

ACCESSOIRES

Les véhicules à moteur diesel sont munis le plus souvent d'un certain nombre d'accessoires un peu spéciaux, dont le montage et l'emploi n'ont pas pour unique raison le fait que le moteur est du type diesel mais de ce qu'il s'agit normalement de moteurs et de véhicules puissants. On les retrouve utilisés de même façon ou presque, sur les camions ou cars à moteur à essence. Ces principaux et les plus caractéristiques d'entre eux seront examinés dans un autre chapitre.

Signalons encore pour clore notre examen général que c'est essentiellement sur les voitures lourdes, donc encore une fois presque toujours à moteur diesel, que sont effectués et que se poursuivent les essais de transmission électrique.

La transmission de la puissance du moteur jusqu'aux roues a jusqu'à présent été réalisée par des dispositifs mécaniques, dont l'exécution difficile, le mauvais rendement, le manque de souplesse, l'usure, sont les défauts connus.

La transmission électrique, silencieuse, qui se prête à des réglages continus et faciles, avec des variations de vitesse de très grande amplitude et donne un rendement global nettement meilleur, constitue un progrès vers lequel tend la construction automobile.

Mais les appareils, les machines électriques, que l'on sait construire sont d'un poids relativement important ; et jusqu'à présent les seules applications qu'on ait pu faire ont porté sur des cars ou camions grands routiers de grosse capacité.



A titre d'exemple citons le bloc moteur de la Sté Hercules Corp. d'Amérique qui comporte un moteur diesel 6 cylindres accouplé directement avec une génératrice laquelle alimente les moteurs de roues. Un tel genre de construction n'est pas encore entrepris en France. Il le sera un prochain jour et la documentation sur cette question fera l'objet de feuilles additives.

LE PRÉCHAUFFAGE DES MOTEURS DIESEL

SUR les moteurs diesel à chambre de turbulence ou chambre de précombustion, principalement sur ceux dont la cylindrée élémentaire (par cylindre) est peu considérable et dont le taux de compression est peu élevé, il est presque toujours indispensable, pour obtenir le départ à froid, de chauffer au préalable la culasse du moteur.

Ce fait est dû à l'importance relative dans ces moteurs de la surface des parois par rapport au volume de la chambre et au contact plus intime de l'air en mouvement rapide avec ces parois. Si celles-ci sont froides l'air leur cède très vite la chaleur que lui fournit l'effet de compression et il ne peut atteindre la température correspondant à la combustion spontanée du carburant injecté, sous la pression réalisée.

Il faut donc par un chauffage préalable de la culasse aider l'accroissement de la température de l'air. L'action est encore plus efficace, ce qui se traduit par une réduction du temps de préchauffage général nécessaire, si à l'instant même du

lancement, on porte un point de la chambre ou un élément intérieur à la chambre, à une température très élevée, celle d'un métal à l'incandescence; la combustion de la masse de gaz comprimé s'amorce aussitôt en ce point.

PRÉCHAUFFAGE PAR BOUGIES

De telles conditions sont résolues pratiquement en montant dans chacun des cylindres du moteur une bougie spéciale, ou bougie de chauffage. On la place près de l'orifice de l'injecteur dans la chambre même de turbulence. Cette bougie possède un filament en métal peu oxydable, qui traversé par le courant de la batterie fournit une chaleur désirée.

L'opération de chauffage s'effectue normalement en deux temps. On alimente d'abord les bougies par un courant électrique d'intensité limitée de telle façon que leur filament ne parvienne qu'au seuil de l'incandescence. On chauffe ainsi progressivement la chambre d'explosion et la cu-

lasse. Le temps de préchauffage nécessaire est variable avec les conditions générales : type du moteur, type des bougies, température ambiante, qualités du combustible. Il est compris entre 2 ou 3 minutes au maximum; on le détermine par expérience.

Pour opérer le départ on accroît alors la valeur du courant dans les bougies de telle façon que leur filament soit porté franchement à l'incandescence. Simultanément on met en action le démarreur.

Lorsque la manœuvre est correctement exécutée et que tout est normal dans l'installation la mise en route est instantanée.

Constitution des bougies de préchauffage

Les Normes BNA N° 267 et 268 précisent les dimensions des bougies de préchauffage. Il y a deux modes de montage : la bougie est lisse et fixée par écrou, ou bien elle est solidaire d'une pièce filetée que l'on visse sur le moteur.

Il existe cependant une grande variété de types de bougies de préchauffage. Ils se différencient surtout par les caractéristiques suivantes : montage et constitution du filament de chauffage; tension d'utilisation; puissance calorifique fournie durant le préchauffage.

Le filament chauffant est un alliage de tungstène; il est fixé en bout de l'isolant central. C'est le plus souvent un fil rond qui est enroulé sur lui-même pour constituer une spire, circulaire ou oblongue selon les cas.

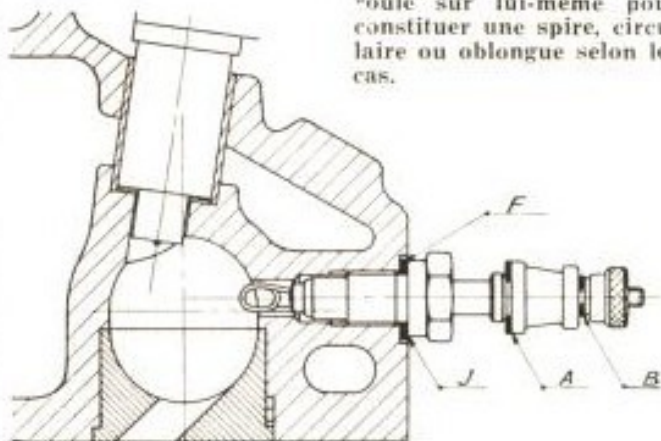


FIG. 1. — MONTAGE D'UNE BOUGIE BIPOLAIRE DEP À CCLOT FILETÉ SUR CULASSE BERLIET (MODIFIÉE).
A et B, barrettes de connexion. — F, face dressée. — J, joint métalloplastique.

Pour combattre la déformation par dilatation du fil quand il s'échauffe et réduire le risque de rupture certains constructeurs utilisent deux fils à section semi-circulaire accolés, ou encore un câble à plusieurs brins torsadés. Dans ce dernier cas la bougie ne peut être employée qu'en position verticale étant donné le peu de rigidité du câble, lequel viendrait, si la bougie était horizontale, porter sur le côté de l'orifice de montage.

Dans les types à tension d'utilisation élevée (6 et 12 V) il faut réduire la section du filament. On est alors obligé de le maintenir par un support isolant. Le fil chauffant a alors la forme d'un ressort à boudin soutenu par le centre, ou encore s'il est trop peu solide il est enroulé en spires espacées sur un manchon en stéatite.

Les tensions

Avec tous ces modes de constitution du filament la bougie peut être soit unipolaire, soit bipolaire. Les types à 6 V et à 12 V sont cependant rarement bipolaires.

Dans le type unipolaire le filament est relié d'une part à une borne centrale de la bougie et d'autre part au culot de montage qui donne la masse. La bougie est ainsi prévue pour être alimentée à la tension totale du circuit de chauffage et les diverses bougies d'un

même moteur sont reliées en parallèle.

Dans le type bipolaire le filament chauffant est isolé de la masse, il est relié à deux bornes extérieures placées l'une au-dessus de l'autre et séparées par des canons et rondelles isolantes, sur la tige de la bougie.

Les bougies bipolaires sont donc disposées pour être montées en série et le produit de leur nombre par la tension pour laquelle elles sont prévues donne avec addition de la tension de fonctionnement d'une résistance de contrôle dont nous verrons plus loin le rôle, la tension totale d'alimentation du circuit de chauffage.

On établit des bougies pour diverses tensions entre 1,3 V et 12 V; les bougies de 1,7 et 2 V sont les plus robustes.

On ne va pas au-delà de 12 V, le filament serait trop fragile. La tension de 1,7 est plus fréquemment choisie; la tension de 2 V est préférée par quelques constructeurs français; l'emploi de la bougie de 6 V est assez rare, celui des bougies de 1,3 V et 12 V reste très rare.

La puissance

Remarquons que la puissance dépensée dans la bougie, donc la quantité de chaleur qu'elle fournit, ne dépend pas de la tension seulement, mais des caractéristiques du modèle envisagé. Ainsi les bougies de 1,7 et 2 V du commerce consomment selon les modèles de 35 A à 45 A; la puissance de chauffe varie donc de 60 à 90 watts. Certaines bougies 6 V consomment, sous cette tension,

20 A; la puissance de chauffe est de 120 watts. C'est une des raisons pour lesquelles il ne faut pas changer inconsidérément le modèle de bougies choisi par le constructeur.

Pour le remplacement des bougies usagées par des bougies d'autre marque, il est bon de se renseigner auprès du constructeur de moteur ou du fabricant de bougies, ou bien encore de s'appuyer sur les tableaux de concordance, tel celui publié ci-joint.

L'alimentation

Dans les débuts du moteur diesel à grande vitesse on utilisait presque exclusivement des bougies unipolaires de 1,7 et 2 V alimentées en parallèle par un élément d'accumulateur de chauffage spécial de 2 V, de forte capacité (180 Ah environ) et qui était séparé de la batterie du véhicule. On rencontre encore des

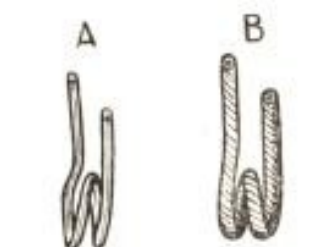


FIG. 3. — FILAMENTS DE BOUGIES. A, filament à deux conducteurs de section semi-circulaire. — B, filament à plusieurs brins torsadés.

anciens camions équipés ainsi. Cet élément était rechargé en même temps que la batterie principale avec laquelle il était branché en parallèle, mais à travers une résistance destinée à abaisser la tension.

Ce procédé est cher et peu satisfaisant. Il faut un élément d'accumulateur d'assez forte capacité et des

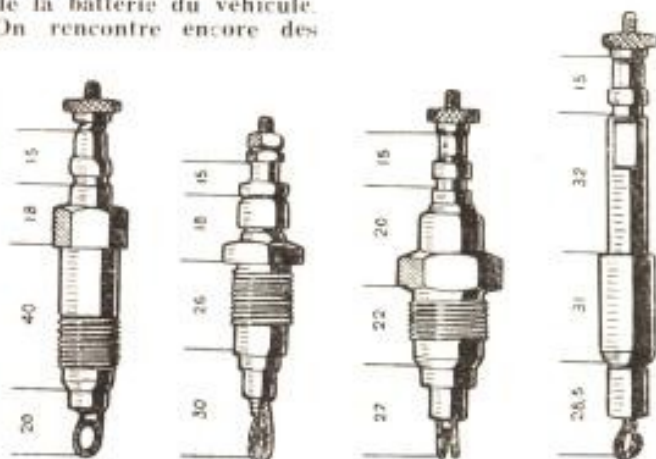


FIG. 4. — QUELQUES TYPES DE BOUGIES BIPOLAIRES. Toutes les bougies bipolaires peuvent être réalisées pour des tensions comprises entre 1,3 et 6 volts.

organes supplémentaires. La chute de tension dans la résistance dépend du courant de recharge et comme en fin de charge le courant dans l'élément de chauffage est réduit, la chute de tension l'est également et cet élément risque d'être surchargé. Enfin il faut disposer un interrupteur spécial (qui peut être incorporé dans le commutateur général de tableau) pour couper l'élément de chauffage à l'arrêt afin que la batterie principale ne se décharge pas dans l'élément.

Pour éviter toutes ces sujétions c'est toujours dans les installations actuelles, la batterie principale qui

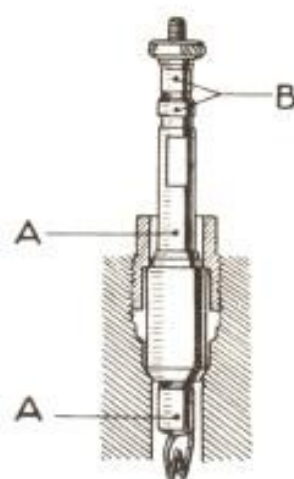


FIG. 2. — MONTAGE D'UNE BOUGIE BIPOLAIRE LISSE AVEC ÉCHOU DE SERRAGE. A, isolants. — B, bornes de connexion.

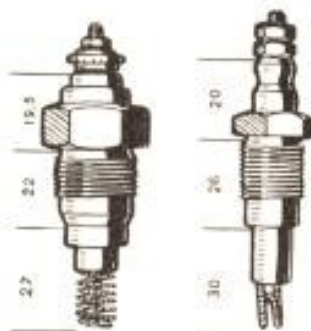


FIG. 5. — QUELQUES TYPES DE BOUGIES UNIPOLAIRES. Tensions d'utilisation : A, 6 volts. — B, 2 volts. — C, 1,5 volt. — D, 12 volts.

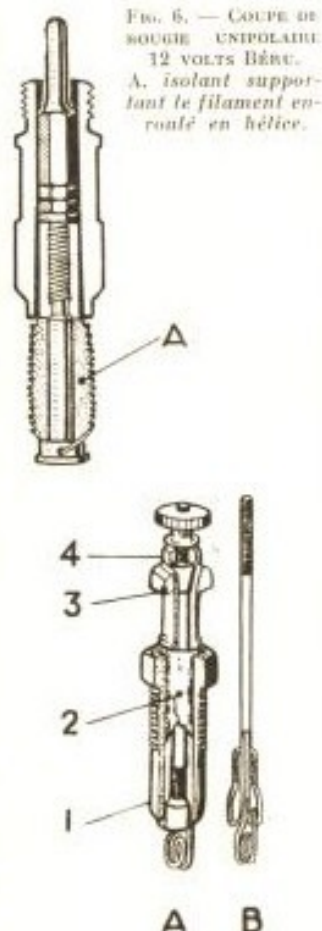


FIG. 6. — COUPE DE BOUGIE UNIPOLAIRE 12 VOLTS B&B. A, isolant supportant le filament enroulé en hélice.

FIG. 7. — COUPE DE BOUGIE BIPOLAIRE DEP. A, bougie complète. — B, porte filament démonté. — 1, culot fileté. — 2, isolant. — 3, borne inférieure. — 4, borne supérieure.

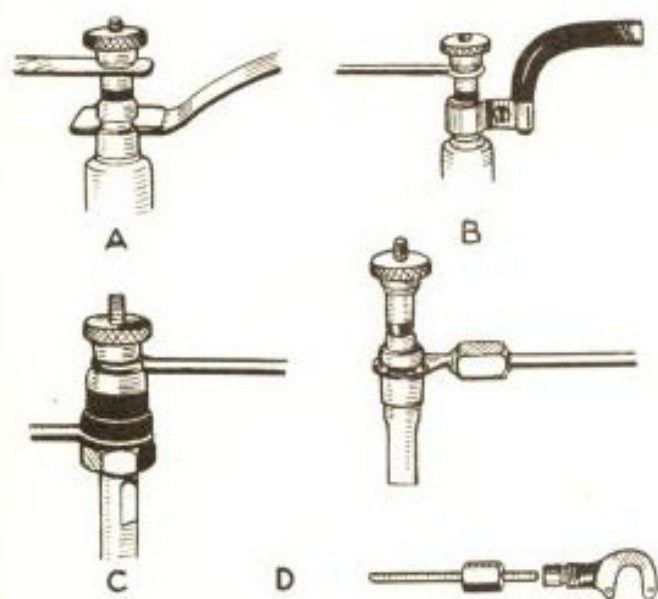


FIG. 8. — MOYENS DE RACCORDEMENT DES BOUGIES. A, emploi de lamelles encochées. — B, emploi d'un fil à barette et d'un collier de serrage. — C, emploi de deux fils à boucle. — D, emploi d'un fil raccourci par feron à une patte encochée.

est chargée du chauffage. Diverses combinaisons de branchement sont employées en pratique.

Il n'est guère possible d'utiliser pour le chauffage la tension de 24 V car elle est trop élevée.

La tension du circuit de chauffage est alors normalement de 12 V. Les bougies de chauffage sont presque toujours montées en série. Elles sont du type bipolaire et selon les cas leur tension de fonctionnement est de 1,6 - 1,7 - 2 ou 2,4 V. La dernière bougie est mise à la masse par sa connexion. Un commutateur unique les commande.

Nous avons dit que l'emploi de bougies unipolaires de 12 V montées en parallèle était resté rare en raison de la fragilité du filament.

L'alimentation est fournie par l'une des deux batteries de 12 V de l'équipement à 24 V.

Il y a ainsi une batterie qui travaille notablement plus que l'autre et dans le cas de démarrages assez fréquents par temps froid il convient de surveiller les batteries et d'intervertir leur branchement en temps utile.

D'ailleurs dans les équipements récents où l'on prévoit un commutateur spécial pour branchement sur l'une ou l'autre batterie du circuit d'alimentation

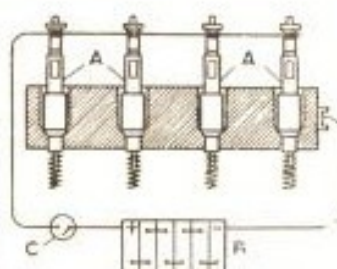


FIG. 9. — MONTAGE DE BOUGIES UNIPOLAIRES. Les quatre bougies de 12 V sont branchées en parallèle et alimentées par une batterie de même tension. — A, bougies bipolaires 12 V. — B, batterie 12 V. — C, commutateur de chauffage. Il n'est pas prévu de résistance de contrôle, ce que l'on admet parfois.

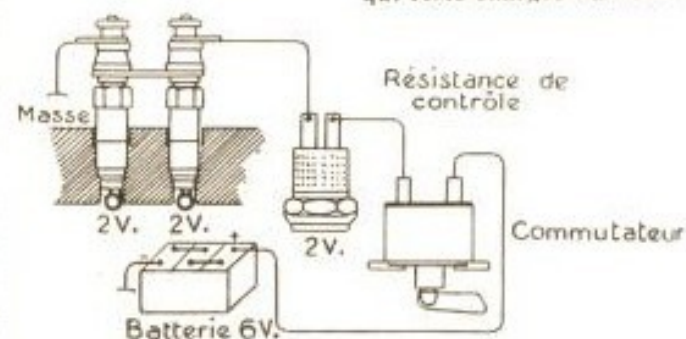


FIG. 10. — MONTAGE DE BOUGIES BIPOLAIRES 2 VOLTS SUR MOTEUR FIXE 2 CYLINDRES AVEC BATTERIE 6 VOLTS. La résistance de contrôle est prévue pour abaisser de 2 volts la tension. Il reste ainsi 2 volts pour chacune des bougies.

des accessoires à 12 Volts on obtient en même temps l'inversion du branchement des bougies de chauffage si le commutateur a pour rôle de mettre soit l'une soit l'autre des batteries à la masse. Ce montage est d'ailleurs le plus souvent choisi.

Lorsque dans le montage analogue, où c'est le point de jonction des deux batteries de 12 V qui est constamment à la masse et où le commutateur d'inversion

a pour rôle de brancher le circuit des accessoires sur la borne isolée de l'une ou l'autre batterie, il faut pour obtenir le résultat envisagé que l'alimentation des bougies soit prise à la sortie du commutateur. Dans les deux montages celui-ci est parcouru par le courant de chauffage; il doit être choisi pour le supporter.

Dans les équipements 12/24 V avec coupleur de batteries, ce sont les deux batteries en parallèle qui fournissent le courant de préchauffage sous 12 V. Au moment du lancement, lorsqu'on actionne le coupleur il n'y a cependant plus qu'une seule batterie, et c'est toujours la même, qui reste chargée du chauffage.

Le coupleur peut être disposé pour court-circuiter à ce moment la résistance de contrôle ou la résistance d'appoint.

Les conditions sont analogues dans les équipements 6/12 V avec coupleur de batterie (il en existe encore). La tension de chauffage étant de 6 V on est conduit à utiliser des bougies de cette tension, montées en parallèle et du type unipolaire.

MONTAGE ET ORGANES ACCESSOIRES

Dans le circuit de chauffage, constitué comme il vient d'être dit, sont de plus montés les éléments suivants.

Tout d'abord pour réduire le nombre des modèles de bougies et employer sur moteur à 4 cylindres la même bougie que sur moteur à 6 cylindres on place dans le circuit du moteur 4 cyl. une résistance d'appoint telle que la chute de tension

qu'elle donne est égale à celle de deux bougies en série. Cette chute sera donc par exemple de 3,5 pour bougies de 1,7 et on aura : $(4 \times 1,7) + 3,5$ (4 cylindres) = $6 \times 1,7$ (6 cylindres) = 10,2 V.

Ensuite il est indispensable d'être sûr que les bougies sont bien alimentées lorsque l'on met en route le chauffage et que le courant n'est ni trop élevé

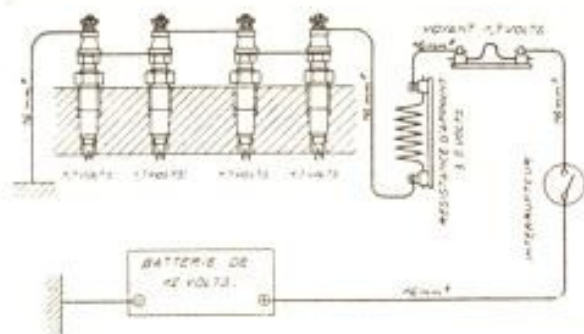


FIG. 11. — MONTAGE DE BOUGIES BIPOLAIRES SUR MOTEUR 4 CYLINDRES. Les bougies sont du type 1,7 volts, la résistance d'appoint est de 3,5 volts et la résistance de contrôle de 1,7 volts. On a donc : $(4 \times 1,7) + 3,5 + 1,7 = 12$ volts. L'interrupteur ne possède qu'une seule position de chauffage.

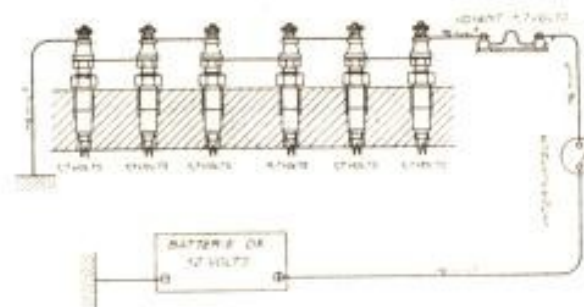


FIG. 12. — MONTAGE DE BOUGIES BIPOLAIRES SUR MOTEUR 6 CYLINDRES. La résistance d'appoint est supprimée. Les bougies et la résistance de contrôle sont du type 1,7 volts. On a donc : $6 \times 1,7 = 10,2$ volts.

ni trop faible. Dans ce but on place dans le circuit une résistance de contrôle qui devient incandescente sous l'action du courant. Elle est placée derrière le tableau de bord à côté du commutateur et une fenêtre permet au conducteur de l'apercevoir. Il est ainsi renseigné sur le fonctionnement et la lueur du filament l'avertit si après le départ il a oublié de couper le circuit.

La résistance de contrôle sert en même temps de coupe-circuit fusible dans le cas où l'un des filaments de bougie se mettant accidentellement à la masse le courant devient exagéré.

Le filament de la lampe de contrôle est toujours aisément remplaçable. S'il grille il faut le remplacer par un autre exactement semblable et que l'on devra posséder dans la trousse de rechange.

La chute de tension dans la résistance de contrôle s'ajoute à la tension des bougies pour donner la tension totale.

Ainsi pour les valeurs données plus haut on monte une résistance de contrôle de 1,7 (donc égale aux bougies) et l'on a $10,2 + 1,7 = 11,9$ V.

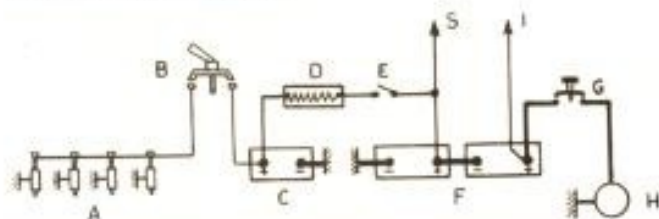
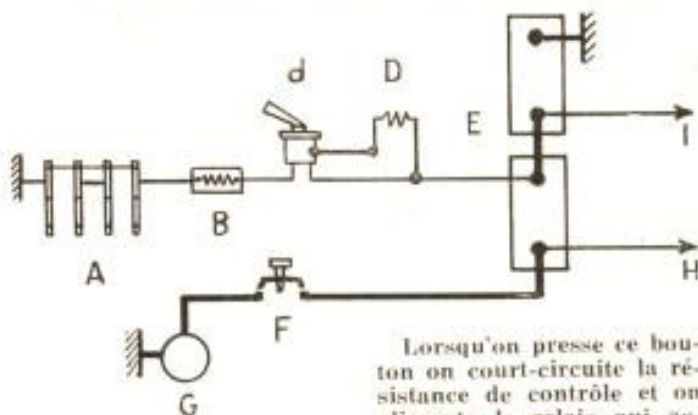


FIG. 13. — SCHÉMA D'ALIMENTATION PAR ACCUMULATEUR AUXILIAIRE DE 2 VOLTS. A, bougies de chauffage unipolaires 2 volts. — B, contacteur de chauffage. — C, accumulateur de 2 volts. — D, résistance d'appoint. — E, interrupteur de recharge. — F, batterie principale (2 x 12 volts). — G, contacteur de lancement. — H, démarreur de 24 volts. — I, vers la dynamo 24 volts. — J, vers le commutateur d'éclairage.

FIG. 14. — SCHÉMA D'ALIMENTATION AVEC DYNAMO, DÉMARREUR ET BATTERIE A 24 VOLTS ET MASSE COMMUNE SUR MOTEUR 4 CYLINDRES. A, quatre bougies de chauffage bipolaires. — B, résistance d'appoint. — C, commutateur de chauffage à 2 positions. — D, résistance de contrôle. — E, batterie principale (2 x 12 volts). — F, contacteur de lancement. — G, démarreur 24 volts. — H, vers la dynamo 24 volts. — I, vers les circuits d'utilisation à 12 volts. En seconde position le commutateur C met en court-circuit la résistance de contrôle D. La même batterie supporte toujours l'effort de chauffage ; elle alimente aussi les accessoires.



Lorsqu'on presse ce bouton on court-circuite la résistance de contrôle et on alimente le relais qui actionne le démarreur.

Pour les moteurs 4 cyl. on préfère assez fréquemment des bougies de 2,4 V. On ne place plus alors de résistance d'appoint et on choisit une résistance de contrôle également de 2,4 V. On a ainsi $2,4 \times 5 = 12$ V.

Il est excellent pour améliorer le lancement, de forcer l'incandescence du filament des bougies juste à l'instant du lancement, comme il a été indiqué au début. Cela est d'autant plus utile qu'à ce moment la batterie fournit le courant d'alimentation du démarreur et sa tension baisse, ce qui tend à réduire l'incandescence des filaments de bougie.

Pour un tel résultat le commutateur de chauffage possède deux positions de marche. En première position il donne le préchauffage et en seconde position il court-circuite une résistance spéciale placée sur le circuit, ou bien ce qui est plus simple et très fréquemment choisi, il court-circuite alors la résistance de contrôle. Il faut dans ce dernier cas combiner le commutateur pour que cette seconde position ne soit pas stable, car autrement on perdrait le bénéfice de l'avertissement de la fermeture du circuit.

Dans certains modèles le commutateur de chauffage possède une manette à une seule position de marche mais il est muni d'un bouton central à rappel par ressort.

Montage et utilisation

Un certain nombre de précautions sont à prendre dans le montage, l'usage, le choix des bougies de chauffage.

Ce sont des pièces quelque peu fragiles. Lors du transport on doit protéger des chocs l'isolant et le filament par un embout de carton ou de caoutchouc ; il faut aussi qu'isolant et filament restent propres, exempts de limaille.

On doit prendre garde au montage de fausser et de déformer la spirale du filament qui n'est pas robuste. On doit se garder d'amener un court-circuit dans la spire elle-même ou par le contact de celle-ci avec la masse de la culasse. Il faut donc vérifier soigneusement avant montage que le filament ne peut pas toucher le bord du trou où on l'engage, puis s'assurer que la bougie est bien droite et n'a pas été, comme il est dans certains cas possible, placée et serrée de biais. Une rondelle d'appui est parfois nécessaire pour donner une bonne assise au corps de la bougie.

Lorsqu'on remonte une bougie ou qu'on place une bougie neuve il est nécessaire de décalaminer avec soin la portée et de bien nettoyer les pièces de fixation afin d'obtenir une excellente étanchéité. Une fuite maintient en effet le filament à haute température.

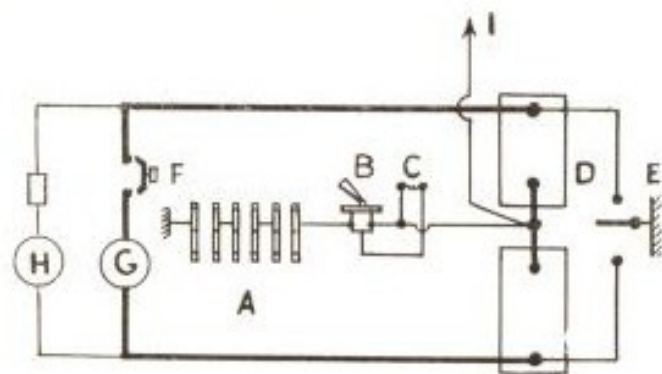


FIG. 15. — SCHEMA D'ALIMENTATION SUR MOTEUR 6 CYLINDRES AVEC DYNAMO ET DEMARREUR ISOLÉS, ET BATTERIE AYANT DES BORNES EXTREMES MISES A LA MASSE PAR UN COMMUTATEUR.

A, six bougies de chauffage bipolaires. — B, commutateur de chauffage à deux positions. — C, résistance de contrôle. — D, batterie (2x12 volts). — E, commutateur de batterie à la masse. — F, conducteur de lancement. — G, démarreur 24 volts, isolé. — H, dynamo 24 volts, isolée. — I, vers les circuits d'utilisation à 12 volts.

Le chauffage sera fourni par l'une ou l'autre batterie de 12 volts selon la position du commutateur E.

Il s'oxyde et se détériore avec rapidité.

La rondelle d'appui signalée ci-dessus constitue d'ailleurs un joint; ce doit être une rondelle de cuivre rouge très plane. Son épaisseur permet dans divers montage, de modifier la position d'enfoncement du filament.

Il va sans dire que les connexions et canalisation sont à soigner tout particulièrement. Le câble d'alimentation aura une section minimum de 16 mm² et il sera muni de cosses ou d'embouts soudés. Pour réunir les bougies en série les fabricants fournissent des lamelles souples munies d'encoches de fixation.

Nous avons déjà noté que lors d'un remplacement de bougies il faut être absolument certain que les bougies neuves sont d'un modèle concordant. Si l'on se munit de bougies de rechange celles-ci seront les mêmes que celles en usage.

Sur un moteur toutes les bougies seront non seulement du même type mais de la même marque. Il ne faut pas monter simultanément des bougies unipolaires et bipolaires.

En résumé on prendra

La résistance de contrôle est à regarder avec attention lors de chaque opération. L'indication qu'elle donne est un peu grossière. Il faut qu'elle soit placée dans un endroit un peu sombre, protégée par un cache, pour mieux juger de la luminosité du filament incandescent.

On doit se garder de l'utiliser pour allumer une cigarette; non seulement on peut la détériorer en la déformant, mais la lueur

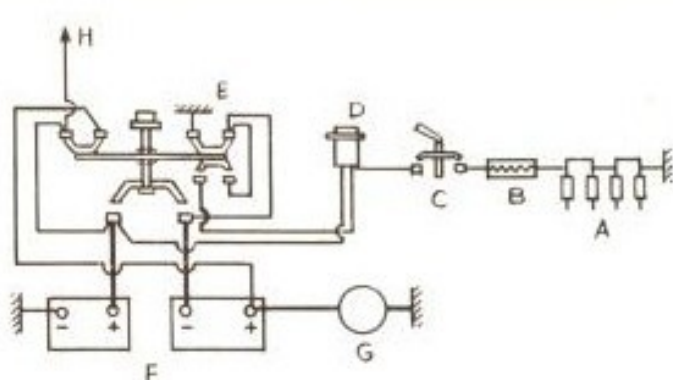


FIG. 17. — SCHEMA D'ALIMENTATION SUR MOTEUR 4 CYLINDRES AVEC COUPLEUR 12/24 VOLTS.

A, quatre bougies de chauffage bipolaires. — B, résistance d'appoint. — C, commutateur de chauffage à une position. — D, résistance de contrôle. — E, coupleur 12/24 volts. — F, batteries (2x12 volts). — G, démarreur 24 volts. — H, vers la dynamo et les circuits d'utilisation à 12 volts.

La manœuvre du commutateur C donne le chauffage à travers la résistance de contrôle D et la résistance d'appoint B; l'alimentation sous 12 volts est fournie par les deux demi-batteries en parallèle. La manœuvre du coupleur E met les deux demi-batteries en série, ferme le circuit du démarreur et court-circuite la résistance de contrôle.

toutes les précautions possibles pour obtenir une égalité du chauffage dans tous les cylindres et une égalité de travail de toutes les bougies.



FIG. 18. — RÉSISTANCE D'APPOINT DEP.

VÉRIFICATIONS ET CONTROLES

fournie est modifiée par les particules qui y restent attachées.

Lorsque la brillance de la résistance augmente c'est l'indice d'un court-circuit soit à la masse, soit entre les spires du filament d'une ou plusieurs bougies.

Selon que ce court-circuit est très franc ou non, selon le point où il se trouve placé, selon que les bougies sont bipolaires ou unipolaires, l'éclat de la résistance de contrôle deviendra plus ou moins grand.

Si le court-circuit conduit à un courant excessif la résistance grillera. Avant de la remplacer il faudra on le conçoit examiner avec attention chacune des bougies.

L'examen est d'ailleurs à entreprendre dès que l'éclat de la résistance de contrôle semble varier même très peu.

D'ailleurs si le départ n'est pas régulier et franc pour tous les cylindres il est prudent de vérifier les bougies. Il est simple mais pas toujours très précis de se rendre compte de la température qu'elles atteignent lors du chauffage. L'emploi d'un voltmètre pour mesure de la tension aux bornes de



FIG. 19. — RÉSISTANCE DE CONTRÔLE.

A, modèle avec filament à l'air libre (DEP). — B, modèle avec filament encastré (Béra). — 1, ensemble. — 2, isolant support de filament. — 3, filament.

chaque bougie donne dans de nombreux cas une indication intéressante. On sera aussi conduit parfois à démonter les bougies, ce qui est une chose relativement facile pour être renseigné sur l'état du filament chauffant.

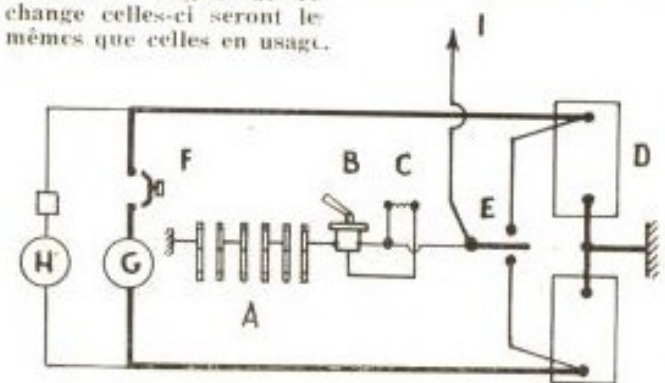


FIG. 16. — SCHEMA D'ALIMENTATION SUR MOTEUR 6 CYLINDRES AVEC DYNAMO ET DEMARREUR ISOLÉS ET BATTERIE AYANT SON POINT MILIEU A LA MASSE.

Dispositions semblables à celles de la fig. 15 (mêmes désignations) mais le commutateur E relie les circuits d'utilisation et le circuit de chauffage à l'une ou l'autre des bornes isolées des batteries.



FIG. 20. — COMBUSTEUR DE CHAUFFAGE P.K.

Le voyant de la résistance de contrôle apparaît au haut de l'appareil. La résistance d'appui se monte sur les bornes latérales.

Avec bougies bipolaires une mesure au voltmètre de la tension aux bornes de chacune d'elles doit normalement donner, pour toutes, la même valeur.

Une tension trop faible est l'indice d'un court-circuit entre spires.

Une tension trop forte montre une anomalie pouvant avoir pour cause soit un mauvais choix de la bougie, soit une détérioration, une attaque du filament qui est près de se rompre.

Un court-circuit à la masse s'il n'est pas très franc est moins aisé à préciser. La température prise par la bougie pourra l'indiquer. Il sera parfois nécessaire de faire fonctionner les bougies démontées et laissées branchées puis de les remonter l'une après l'autre pour trouver celle qui absorbe une intensité excessive.

Une rupture de filament, dans le cas présent des bougies bipolaires, est immédiatement reconnue puis que les bougies étant en série le courant ne passe plus et le chauffage est supprimé. On trouve celle qui est



FIG. 21. — DISPOSITIF A LAMPE POUR LE CONTRÔLE DES BOUGIES BIPOLAIRES. Le boîtier contient une pile et l'appareil sert de lampe de poche.

défectueuse à l'aide d'un voltmètre (prévu pour la tension totale) que l'on branche d'une part à l'arrière, d'autre part à chacune des bougies successivement.

Avec bougies unipolaires un court-circuit entre spires ou à la masse ne peut guère être reconnu que par la température que prend la borne d'alimentation de la bougie; cela est un peu vague et l'on est presque toujours contraint au démontage pour vérification.

Une rupture de filament à une seule bougie ne fait varier que très peu l'éclat de la résistance de contrôle, mais alors le contrôle est plus aisé puisque la bougie reste froide.

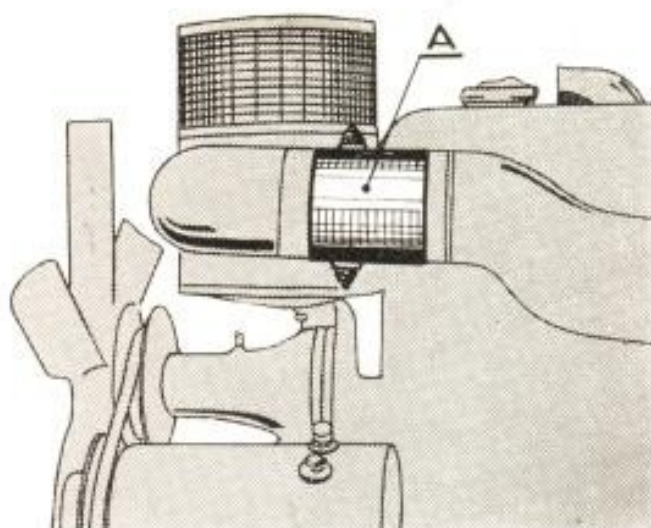


FIG. 23. — MONTAGE DU RÉCHAUFFEUR D'AIR SUR MOTEUR BERLEY. A, réchauffeur.

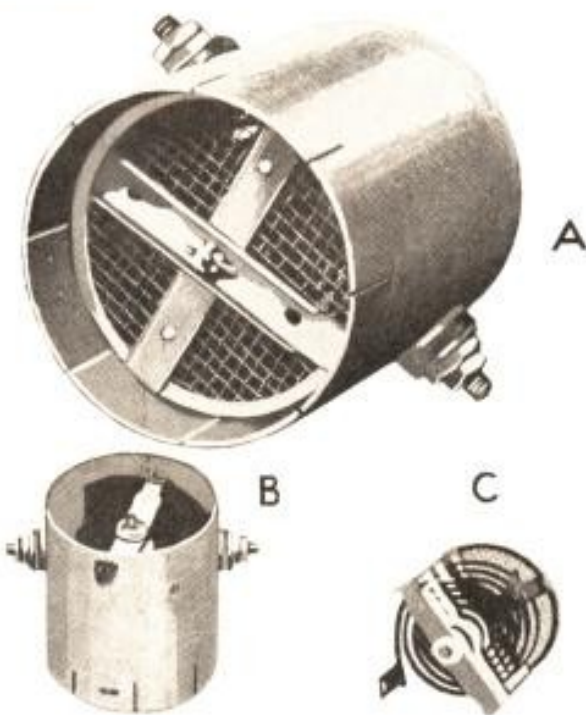


FIG. 22. — RÉCHAUFFEUR D'AIR PARIS-RHONE. A, ensemble du réchauffeur. Vue côté sortie d'air montrant la grille d'arrêt. — B, réchauffeur vu du côté d'entrée d'air. — C, résistance de chauffage démontée.

On vend de petits appareils semblables à une lampe de poche qui permettent le contrôle rapide des bougies bipolaires sur le moteur. Deux languettes de contact reliées à la lampe que contient le boîtier sont appliquées sur les bornes de la bougie en chauffage. La lampe s'allume si la tension normale existe bien à la bougie. Elle donne un éclat vif s'il y a coupure du filament. Elle ne s'allume pas

s'il y a court-circuit. Une pile est souvent montée dans le boîtier ce qui fait que l'appareil constitue aussi une lampe de poche réelle.

Les soins d'usage

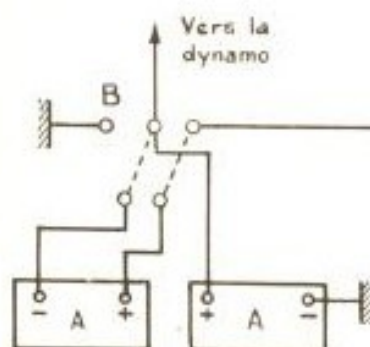
Les bougies de préchauffage qui restent forcement en place pendant tout le cours de la marche du moteur sont soumises de ce

fait à de très dures conditions. Le filament est constamment porté lors du fonctionnement à haute température, parfois à l'incandescence. Il se détériore ainsi sans servir et la détérioration est plus ou moins importante et rapide selon les moteurs, leurs conditions de marche, la position où est situé le filament.

La pression d'injection, la pression d'explosion, le réglage général, les caractéristiques du combustible, ont une influence importante sur la durée de conservation du filament. Ainsi sur moteur sujet au cognement les bougies de chauffage durent souvent peu de temps. Il faut à d'autres égards d'ailleurs remédier au cognement dès qu'il se produit.

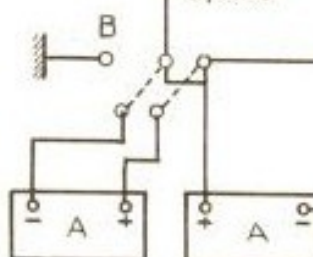
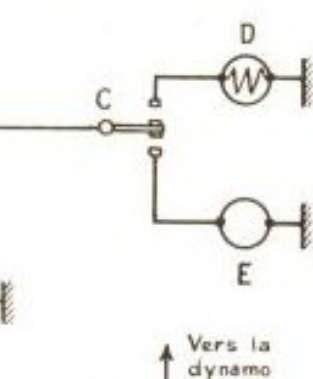
La projection de combustible sur le filament de la bougie conduit à l'accroissement plus intense de la température de celui-ci. Il faut donc veiller à ce que ce fait ne se produise pas si une action dans ce sens est possible; très souvent l'utilisateur ne peut rien changer à ce point de vue. Cependant si le bec d'injection est à plusieurs jets il arrive que certains s'obstruent et que le seul jet restant est dirigé vers le filament; il y a là un contrôle à faire et un remède à apporter.

La réparation des bougies de chauffage n'est pas en soi extrêmement difficile. Cependant elle ne peut être entreprise que si l'on est en possession des pièces de



recharge d'origine qui sont absolument nécessaires. Elle ne supporte pas le « bricolage ».

Lorsque l'on est pas absolument en mesure d'effectuer l'opération il faut s'en remettre à un spécialiste ou mieux encore au fabricant.



RÉCHAUFFAGE DE L'AIR D'ADMISSION

Durant les périodes froides, avec certains combustibles à point de combustion élevé le lancement à froid de certains moteurs diesels, non munis de bougies de chauffage, devient fort difficile, sinon impossible.

On rencontre assez souvent de tels moteurs qui donnent de très sérieux ennuis dès que la température ambiante descend vers 6 à 8° C, température qui n'est pas rare en nos régions même dans certains garages mal chauffés ou non chauffés.

Un procédé qui constitue dans bien des cas un remède excellent consiste à réchauffer l'air avant son admission dans les cylindres. Bien que la masse d'air aspirée soit, par suite de la dilatation de l'air, légèrement réduite, l'expérience montre qu'on obtient un gain de température appréciable en fin de compression à condition que le chauffage soit énergique.

Le dispositif de chauffage d'air s'intercale juste avant le collecteur d'air sur la tuyauterie d'admission. Il est constitué par un manchon métallique qui contient une ou plusieurs résistances de chauffage, montées sur des isolants en stéatite, enroulées en spirale ou d'autre façon et reliées à deux bornes de connexion. Les résistances sont formées d'un fil méplat or-

dinairement, en alliage métallique à résistivité très élevée.

Une grille intérieure supprime le risque d'entraînement par l'air de la résistance ou de ses supports en cas de bris accidentel.

Par emboîtement il est possible de monter, selon le besoin, deux ou trois réchauffeurs en série.

Le chauffage nous l'avons dit doit être énergique. La résistance est donc prévue pour absorber un courant important sous la tension maximum disponible. Dans la plupart des cas on admet une consommation de l'ordre de 100 A sous 24 V, donc fourniture d'une puissance de 2.400 W.

On choisira un câble d'alimentation de bonne section, 20 mm² environ, pour réduire la perte dans la ligne qui selon les montages est parfois un peu longue. Si le circuit 24 V a un pôle à la masse, la connexion de masse de la résistance sera faite, sur le moteur même, par une très courte connexion rigide.

L'appareil est mis en service préalablement au lancement mais il ne faut guère supporter un fonctionnement supérieur à 1 minute car autrement sa température deviendrait exagérée.

Au bout de ce temps on a donc emmagasiné dans l'ensemble du système qui sert de volant de chaleur environ 12 à 15 calories qui se

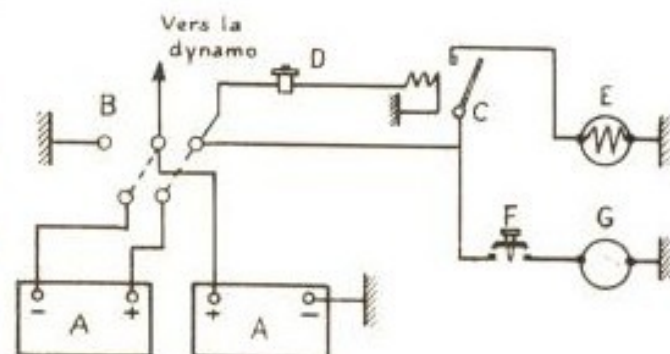
transmettront à l'air en circulation.

Si le chauffage peut être fourni, comme dans un garage, par une batterie annexée il est évidemment meilleur de le continuer durant l'opération du lancement. Lorsque c'est la batterie du véhicule qui doit assurer ce chauffage, il est le plus souvent avantageux de la supprimer à

que celui-ci soit indépendant du contacteur de lancement. Le coupleur est alors manœuvré en premier lieu et le circuit de chauffage est alimenté sous 24 V à travers un contacteur spécial de démarrage à deux positions.

La première position donne le chauffage désirable; on passe en seconde position en coupant le circuit de chauffage et en fermant celui de lancement.

On peut aussi brancher sur la borne de sortie à 24 volts du coupleur, la ligne d'alimentation du circuit de chauffage qui se trouve ainsi mis en service par une seule manœuvre. Le contacteur de lancement est donc de type normal, mais avec



De haut en bas :

FIG. 24. — SCHEMA DE MONTAGE DU RÉCHAUFFEUR AVEC COUPLEUR 12/24 VOLTS ET COMMUTATEUR DE LANCEMENT A DEUX POSITIONS. — A, batteries (2x12 V). — B, coupleur de batteries. — C, commutateur à deux directions (chauffage et lancement). — D, réchauffeur d'air. — E, démarreur. Après avoir manœuvré le coupleur de batteries, on met le réchauffeur en action à l'aide du commutateur, puis après un temps convenable on effectue le lancement en supprimant ainsi le chauffage.

FIG. 25. — SCHEMA DE MONTAGE DE RÉCHAUFFEUR MIS EN SERVICE DIRECT PAR COUPLEUR 12/24 V.

A, batteries (2x12 V). — B, coupleur de batteries. — C, réchauffeur d'air. — D, pédale de lancement. — E, démarreur. Le réchauffeur reste en action durant le lancement.

FIG. 26. — SCHEMA DE COMMANDE DU RÉCHAUFFEUR PAR DELAIS. A, batteries (2x12 V). — B, coupleur de batteries. — C, relais de chauffage. — D, bouton poussoir. — E, réchauffeur d'air. — F, pédale de lancement. — G, démarreur. Le chauffage peut être à volonté poursuivi ou arrêté lors du lancement.

l'instant du lancement car alors la batterie moins chargée donnera une tension un peu plus élevée et le démarreur entrainera le moteur à une vitesse plus grande.

La commande du circuit de chauffage s'effectue par un contacteur manuel ou à pédale, ou à relais, actionné du tableau par un bouton poussoir.

Dans le cas où l'installation comporte un coupleur de batterie série-parallèle 12/24 V, il est intéressant

cette disposition le chauffage reste alimenté durant le lancement.

Pour commander à volonté le chauffage et éviter cependant qu'il ne puisse être mis en service en marche normale, on branche sur la borne de sortie à 24 V du coupleur, la ligne d'un relais de chauffage avec intercalation d'un contacteur de tableau.

Il est entendu que le chauffage de l'air n'est à utiliser que si les conditions extérieures l'exigent.

LE MATÉRIEL ÉLECTRIQUE DE LANCEMENT DES MOTEURS DIESEL

AINSI qu'il a été déjà noté par ailleurs, la caractéristique qui est tout spécialement à considérer dans l'équipement électrique des moteurs diesel, est la façon dont a été choisi et établi l'ensemble du matériel spécifiquement destiné à assurer le lancement du moteur.

On sait que le moteur diesel exige un effort puissant pour atteindre la vitesse d'entraînement indispensable au départ. On sait aussi que si cette vitesse est obtenue, le départ est, on peut dire, certain, et que si elle ne l'est pas le départ est impossible.

Les conditions sont ainsi beaucoup plus nettes, mais aussi plus sévères que dans le cas d'un moteur à essence.

Il est en conséquence indispensable que non seulement le démarreur en lui-même et la batterie soient suffisamment puissants, mais encore que tous les appareils ou organes accessoires qui concourent au lancement aient été l'objet d'une étude et d'un établissement particulier. Il faut qu'on puisse compter à chaque instant sur un service parfait sans défaillance de tout l'ensemble. On obtient alors des lancements d'une régularité et d'une netteté remarquables.

Dans les moteurs ayant des cylindres de faibles dimensions, l'air se refroidit cependant trop vite au cours des compressions initiales. Il faut alors prévoir un dispositif de préchauffage soit de la culasse, soit de l'air admis. Nous avons déjà examiné les procédés employés dans ce but.

Les fabricants ont mis au point toute une gamme de matériels satisfaisant aux conditions qu'impose le lancement des moteurs diesel. Nous nous proposons d'indiquer ci-après comment chacun d'eux a résolu un ou plusieurs des problèmes particuliers inclus dans l'ensemble de la question.

Notre examen se limitera aux principales réalisations offertes dans le commerce par les firmes les plus connues, et dont l'application se rencontre le plus fréquemment sur les véhicules en service à l'époque actuelle.

Nous donnerons les valeurs de fonctionnement qui pourront permettre, aussi bien au réparateur spécialisé qu'au garagiste, de contrôler, s'il est nécessaire, le bon état des machines ou appareils accessoires.

PARIS-RHONE

LES Etablissements Paris-Rhône ont depuis longtemps porté leur effort sur la réalisation d'appareils électriques pour poids lourds. C'est leur matériel qui équipe depuis longtemps en série les camions Diesel (ou les groupes fixes) construits par les firmes les plus connues : Berliet, CGM, Isobloc, Chausson, Panhard, Rochet-Schneider et bien d'autres.

Non seulement Paris-Rhône garde inscrit dans son programme la fabrication de démarreurs électriques puissants, mais aussi celle de tous les accessoires électriques nécessaires à l'utilisation de ces derniers.

La gamme des démarreurs est particulièrement étendue. Les modèles destinés aux poids lourds ont un diamètre de 130 mm (type D 13) ou de 150 mm (type D 15). Pour chaque diamètre une dizaine de spécifications sont prévues pour utilisation du moteur envisagé.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques électriques des machines les plus utilisées.

Quelques types sont exécutés en 12 volts, et également quelques autres en 24 volts, avec dans les deux cas une borne à la masse ; mais en général la clientèle de Paris-Rhône préfère pour les poids lourds le montage en 2x12 volts, c'est-à-dire avec les deux bornes de sorties isolées (on sait que dans ce cas le point milieu des deux batteries de 12 volts est mis à la masse).

Suivant les moteurs, la fixation est effectuée par bride ou par emboîtement. Sauf exceptions assez rares, la mise en prise est obtenue par commande positive, système dont Paris-Rhône a toujours été partisan.

Un nombre important de contacteurs, coupleurs et relais, répondant à des besoins différents, ont été établis par Paris-Rhône. Examinons les plus utilisés.

La pédale de démarrage simple, unipolaire, est classique (36.941). Pour équiper à 24 volts, à deux bornes isolées, il existe la pédale double, bipolaire (24.306), capable de supporter une intensité de l'ordre de 200 à 250 ampères.

Parmi les contacteurs à tirette, assez rarement employés sur démarreurs de grosse puissance, il existe

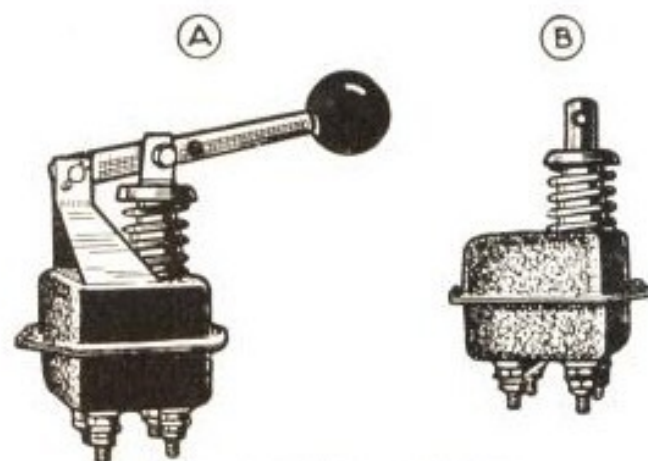


FIG. 2. — CONTACTEURS DE DÉMARRAGE.
A, type à commande manuelle N° 28.904. — B, type à commande par tringlerie N° 28.571.

cependant un modèle (39.170) réalisé pour montage sur la couronne des démarreurs de 130 mm de diamètre. Pour les fortes intensités jusqu'à 1.000 ampères, Paris-Rhône préconise les contacteurs à rappel positif. Un modèle (28.804) est construit pour la commande à main par le conducteur ; il est muni d'un levier de manœuvre robuste terminé par une boule que l'on tient en main ; ce levier agit sur une tige coulissante qui actionne les contacts mobiles ; un ressort de rappel agit sur le levier, mais il n'a pour action que de maintenir le contacteur en position de coupure. Dans une variante (28.571), le levier est supprimé et la tige coulissante est entraînée par une tringlerie.

Un certain nombre de contacteurs de démarrage, à relais électromagnétique, de caractéristiques diverses, sont à retenir.

Dans la série des types CE 1, CE 2, CE 3 les appareils sont construits pour les tensions de 6, 12 et 24 volts et leur application n'est pas limitée à l'équipement des châssis à moteur diesel.

Le type CE 1 est donné pour une intensité de 150 A pendant 30 sec. et de 300 A pendant 10 sec. L'appareil est cylindrique et muni d'une patte latérale de fixation. La bobine d'attraction est normalement isolée de la masse ; elle est reliée intérieurement d'une part à l'une des deux bornes principales du contacteur et d'autre part à une borne de sortie, que le bouton poussoir du tableau mettra à la masse pour obtenir le fonctionnement. La bobine attire un noyau cylindrique solidaire d'une lame de contact mobile ; cette lame vient relier les deux contacts fixes qui forment corps avec les bornes principales. Il n'existe pas de pare-étincelles.

Les types CE 2 et CE 3 sont de construction analogue mais de capacité différente. Le modèle CE 2 peut délivrer : 300 A pendant 30 sec. et 500 A pendant 10 sec. ; le modèle CE 3 : 800 A pendant 30 sec. et 1.200 A pendant 10 sec. Ils sont donc applicables aux poids



FIG. 1. — PÉDALES DE DÉMARRAGE.
A, type unipolaire N° 36.941. — B, type bipolaire N° 24.306.

Types	Tension volts	Intensité ampères	Vitesse t/min	Couple m/kg	Puissance ch	Conditions
D10 - 12 V	8	330 200	0 1.900	1,2 0,4	1,05	Bloqué Puissance max.
D11 - 12 V	8	650 350	0 1.100	3,45 1,5	2,3	Bloqué Puissance max.
D13 - 24 V	16	1.000 700	0 1.800	8,8 3,6	9	Bloqué Puissance max.
D15 - 24 V	16	1.750 800	0 1.400	14,5 6	11,5	Bloqué Puissance max.

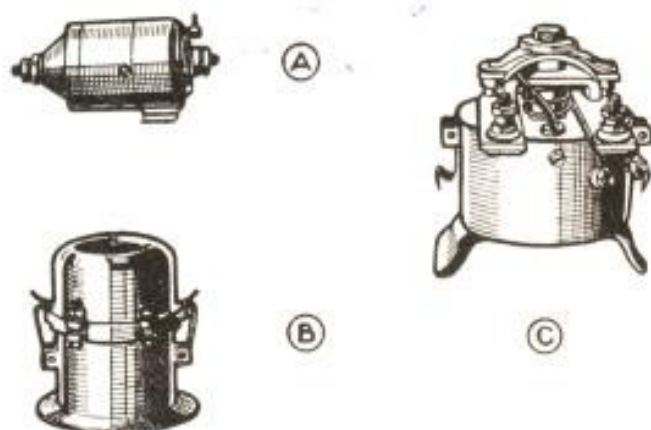


FIG. 3. — RELAIS DE DÉMARRAGE.
A, type CE 1 (150/300 A). — B, modèle CE 2 (300/500 A). —
C, modèle CE 3 (800/1.200 A).

lourds de forte taille. Tous deux comportent un paré-étincelles en charbon, très largement dimensionné, qui assure une longue durée des contacts principaux. Ces appareils sont livrés avec base plate pour montage sur le tablier ou base incurvée pour fixation sur le démarreur.

— Les contacteurs à relais CCS et CED sont spécialement disposés pour assurer simultanément la commande positive de mise en prise du pignon et la fermeture du circuit. Ils ne sont réalisés qu'en 24 V et sont obligatoirement fixés sur le démarreur lui-même. Ils conviennent donc surtout en principe, aux démarreurs Paris-Rhône avec lesquels ils sont d'ailleurs livrés.

— Le type CCS est à double relais. Chacun des deux relais, l'un auxiliaire, l'autre principal, comporte un circuit magnétique qui lui est propre et les deux circuits magnétiques sont accolés par leur base. La bobine du relais auxiliaire est alimentée à la tension totale de la batterie lorsqu'on presse le bouton poussoir de manœuvre. Le fonctionnement de ce relais ferme le circuit d'alimentation du démarreur à travers une résistance de démarrage de forte section. Le démarreur est donc parcouru par un courant réduit ; il entre en rotation, mais à vitesse et puissance également réduites.

Simultanément le relais auxiliaire met en circuit la bobine du relais principal, beaucoup plus puissant. Celui-ci agit donc à son tour ; il entraîne une tige coulissante, liée à son armature mobile, tige qui actionne la fourchette du pignon. Celui-ci se déplace et entre en prise avec la couronne dentée du moteur d'autant plus aisément qu'il est déjà en rotation. A fin de course, l'armature du relais principal vient par un jeu de contacts court-circuiter la résistance de démarrage ; le démarreur est donc soumis alors à la tension totale de la batterie et le lancement s'effectue.

Une variante de cette disposition se rencontre dans les modèles récents montés sur démarreurs de même marque.

Notons que le démarreur est alors muni d'un enroulement supplémentaire d'excitation shunt, disposé surtout pour éviter l'emballement du démarreur lorsque



FIG. 4. — CONSTITUTION DES RELAIS C 2 ET C 3.

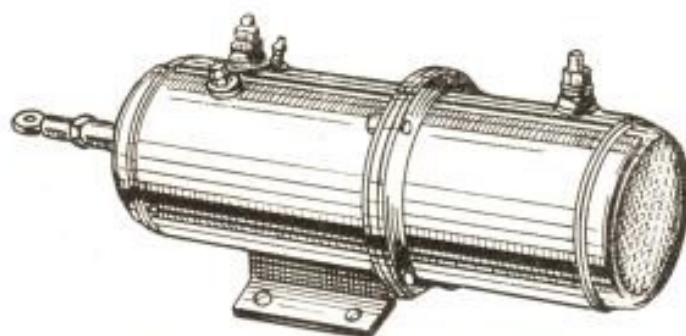


FIG. 5. — CONTACTEUR CCS A DOUBLE RELAIS.
Vue extérieure.

avant la mise en prise du pignon on lui applique la tension et qu'il est alors à vide.

La résistance de démarrage est constituée par un enroulement série en gros fil, adjoint à l'enroulement en fil fin du relais principal. Cet enroulement série assure un effort d'attraction très énergique, lorsque le relais auxiliaire s'étant fermé, il est parcouru par le courant. Suivant le même processus que celui décrit ci-dessus, cet enroulement série est court-circuité, lorsque le relais principal fonctionne à son tour, et la bobine en fil fin de ce dernier en maintient seule la fermeture.

— Le contacteur à relais CED a été spécialement établi pour montage sur démarreur D 15 E.

Précisons d'abord que le démarreur D 15 E possède, pour la raison précédemment exposée, un enroulement d'excitation supplémentaire shunt. Ajoutons que ce démarreur est muni de divers dispositifs de sécurité de marche, intéressants et qui sont les suivants :

— l'engrènement du pignon avec la couronne dentée est favorisé par une rampe hélicoïdale, taillée dans l'arbre du démarreur, et sur laquelle coulisse le pignon. Cette rampe facilite en outre le dégagement du pignon lorsque le moteur est lancé ;

— une roue libre évite que le moteur puisse entraîner le démarreur à vitesse exagérée, dans le cas où l'opérateur n'a pas lâché la manette de commande dès le départ du moteur ;

— un limiteur de couple à disques de friction empêche la détérioration, l'échauffement excessif du moteur et aussi des contacts du relais, lorsque le couple résistant prend une valeur anormale ;

— enfin un système de freinage automatique du rotor lorsqu'il revient en position de repos, supprime la détérioration des dentures si, inconsiderément, on effectue deux essais de lancement très rapprochés.

Quant au contacteur à relais lui-même il comprend une bobine à deux enroulements ayant un même sens d'action. Les deux enroulements sont alimentés, en parallèle, par la même manette de manœuvre du tableau de bord. L'un de ces enroulements en fin est relié à l'autre borne de la batterie, donc alimenté sous la tension totale.

Le second enroulement en gros fil est branché en série avec le démarreur et a une résistance convenablement déterminée.

Dès qu'on effectue la manœuvre de lancement en fermant la manette, le démarreur est donc parcouru par un courant réduit et il entre en rotation à vitesse lente. Simultanément les deux enroulements exercent leur effort d'attraction sur le noyau mobile du contacteur. Ce noyau est lié à la tige coulissante qui commande la mise en prise du pignon, et à fin de course il agit sur le dispositif de contacts qui donne l'alimentation directe du démarreur, en court-circuitant donc l'enroulement en gros fil.

Dès qu'on lâche la manette un ressort de rappel ramène le contacteur en position de coupure tandis que le pignon se dégage du volant.

Un tel ensemble est utilisé notamment sur les

camions Berliet de 5, 7 et 10 tonnes et sur certains autobus.

— Un autre mode d'accouplement du démarreur et du moteur, propre à Paris-Rhône, est celui où est utilisé l'entraînement magnétique de la couronne dentée selon brevet A. Gachon. Ce système n'est plus très utilisé, mais il est utile de le connaître car il existe encore en circulation d'assez nombreux véhicules qui en sont munis.

Le principe est simple, le fonctionnement satisfaisant, mais la réalisation est quelque peu onéreuse, et l'application ne peut être envisagée sur tous les modèles de moteurs.

La couronne dentée est alors indépendante du volant du moteur et le pignon du démarreur qui l'attaque reste constamment en prise.

Au moment du lancement cette couronne est rendue solidaire du volant par attraction magnétique.

Pour ce résultat la couronne est portée, centrée, et maintenue tout contre le volant, par une série de galets à billes. Elle est munie d'une gorge circulaire dans laquelle est logé l'enroulement magnétisant. La gorge est placée devant la face latérale, dressée, du volant avec un faible entrefer. Le circuit magnétique de l'électro-aimant ainsi constitué se ferme donc à travers le volant.

Sur l'autre face de la couronne est encastrée une bague circulaire isolée, sur laquelle appuie un frotteur d'alimentation de l'enroulement. On conçoit que dès

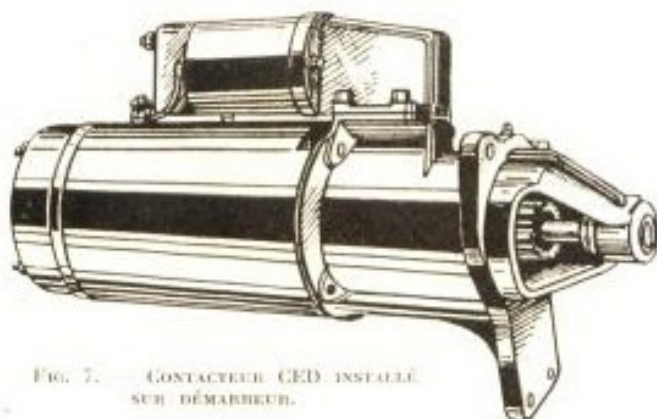


FIG. 7. — CONTACTEUR CED INSTALLÉ SUR DÉMARREUR.

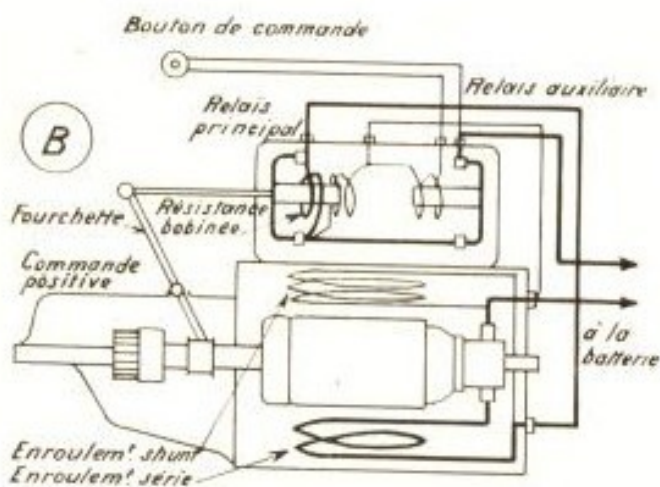
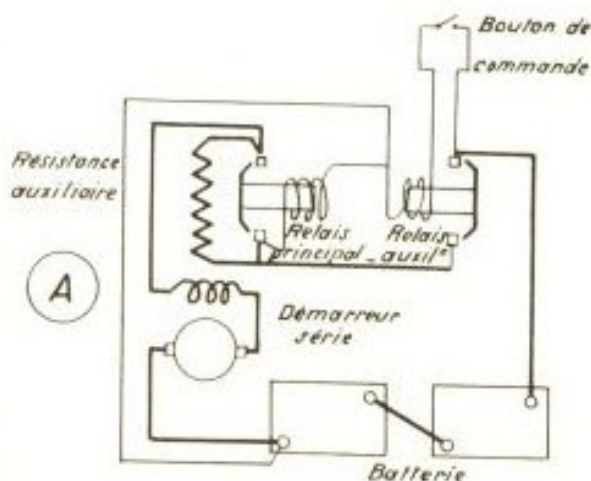


FIG. 6. — SCHEMA DE MONTAGE DU CONTACTEUR CCS. A, type avec résistance auxiliaire extérieure. — B, type avec résistance auxiliaire bobinée.

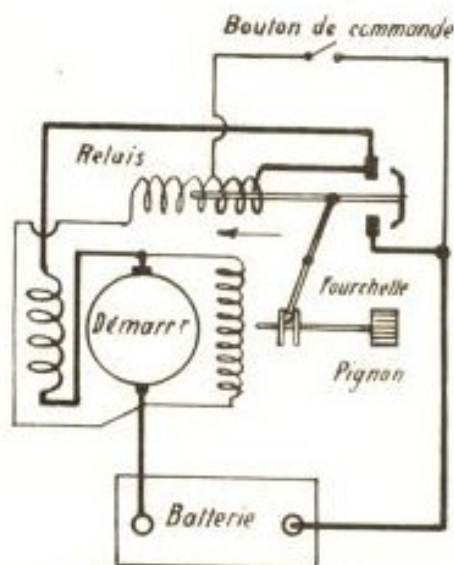


FIG. 8. — SCHEMA DE CONTACTEUR CED.

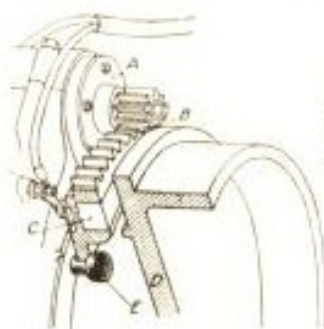


FIG. 9. — ENTRAINEMENT ELECTROMAGNETIQUE SYSTEME A. GACHON. A, démarreur. — B, couronne dentée. — C, enroulement de l'électro-aimant. — D, volant du moteur. — E, galet de support.

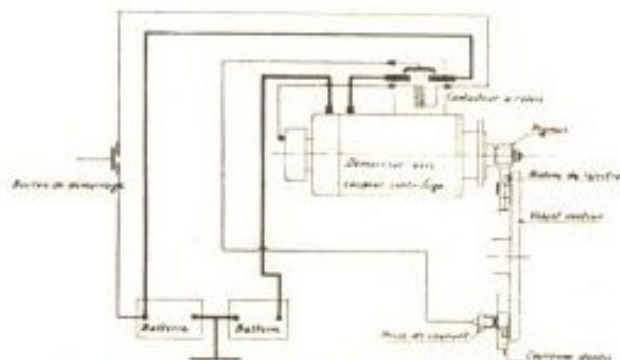


FIG. 10. — SCHEMA DE MONTAGE DE L'ENTRAINEMENT ELECTROMAGNETIQUE AVEC CONTACTEUR A RELAIS ET INTERROMPTEUR CENTRIFUGE.

que le courant parcourt l'électro-aimant la couronne s'applique sur le volant par suite de l'attraction magnétique ; les deux pièces deviennent parfaitement

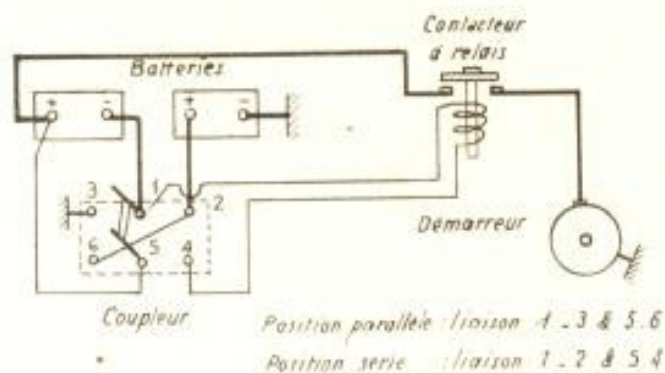


FIG. 11. — COUPLEUR DE BATTERIE ASSOCIÉ AVEC UN RELAIS DE LANCEMENT.

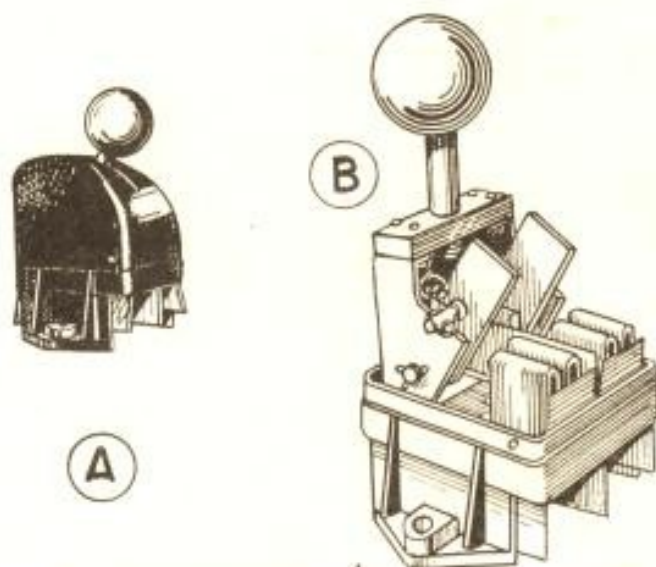


FIG. 12. — INTERRUPTEUR DE SÉCURITÉ, OU DE BATTERIE, BIPOLAIRE. A, vue extérieure. — B, vue capot démonté.

MOREL

LE constructeur s'est surtout attaché, en ce qui concerne l'équipement des poids lourds, à la réalisation de contacteurs ou de coupleurs très robustes.

— La pédale de démarrage CD 30 (fig. 1) est tout d'abord à signaler. Les contacts ont une large section et sont protégés, ce qui est fort prudent dans les appareils de ce genre, par des pare-étincelles en charbon. Le contacteur est ainsi capable d'effectuer de façon régulière et sans défaillance un nombre très élevé de coupures sous une intensité de l'ordre de 1.000 A. Son emploi sur les autobus, cars, camions pour transports routiers est d'ailleurs courant.

Normalement cette pédale, qui donne une fermeture unipolaire, est livrée avec un dispositif contacteur

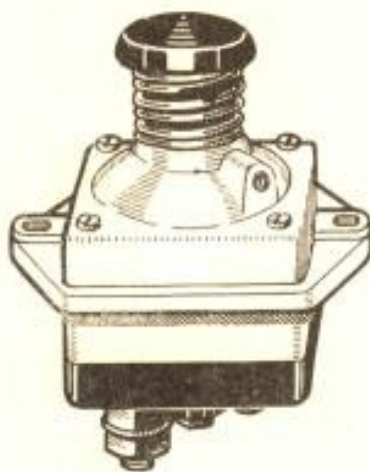


FIG. 1. — PÉDALE DE DÉMARRAGE CD 30.

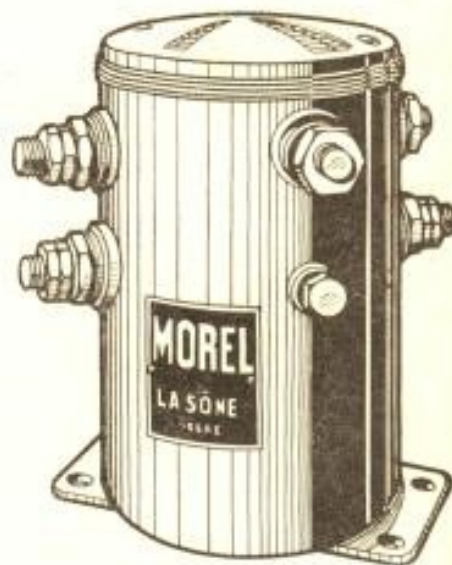


FIG. 2. — COUPLEUR DE BATTERIES SP 28.

solidaires étant donnée l'importance de la surface d'appui.

L'entrefer d'attraction est de 0,5 mm. Le rappel de la couronne dentée est obtenu par trois fourchettes (comme dans les embrayages d'automobile), ou bien par trois galets comportant un épaulement, et un ressort intérieur.

Il suffit donc d'envoyer simultanément le courant dans le démarreur et l'enroulement de la couronne pour obtenir sans effort instantané excessif, sans choc et en toute certitude, la liaison du démarreur et du moteur. Il est simple d'utiliser un contacteur à relais monté sur le démarreur.

Pour éviter que lors du départ du moteur le démarreur ne puisse être entraîné à vitesse excessive, si la coupure du courant dans l'électro-aimant est trop tardive, il est possible de monter le pignon de ce démarreur sur une roue libre comme on le fait pour les démarreurs classiques. Cependant le montage d'une roue libre exige que le pignon soit rapporté et, précisément, l'un de ses avantages du système est de pouvoir utiliser un pignon à très petit nombre de dents, taillé dans l'arbre même du démarreur, pour atteindre une très grande démultiplication.

Dans ces conditions Paris-Rhône a établi un contacteur centrifuge qui se monte à l'extrémité opposée de l'arbre du démarreur et qui est uniquement chargé de couper le courant dans l'électro-aimant lorsque la vitesse dépasse une certaine valeur.

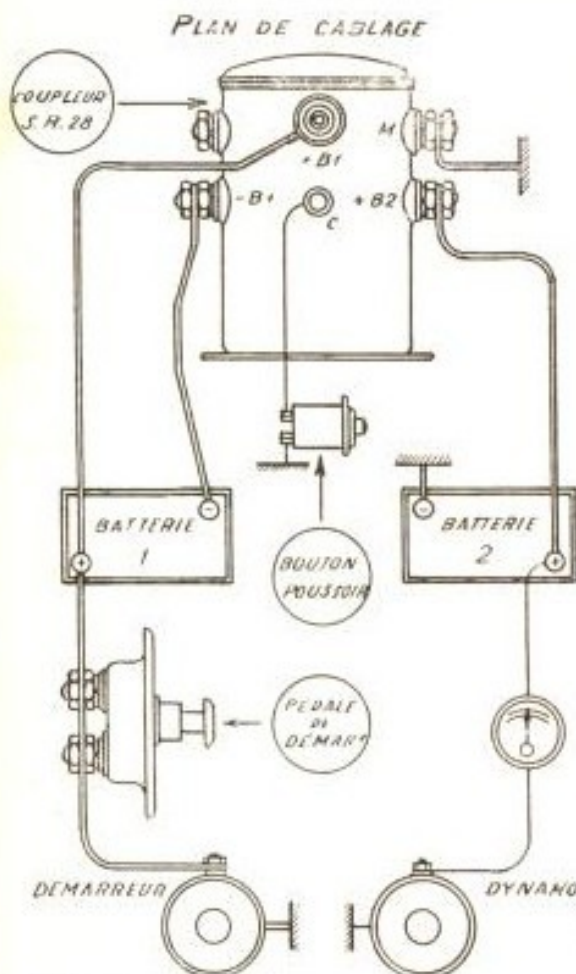
Il rend donc le même office que la roue libre. Il fonctionne par action brusque et donne par exemple la coupure vers 6 ou 7.000 t/m et ne redonne la fermeture que pour 150 à 200 t/m.

— Pour les équipements 12/24 volts, Paris-Rhône propose un coupleur série-parallèle à poignée de manœuvre. Ce n'est pas un contacteur et il ne peut effectuer normalement la coupure sous forte intensité lors d'un raté de départ par exemple. Il faut donc prévoir dans l'installation une pédale ou un relais contacteur. Le coupleur se prête bien à l'emploi d'un contacteur à relais, fermant le circuit 24 V, mais dont la bobine est automatiquement alimentée sous 12 V par la manœuvre même du coupleur.

— Parmi les matériels accessoires que propose Paris-Rhône il faut enfin signaler :

— l'interrupteur bipolaire de sécurité, ou de batterie, type diesel, qui supporte et peut couper franchement une intensité de 1.500 A ;

— la résistance de chauffage d'air qui a été décrite d'autre part (voir : Dispositifs de préchauffage).



Ci-dessus :
FIG. 3. — SCHEMA DE MONTAGE DU COUPLEUR SP 28 AVEC PEDALE DE DEMARRAGE ET BOUTON DE COMMANDE.

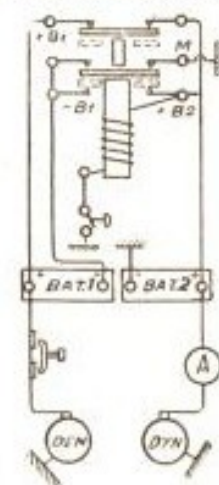
Ci-dessous :
FIG. 4. — SCHEMA DE MONTAGE DU COUPLEUR SP 28 AVEC PEDALE DE DEMARRAGE CD 30 A CONTACT AUXILIAIRE.

supplémentaire capable de fermer un circuit auxiliaire à faible intensité ; le dispositif n'agit qu'en fin de course. Ce perfectionnement a l'avantage de permettre le démarrage automatique en deux temps lorsqu'on fait usage d'un coupleur électromagnétique série-parallèle 6/12 V ou 12/24 V, et en particulier d'un coupleur SP 28 construit par cette même maison.

Dans une telle condition l'appui initial sur la pédale ferme le circuit de démarrage sans que le coupleur soit mis en action ; le démarreur alimenté sous tension réduite (6 V ou 12 V) commence à tourner et le pignon entre en prise sans choc violent, avec la couronne dentée.

Cependant la pédale parvient à fin de course et le contact supplémentaire est actionné. Celui-ci donne l'alimentation de la bobine du coupleur électromagnétique ; le coupleur fonctionne et les deux batteries étant mise en série, la tension totale (12 V ou 24 V) est appliquée au démarreur qui fournit son couple normal.

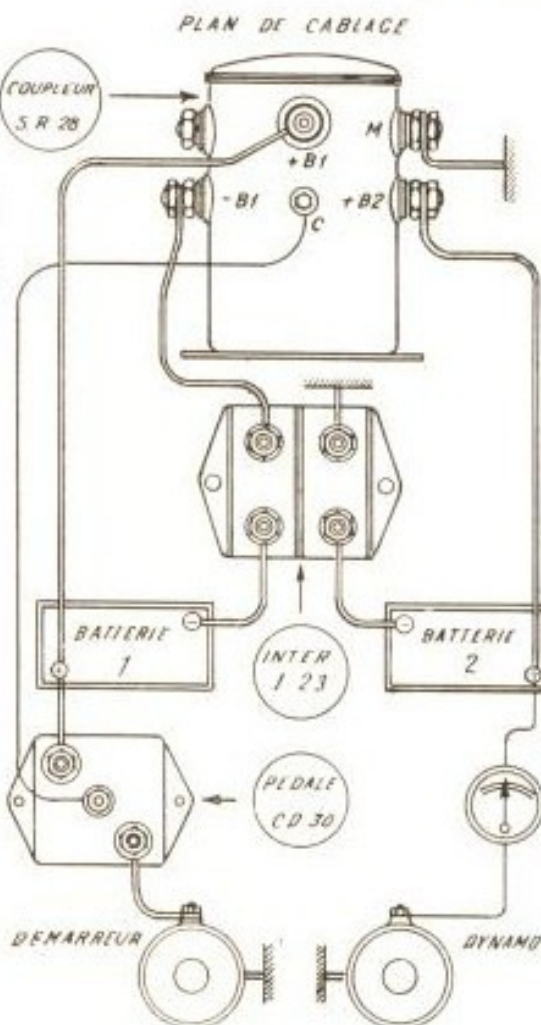
SCHEMA DE
FONCTIONNEMENT



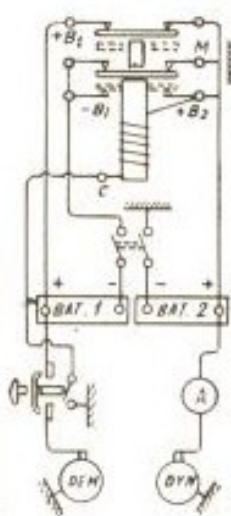
— Le coupleur SP 28 (fig. 2), dont il vient d'être question, se présente sous l'aspect d'un boîtier métallique de forme cylindrique, entièrement étanche et extrêmement solide. Le couvercle supérieur est démontable ; il donne accès aux contacts dont le bon état est ainsi facilement contrôlé. L'ensemble doit de préférence être placé verticalement.

La bobine unique agit sur un plongeur qui entraîne un équipement de contacts mobiles ; il est rappelé par un ressort puissant afin qu'en marche normale les contacts du circuit dynamo soient parfaitement francs. Pour que la bobine donne une action énergique il convient qu'elle soit correctement alimentée et il est recommandé d'utiliser pour son branchement (borne C) un conducteur d'au moins 20/10 mm de diamètre en 12 V et 25/10 mm en 6 V.

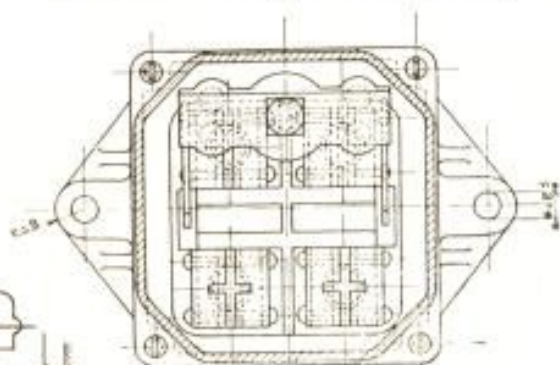
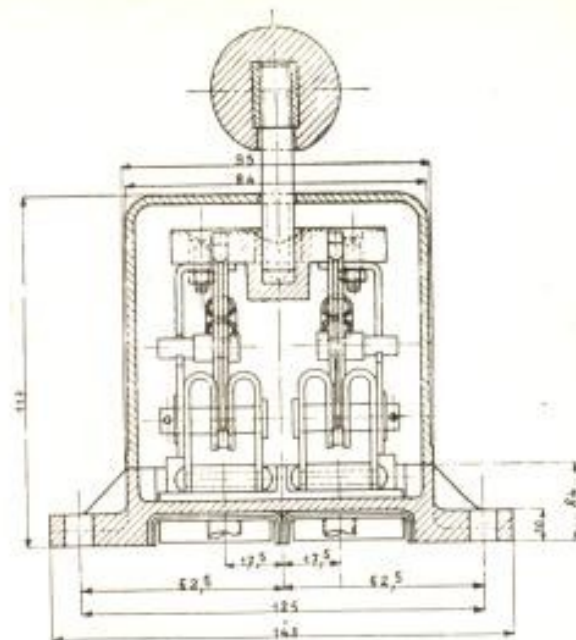
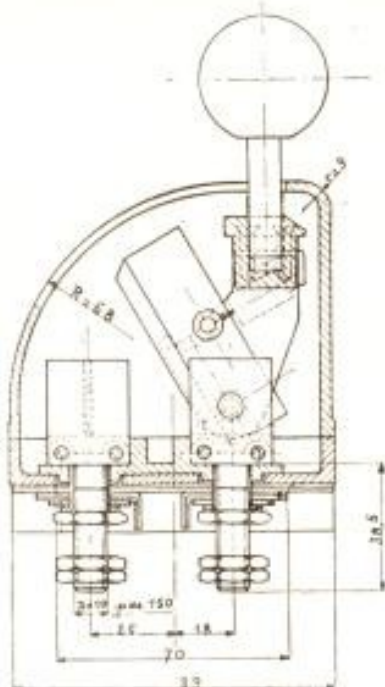
L'appareil peut supporter une intensité permanente de 800 A. Comme il est à fermeture et rupture brusques, il peut être utilisé directement, donc fonctionner comme contacteur. Il suffit alors, le branchement des câbles de démarrage étant effectué comme il convient, de disposer sur le tableau un bouton



SCHEMA DE
FONCTIONNEMENT

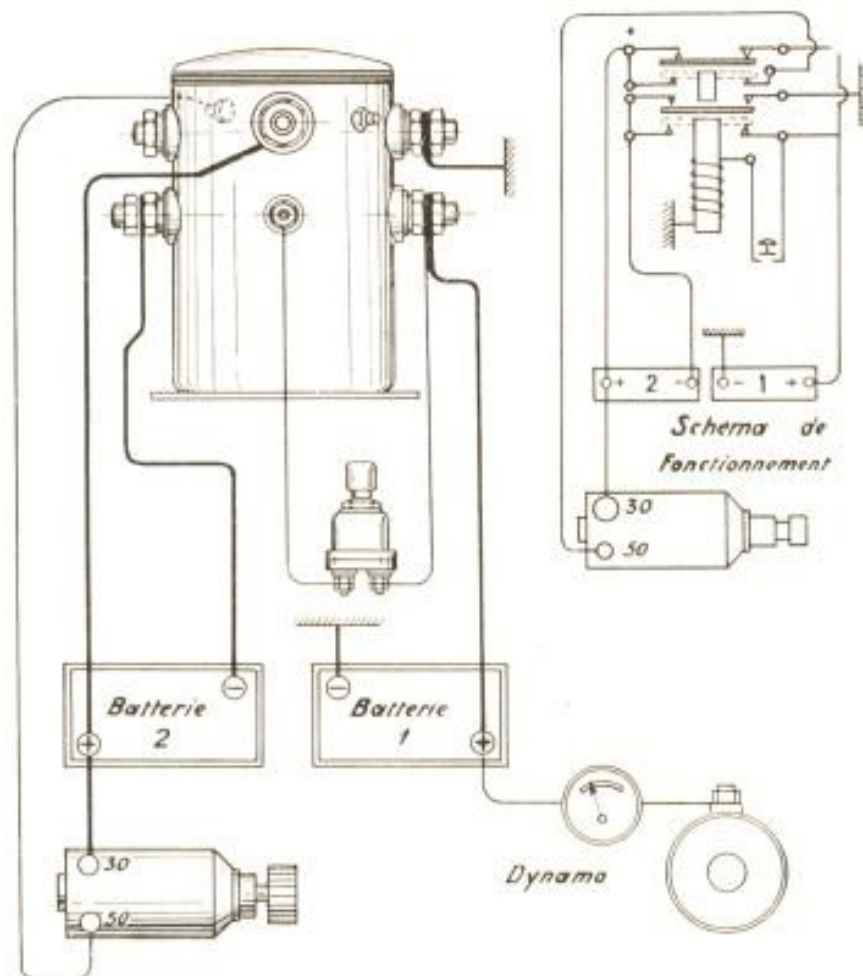


Un modèle spécial de coupleur SP 28 a été établi pour emploi sur les installations existantes et pourvu d'un démarreur Lavallette-Bosch (fig. 5). Ce démarreur à induit coulissant possède une bobine qui contrôle précisément le déplacement de l'induit, et qui doit être re-



En haut :

FIG. 6. — Interrupteur de sécurité type 123.



— Pour les poids lourds la firme Morel a enfin établi un interrupteur de sécurité (ou robinet de batterie) type 123 (fig. 6) d'une robustesse à toute épreuve. Il donne une coupure bipolaire, assure une rupture brusque. Il est disposé pour montage sur un panneau vertical, avec sorties à l'arrière ; il possède une solide poignée dont la manœuvre est commode.

SCINTILLA

DEPUIS longtemps la firme Scintilla s'est attachée à offrir à sa clientèle un matériel de démarrage pour poids lourds extrêmement bien étudié, d'une technique éprouvée et dont la fabrication très soignée a permis un montage mécanique intérieur en apparence quelque peu complexe. Comme résultat de cet effort, un fonctionnement sûr et durable a valu à ce matériel une renommée excellente.

Pour tous ses démarreurs puissants ce constructeur a choisi comme procédé d'accouplement du pignon avec la couronne dentée du volant du moteur, le déplacement longitudinal d'un arbre central coulisant sur lequel est calé le pignon.

Ce système est pratiquement intéressant car la mise en prise positive du pignon est alors correctement assurée par action directe sur l'arbre central soit mécaniquement, soit par l'aide d'un électro-aimant. La machine est ainsi toujours exactement cylindrique et son encombrement total reste relativement faible.

Cependant la réalisation est délicate car l'induit doit être monté sur un arbre creux, et l'arbre central qui le traverse doit, à la fois, lui être constamment lié en rotation et rester libre de se déplacer longitudinalement.

Si donc la partie électrique n'offre pas d'exigence très spéciale, la partie mécanique présente, dans sa réalisation, des problèmes de divers ordres, très sérieux, et que Scintilla a particulièrement bien résolus. C'est d'ailleurs le seul constructeur qui soit parvenu à fournir commercialement des démarreurs de cette sorte.

Les difficultés rencontrées ont fait que, dans le détail, la fabrication s'est peu à peu modifiée, en se perfectionnant, au cours des années passées, en raison des résultats acquis par l'expérience. Il n'en reste pas moins qu'il est nécessaire que les matériaux employés soient sélectionnés avec soin, et que la précision de l'usinage des pièces constitutives soit en fabrication contrôlée avec soin.

Pour que la mise en prise du pignon soit certaine et s'effectue sans chocs, pour ne pas en particulier que les dents viennent buter l'une contre l'autre et puisse se coincer, des dispositions mécaniques et électriques ont été prévues ; elles donnent en particulier une rotation inverse du pignon avant son engagement sur la couronne. Nous indiquons plus loin en quoi elles consistent.

La commande du démarreur s'effectue soit par pédale, soit par relais selon le type de démarreur. Les démarreurs à pédale ne sont pas utilisés au-delà d'une puissance de 6 Ch. Les démarreurs à relais, qui sont préférables pour la régularité de la manœuvre, sont construits pour toutes les puissances.

Démarreur à pédale (fig. 1)

Le démarreur à pédale est choisi, compte tenu de la puissance, lorsque la position du démarreur sur le moteur est telle que la tringlerie de commande est d'une installation simple, facile et qu'elle est relativement directe à partir de la cabine du conducteur.

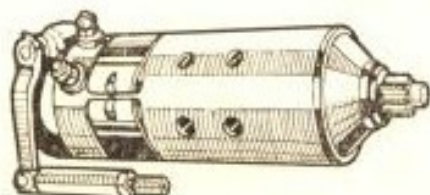


FIG. 1. — DÉMARREUR À PÉDALE, VUE EXTÉRIEURE.

Il n'existe alors ni relais, ni tableau spécial de démarrage. Le contacteur de démarrage est inclus dans le démarreur. Si l'installation

comporte des bougies de préchauffage, un commutateur séparé est nécessaire pour leur mise en service et leur contrôle.

Vers l'arrière du démarreur (fig. 2) et sur le côté, est situé le levier de manœuvre articulé sur un axe. C'est ce levier qui est attaqué par la tringlerie. Celle-ci comporte son propre ressort de rappel. La course maximum de la pédale est définie par une butée réglable. Entre la tringlerie et le levier de manœuvre est intercalé un ressort travaillant à la compression ; ce ressort limite la valeur de l'effort appliqué sur le levier de manœuvre.

L'axe de levier de manœuvre est solidaire d'un levier intérieur dont l'extrémité s'applique au centre de la machine, sur une pièce transversale conductrice munie à chacune de ses extrémités d'un contact. Cette pièce est mobile longitudinalement sur des tiges coulisant dans un palier intermédiaire fixe, tiges sur lesquelles sont enfilés deux disques pressés par ressorts et dont nous verrons plus loin la fonction.

L'axe central de la machine, qui traverse l'arbre creux portant l'induit, est muni en bout d'un poussoir qu'un ressort de compression applique la pièce transversale porte contacts.

Si donc on agit sur le levier de manœuvre, le levier intérieur fait mouvoir la pièce porte contacts, et par l'intermédiaire de celle-ci et du poussoir, l'axe central subit l'effort de déplacement ; il coulisce dans l'arbre creux. Supposons que les dents du pignon qu'il porte s'engagent franchement dans la denture

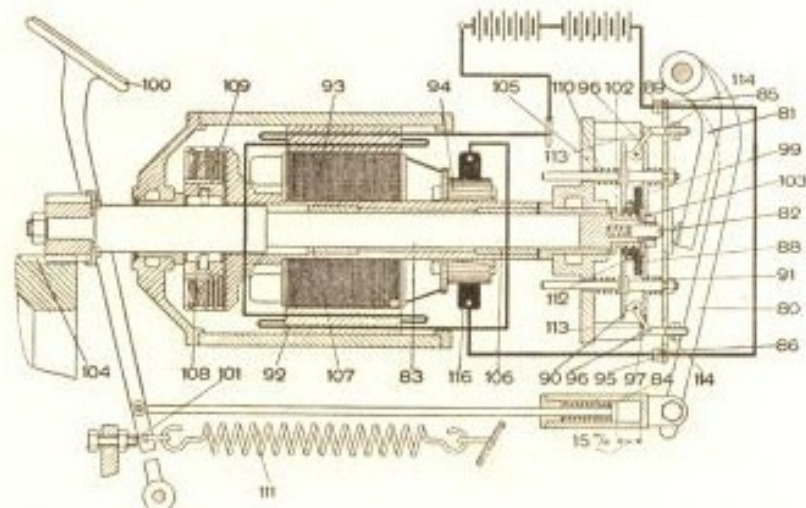


FIG. 2. — VUE SCHÉMATIQUE DU DÉMARREUR À PÉDALE (DÉMARREUR EN ACTION). 80, levier du démarreur — 81, levier intérieur — 82, poussoir — 83, arbre central — 84, ressort limiteur d'effort — 85, 86, contacts mobiles — 88, écrou de déblocage — 89, contact fixe relié à la borne principale — 90, 91, 92, disques et rondelles de freinage de l'écrou 88 — 93, induit — 94, collecteur — 95, contact fixe lié à un balai — 96, cliquet de libération de l'écrou 88 — 100, pédale — 101, vis d'arrêt, réglable, de la tringlerie — 102, butée de la douille fileté — 103, douille fileté — 104, couronne dentée — 105, palier intermédiaire — 106, 107, douilles en bronze spécial — 108, roue libre à rouleaux — 109, accouplement à friction — 110, ressorts de rappel de l'arbre — 111, ressort de rappel de la pédale — 112, butée à billes — 113, cliquet — 114, butée du cliquet.

du volant. Le mouvement se poursuit alors sans gêne. La position du démarreur est réglée pour que lorsque ce pignon est presque totalement en prise, les contacts fixés sur la pièce porte contacts, mobile, viennent s'appuyer sur deux contacts fixes branchés sur le circuit du démarreur. Celui-ci est donc alimenté et le démarrage a lieu. La butée de pédale est réglée pour qu'au moment de la fermeture du circuit il reste encore à la tringlerie une course de 15 mm. Durant cette course le ressort intermédiaire de tringlerie est comprimé, ce qui fait que l'appui des contacts électriques et le maintien du pignon en position restent fermement assurés.

Dans le cas où, lors de la manœuvre, la couronne dentée et le pignon se trouvent dans une position telle que les dentures viennent buter l'une sur l'autre le coulisement de l'axe central est arrêté. Le dispositif suivant entre alors en jeu.

Entre les deux disques, cités plus haut, se trouve serré par l'action des ressorts placés sur les tiges, un écrou à pas rapide vissé sur l'arbre central. L'arrêt du coulisement de cet arbre n'interrompt pas le déplacement de la pièce transversale porte contacts. Le poussoir placé en bout de l'axe est d'une part refoulé dans son logement ; d'autre part les disques sont entraînés par les tiges de liaison et ces disques entraînent à leur tour l'écrou central. Comme cet écrou pressé par les disques peut difficilement tourner, c'est l'arbre central lui-même qui se visse dans l'écrou. Cet arbre tourne donc d'un certain angle, suffisant pour libérer les dentures qui alors s'engagent librement. Le lancement normal a donc lieu.

Un système à cliquets actionné par les pièces en mouvement fait qu'à fin de course de la pièce transversale porte contacts, donc quand l'alimentation électrique a lieu, l'action des ressorts de pression des disques est supprimée. L'écrou monté sur l'arbre du démarreur peut en conséquence, durant le lancement, tourner sans gêne avec l'arbre.

L'arbre creux de l'induit est supporté par l'arbre central à l'aide de deux douilles ; il repose de plus à l'arrière sur le palier par un coussinet ou un roulement à billes.

L'arbre central est soutenu dans le palier avant par un coussinet ou un roulement à rouleau. Il est lié à l'arbre creux par un accouplement à friction limitateur de couple comportant une roue libre à rouleaux. Cette roue libre évite l'entraînement à vitesse excessive du démarreur lorsque le moteur part.

Au surplus le démarreur possède un enroulement d'excitation shunt qui évite tout emballement, si l'opérateur n'abandonne pas la pédale dès le départ.

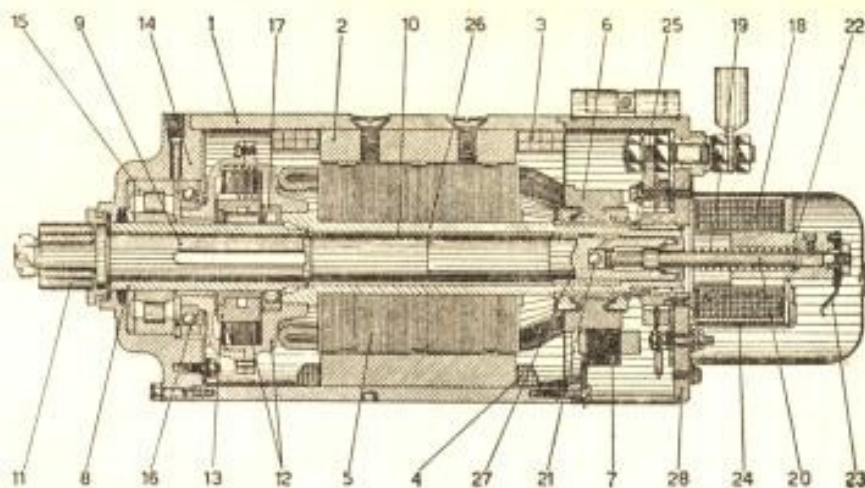


FIG. 3. — DÉMARREUR À RELAIS TYPE A J.

Vue en coupe : 1, carcasse — 2, masse pulaire — 3, enroulement inducteur principal — 4, enroulement inducteur auxiliaire — 5, induit feuilleté — 6, collecteur — 7, balais — 8, douille d'entraînement — 9, arbre central coulisant — 10, feutre de graissage — 11, pignon — 12, accouplement à friction — 13, roue libre à rouleaux — 14, palier avant — 15, roulement à rouleaux — 16, roulement à billes — 17, roulement à rouleaux — 18, bobine de l'électro-aimant — 19, ressort de rappel — 20, tige poussoir — 21, bille d'acier — 22, noyau — 23, lame de contact — 24, contact fixe — 25, coussinet arrière — 26, arbre creux — 27, douille en bronze — 28, palier arrière.

Notons que ce sont les ressorts agissant sur les disques qui provoquent le rappel du pignon hors de prise lorsqu'on cesse d'agir sur le levier de manœuvre. Le serrage de l'écrou central entre les disques qui s'établit alors freine l'ensemble rotatif et le ramène rapidement à l'arrêt.

Démarreur à relais

Les démarreurs à relais sont plus fréquemment utilisés. Ils sont de deux types dont le principe de fonctionnement est identique. La différence entre eux ne réside que dans le montage mécanique de l'arbre central et de l'arbre creux.

Dans le type AGR le montage est entièrement effectué à l'aide de coussinets lisses. Ce type est principalement choisi pour les puissances faibles de 2 à 4 ch. Dans le type de la série AJ les arbres sont soutenus du côté avant par roulements à billes ou roulements à rouleaux. La puissance peut alors être plus élevée ; elle s'échelonne selon les modèles de 2 à 32 ch.

Toutes ces machines sont hexapolaires. Elles portent sur trois de leurs pôles, un bobinage d'excitation série, en gros conducteurs, donnant la marche en pleine puissance. Sur les trois autres pôles est monté un bobinage de résistance assez forte, qui donne une excitation série-inversée, au début de l'opération de lancement, puis une excitation shunt en régime de puissance.

L'induit comprend un arbre creux (fig. 3) dans lequel coulisser l'arbre central qui porte le pignon. L'accouplement des deux arbres est

réalisé par un dispositif claveté sur l'arbre central et qui constitue à la fois un limiteur de couple par friction et une roue libre à rouleaux.

Le déplacement longitudinal de l'arbre est commandé par un électro-aimant monté sur la face du palier arrière. Le noyau qu'attire cet électro-aimant est rappelé par un ressort et guidé de façon à ne pouvoir tourner sur lui-même. Il est solidaire d'une tige-poussoir qui par l'intermédiaire d'une bille d'acier logée dans l'arbre central détermine le mouvement de translation de celui-ci, donc la mise en prise du pignon.

La tige-poussoir a son extrémité emprisonnée, par un écrou creux, dans le bout de l'arbre central, ce qui fait que le ressort de rappel du noyau mobile commande, après le lancement, le retour en position de repos, à la fois du noyau et de l'arbre coulisant.

A l'extrémité du noyau est fixée une lame souple de contact qui vient s'appuyer sur un contact fixe porté par la bobine quand le noyau a parcouru les trois-quarts de sa course.

Le contacteur automatique ainsi réalisé commande un relais de démarrage spécialement établi pour l'emploi du démarreur.

L'équipement de démarrage Scintilla complet comprend en effet trois éléments distincts (fig. 4) : un commutateur manuel (type DHN), un relais de démarrage (type DRN), de calibre approprié à la puissance du démarreur, et enfin le démarreur lui-même.

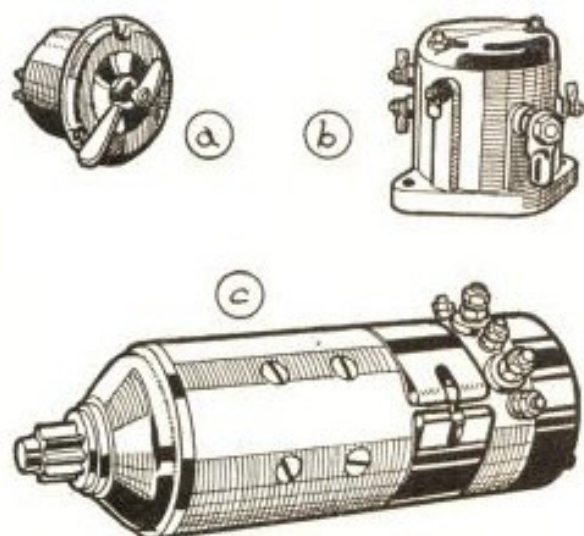


FIG. 4. — ENSEMBLE DE L'ÉQUIPEMENT DE DÉMARRAGE SCINTILLA.
A, commutateur normal type DIN — B, relais de démarrage type DRN — C, démarreur à relais type AGR.

Le schéma d'installation est donné par la figure 5 et le fonctionnement général est celui-ci.

Le commutateur a quatre positions. En position 0 (repos) la manette est verrouillée ; l'introduction d'une clef supprime le verrouillage et établit ou supprime certains circuits auxiliaires (cas de l'allumage par batterie ou magnéto sur moteur à essence, ou de la mise en marche de pompe d'alimentation sur diesel). La manette du commutateur étant amenée dans la position I, qui est fixe, on obtient l'alimentation des dispositifs de préchauffage, s'il en existe.

Dans la position 2 on obtient (à travers un jeu de contacts du relais de démarrage) l'alimentation de l'enroulement d'excitation auxiliaire du démarreur. Cet enroulement est relié aux balais de la machine ; le circuit se ferme donc à travers l'induit, et en raison de ce montage en série l'induit commence à tourner ; cependant le sens du courant d'excitation est dans ces conditions tel que la rotation est inverse du sens normal ; d'autre part étant données les caractéristiques de l'enroulement auxiliaire, la vitesse est peu élevée et le couple fourni est très faible.

La manette étant alors amenée dans la position 3, l'électro-aimant du démarreur est directement relié à la batterie. Cet électro-aimant entre donc en action ; il fait coulisser l'arbre central dont le pignon attaque la couronne dentée. Comme ce pignon tourne en sens inverse du sens normal à ce moment, et que le couple réduit est transmis à travers la roue libre, l'entrée en prise s'effectue aisément, et l'induit continue de tourner à faible vitesse tandis que le pignon, dont la rotation est arrêtée, s'engage de plus en plus dans la couronne.

Au trois-quarts de la course d'engagement, le contacteur de l'électro-aimant de démarreur vient, comme il a été dit plus haut, fermer le circuit de la bobine du relais de démarrage.

Le fonctionnement de ce dernier a pour effet de fermer le circuit principal d'alimentation du démarreur et d'inverser le branchement de l'enroulement d'excitation auxiliaire.

Tandis que se poursuit le déplacement de l'arbre central jusqu'à l'engagement total des dentures, le démarreur alimenté directement fournit sa pleine puissance. L'en-

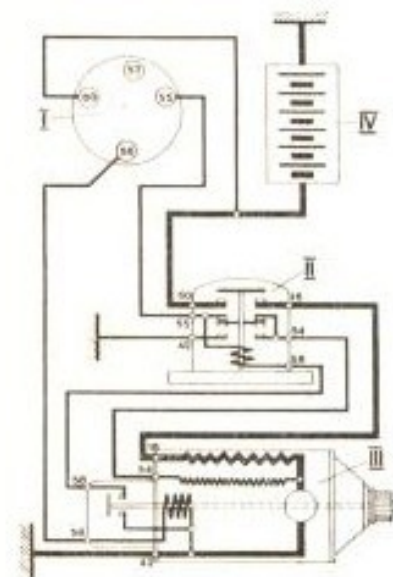


FIG. 5. — SCHÉMA DE L'INSTALLATION.
I, commutateur — II, relais de démarrage — III, démarreur — IV, batterie — Les chiffres indiqués sont ceux portés par les bornes de connexion.

roulement d'excitation auxiliaire se trouve alors monté en parallèle avec l'induit, donc en shunt ; le flux qu'il produit s'ajoute au flux principal. Ceci évite, comme on l'a signalé, l'emballement du moteur lorsque le moteur démarre et que la manette n'est pas abandonnée à temps.

Les opérations qui viennent d'être décrites se succèdent, en fait, rapidement. Il est recommandé de passer sans arrêt notable de la position 1 de la manette à la position 3 ; la mise en rotation de l'induit en sens inverse du sens normal (position 2) est pratiquement instantanée. Les positions 2 et 3 ne sont d'ailleurs pas fixes et la manette revient d'elle-même en position 1 lorsqu'on la lâche. S'il existe un système de préchauffage, il ne faut pas omettre de la ramener à 0. Par mesure de précaution il est une variante où la position 1 elle-même n'est pas fixe et on doit maintenir la manette à la main durant le temps du préchauffage.

CARACTERISTIQUES ELECTRO-MECANQUES DES DEMARREURS SCINTILLA

Type	Puissance nominale ch	Tension V	Régime de puissance maximum			Couple maximum		Couple de glissement de l'accomplissement mKg	Diamètre mm
			Vitesse tr/mn	Consommation A	Couple mKg	Consommation A	Couple mKg		
P-AGR	2	12	850	350	1,7	600	4,7	3 à 3,5	125
P-AJT	3	12	800	400	2,7	700	7	4,5 à 5	150
P-AGR	4	24	1.200	400	2,4	700	7,5	5 à 5,5	125
P-AJT	6	24	1.500	430	3	1.200	10	7,5 à 8,5	150
AJW	6,5	12	900	800	5,2	1.500	15	8 à 9	178
AJW	13	24	1.400	600	6,6	2.000	20	15 à 18	178

Caractéristiques électriques et mécaniques générales

Les démarreurs à pédale, série P, sont construits en 12 V pour des puissances de 2, 3 et 4 ch ; en 24 V pour des puissances de 4 et 6 ch. Il existe aussi des modèles, assez peu souvent montés sur véhicules, de 5 et 10 ch sous 36 V et de 8 et 12 ch sous 48 V.

La gamme des démarreurs à relais, de la série AG, est peu étendue quoique ces modèles soient très employés sur les diesels de cylindrée faible. Ils sont fournis pour les puissances de 2 ch sous 12 V et de 4 ch sous 24 V.

Les démarreurs à relais de la série AJT pour camions légers et moyens sont construits pour les puissances de 3 ch sous 12 V et 6 ch sous 24 V.

Ceux de la série AJW sont destinés aux moteurs robustes. Il existe 3 modèles normaux : 6,5 ch sous 12 V ; 13 ch sous 24 V ; 32 ch sous 36 V. L'emploi des démarreurs de 32 ch est exceptionnel ; il ne se justifie que sur autorails.

Le tableau donne les valeurs moyenne de fonctionnement des types principaux.

Tous ces démarreurs ne sont pas prévus pour supporter normalement l'intensité qui correspond à l'induit calé et c'est pourquoi on a prévu un accouplement à friction limiteur de couple qui les protège. Le tableau donne le couple maximum pour lequel est réglé l'accouplement des moteurs de différentes puissances.

Le poids des démarreurs P et AJT est de 25 à 30 kg ; le poids des démarreurs AJW est de 49 kg environ, garni de graisse à roulement.

D'après les recommandations du constructeur, le démarreur doit reposer sur un socle solide du moteur. Il y est maintenu par des étriers. Il ne doit pouvoir bouger en aucun sens. Dans ce but des trous pour prisonniers de 8 mm de diamètre sont prévus dans la couronne des machines. Ces prisonniers permettent d'ailleurs la remise en place correcte de la machine après un démontage éventuel.

La distance entre le pignon et la couronne dentée au repos doit être de 3 à 4 mm. La course de l'arbre central est de 19 mm jusqu'à la puissance de 6 ch et de 26 mm au-delà de cette puissance.

Les machines du type P et AGR sont munies d'un graisseur à huile sur le palier avant. Sur les démarreurs du type AJ portent en place un graisseur Stauffeur qui doit être garni de graisse à roulement.

MARCHAL - VAUCANSON

SANS se spécialiser dans la fabrication du matériel pour poids lourds, la firme Marchal-Vaucanson dont la diversité des fabrications est très grande, construit des dynamos et démarreurs de puissance relativement élevée susceptible d'utilisation sur moteur diesel de cylindrée faible ou moyenne.

Dans la gamme des démarreurs qui peut dans le cas présent retenir l'attention, gamme assez étendue, on trouve trois types prévus pour la tension de 24 V ; les autres démarreurs, plus faibles d'ailleurs ont une tension nominale de 12 V.

La construction de toutes ces machines n'offre pas de particularité foncière à signaler, si ce n'est qu'elle est très étudiée et très soignée. La robustesse des gros modèles en fait des appareils très sûrs.

Presque tous les démarreurs, sauf les plus puissants, peuvent être livrés au choix munis d'un accouplement

à inertie (bendix) ou d'un accouplement par déplacement mécanique du pignon (commande positive).

Trois diamètres ont été retenus : 100, 115 et 130 mm. Pour chacun de ces diamètres le constructeur a établi une suite de machines de diverses puissances.

Le plus puissant d'entre ces démarreurs a un diamètre de 130 mm et est capable de fournir 5,15 ch. Il est choisi par quelques constructeurs de moteurs diesel pour montage sur leurs véhicules de série.

Le tableau ci-joint donne les caractéristiques de fonctionnement des démarreurs Marchal ayant une puissance maximum supérieure à 1,5 ch, valeur qui est pratiquement la limite inférieure d'emploi sur moteur diesel. Il existe évidemment d'autres démarreurs de cette même marque destinés uniquement aux moteurs à essence de voiture de tourisme ou commerciales dont nous ne croyons pas utile de préciser ici les performances.

TABLEAU DES CARACTERISTIQUES ELECTRO-MECANQUES DES DEMARREURS MARCHAL POUR POIDS LOURDS

Désignation			Valeurs sous 8 V (12 V) ou 16 V (24 V)					
			Puissance maximum				Arbre bloqué	
			Puissance ch	Vitesse 1/min	Consommation A	Couple mkg	Consommation A	Couple mkg
100	Q2 R3	12	1,5	1.100	270	1	450	1,8
	Q2 N3	12	1,55	900	230	1,1	445	2,7
	Qt	12	2,9	1.350	480	1,45	900	3,7
	Q2 N7	24	3,15	1.700	250	1,32	445	2,7
125	Lq1	12	2,1	700	420	2,10	600	4,5
	Lq	12	2,4	1.100	450	1,55	900	4,4
	Lc	12	3	1.200	680	1,75	1.000	3,85
	Lq 2N	24	3,54	1.200	280	2,2	540	5,3
130	K1c	12	3,15	950	700	2,4	980	4,15
	K	24	5,15	1.000	584	3,7	1.040	7

BOSCH

LES matériels électriques établis par la firme Bosch, pour l'équipement des véhicules à moteur diesel, sont nombreux. Cependant en ce qui concerne le lancement, le démarreur à induit coulissant dont la construction, couverte par brevets, est particulière à cette maison, reste à peu près le seul organe essentiel à considérer ici (fig. 1).

Bosch construit également des coupleurs de batteries.

La fig. 2 représente le schéma de principe d'une installation sur moteur diesel avec matériel Bosch comprenant un coupleur de batterie.

Les démarreurs Bosch pour poids lourds ont été réalisés en plusieurs puissances mais ils sont tous identiques quant au principe de fonctionnement. Des différences de détail existent en fait ; elles sont assez peu importantes ; elles sont fonction des caractéristiques électro-magnétiques de divers modèles, de leur destination et aussi des progrès apportés au cours des temps dans la fabrication. Nous signalerons au passage les variantes les plus intéressantes.

Selon le principe adopté, la mise en prise du pignon porté par l'arbre du démarreur, avec la couronne dentée du moteur, résulte du coulisement dans ses paliers de l'induit tout entier lorsqu'on alimente la machine.

Un tel déplacement, qui est de 20 mm environ sur les petits modèles et de 25 mm sur les modèles puissants, est obtenu de la façon suivante : l'induit est maintenu, lors du repos, dans une position décalée par rapport aux masses polaires à l'aide d'un ressort de rappel ; lorsque le courant parcourt la machine

l'attraction magnétique qu'exerce le flux inducteur sur l'induit fait que ce dernier vient se centrer sous les masses polaires (fig. 3).

Pour que l'opération ne soit pas brutale et qu'elle soit par ailleurs absolument sûre, diverses dispositions, étudiées ci-après, ont dû être prises.

L'induit du démarreur n'offre en lui-même rien de particulier, si ce n'est que son collecteur a été prévu d'une longueur suffisante pour que les balais continuent de s'y appuyer malgré le coulisement. La machine est normalement tétrapolaire (il est de gros modèles hexapolaires) et comporte autant de balais que de pôles.

L'excitation est fournie par deux enroulements distincts : l'un principal est constitué par un conducteur de forte section ; l'autre auxiliaire est exécuté avec un conducteur beaucoup plus faible et il est donc beaucoup plus résistant. Ces deux enroulements sont branchés en série avec l'induit et en parallèle entre eux.

Le fonctionnement électrique, c'est-à-dire le passage du courant dans la machine, est contrôlé par un relais de démarrage de constitution particulière, et qui est placé sous le capot arrière de protection. D'autre part le fonctionnement mécanique, c'est-à-dire l'engagement des dentures et la liaison du pignon avec le démarreur, est contrôlé par un coupleur-limiteur de couple situé sur l'arbre de sortie. Examinons successivement chacun de ces dispositifs.

Le relais de démarrage (fig. 3) comporte une bobine d'attraction branchée d'une part (borne 50) sur le bouton de commande ou bouton de démarrage, et d'autre part sur la masse.

Signalons que parfois la bobine au lieu d'être mise à la masse, a son extrémité connectée à une borne isolée (borne 61). En reliant cette sortie à la borne dynamo du conjoncteur-disjoncteur, la bobine est donc à la masse à travers l'induit de la dynamo lorsque celle-ci ne tourne pas. Dès que la dynamo s'amorce, la borne du conjoncteur est sous tension ; la bobine du relais n'est donc plus alimen-

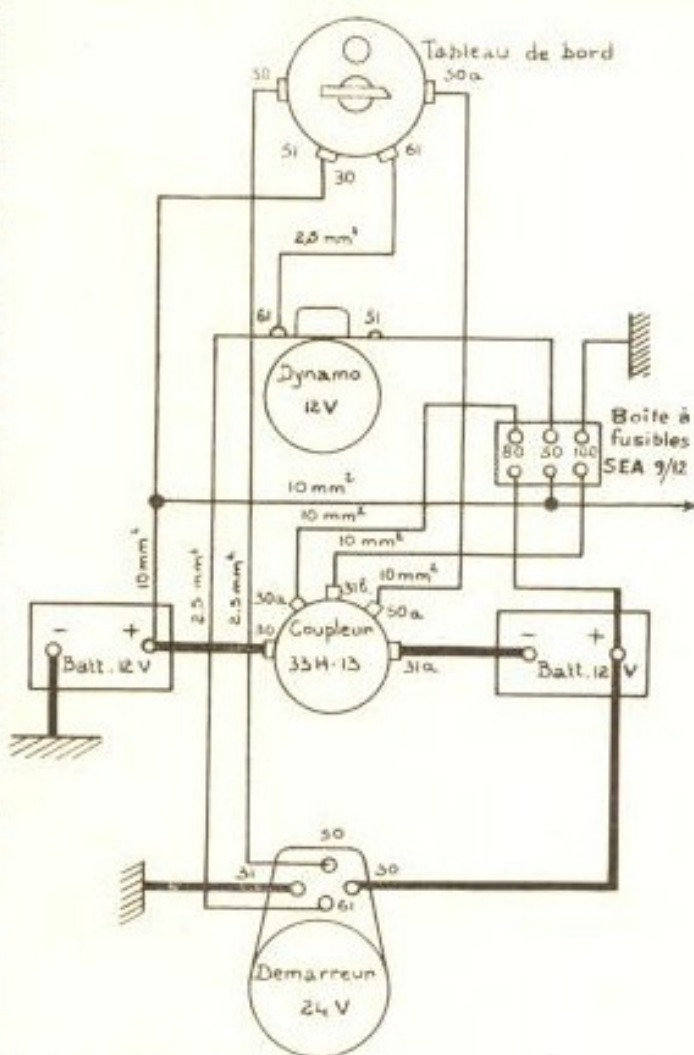


FIG. 2. — SCHÉMA DE PRINCIPLE D'INSTALLATION BOSCH SUR MOTEUR DIESEL AVEC COUPLEUR DE BATTERIE.

Les numéros sont ceux portés sur les bornes des appareils Bosch.

tée si l'on presse le bouton de lancement, et le démarreur ne peut être actionné lorsque le moteur tourne. Cette disposition donne une sécurité intéressante.

Revenons au relais du démarreur ; la bobine de ce relais agit sur un noyau qui commande un pont de contact mobile. Ce pont en métal conducteur, peut osciller d'un petit angle ; il est relié électriquement à l'entrée de l'enroulement inducteur auxiliaire.

Il peut venir s'appuyer sur deux contacts fixes, branchés, l'un à la borne d'arrivée, l'autre à l'entrée de l'enroulement inducteur principal. Un bras latéral est fixé sur ce pont ; il porte à son extrémité une encoche dans laquelle s'engage un petit levier de déclenchement articulé et rappelé par ressort. Celui-ci, lorsqu'il est enclenché, main-

tient donc le pont d'un côté et ne lui permet d'osciller que dans un sens.

Dans ces conditions si l'on alimente la bobine du relais, le noyau attiré entraîne le pont mobile. Celui-ci ne peut osciller que dans un sens tel qu'il vient porter sur le contact fixe d'arrivée. Il en résulte que le courant est lancé dans l'enroulement auxiliaire d'excitation et dans l'induit. Cet induit attiré se déplace vers les masses polaires en même temps qu'il entre en rotation.

Le couple est faible et la rotation est lente en raison de la résistance élevée de l'enroulement auxiliaire d'excitation ; le pignon attaque ainsi la couronne sans heurt violent. L'induit poursuit son déplacement, et un disque de déclenchement fixé sur l'arbre, en bout du collecteur,

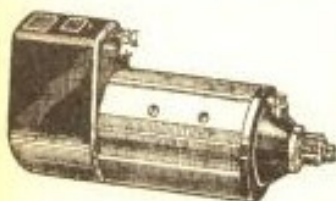


FIG. 1. — DÉMARREUR BOSCH A INDUIT COULISSANT. Vue extérieure.

vient soulever le levier de déclenchement qui retenait le pont mobile. Ce pont ainsi libéré vient porter sur le second contact fixe en fermant le circuit principal. Durant l'opération le pignon s'est engagé complètement dans la couronne et la machine peut développer utilement toute sa puissance. Le lancement s'effectue ainsi en deux temps, qui en pratique se suivent très rapidement.

L'accouplement limiteur de couple qui contrôle la liaison mécanique remplit automatiquement plusieurs fonctions : il fournit une mise en prise du pignon sans choc des dentures ; il assure la liaison mécanique entre le pignon et l'arbre d'induit lorsque ce pignon s'est engagé dans la denture ; il limite à une valeur définie, par glissement, le couple transmis et évite donc la surcharge ; enfin il joue un rôle identique à celui d'une roue libre, en supprimant la liaison mécanique, lorsque le moteur démarre et tend à entraîner le démarreur. Sa constitution très particulière est la suivante :

Sur l'arbre de la machine (fig. 4) est clavetée une cloche d'accouplement. En avant de cette cloche, donc sur le bout d'arbre, est enfilée à frottement doux, une douille dont une extrémité, taillée, constitue le pignon proprement dit, et dont l'autre extrémité porte un filetage extérieur à pas rapide qui se trouve ainsi situé dans la cloche. Sur le filetage de la douille vient se visser un manchon à épaulement. Un ressort à boudin, dit ressort de pignon, est monté sur l'arbre, il repousse ainsi vers l'extérieur la douille porte-pignon qui est arrêtée par un écrou de bout d'arbre. Le pignon est, dans ces conditions, monté « fou » sur l'arbre.

Une série de disques, en laiton, ou disques extérieurs, sont munis d'ergots extérieurs qui s'engagent dans deux rainures longitudinales que porte la cloche ; ces disques sont donc, en rotation, solidaires de cette cloche. Une autre série de disques, en acier, ou disques intérieurs, sont intercalés entre les précédents. Ils sont munis d'ergots intérieurs qui s'engagent dans

deux rainures longitudinales du manchon. Ils sont en conséquence solidaires en rotation de ce manchon. Derrière le dernier disque extérieur est placé un plateau de pression dont le bord extérieur peut venir s'appuyer sur les rondelles élastiques montées au fond de la cloche. Ces rondelles prennent elles-mêmes appui près du centre sur une bague intérieure. Devant le premier disque intérieur sont disposés de petits ressorts à boudin qui s'ap-

puient sur l'épaulement du manchon. Ils donnent au repos un serrage léger de l'ensemble des disques.

Lorsque dans ces conditions on alimente électriquement le démarreur, l'induit de celui-ci se déplace en tournant ainsi qu'il a été dit précédemment et le pignon vient attaquer la cou-

ronne dentée. Le fait que ce pignon est en rotation à vitesse faible sous un couple faible, conduit à un engagement aisé et sans choc.

Le pignon cependant s'immobilise dès qu'il est en prise avec le volant. Puisque l'induit reste en rotation, le manchon, entraîné lui aussi en rotation par la pression légère qui existe entre les disques extérieurs et intérieurs, se

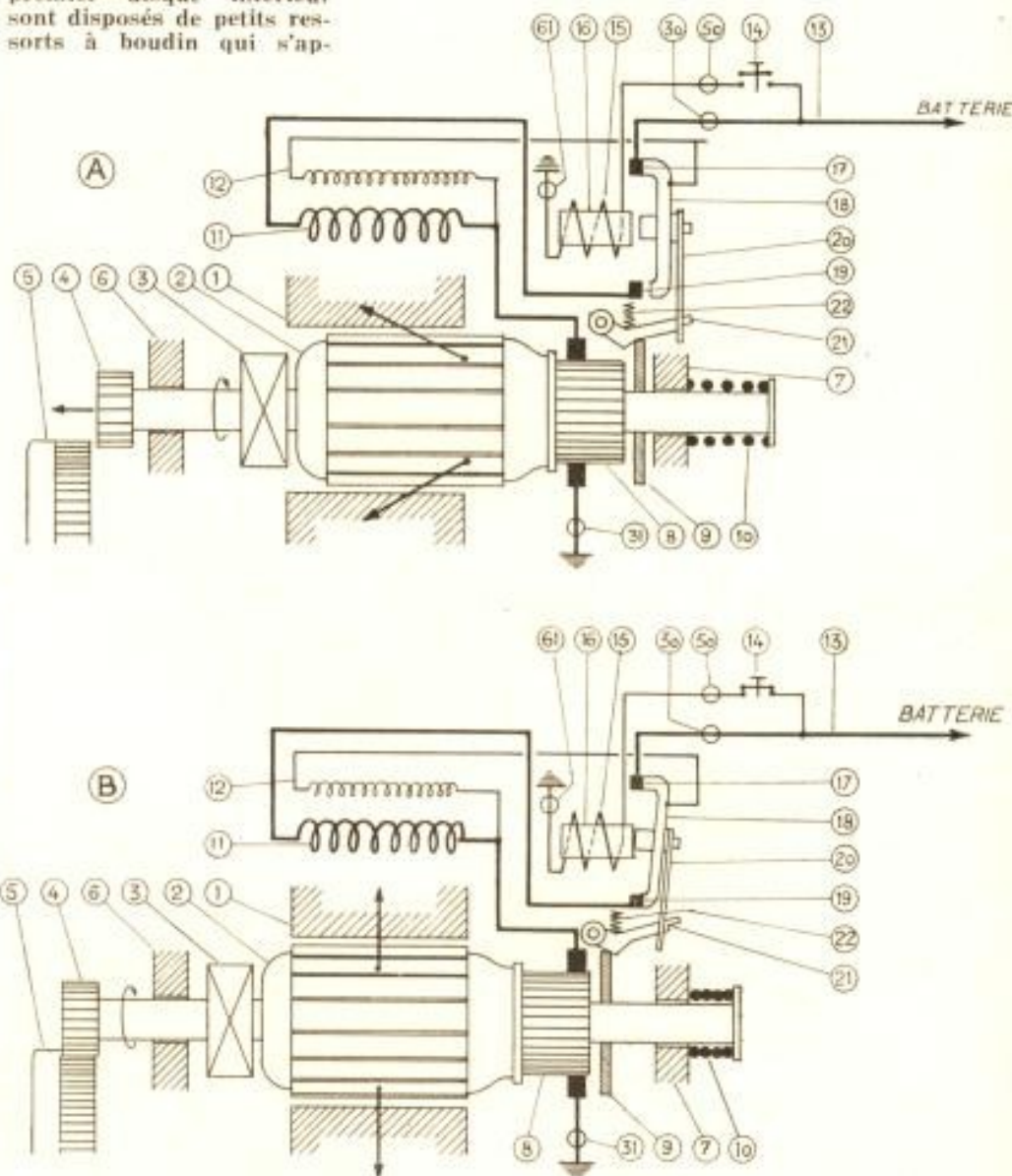


FIG. 3. — SCHÉMA INTERIEUR ET FONCTIONNEMENT ÉLECTRIQUES DU DÉMARREUR BOSCH.
1, masse polaire — 2, induit coulissant — 3, accouplement limiteur couple — 4, pignon — 5, couronne dentée du volant — 6, palier avant — 7, palier arrière — 8, collecteur — 9, disque de déclenchement — 10, ressort de rappel — 11, enroulement inducteur principal — 12, enroulement inducteur auxiliaire — 13, ligne d'alimentation — 14, bouton de commande du relais — 15, bobine du relais — 16, noyau — 17, contact fixe d'arrivée — 18, pont de contact — 19, contact fixe relié à l'enroulement inducteur principal — 20, bras de déclenchement — 21, cliquet de déclenchement — 22, ressort du cliquet — 30, 31, 50, 61, numérotation des bornes du démarreur.

A. Premier temps : Par la manœuvre du bouton 14, le pont 18 vient porter sur le contact 17 ; le circuit se ferme par l'enroulement auxiliaire 12 et l'induit 1 ; celui-ci est attiré par les masses polaires et commence à tourner.

B. Deuxième temps : En se déplaçant le disque 9 soulève le cliquet 21 ; le bras 20 est libéré et le pont 18 vient porter également sur les deux contacts 17 et 19. L'alimentation du démarreur est directe.

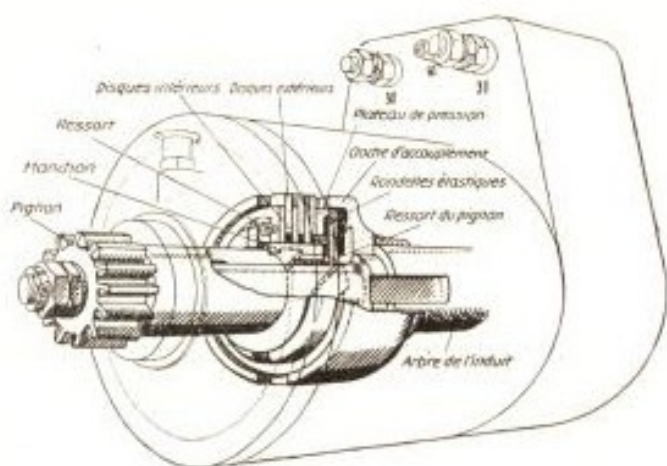


FIG. 1. — CONDITIONNEMENT DE L'ACCOUPLEMENT LIMITEUR DE COUPLE ANCIEN MODÈLE.

visse sur la douille du pignon. En se déplaçant il entraîne par son épaulement, l'ensemble des disques ; cet ensemble, maintenu sur le plateau de pression, lequel s'appuie sur les rondelles élastiques, est comprimé énergiquement. Il y a accouplement, par friction des disques, entre la cloche et le manchon ; la douille et son pignon sont en conséquence entraînés.

En supposant que le pignon ne s'engage pas directement et que ses dents butent sur celles de la couronne, il est par cela même immobilisé. Le manchon se visse alors sur la douille comme dans le cas précédent et le couple transmis au pignon devenant plus élevé, celui-ci se décroince en tournant légèrement et s'engage dans la denture. Il faut noter que la pression entre les dents reste faible ; elle est déterminée par le ressort de pignon et non

pas par l'effort d'attraction de l'induit sous les masses polaires. A ce point de vue un perfectionnement qui est indiqué plus loin, a été apporté au dispositif dans les derniers modèles et rend le fonctionnement absolument sûr.

Lorsqu'en cours de lancement il se produit une surcharge, par brusque augmentation de la résistance mécanique du moteur pour une raison quelconque, le couple devient plus élevé que celui pour lequel sont tarées les rondelles élastiques.

Sous l'effort le manchon se visse encore davantage sur la douille ; mais sa longueur et la forme de son extrémité sont tels, qu'il vient buter sur les rondelles élastiques.

Ces rondelles se déforment plus qu'elles ne l'étaient déjà et leur bord extérieur tend à s'écarter du bord extérieur du plateau

de pression. Le serrage des disques entre eux diminue en conséquence ; l'accouplement devient glissant et le couple demandé au démarreur est ainsi limité.

On conçoit d'autre part que, si le moteur étant lancé, on laisse le démarreur en action, en ne lâchant pas suffisamment tôt le bouton de commande, le sens de l'effort s'inverse puisque c'est le moteur qui tend à entraîner le démarreur. Le manchon tend alors à se visser en sens inverse du sens précédent. Il s'ensuit qu'il y a déengagement des disques entre eux. La liaison mécanique disparaît. Le pignon reste bien lui entraîné par la couronne, mais l'induit ne dépasse pas la vitesse correspondant au fonctionnement à vide du démarreur.

Le retrait du pignon hors de la couronne s'opère automatiquement lorsqu'on coupe l'alimentation du relais, qui lui coupe à son tour le circuit principal, tandis que le ressort central rappelle l'induit en position de repos. Dans l'accouplement l'inversion de l'effort fait que le manchon se dévisse et que les disques s'écartent ; au repos il ne subsiste d'autre action que celui des ressorts du manchon qui maintiennent les disques en contact et les empêche de vibrer, et celui du ressort de pignon légèrement bandé.

La disposition décrite est exactement celle des démarreurs type BGP et BNF. Dans les démarreurs BNG et BPD, plus récents et plus puissants, l'accouplement a subi une légère modification. Celle-ci a trait, comme il a été signalé plus haut, à l'engagement du pignon et elle a directement pour objet d'empêcher absolument qu'aucun couple important ne puisse être transmis au pignon tant que celui-ci n'est pas engagé dans la couronne d'une longueur choisie et qui est de 2 à 3 mm en pratique.

La construction générale de l'accouplement reste ce qu'elle était. Toutefois (fig. 5) le dernier des disques extérieurs mis en place sur la cloche d'accouplement, est différent des précédents ; il comporte une partie circulaire extérieure à la cloche, et est nommé disque de butée. Dans le palier du dé-

marreur est fixée en outre une bague de butée qui limite vers l'intérieur du démarreur la position extrême de ce disque de butée. Celui-ci ne peut donc reculer, sous l'action du manchon qui se visse, au-delà de cette position limite.

En conséquence il faudra qu'en fonctionnement l'induit, ainsi que la cloche d'accouplement et le pignon, se soient déplacés d'une valeur suffisante (correspondant à une mise en prise de 2 à 3 mm) pour que le disque de butée soit rendu libre de déplacer lui aussi, par rapport à la cloche, en subissant et en transmettant aux autres disques l'effort de translation fourni par le manchon.

▲

Avec le montage examiné en premier lieu il est en effet à redouter, sur un ensemble usagé, déréglé, mal graissé, lorsque les dents du pignon heurtent celles de la couronne sans s'engager, que l'accroissement du couple, résultant du vissage du manchon, soit tellement rapide que l'engagement n'ait pas le temps de se produire ; le pignon tourne alors en frottant sur la couronne au grand détriment des dentures.

Cet accident ne peut avoir lieu avec la seconde disposition. Si le pignon bute sur le volant et que le léger couple et la légère pression exercée ne suffisent pas à le décroincer, le disque de butée reste appliqué sur la bague de butée puisque le pignon ne peut avancer. Les disques ne sont pas pressés l'un contre l'autre ; l'embrayage ne fonctionne pas mais il n'y a aucune détérioration à redouter. Il suffit de renouveler cet essai infructueux. Il faut aussi faire rectifier les dentures qui sont certainement en mauvais état.

▲

Les modèles BNG et BPD sont réalisés en diverses puissances. Les démarreurs que l'on monte principalement sur les camions à l'époque actuelle sont du type BNG de 2,5 ch-12 V, avec carcasse de diamètre 125 mm ; du type BNG de 4 ch-24 V, avec carcasse de 125 mm et du type BPD de 6 ch-24 V, avec carcasse de 150 mm.

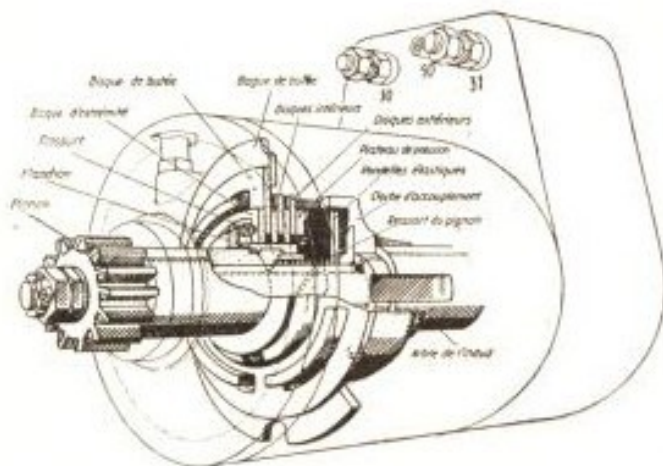


FIG. 5. — CONDITIONNEMENT DE L'ACCOUPLEMENT LIMITEUR DE COUPLE NOUVEAU MODÈLE.

LE MATÉRIEL AMÉRICAIN

L'EMPLOI du moteur diesel est en Amérique relativement restreint. La dépense de combustible ne dirige pas là-bas comme chez nous, le choix des constructions. Le prix de l'essence n'étant pas élevé on n'y cherche pas à faire de petites économies en construisant, ainsi qu'on le fait en Europe, des moteurs diesel de puissance réduite. Le moteur à essence plus facile à construire, plus souple lors de l'usage, est utilisé autant qu'il est possible.

Il n'y a que dans le cas des véhicules de grosse taille que le diesel puisse apporter un bénéfice digne d'intérêt. Il ne trouve donc place que sur les gros camions de transport routier, les cars à grand rayon d'action, les autorails. La construction de ces engins ne correspond qu'à une très faible proportion de l'activité de l'industrie automobile américaine.

Néanmoins compte tenu de la puissance, de l'importance du pays, les matériels américains établis pour l'équipement des moteurs diesels sont encore très divers et très nombreux. On ne les emploie guère en France et ceux que par hasard on rencontre sur des véhicules importés sont rarement de type analogue. Il ne semble donc pas qu'il y ait une grande utilité pratique à décrire ou à étudier de près la fabrication américaine ; seuls les constructeurs d'équipements électriques pourraient en tirer quelque avantage.

Nous nous proposons donc de ne donner à titre documentaire que quelques indications générales sur la conception des équipements dont il s'agit et en particulier sur la réalisation des démarreurs.

Les démarreurs américains ne présentent dans leur construction rien qui ne soit classique et connu. Les machines sont généralement assez peu poussées ; elles sont de fort diamètre. Cela tient d'une part à ce que l'économie de matière ou la réduction de l'encombrement ne sont pas des points primordiaux, et d'autre

part à ce qu'il existe toujours en Amérique une certaine répugnance à accroître la tension. Or, une tension faible conduit à une intensité forte donc à des conducteurs encombrants, de forte section.

Les machines sont assez fréquemment hexapolaires avec autant de balais que de pôles. Ce sont des moteurs série normaux. Il est fort peu de modèles à excitation auxiliaire, destinée à faire tourner au début du

ment du relais de démarrage comme on le verra plus loin.

En raison des couples élevés exigés par les diesels de forte taille la mise en prise du pignon s'effectue toujours par commande positive, c'est-à-dire par déplacement commandé du pignon. Sauf exception rare cette commande est obtenue à l'aide d'un relais. Le procédé est, on le sait, très pratique et très sûr : il donne plus de liberté pour le montage du démarreur et il évite les fausses manœuvres de l'usager.

Ce relais est en général un électro-aimant à noyau plongeur qui agit comme contacteur et actionne un levier à fourchette. La douille qui porte le pignon se déplace sur une vis à pas rapide taillée dans l'arbre afin de faciliter l'entrée en prise.

Le pignon est de façon connue, poussé par un ressort qui assure son maintien élastique et il est lié à un dispositif à friction limiteur de couple ; la fourchette agit en général sur une poulie solidaire de la douille du pignon.

Assez particulier est le système Dyer (fig. 1) construit par Delco et employé par la General Motors C^o sur de nombreux modèles. On le trouve sur diverses voitures à essence importées en France. Il assure l'éjection automatique du

FIG. 1. — LA COMMANDE POSITIVE DYER EN POSITION D'ENGRENEMENT. 1, manchon à fentes hélicoïdales — 2, fourchette — 3, douille du pignon — 4, arbre portant un filetage à pas rapide — 5, ressorts intérieurs — 6, couronne dentée.

Les équipements de camions sous 6 V n'ont pas encore disparu. Pour les moteurs énormes employés sur certains véhicules, il a bien fallu cependant admettre 24 V et même parfois plus.

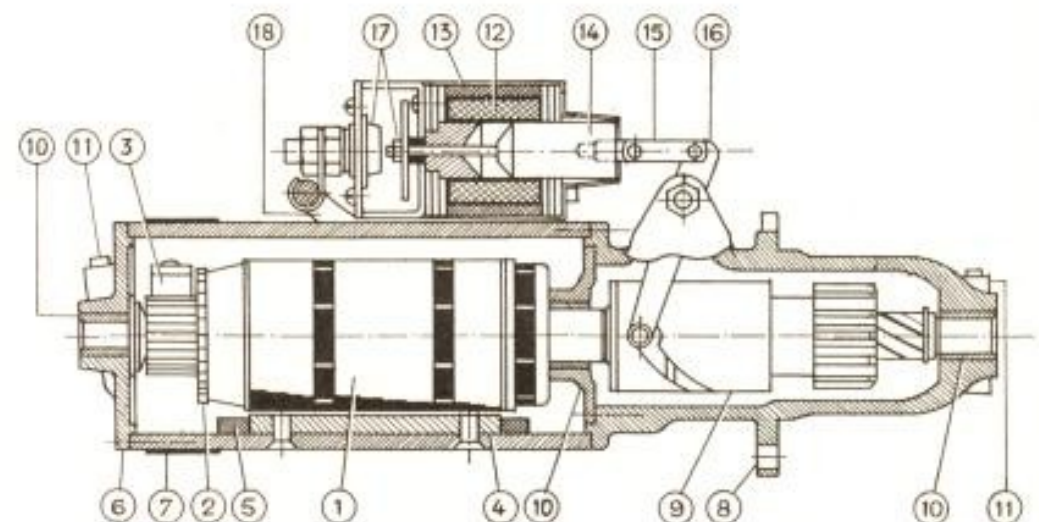


FIG. 2. — ENSEMBLE DU DÉMARREUR DELCO AVEC COMMANDE MÉCANIQUE DYER. 1, induit — 2, collecteur — 3, balai — 4, museau polaire — 5, bobine d'excitation — 6, palier arrière — 7, vis de fixation — 8, carter de pignon — 9, lanceur Dyer — 10, contacts fixes — 11, graisseur — 12, enroulement d'appel — 13, enroulement de maintien — 14, noyau plongeur — 15, bielle articulée — 16, levier à fourchette — 17, dispositif de contact — 18, câble d'alimentation.

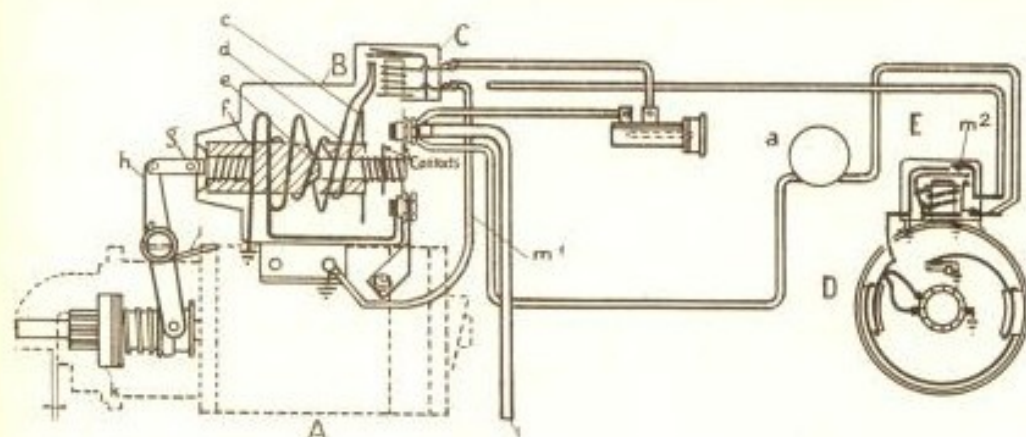


FIG. 3. — MONTAGE DE RELAIS DOUBLE SUR DÉMARREUR.

A, démarreur — B, relais de démarrage — C, relais de manœuvre — D, dynamo — E, joncteur-disjoncteur — F, bouton de lancement — a, ampèremètre — b, contacts fixes et disque de liaison — c, enroulement d'appel — d, enroulement de maintien — e, tige de commande du disque b — f, plongeur — g, batière — h, levier à fourchette — i, ressort de rappel — j, jeu à fin de course — k, accouplement limiteur de couple — l, câble de démarrage — m1, mise directe à la masse de la bobine du relais — m2, mise à la masse à travers l'induit de la dynamo, de la bobine du relais.

pignon dès le départ du moteur et évite ainsi l'entraînement à grande vitesse du démarreur.

Dans ce dispositif la fourchette s'engage dans les deux fentes hélicoïdales que porte un manchon ; ces fentes sont à leur extrémité élargies pour permettre la poussée axiale de la fourchette ; le manchon est lié par un système à ressort à la douille du pignon qui coulisse sur l'arbre fileté à la façon ordinaire. La mise en prise est donc normale. Quand le moteur part et que l'effort s'inverse la brusque accélération du pignon par rapport à l'arbre du démarreur fait sauter la fourchette hors des dégagements d'extrémité des fentes hélicoïdales ; celles-ci permettent le retour en arrière du manchon et la libération du pignon, même si la fourchette reste en sa position de travail, c'est-à-dire si on ne coupe pas en temps utile le courant du relais de lancement.

Les relais sont toujours très puissants puisqu'ils ont à assurer la manœuvre du pignon, et présentent quelques diversités de montage électrique.

Ils possèdent normale-ment une bobine d'attrac-

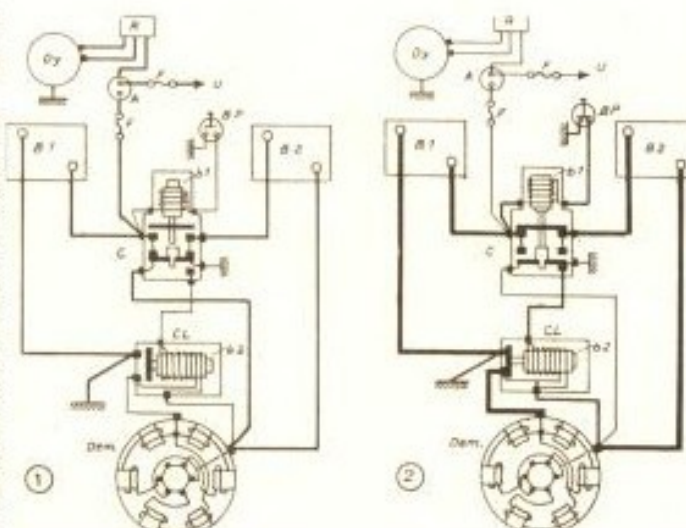


FIG. 4. — COUPLEUR ÉLECTROMAGNÉTIQUE DELCO AVEC CONTACTEUR DE DÉMARRAGE ASSERVÉ.

1, circuits utiles en service normal — 2, circuits utiles lors du lancement — B1, B2, batteries — C, coupleur électromagnétique — CL, contacteur de lancement — Dem, démarreur 24 V — BP, bouton de commande — Dy, dynamo 12 V — R, régulateur — A, ampèremètre — U, utilisation — F, fusible — b1, bobine de coupleur sous 12 V — b2, bobine de contacteur de lancement à 2 enroulements dont un sous 24 V et l'autre en série avec le démarreur.

tion à deux enroulements : l'un très puissant détermine un appel énergétique du noyau puis est court-circuité à fin de course ; l'autre plus résistant, donc de consommation faible, reste

en service tant qu'on presse le bouton de lancement et assure le maintien du noyau après attraction.

Très fréquemment le relais de démarrage est com-

mandé et contrôlé par un second relais de manœuvre. L'ensemble des deux relais est monté sur le démarreur. Le relais de manœuvre, à un seul enroulement, est mis en service par le bouton de tableau. Il est contrôlé par des dispositions de sécurité tels que les suivants : branchement de la sortie de son bobinage à l'entrée du joncteur-disjoncteur de la dynamo et le circuit n'est ainsi fermé à la masse (à travers l'induit dynamo) que si la machine ne tourne pas (moteur à l'arrêt) et n'est pas amorcée ; utilisation d'une capsule manométrique actionnée par la pression d'huile et qui en régime de marche coupe le circuit du relais de manœuvre.

Ce dernier est muni de contacts capables de laisser passer un courant important. Ceci permet de donner au premier enroulement du relais de démarreur une résistance très faible ; comme cet enroulement est en série dans le circuit de travail du démarreur, ce dernier parcourt par un courant appréciable entre en rotation aussitôt. La mise en prise du pignon est ainsi facilitée. Ce premier enroulement est évidemment court-circuité à fin de course du noyau et l'action de maintien du second enroulement en fin subsiste seule.

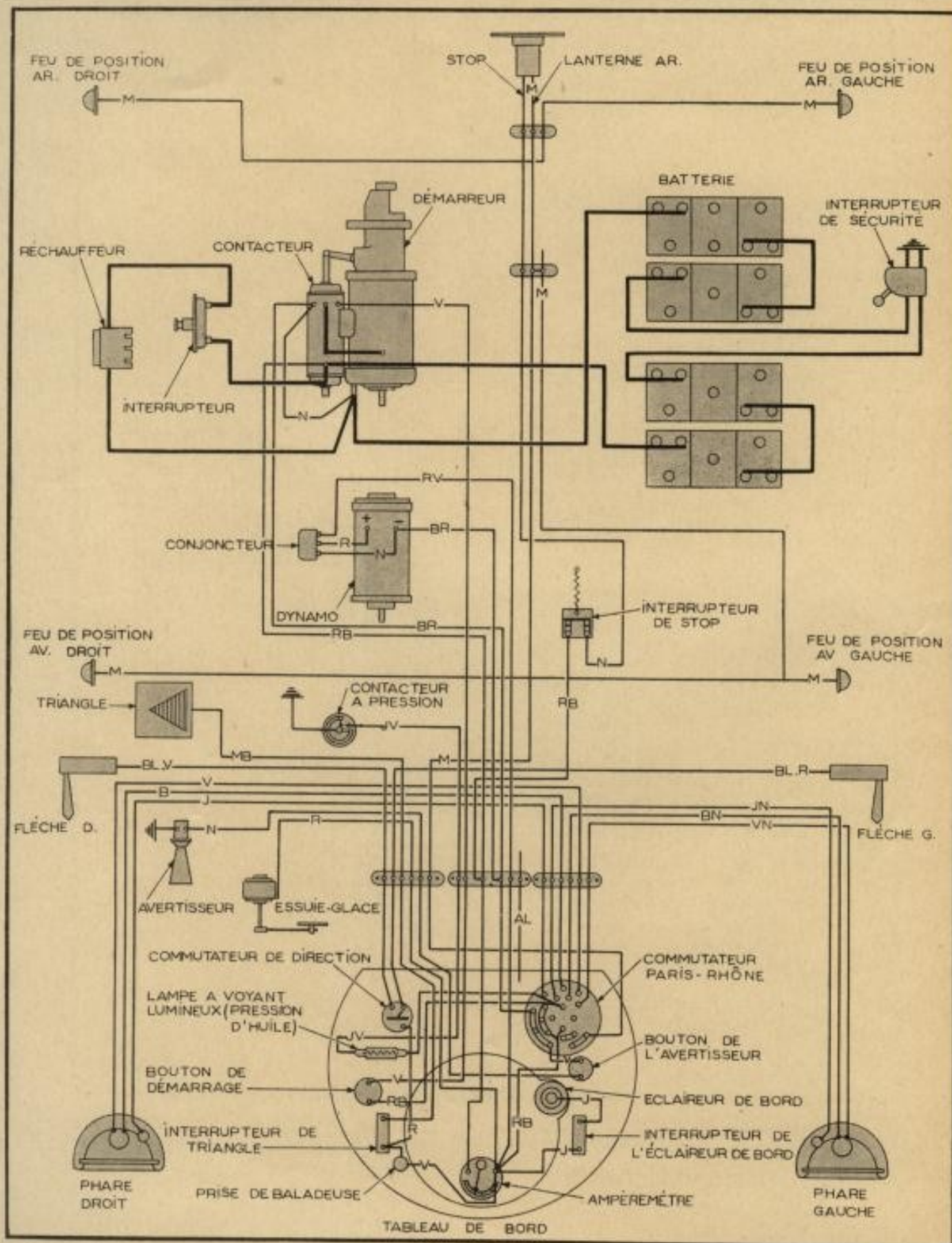
Les coupleurs de batterie américains sont, on peut dire toujours, à commande électromagnétique. C'est le coupleur qui par son fonctionnement alimente en fin de course le relais de démarrage. La fig. 5 donne en exemple le schéma de montage d'un ensemble 12/24 V réalisé par Delco. On y remarque que le relais de manœuvre est alimenté sous 12 volts et mis en service par le bouton du tableau de bord. Le relais de démarrage est alimenté sous 24 volts, il comporte comme de coutume deux enroulements dont l'un est court-circuité à fin de course.

SCHÉMAS DE CABLAGES ÉLECTRIQUES

TYPES DES CHASSIS	PAGES	TYPES DES CHASSIS	PAGES
BERLIET tous types	30	PANHARD Zuvic, Novic	41
DELAHAYE 163 D	31	RENAULT 208 Di	42
CITROEN 45 Di	32-33	RENAULT 4080	43
DIAMOND 980, 6×4	34	ROCHET-SCHNEIDER 455	44
FIAT 626	35	ROCHET-SCHNEIDER 465	45
FIAT 666	36	SAURER 3 CT1D	46
LATIL H 1 - H 2	37	SAURER 8 BUD	47
LATIL H 2 F - H 14	38	SOMUA JL 15	48
MACK NR	39	UNIC ZU 50	49
MERCEDES OM 65	40	WILLEME L 10, R 15	50

TYPES ZUVIC - NOVIC

PANHARD



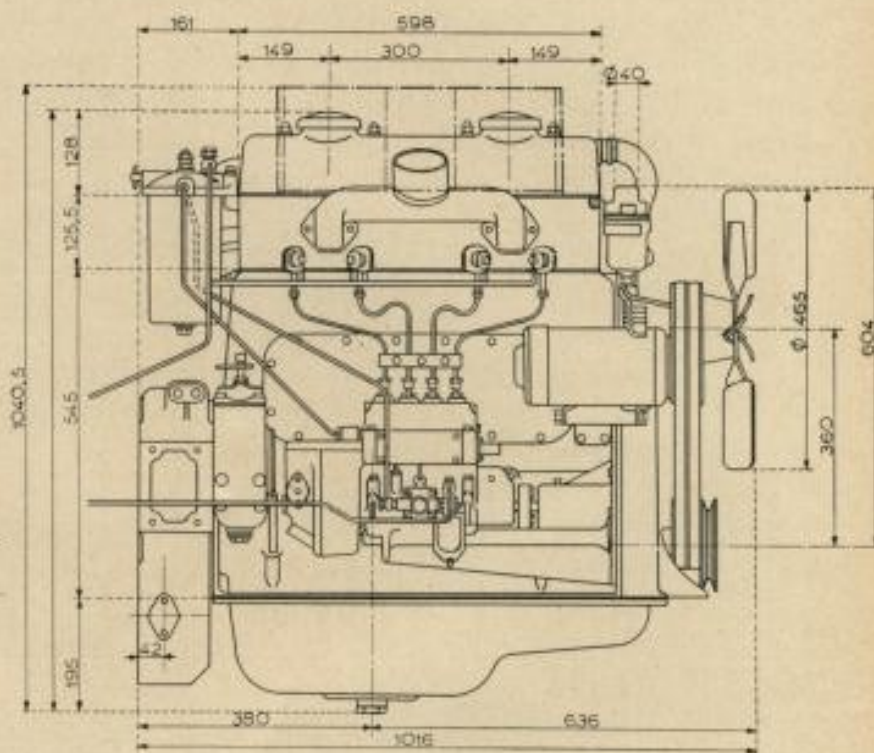
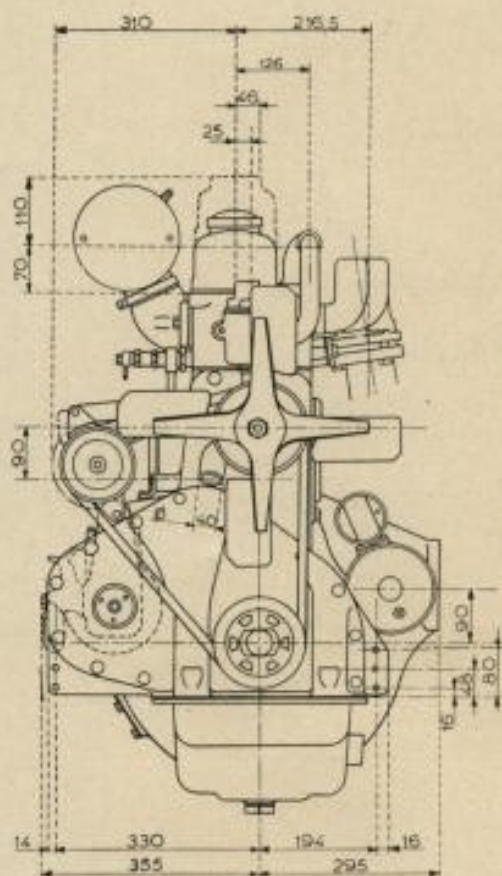
EQUIPEMENT ÉLECTRIQUE « LAVALETTE »
 DYNAMO type RKE 200/12 950 DF5, puissance 200 w.
 DEMARREUR type BPD 4/24 ADF 26 M4.

EQUIPEMENT ÉLECTRIQUE « PARIS-RHÔNE »
 DYNAMO type GS 136.
 DEMARREUR type D 15 E 15.

4 BATTERIES 6 volts, 150 ampères. COUPLEUR Lavalette SSH 13/12 F1.

PANHARD

ENCOMBREMENT



CARACTÉRISTIQUES

Puissance fiscale : 15 CV.

Nombre de cylindres : 4.

Alésage : 110 mm.

Course : 150 mm.

Cylindrée : 5.700 cc.

Puissance effective : 80/85 CV à 2.000 tr/min.

Contenance du carter moteur : 10 litres.

Régime maximum : 2.000 tr/min.

Système d'injection : cellule Lanova.

Rapport volumétrique : 15.

VOIR LA SUITE AU VERSO →

RÉGLAGES

Injection

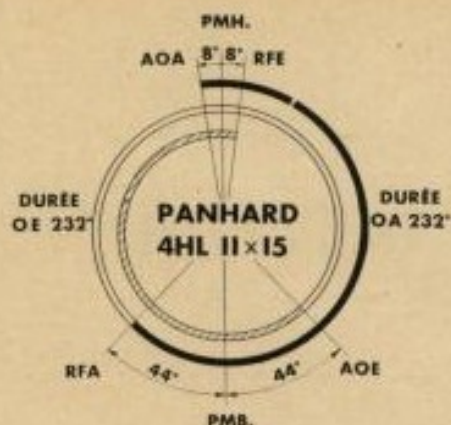
Avance à l'injection : fin d'injection 12° avant PMH.
Ordre d'injection : 1-3-4-2.

Distribution

CALAGE	Degrés
Avance ouverture admission :	8°
Retard fermeture admission :	44°
Avance ouverture échappement :	44°
Retard fermeture échappement :	8°

REGLAGES DES CULBUTEURS

Jeu pratique : A : 0,20 mm.
(à chaud) : E : 0,30 mm.
Jeu théorique : A : 0,60 mm.
(pour vérifier la distribution) : E : 0,60 mm.



Calage de la distribution

JEUX ET COUPLES DE SERRAGE

Coussinets de palier	jeu latéral : 0,15 mm. jeu diamétral : 0,12 mm.
Couple de serrage des goujons de palier : 27 m/Kg.	
Coussinets de bielle	jeu latéral : 0,10 à 0,14 mm. jeu diamétral : 0,10 mm.
Couple de serrage de boulons de bielles : 8 m/Kg.	
Jeu à la coupe des segments	étanchéité : 0,3 mm. racleur : 0,3 mm.
Jeu des soupapes dans leur guide : 0,07 à 0,08 mm.	
Couple de serrage de la culasse	1° serrage : 17 m/Kg. 2° serrage : 17 m/Kg.

ÉQUIPEMENTS

LAVALETTE

Pompe injection : PE 4 B 80 D 414 D O 12 F 14.
Injecteurs : DN 4 S 501.
Pression de tarage des injecteurs : 140 Kg/cm².
Porte injecteur : KD S 2 SA 252 F 4.
Pompe alimentation : FP/K 22 BF 2 M 4.
Filtre combustible : FA 11 PF 1 M 4.
Dynamo : RKE 200/12/950 DF 5.
Démarreur : BPD 6/24/ADF 26 M 4.
Batteries : 4 de 6 volts, 150 Amp/h.
Coupleur : SS H 13/1 Z F 1.

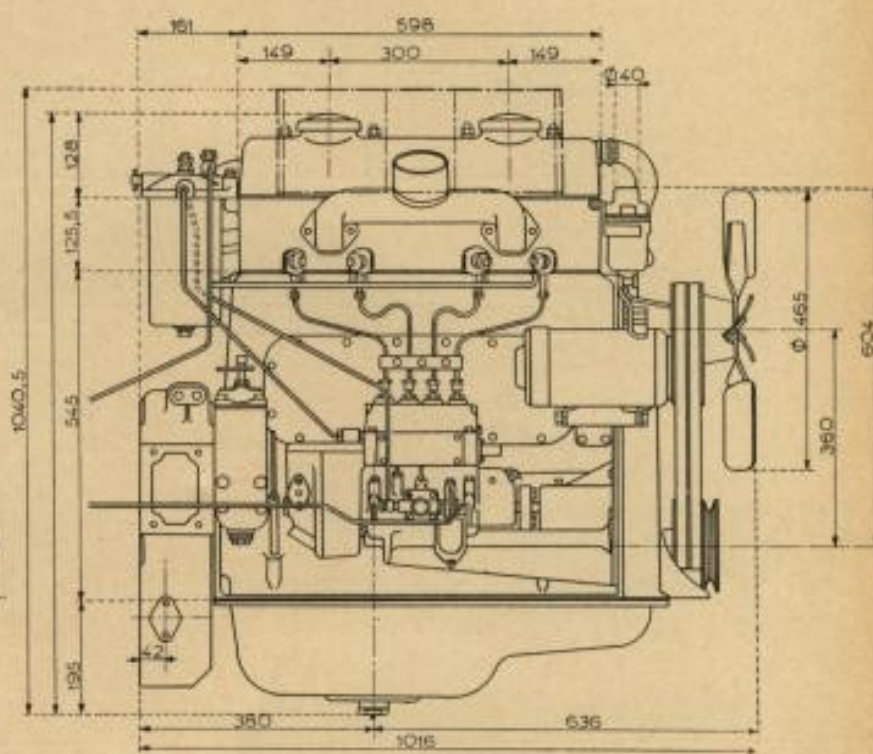
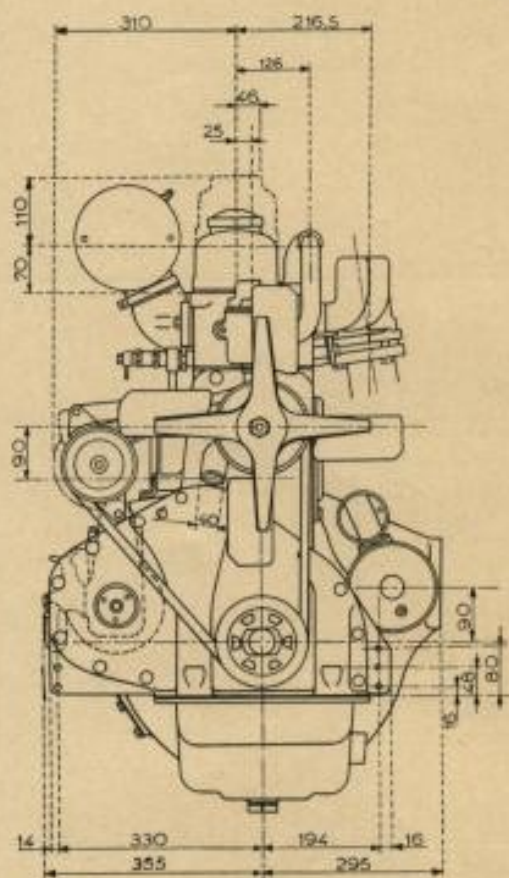
P. M.

Pompe d'injection : AFZ 4 EDG 75 AB.
Dispositif d'avance : néant.
Régulateur : maxi-mini E 250/1000.
Injecteurs : 4 G 10 R.
Pression de tarage des injecteurs : 150 Kg/cm².
Porte injecteur : BP 80 C 105.
Pompe alimentation : LG.
Préfiltre : FZ 2.
Filtre : US.

TYPE 4HL12x15

PANHARD

ENCOMBREMENT



CARACTÉRISTIQUES

Puissance fiscale : 18 CV.

Nombre de cylindres : 4.

Alésage : 120 mm.

Course : 150 mm.

Cylindrée : 6.800 cc.

Puissance effective : 100 CV à 2.000 tr/min.

Contenance du carter moteur : 10 litres.

Régime maximum : 2.000 tr/min.

Système d'injection : cellule Lanova.

Rapport volumétrique : 15.

VOIR LA SUITE AU VERSO →

RÉGLAGES

Injection

Avance à l'injection : fin d'injection : 3 à 5° avant
PMH.

Ordre d'injection : 1-3-4-2.

Distribution

CALAGE	Degrés
Avance ouverture admission :	8°
Retard fermeture admission :	44°
Avance ouverture échappement :	44°
Retard fermeture échappement :	8°

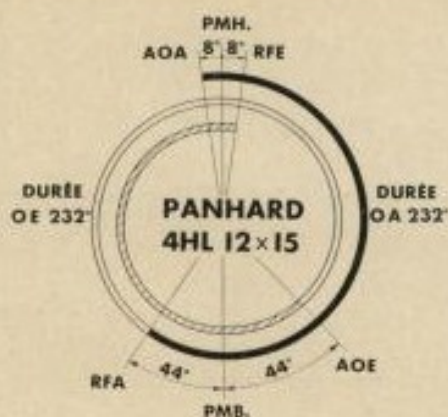
REGLAGES DES CULBUTEURS

Jeu pratique : A : 0,20 mm.

(à chaud) : E : 0,30 mm.

Jeu théorique : A : 0,60 mm.

(pour vérifier la distribution) : E : 0,60 mm.



Calage de la distribution

JEUX ET COUPLES DE SERRAGE

Coussinets de palier

Couple de serrage des goujons de palier : 27 m/Kg.

Coussinets de bielle

Couple de serrage de boulons de bielles : 10 m/Kg.

Jeu à la coupe des segments

Jeu des soupapes dans leur guide : 0,07 à 0,08 mm.

Couple de serrage de la culasse

jeu diamétral : 0,12 mm.

jeu latéral : 0,15 mm.

jeu latéral : 0,10 à 0,14 mm.

jeu diamétral : 0,10 mm.

étanchéité : 0,3 mm.

racleur : 0,3 mm.

1^{er} serrage : 17 m/Kg.

2^e serrage : 17 m/Kg.

ÉQUIPEMENTS

PARIS-RHONE

Dynamo : PARIS-RHONE GS 136.

Démarrreur : PARIS-RHONE.

Batteries : 4 de 6 volts, 150 Amp/h.

P. M.

Pompe d'injection : AFZ 4 EOG 80 AB ou AF 4 80 abod.

Dispositif d'avance : Od 4.

Régulateur : E 250/1000.

Injecteurs : 4 G 10 R.

Pression de tarage des injecteurs : 150 Kg/cm².

Porte injecteur : BP 80 C 105.

Pompe alimentation : LG.

Préfiltre : FZ 2.

Filtre : US.