

ÉCOLE D'APPLICATION D'ARTILLERIE

Organisation et Fonctionnement
des
**Véhicules
automobiles**

PAR

PIERRE PRÉVOST

Chef d'Escadron d'Artillerie
Ancien élève de l'École Polytechnique

TOME I

Le Moteur

DEUXIÈME ÉDITION

ÉCOLE CENTRALE DE LILLE



D0000010101

IMPRIMERIE
DE L'ÉCOLE D'APPLICATION D'ARTILLERIE
DE FONTAINEBLEAU

1928

Dewey = 629.222 # PRE,

44530. H

Hommage de l'auteur

Pierre Breton

Handwritten text, possibly a signature or name, written in cursive script. The text is oriented vertically and appears to read "H. M. de la Roche" and "D. de la Roche".

ÉCOLE D'APPLICATION D'ARTILLERIE

Organisation et Fonctionnement

des

Véhicules automobiles

PAR

PIERRE PRÉVOST

Chef d'Escadron d'Artillerie

Ancien élève de l'École Polytechnique

TOME I

Le Moteur

DEUXIÈME ÉDITION

IMPRIMERIE
DE L'ÉCOLE D'APPLICATION D'ARTILLERIE
DE FONTAINEBLEAU

1928

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'INGÉNIEURS

ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT

Véhicules automobiles

PAR M. L. LAURENT

PROFESSEUR À L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'INGÉNIEURS
DE LYON

TOME I

Le Moteur

PARIS

ÉDITIONS
M. LAURENT

CHAPITRE I

LA VOITURE AUTOMOBILE

Il existe ou a existé des véhicules automobiles mus par des machines à vapeur et par des moteurs électriques; mais les plus répandus sont pourvus d'un moteur dit « à explosions ». Notre étude portera uniquement sur ce type et surtout sur les voitures munies de moteurs à quatre temps.

Dans tout véhicule automobile, on distingue les éléments suivants :

1° Le *châssis* ou *cadre* qui joue le rôle de support des différents organes;

2° Le *moteur*, qui fournit le travail nécessaire pour mouvoir le véhicule;

3° Les organes de *transmission* du mouvement créé par le moteur;

4° Les organes de *direction*;

5° Les organes de *freinage*;

6° Les *roues* qui sont les organes d'utilisation du mouvement;

7° Les organes de *suspension, poussée et réaction* qui unissent les roues et le châssis;

8° La *carrosserie*;

On sait que le moteur est un organe qui transforme en travail l'énergie contenue dans un carburant qui est, en général, de l'essence. Le moteur proprement dit se compose de *cylindres*, à l'intérieur de chacun desquels se déplace un *piston* dont le mouvement, rectiligne et alternatif, est transmis par une *bielle*

à un arbre coudé, le *vilebrequin*, ainsi animé d'un mouvement de rotation régularisé par un *volant*.

Mais l'essence ne peut être introduite directement dans le cylindre; il faut qu'elle soit d'abord réduite à l'état de vapeur, ou tout au moins de gouttelettes extrêmement divisées, constituant une sorte de brouillard, susceptible de se vaporiser rapidement.

Il faut aussi qu'elle soit mélangée à une quantité d'air *suffisante pour que sa combustion totale soit possible*, et que le mélange soit suffisamment homogène.

L'organe chargé de fournir aux cylindres le mélange combustible d'essence et d'air, de le doser convenablement à tous les régimes du moteur et de le brasser est le *carburateur*, alimenté lui-même en essence par un *réservoir*.

Le mélange introduit dans le cylindre ne peut brûler sans être allumé par une étincelle électrique, éclatant grâce au courant à haute tension (ou exceptionnellement basse) produit généralement par une *magnéto*. Quelquefois le courant nécessaire est fourni par des piles ou des accumulateurs, et transformé par un transformateur. Dans tous les cas il faut un système d'*allumage*.

Le moteur est constitué par un ensemble de pièces métalliques en mouvement. Ces pièces ont donc besoin d'être graissées et la voiture automobile devra comporter un dispositif de *graissage* du moteur, sans préjudice des dispositifs de graissage des organes de transmission et d'utilisation.

En raison de la décomposition au-dessus de 200° à 250°, des huiles employées, il faut que les pièces du moteur susceptibles d'atteindre une température supérieure soient refroidies pour en permettre le graissage. Ce *refroidissement* améliore, d'ailleurs, le *rendement* mécanique du moteur, en évitant les dilatations excessives qui produiraient des grippements.

La voiture automobile doit donc porter un système de refroidissement du moteur.

Le moteur fait tourner « l'arbre moteur » ou vilebrequin. Cet arbre est généralement disposé parallèlement au plan de symétrie de la voiture. Il faut transformer le mouvement de rotation de cet arbre en un mouvement de rotation des roues motrices, qui sont généralement les roues arrière. Ces roues sont réunies par une sorte d'arbre divisé en plusieurs parties, et perpendiculaire à l'arbre moteur; il constitue l'essieu, qui peut être non

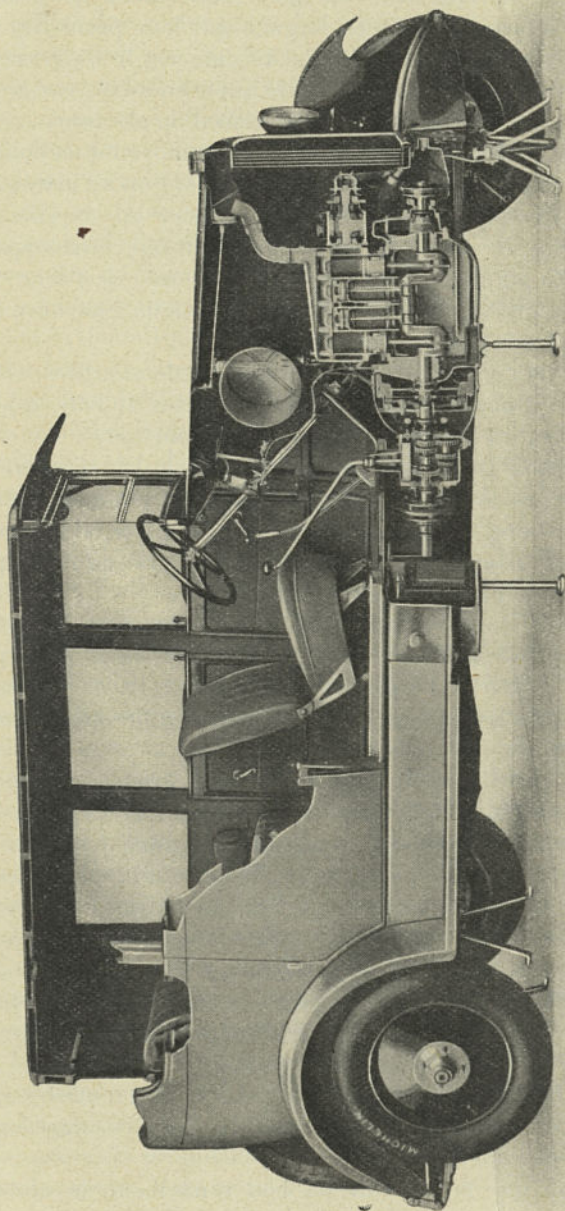


FIG. 1. — Coupe d'une voiture Citroën (type B-14).

seulement moteur, mais porteur. Les roues motrices, liées par cet essieu, doivent recevoir leur mouvement de l'arbre moteur par l'intermédiaire d'un organe qui leur permettra de tourner à des vitesses différentes. Cet organe est le *différentiel*, recevant son mouvement de la coquille qui le contient (carter du différentiel) et qui tourne elle-même autour d'un axe transversal.

Ce mouvement de la coquille est obtenu au moyen d'un couple de pignons coniques (couple conique), calés, l'un à l'extrémité de l'arbre de transmission, l'autre sur le carter ou coquille du différentiel et affectant la forme d'une couronne enveloppant cette boîte. Le pignon conique calé à l'extrémité de l'arbre de transmission peut être remplacé par une vis sans fin : la couronne est alors remplacée par une roue.

L'ensemble de ces organes de transmission (demi-arbres, différentiel, couple conique) repose généralement sur un bâti, appelé pont arrière, qui est en même temps l'essieu porteur.

Les demi-arbres sortant du différentiel ne constituent généralement pas un essieu porteur. Ils constituent toujours le système d'entraînement des roues, soit directement, soit par l'intermédiaire d'autres arbres (arbres à cardans latéraux), soit par l'intermédiaire de pignons dentés et de chaînes.

Dans le cas de transmissions à chaînes, ou transversales à cardans, il n'y a pas de pont arrière, le différentiel étant porté par le cadre. On dit qu'il est suspendu, alors que dans le cas ordinaire des transmissions longitudinales à cardans, le différentiel, porté par le pont arrière, n'est pas suspendu.

L'arbre moteur tourne à une vitesse très grande, rarement inférieure à 1.600 tours à la minute. Les roues doivent tourner à des vitesses très inférieures. Une voiture qui aurait des roues de 0^m, 80 de diamètre, soit à peu près 2^m, 50 de tour (2^m, 513), tournant à 1.600 tours à la minute, ferait 240 kilomètres à l'heure. Il faut donc entre l'arbre moteur et les roues interposer des organes démultiplicateurs, surtout si le véhicule est pourvu de grandes roues et doit aller lentement (camion). Ces organes démultiplicateurs sont des engrenages; en particulier le couple conique — ou le couple couronne-vis sans fin — qui est l'intermédiaire du mouvement entre l'arbre de transmission et le différentiel, sert à la démultiplication, qui peut être complétée par des engrenages démultiplicateurs spéciaux.

Nous verrons que pour avoir un bon rendement, le moteur

doit tourner à une vitesse voisine de sa *vitesse de régime*, c'est-à-dire de la vitesse moyenne pour laquelle il est construit, et que sa vitesse doit rester entre des vitesses limites déterminées, pour qu'il ne vibre pas, ne cogne pas et ne soit pas exposé à *caler*. Mais les obstacles que rencontre le véhicule, vent, pente, boue, etc..., tendent à modifier sa vitesse et par suite celle du moteur.

Il faut donc interposer, entre l'arbre moteur et les roues, un dispositif permettant de faire varier le rapport de leurs vitesses. Ce dispositif s'appelle *changement de vitesse*; il est constitué par des trains d'engrenages contenus dans la boîte de vitesses. Il permettra de faire rouler la voiture lentement au départ pour ne lui donner que progressivement sa vitesse maximum en changeant la démultiplication employée.

La boîte de vitesse permet également d'établir et de supprimer la liaison entre l'arbre moteur et la voiture, condition nécessaire aux modifications que doit subir cette liaison. Elle est donc aussi l'*organe essentiel de liaison entre moteur et voiture*, qui sont indépendants quand la boîte de vitesses est dans la situation dite point mort.

Le fonctionnement de la boîte de vitesses, c'est-à-dire la séparation ou l'union des pignons dentés calés l'un sur un arbre lié à l'arbre moteur et l'autre sur un arbre lié à l'essieu du moteur, c'est-à-dire à la voiture, n'est possible sans danger de rupture que si l'un des arbres peut tourner fou au moment de l'opération. Celui qui tourne fou est l'arbre qui vient du moteur et il s'appelle arbre primaire.

L'organe qui permet d'établir ou de supprimer la liaison entre l'arbre moteur et l'arbre primaire s'appelle *embrayage*. L'opération qui consiste à supprimer cette liaison s'appelle le *débrayage*. Cet organe permet donc aussi de supprimer la liaison entre moteur et voiture sans que la boîte de vitesses soit au point mort.

L'existence de l'embrayage permet aussi à de brusques modifications de l'effort résistant de ne pas se traduire par une variation trop brusque de la vitesse du moteur. Sa progressivité permet d'éviter les ruptures des organes de transmission.

Le véhicule est porté par quatre roues, qui sont donc toutes les quatre porteuses. Les deux roues arrière sont généralement *motrices*, c'est-à-dire que c'est le mouvement qui leur est donné qui assure la propulsion de la voiture, grâce à la réaction du sol sur les roues. Mais cette action du sol doit être transmise des

roues au châssis par des organes spéciaux, appelés *organes de poussée*. De plus, en raison de la tendance au cabrage autour de l'essieu arrière, la liaison essieu-moteur-châssis doit comporter des organes susceptibles de résister à l'effort de cabrage. Ces organes sont appelés *organes de réaction* (au cabrage).

Les deux roues avant sont directrices, c'est-à-dire que leur orientation est commandée par le conducteur au moyen des organes de direction. Elles sont folles sur l'essieu et n'ont par suite pas besoin de différentiel.

Exceptionnellement, les quatre roues peuvent être simultanément directrices et motrices (tracteurs).

Un cas particulier du véhicule automobile est celui du véhicule à chenilles. Nous verrons que la chenille n'est qu'un chemin de roulement que le véhicule emporte avec lui, tout en comportant les mêmes organes que les autres véhicules automobiles.

Le véhicule automobile doit pouvoir s'arrêter autrement qu'en arrêtant le moteur, ce qui ne suffirait pas à déterminer un arrêt rapide. Il donc être muni de *freins*; la loi d'ailleurs lui fait une obligation d'en avoir au moins deux.

Il est nécessaire que le moteur et les différents organes mécaniques de la voiture, d'une part, les voyageurs et les marchandises transportées, d'autre part, soient, partiellement au moins, mis à l'abri des chocs qui résultent du déplacement sur une route imparfaitement unie, c'est-à-dire qu'il faut *suspendre* la voiture. Cette suspension est réalisée d'abord en donnant une certaine élasticité aux roues par une garniture de *pneumatiques* ou de *bandages pleins* en caoutchouc, puis en interposant entre les essieux et le châssis des *ressorts*.

L'existence des ressorts suppose que l'essieu-moteur pourra se déplacer par rapport au châssis; pour que ces déplacements soient possibles, il faudra que les liaisons et en particulier les organes de transmission présentent une certaine souplesse, d'où la nécessité de *joints élastiques* (cardans) sur l'arbre de transmission ou à l'une au moins de ses extrémités.

La voiture automobile doit toujours comporter au moins un système d'*éclairage*.

Elle peut porter un *équipement électrique* destiné à l'éclairage et à la mise en marche automatique, équipement qui comprend alors une dynamo, des accumulateurs et un moteur électrique de démarrage, dynamo et démarreur pouvant être combinés en un appareil unique.

La *carrosserie*, que nous n'étudierons pas dans cet ouvrage, varie naturellement avec la destination de la voiture. Elle repose sur le châssis par des brancards, longues pièces de bois qui sont fixées par des boulons.

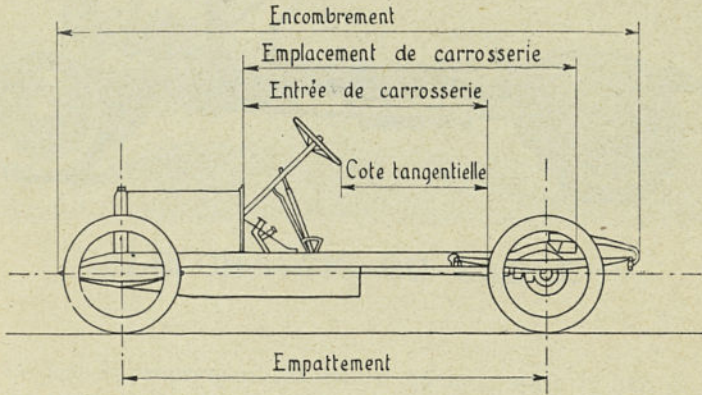


FIG. 2. — Dimensions caractéristiques d'une voiture.

Les garde-boue font partie de ce qu'on appelle souvent « le châssis », pour désigner la voiture telle qu'elle est livrée au carrossier par le constructeur.

Les dimensions caractéristiques de la voiture, ou du châssis ainsi compris sont (fig. 2) :

- 1° *L'encombrement*, qui est la longueur totale ou la largeur totale ;
- 2° *L'empattement*, ou distance des deux essieux ;
- 3° *La voie*, ou distance des roues d'un même essieu ;
- 4° *L'emplacement de carrosserie*, *l'entrée de carrosserie*, et la *cote tangentielle*.

On ne saurait trop insister sur la nécessité d'employer toujours le mot exact, tel qu'il est consacré par l'usage, ou de préciser exactement la valeur des termes qu'on utilise lorsque le sens en peut être douteux, ce qui est fréquent en matière automobile.

Les figures 3 et 4 représentent un châssis et montrent les divers organes qu'il comporte généralement.

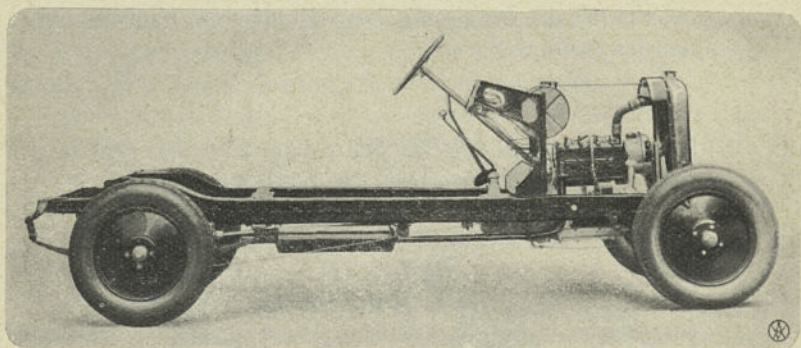


FIG. 3. — Vue d'un châssis Citroën B-14. - Élévation.

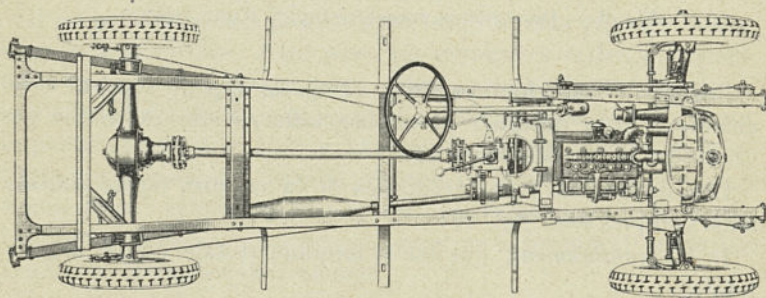


FIG. 4. — Vue d'un châssis Citroën B-14. - Plan

CHAPITRE II

LE CHASSIS OU CADRE

Le châssis proprement dit est en quelque sorte le bâti de la voiture, sur lequel sont fixés tous les organes.

Ce cadre se compose essentiellement de deux longerons parallèles au sens de marche de la voiture, réunis par un certain nombre de traverses qui sont ou bien rivées aux longerons, ou bien rattachées par des goussets ou des équerres rivées (*fig. 4*).

Actuellement on tend à donner au cadre une forme trapézoïdale, les deux longerons se rapprochant de l'arrière à l'avant :

Les longerons, fabriqués autrefois en bois armé (Charron, Panhard) ou en tubes d'acier, sont maintenant presque toujours *en tôle emboutie*, dont l'épaisseur varie suivant la nature du châssis, mais reste constante dans un même longeron.

Les cadres des voitures de tourisme sont toujours en tôle emboutie, et fréquemment ceux des camions.

Les longerons sont parfois en *fer profilé*, c'est-à-dire obtenus par laminage et semblables aux poutres employées pour les charpentes : beaucoup plus lourds, ces longerons en fers profilés ne sont employés que sur certains camions et sur les tracteurs.

On classait autrefois les châssis selon le mode de transmission adopté, en châssis à cardan longitudinal, à cardans transversaux, à chaînes. Cette classification est arbitraire, bien que la forme du châssis dépende souvent un peu du mode de transmission.

Certains châssis présentent à l'avant un rétrécissement qu'on

appelle rétreint, augmentant le braquage possible des roues avant.

Lorsque la transmission est à cardan longitudinal, le châssis, qui est toujours très bas, pour abaisser autant qu'il est possible le centre de gravité du véhicule, présente souvent à l'arrière une partie surélevée pour permettre de placer le pont arrière qui contient les organes de transmission, c'est-à-dire le couple conique et le différentiel. Le pont est assez volumineux, et ne doit pas être exposé à venir en contact avec la caisse du véhicule en cas de flexion importante des ressorts.

Si la transmission est à cardans latéraux ou à chaînes, cette surélévation est inutile, l'essieu arrière étant simplement porteur, et le mécanisme de transmission étant fixé au cadre.

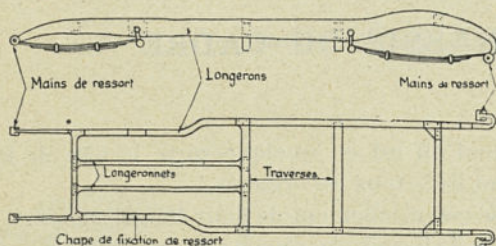


FIG. 5. — Cadre.

Certains châssis comportent deux pièces longitudinales fixées sur les deux traverses avant, et appelées longeronnets (fig. 5). Ces organes

sont destinés à supporter le moteur et parfois la boîte de vitesses, c'est-à-dire les organes dont la vibration est la cause des déformations les plus importantes du châssis.

Si le moteur est fixé directement sur le cadre, il faut que les pattes d'attaches soient extrêmement solides. C'est pour diminuer les efforts qu'elles supportent que l'on constitue au moyen des longeronnets un faux châssis, atténuant les influences réciproques du châssis et du moteur.

Le moteur, fixé à l'avant du cadre, l'est de façons diverses. Après avoir préconisé la fixation sur longeronnets, puis par trois articulations, la construction semble s'orienter vers les dispositifs qui comportent la plus grande rigidité, en fixant le carter au moteur, sur les longerons, par un grand nombre de points : ainsi l'ensemble est aussi rigide que possible, la rigidité du cadre et celle du carter se complétant mutuellement.

La boîte de vitesses peut être fixée directement aux longerons, mais elle est plus fréquemment fixée sur des traverses. Comme

elle est alors indépendante du moteur, leur liaison doit comporter un joint déformable.

Le système le plus simple, paraît être de réunir en un seul bloc le moteur, l'embrayage et la boîte de vitesses. Ce dispositif est dit : Bloc Moteur, la boîte de vitesses pouvant même se trouver en porte-à-faux. Le carter de cette boîte de vitesses doit alors être suffisamment solide pour supporter tous les efforts auxquels il est soumis. La solution du bloc moteur est la plus fréquemment adoptée à l'heure actuelle (1927).

Les longerons portent en outre des *main*s destinées à fixer les ressorts. (Voir chapitre *Suspension*.)

CHAPITRE III

CYCLE A QUATRE TEMPS

Les moteurs d'automobile sont en très grosse majorité des moteurs à explosion fonctionnant selon le cycle à quatre temps, imaginé par l'ingénieur Beau de Rochas (1862). Nous ne parlerons donc pas des voitures électriques et à vapeur et nous verrons dans un chapitre spécial les moteurs à deux temps employés sur quelques voitures et sur de nombreuses motocyclettes. Les organes principaux en sont d'ailleurs les mêmes que ceux des moteurs à quatre temps.

Les moteurs à explosion se composent d'un nombre variable d'éléments semblables, jouant tous le même rôle, *les cylindres*, fermés à une de leurs extrémités, la plus haute en général, les cylindres horizontaux étant d'un emploi exceptionnel dans l'industrie automobile.

A l'intérieur de chacun des cylindres se meut un piston, rattaché à un arbre unique pour l'ensemble du moteur : le vilebrequin. La liaison du piston au vilebrequin est réalisée par une bielle, pièce métallique articulée au piston et au vilebrequin, celui-ci comportant généralement, par cylindre, un coude composé d'un maneton et de deux manivelles ou bras de manivelles.

On introduit à la partie supérieure du cylindre et au-dessus du piston un mélange gazeux formé d'essence vaporisée et d'air, qu'on allume au moyen d'une étincelle électrique.

L'essence brûle avec une très grande rapidité ; le mélange

gazeux se trouve porté à une température très élevée, il se dilate donc. Il en résulte une pression qui chasse le piston et qui constitue la force motrice utilisée.

Cycle. — Le moteur à explosion tel que nous venons de le définir est une machine thermique. En effet le travail utilisé est une transformation de la chaleur dégagée par la combustion du mélange gazeux. Chaque fois qu'on introduit une nouvelle quantité de chaleur, au moyen d'essence que l'on brûle ensuite, se trouve reproduit le même travail. L'ensemble des opérations effectuées : introduction du mélange, inflammation, détente, etc... constitue un cycle fermé, du moins si nous ne tenons pas compte des pertes dues, par exemple, à ce que toute la chaleur de combustion n'est pas transformée en travail puisqu'une partie sert à échauffer les pièces en contact avec les gaz et qu'une autre est perdue avec les gaz d'échappement.

Cycle Beau de Rochas (fig. 6). — Supposons que le moteur ne comporte qu'un seul cylindre.

Le piston peut se déplacer dans le cylindre entre deux positions extrêmes P_1 et P_2 appelées point mort haut et point mort bas et dont la distance s'appelle la course du piston. Le volume V compris entre ces deux positions s'appelle la *cylindrée*. Entre la position P_1 et le fond du cylindre se trouve un espace de volume v appelé *espace mort*, ou *chambre de combustion*, ou *chambre de compression*.

Le rapport $\rho = \frac{V+v}{v}$ s'appelle *taux de compression*.

Cette chambre est munie de deux orifices, généralement commandés par des soupapes, et appelés orifices d'admission et d'échappement. Dans cette chambre, une bougie permet de faire éclater une étincelle électrique.

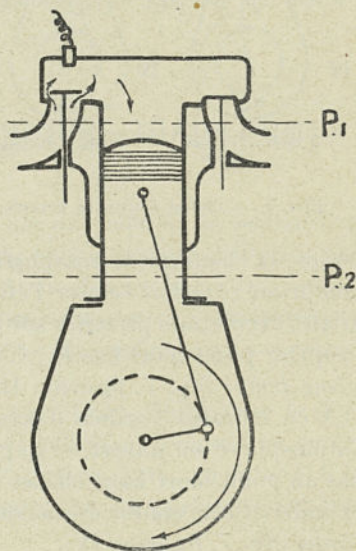


FIG. 6. — Schéma d'un moteur.

Supposons que le piston se trouve au point mort haut P_1 et qu'on le fasse descendre, après avoir ouvert l'orifice d'aspiration qui fait communiquer le cylindre avec le mélange gazeux d'essence et d'air. Le piston en

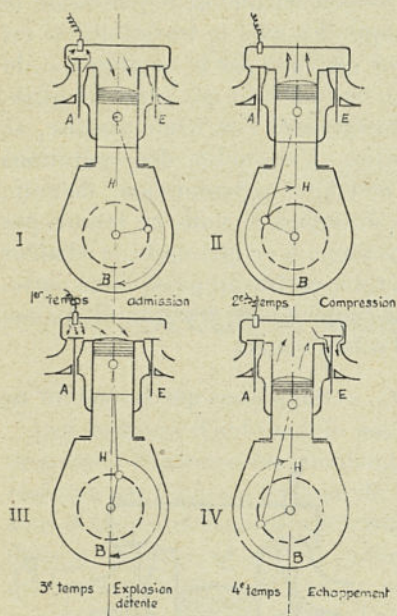


FIG. 7. — Cycle à quatre temps.

se déplaçant crée une dépression qui suffit à aspirer le mélange gazeux. Cette opération dure pendant toute la course du piston, dite course d'aspiration, ou *premier temps* (fig. 7, figurine I).

A ce moment, on ferme l'orifice d'admission et on fait mouvoir le piston en sens contraire. Il revient jusqu'au point mort haut, comprimant dans l'espace mort le mélange gazeux admis pendant la course précédente. Cette seconde course s'appelle la course de compression ou *deuxième temps* (fig. 7, figurine II).

A la fin du deuxième temps, la chambre de combustion est pleine de mélange gazeux comprimé. On fait éclater l'étincelle électrique, le mélange se dilate, exerce une pression sur le piston qu'il pousse violemment jusqu'au point mort bas P_2 . C'est la course de détente, ou *troisième temps* (fig. 7, figurine III), qui est aussi le temps moteur.

A ce moment l'orifice d'échappement qui communique avec l'atmosphère est ouvert, et le piston en revenant du point mort bas au point mort haut chasse les gaz brûlés qui emplissent le cylindre. Cette course est la course d'échappement, ou *quatrième temps* (fig. 7, figurine IV).

A ce moment, le piston est au point mort haut, comme au début du premier temps, et les mêmes opérations recommencent.

Le cycle est donc réparti sur quatre courses de piston, ou quatre temps. L'arbre moteur fait deux tours pendant le cycle.

En résumé, le cycle de Beau de Rochas, ou à quatre temps, est le suivant :

Premier temps : admission ;

Deuxième temps : compression ;

Troisième temps : inflammation et détente ;

Quatrième temps : échappement.

Sur les quatre temps, un seul est moteur, le troisième. Les autres sont des temps résistants et particulièrement le deuxième, où on réalise la compression. Le fonctionnement d'un moteur exige donc :

2° Que l'on dispose d'une énergie suffisante pour les deux premières courses ;

2° Qu'une partie de l'énergie produite au temps moteur soit emmagasinée, au besoin grâce à un volant qui la restituera partiellement pendant les trois autres temps, et rendra la vitesse de rotation de l'arbre à peu près uniforme.

Il exige aussi que les orifices d'admission et d'échappement soient commandés pour s'ouvrir et se fermer quand il le faut. Le système de commande de ces orifices est le *système de distribution*.

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE - DIAGRAMMES

Supposons que nous construisions une courbe en portant en abscisses les volumes occupés par la masse gazeuse et limités par le piston (qui sont d'ailleurs proportionnels aux courses du piston, si l'on admet que le cylindre est rigoureusement cylindrique) et en ordonnées les pressions par unité de surface qui s'exercent sur le piston.

Cette courbe s'appelle *diagramme* : l'aire limitée par le diagramme représente le travail de la machine pendant un cycle. L'étude des diagrammes nous permettra donc, en étudiant la puissance et le rendement des moteurs, de perfectionner leur réglage.

Diagramme théorique. — Supposons d'abord que le moteur fonctionne suivant le cycle théorique à quatre temps que nous venons de définir.

Premier temps. — Le piston part du point mort haut. L'orifice d'admission étant ouvert, la pression atmosphérique règne à

l'intérieur du cylindre. Donc la courbe représentative est la portion de droite AB , parallèle à l'axe des x (fig. 8).

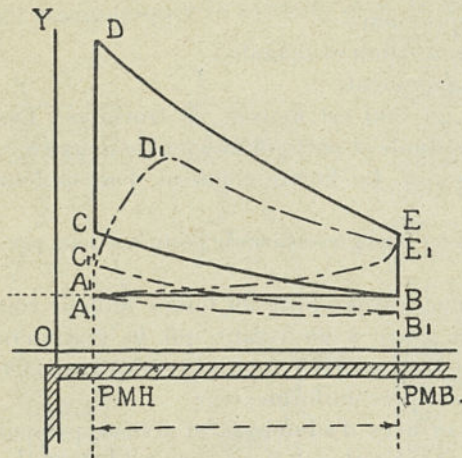


FIG. 8.

Deuxième temps. — Supposons que, pendant la compression, il n'y ait pas d'échange de chaleur avec les parois, c'est-à-dire que la compression soit adiabatique : la courbe représentative est alors la courbe adiabatique BC (fig. 8).

Troisième temps. — Au moment où le piston est au point mort haut se produit l'explosion. Si nous supposons que c'est un phénomène *instantané*, la pression va augmenter brusquement et la courbe représentative sera la droite CD parallèle à l'axe des pressions. Puis le déplacement du piston produit la détente, par suite de l'augmentation du volume offert aux gaz. Si nous supposons encore qu'il n'y a pas échange de chaleur avec les parois, la courbe représentative est une adiabatique DE (fig. 8).

Quatrième temps. — A ce moment, on ouvre l'orifice d'échappement. La pression qui était encore supérieure à la pression atmosphérique tombe brusquement suivant la droite EB , l'échappement se produit ensuite à la pression atmosphérique suivant la droite BA (fig. 8).

Nous avons supposé dans tout ceci que les phénomènes de combustion d'une part, et d'autre part l'équilibre des pressions entre le cylindre et l'atmosphère étaient instantanés et qu'il n'y avait pas échange de chaleur avec les parois. Nous avons supposé également que le cylindre était rigoureusement cylindrique, en admettant, sur la figure, que les volumes étaient proportionnels aux courses.

Si l'on faisait fonctionner un moteur en produisant l'allumage et en ouvrant les soupapes exactement quand le piston est au bout de sa course, on aurait un diagramme tel que celui tracé en trait mixte sur la figure 8.

Détermination pratique du Diagramme. — On imagine facilement un appareil inscripteur du diagramme. On utilisera, par exemple (*fig. 9*), un piston dont la tige creuse mettrait le cylindre en communication avec un petit cylindre auxiliaire porté par ce piston. Dans ce petit cylindre se trouverait un autre piston dont les déplacements seraient proportionnels à la pression, et qui commanderait un crayon susceptible de tracer la courbe grâce à un tringlage convenable.

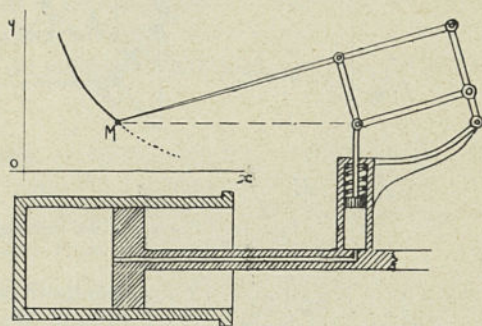


FIG. 9. — Indicateur de Watt (schéma).

On voit que les abscisses représentent alors les volumes occupés par la masse gazeuse dans la limite où ces volumes sont proportionnels aux courses du piston, ce qui, pour être rigoureux, exige que le cylindre soit de forme rigoureusement cylindrique.

Les ordonnées représenteront bien les pressions, s'il est possible de réaliser un piston dont les déplacements soient proportionnels à la force.

En réalité un tel système ne peut fonctionner que si le piston se déplace lentement, en raison de l'inertie du tringlage et du petit piston lui-même. Il est utilisé sur les machines tournant lentement (machines à vapeur) sous le nom d'*indicateur de Watt*.

On a imaginé des appareils plus perfectionnés, appelés *manographes*, où les leviers métalliques sont remplacés par des rayons lumineux (*fig. 10*).

L'organe principal en est un petit miroir *M* dont un angle *A* est fixe; les deux angles voisins *P* et *Q* peuvent prendre des déplacements respectivement proportionnels : *P* à la pression qui règne dans le cylindre, *Q* aux déplacements du piston. Pour cela *P* est

relié par une bielle à une membrane élastique qui ferme parfaitement l'épanouissement terminant un tube mince en communi-

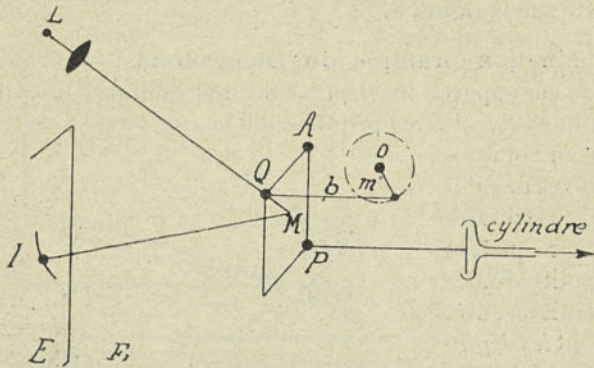


FIG. 10. — Schéma du manographe.

cation avec le cylindre. Le constructeur choisit la membrane de manière que les déplacements du point d'attache, c'est-à-dire du centre de la membrane, soient proportionnels aux variations de pression qui les déterminent.

Q est le point d'attache d'une bielle b reliée à une manivelle m ; les proportions relatives de b et m sont celles des bielles et manivelles du moteur considéré.

Cette manivelle est entraînée par un arbre O , entraîné lui-même par le vilebrequin du moteur au moyen d'un flexible, c'est-à-dire que O tourne à la même vitesse que le vilebrequin.

En avant du miroir se trouve une lampe dont les rayons, traversant d'abord un système convergent convenable, vont se réfléchir sur le petit miroir pour donner sur un écran E , parallèle à la position moyenne du miroir, une image I .

Les déplacements de P et Q sont très petits, mais la réflexion des rayons lumineux détermine une amplification et permet d'obtenir l'échelle que l'on veut par déplacement de la lentille et de l'écran.

Les déplacements de P et de Q qui s'effectuent autour de deux axes perpendiculaires peuvent être assimilés à des déplacements rectilignes perpendiculaires, en raison de leur faible amplitude.

Lorsque le moteur effectue un cycle complet, l'image I décrit donc le diagramme.

On peut observer ces diagrammes à l'œil nu, dans l'obscurité de préférence, ou les enregistrer sur des plaques photographiques; l'observation est possible, car l'impression lumineuse sur la rétine persiste $1/10$ de seconde environ. Il suffit donc, pour que le diagramme entier soit visible, que le cycle dure moins de $1/10$ de seconde, c'est-à-dire que le moteur fasse au moins 20 tours à la seconde, soit 1.200 tours à la minute, ce qui est courant.

Le diagramme réel, quoique différent un peu du diagramme théorique, nous donnera le travail indiqué (Voir chapitre *Puissance*) et son étude permet souvent, d'autre part, de discerner quelles sont les causes du mauvais rendement d'un moteur déterminé.

Diagramme pratique. — *Premier temps.* — A la fin du quatrième temps qui est celui de l'échappement, la pression qui règne dans le cylindre n'est pas exactement la pression atmosphérique, bien que l'ouverture de l'orifice d'échappement soit faite depuis un temps assez grand. Le point représentatif sur le diagramme est donc A_1 et non pas A (AB représentant la pression atmosphérique). Si l'on ouvrait à ce moment l'orifice d'admission,

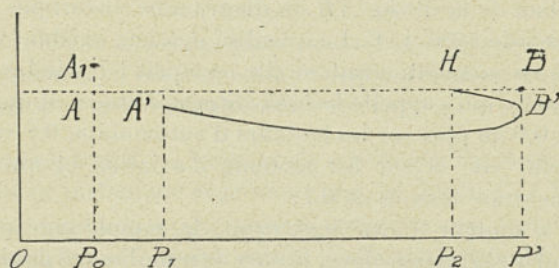


FIG. 11. — Diagramme pratique λ admission.

les gaz frais ne seraient pas aspirés. En pratique, on n'ouvre cet orifice que lorsque le piston est déjà descendu d'une certaine quantité P_0P_1 (fig. 11).

A ce moment règne dans le cylindre une dépression suffisante pour qu'il y ait appel des gaz du carburateur. La quantité P_0P_1 est le retard à l'ouverture de l'admission, que l'on mesure généralement par la rotation α_1 de l'arbre moteur. Ce retard est généralement de l'ordre de 10° et ne dépasse pas 20° . Il ne paraît pas avoir une grande influence sur le remplissage du cylindre pour

des moteurs polycylindriques. Certains constructeurs ouvrent pourtant l'orifice d'admission avant le point mort haut, mais c'est alors pour que les gaz frais aspirés par un cylindre voisin entrent par inertie, balayant les gaz brûlés.

Lorsque le piston arrive au point mort bas, les gaz entrent encore avec une vitesse considérable. Pour que le remplissage soit meilleur, on attend pour fermer l'orifice que cette vitesse soit devenue aussi voisine de zéro que possible. Ceci permet également d'éviter le coup de bélier qui se produirait si l'on arrêtait brusquement les gaz encore animés d'une grande vitesse : ils reviendraient en arrière, créant un contre-courant nuisible aux admissions suivantes et fatiguant les divers organes, tuyauterie en particulier. Il ne faut pas croire, néanmoins, qu'on puisse éviter les remous.

A ce moment, le piston a déjà parcouru, au deuxième temps, la course $P'P_2$ correspondant à une rotation z_2 du vilebrequin : c'est le retard à la fermeture de l'admission. Cet angle z_2 est de l'ordre de 35° et ne dépasse pas 50° . La pression qui règne dans le cylindre après la fermeture de la soupape est à peu près la pression atmosphérique. La courbe représentative de l'admission est donc, au lieu de la droite AB du diagramme théorique, $A'B'H$ qui se raccorde avec A_1A' . La quantité des gaz existant dans le cylindre à ce moment aurait, si elle occupait le cylindre entier, une pression p qui s'appelle le *taux de remplissage*, et qui est de l'ordre de 0,9 au plus sur les moteurs d'automobile, 0,8 sur ceux qui tournent vite et sur les moteurs d'aviation et qui tombe fréquemment au-dessous de 0,7.

Quand le moteur tourne lentement, le remplissage est bon, mais quand le régime est élevé, le taux de remplissage diminue, en raison des résistances considérables que rencontre l'écoulement des gaz dans le carburateur, dans la tuyauterie et au passage des orifices. On donne alors un retard à la fermeture plus important que dans un moteur à faible régime.

Cette question du remplissage est particulièrement importante sur les moteurs modernes, qui tournent très vite.

Deuxième temps. — La courbe de compression ne présente rien de remarquable et continue $B'H$ suivant $H C'$ (*fig. 12*) remplaçant la courbe théorique BC . Cette courbe, n'est pas rigoureusement une adiabatique, et comporte un léger renflement dû à l'influence des parois.

La pression qui règne à la fin de la compression n'est pas le taux de compression, en raison de l'élévation de température

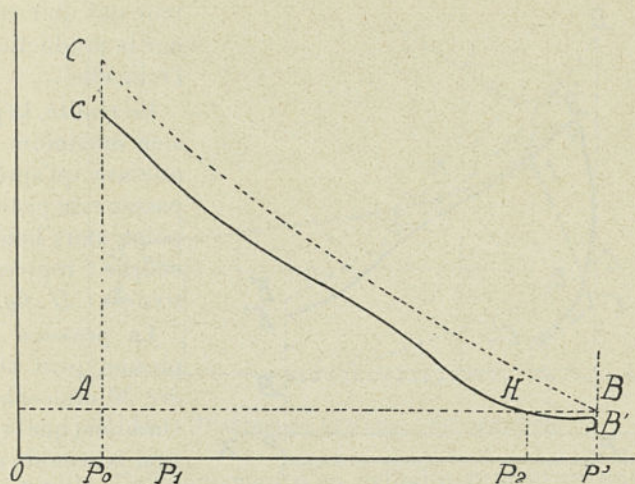


FIG. 12. — Diagramme pratique : compression.

produite. C'est ainsi que pour un taux $\rho = 5,5$, la pression de compression est d'environ neuf atmosphères, qu'on ne peut guère dépasser sans risque d'auto-allumage.

Troisième temps. — Nous avons admis que l'explosion était un phénomène instantané représenté par la droite CD . En réalité, c'est une combustion qui dure un certain temps, variable avec la position et le nombre des points d'allumage, leur température, la forme de la chambre, la pression des gaz, leur richesse, etc... La durée de la combustion, très variable avec les moteurs, est de l'ordre de $1/200^e$ de seconde — pendant ce temps un moteur au régime de 1.600 tours tourne de 50^e , et la courbe représentative, si l'on ne commençait l'allumage qu'en C' , serait telle que $C'I$ (fig. 13).

Pour que le mélange soit presque entièrement brûlé lorsque le piston arrive au point mort haut, on fait éclater l'étincelle un peu avant, avec une avance suffisante pour tenir compte de la durée de combustion et du temps de fonctionnement de la magnéto et de la bougie. Cette avance est dite avance à l'allumage; elle est

comprise entre 10° et 30° . On définit d'ailleurs ainsi non pas le moment où l'étincelle éclate, mais celui où fonctionne le dispositif mécanique (rupteur qui doit entraîner la production de l'étincelle).

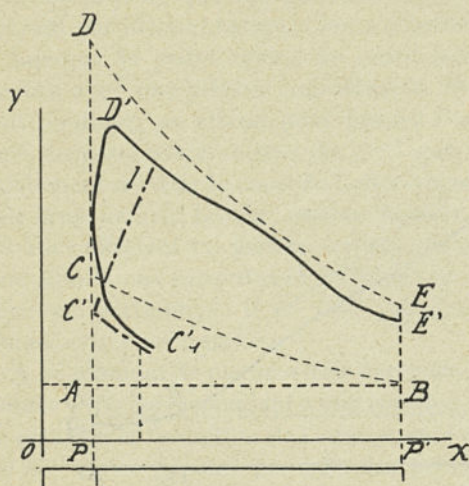


FIG. 13.

Diagramme pratique : explosion et détente

En réalité, la pression maximum n'est atteinte qu'après le passage du piston au point mort haut; la courbe représentative est CD (fig. 13).

La pression d'explosion peut atteindre 30 atmosphères. On admet que la pression maximum effectivement atteinte est voisine de $7\varphi - 2$ (Devillers).

La pression d'explosion peut atteindre 30 atmosphères. On admet que la pression maximum effectivement atteinte est voisine de $7\varphi - 2$ (Devillers).

Détente. — La courbe réelle est $D'E'$ voisine de la courbe théorique DE et présentant la même allure, mais avec un léger renflement qui la fait différer des adiabatiques.

La pression en fin de détente est supérieure à la pression atmosphérique; en général elle est de l'ordre de 4 atmosphères.

Quatrième temps. — Échappement (fig. 14). — Théoriquement l'orifice d'échappement s'ouvre quand le piston passe au point mort bas. Mais s'il s'ouvrait à ce moment seulement, le piston, dans sa course ascendante, rencontrerait une certaine résistance due à ce que la petitesse de la section ne permet pas aux gaz de sortir assez vite pour compenser la diminution de volume produite par le mouvement du piston, d'où travail résistant. La courbe représentative serait $E'K$.

Pour éviter cela, on ouvre l'échappement avec une certaine avance, variable avec la vitesse linéaire du piston et qui est de l'ordre de 35° sans dépasser 55° . La courbe représentative est alors $IE'K'$. L'échappement se poursuit durant le quatrième temps. Mais, pour les mêmes raisons qui ont fait donner du

retard à la fermeture de l'admission, on donne du retard à la fermeture de l'échappement de manière à ne fermer l'orifice que lorsque la vitesse des gaz est devenue nulle.

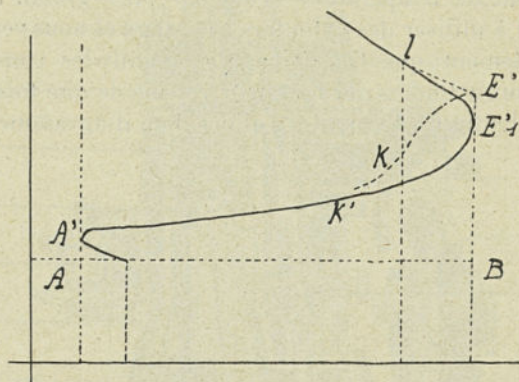


FIG. 14. — Diagramme pratique : échappement.

En réalité, l'échappement d'un cylindre peut avoir une telle influence sur les cylindres voisins que l'instant de la fermeture varie beaucoup d'un moteur à l'autre : certains moteurs ont même de l'avance.

La courbe se raccorde avec la courbe d'admission (fig. 11).

La température des gaz à l'échappement est très élevée, souvent voisine de 600° , plus élevée même si la carburation est mauvaise (excès ou insuffisance d'essence). Il en résulte pour les soupapes d'échap-

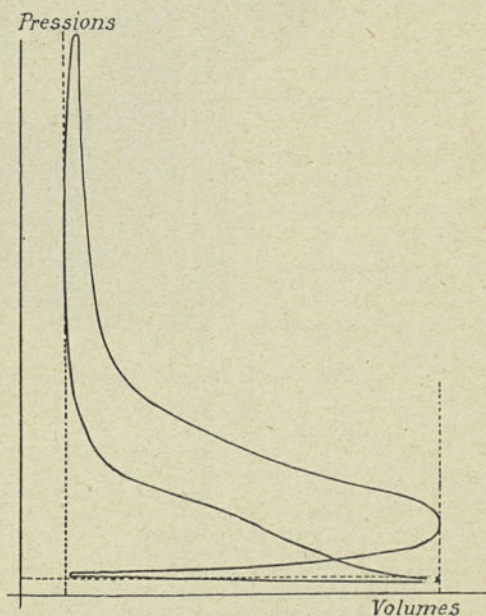


FIG. 15. — Diagramme réel.

pement un échauffement qui peut leur être préjudiciable (grillage).

Il serait évidemment avantageux d'obtenir par la détente un abaissement de température beaucoup plus grand. Mais ceci conduirait à utiliser des cylindres très longs et nous verrons plus tard (rendement) que l'expérience a conduit les constructeurs à donner aux cylindres une longueur voisine de une fois et demie l'alésage. La figure 15 montre l'allure d'un diagramme réel.

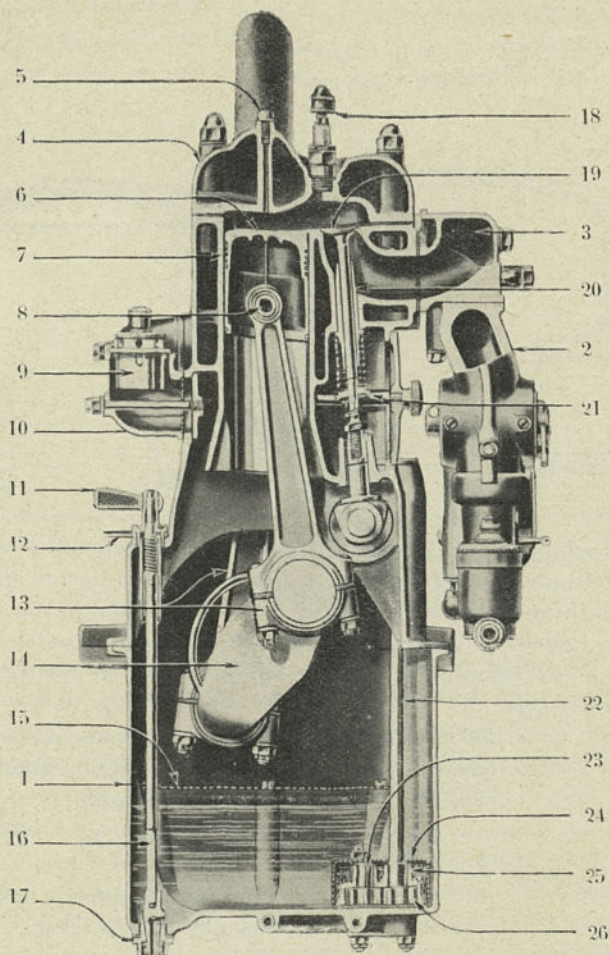


FIG. 16. — Coupe du moteur Renault 10 CV. (1926)

- | | |
|--|--|
| 1. Carter inférieur. | 14. Vilebrequin. |
| 2. Collecteur d'admission. | 15. Crèpine de fond de carter. |
| 3. Collecteur d'échappement. | 16. Jauge. |
| 4. Culasse. | 17. Robinet de vidange. |
| 5. Vis pour le passage d'une jauge de réglage. | 18. Attache fil sur bougie. |
| 6. Piston. | 19. Soupape d'échappement. |
| 7. Segments. | 20. Guide de soupape. |
| 8. Axe de pied de bielle. | 21. Calotte de soupape. |
| 9. Bouchon de remplissage d'huile | 22. Arbre de commande de pompe à huile. |
| 10. Boîte de remplissage. | 23. Pignon fou de pompe à huile. |
| 11. Manette du robinet de vidange. | 24. Crèpine de pompe à huile. |
| 12. Indicateur du robinet de vidange. | 25. Corps de pompe à huile. |
| 13. Bielle. | 26. Pignon de commande de pompe à huile. |

CHAPITRE IV

LE PISTON

Le Piston est l'organe mobile dont le déplacement détermine l'aspiration et la compression et qui transmet à l'arbre moteur, par l'intermédiaire de la bielle, les efforts exercés sur lui. Il exerce également une pression sur les parois du cylindre, résultante de la réaction de la bielle sur le piston et des forces de frottement (*fig. 16*).

Il doit, pour que l'aspiration et la compression soient possibles, former avec les parois du cylindre un espace parfaitement clos; il doit donc déterminer une *étanchéité* satisfaisante.

Il doit se mouvoir dans le cylindre; il faut donc que son *guidage* soit convenablement assuré.

Il doit avoir une *résistance* suffisante pour supporter les pressions qui s'exercent sur lui et les transmettre à la bielle.

Il doit avoir une surface telle que son *graissage* soit possible.

Il doit se *refroidir* et le refroidissement ne peut se faire que par conductibilité.

Nous verrons plus loin (équilibre) que le piston doit être le plus *léger* possible afin de diminuer les forces d'inertie.

Sa construction répond à ces diverses conditions (*fig. 17*).

Les premiers pistons employés étaient en fonte. Actuellement encore, 40 % des véhicules sont pourvus de pistons en fonte qui ont, à défaut de légèreté, l'avantage d'un prix de revient assez faible. De plus la fonte contient généralement du graphite dont

les propriétés lubrifiantes facilitent le mouvement du piston dans le cylindre en améliorant le graissage. La fonte employée est la même que celle qui sert à fabriquer les cylindres.

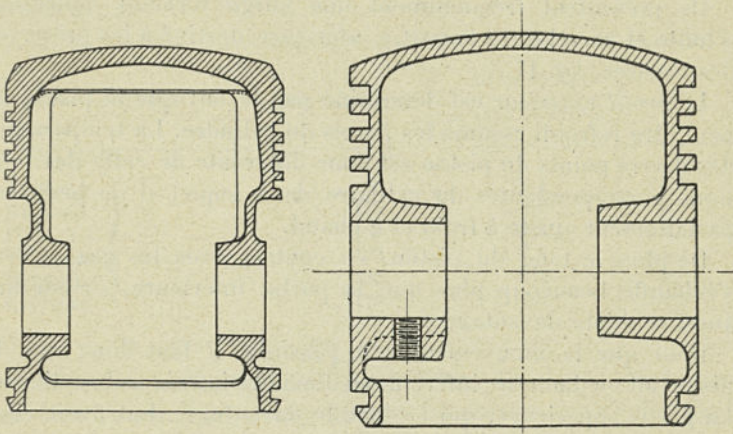


FIG. 17. — Pistons Renault 6 et 10 C. V. 1922.

On a cherché ensuite à faire des pistons en acier. Ce métal, plus résistant que la fonte, permettait d'obtenir des pistons plus légers, mais en réduisant l'épaisseur des parois. Il en résultait que le refroidissement se faisait mal : l'usinage en était d'ailleurs assez coûteux. Actuellement on y a presque complètement renoncé.

On obtient d'excellents résultats avec l'aluminium ou plus exactement avec des alliages d'aluminium dont la composition exacte et le traitement thermique constituent des secrets de fabrication, mais qui contiennent environ 90 % d'aluminium, 8 % de cuivre pur électrolytique, des traces de manganèse, de nickel, de fer, d'étain, etc...

Parmi les alliages d'aluminium employés, signalons l'Alpax qui contient une importante proportion de silicium : 13 % et dont le coefficient de dilatation est inférieur à celui des autres alliages utilisés.

On fabrique même des pistons avec des alliages à base de magnésium qui donnent également les meilleurs résultats. La densité du magnésium est en effet de 1,75, alors que celle de

l'aluminium est de 2,56, celle de la fonte 7,2 et celle de l'acier de 7,8.

La forme des pistons est toujours voisine de ceux que représentent la figure 17.

Ils présentent fréquemment une gorge formant collecteur d'huile et un rebord à la partie inférieure, destiné à les préserver des fissures (*fig. 17*).

Le *profil extérieur* est déterminé par le fait que le piston ne peut être refroidi comme les parois du cylindre. La température des divers points du piston est donc différente de celle des portions correspondantes du cylindre dans lequel il ne peut être parfaitement ajusté à froid et à chaud.

De plus, le fond du piston, en contact avec les gaz brûlés, s'échauffe beaucoup plus que la partie inférieure, c'est-à-dire aussi se dilate davantage.

Pour que le mouvement soit possible, il faut donc que le piston ait un diamètre inférieur au diamètre intérieur du cylindre. La partie supérieure, qui s'échauffe davantage, doit avoir elle-même un diamètre plus petit que la partie inférieure c'est-à-dire que le piston doit être légèrement tronconique.

La température de la partie supérieure du piston atteint facilement 500°, celle de la base ne dépasse pas 300°, tandis que la paroi du cylindre, refroidie généralement par l'eau à la pression atmosphérique, ne dépasse pas 100°.

Le calcul du piston est donc facile à faire si l'on connaît le coefficient de dilatation du métal employé, en admettant que les températures atteintes soient exactement connues.

EXEMPLE. — Soit un cylindre en acier de 120 millimètres d'alésage avec piston en fonte, les coefficients de dilatation étant respectivement de 0,000011 pour la fonte et de 0,000012 pour l'acier.

On trouve aisément que le diamètre d_1 de la partie supérieure du piston doit être de $119 \frac{m}{m}, 5$ et celui, d_2 , de la partie inférieure, de $119 \frac{m}{m}, 8$.

Si le piston était en aluminium : $\alpha = 0,000016$, on trouverait :

$$d_1 = 119 \frac{m}{m}, 18$$

$$d_2 = 119 \frac{m}{m}, 57$$

Le calcul ne permet d'ailleurs qu'une approximation en raison de l'incertitude qui règne sur les températures atteintes, variables

sur un même type de moteur avec la distribution, l'allumage et le refroidissement, susceptibles par suite de variations importantes lorsqu'on passe d'un moteur à un autre. Le tableau suivant, se rapportant à des moteurs anciens, montre l'importance de ces variations.

MOTEUR	ALÉSAGE	DIAMÈTRE DU FOND DU PISTON	JEU
Chenard	80	79,4	0,6
Hispano	120	119,2	0,8
Fiat	160	159,3	0,7
Salmson	125	123,8	1,2
Renault	125	124,4	0,6
Lorraine	120	119,2	0,8

Il est même inexact de dire que la forme théorique du piston doit être tronconique, puisque toutes les portions ne s'échauffent pas également. En effet, le côté de l'admission est moins chaud : il faudrait donc que chaque moteur ait des pistons dont le profil exact lui soit spécial. On préfère augmenter le jeu des pistons en se fiant aux segments pour assurer l'étanchéité.

On voit que le piston ne s'applique pas exactement sur le cylindre, surtout lorsqu'il n'est pas encore chaud. Toutes les fois qu'il passe à un point mort, l'effort de la bielle changeant de sens, il bascule pour s'appliquer du côté où s'exerce la pression.

On sait en effet qu'à tout moment la bielle OB exerce sur le piston une réaction dirigée suivant OB ; soit OF cette force. Elle peut se décomposer en deux forces OF_1 et OF_2 (fig. 18).

L'effet de OF_2 est de presser le piston sur le cylindre tout le long de la génératrice G ou plutôt sur toute la surface voisine si le piston s'applique parfaitement sur le cylindre.

Ce mouvement de bascule produit un bruit caractéristique appelé « bruit de piston », ressemblant un peu au cognement, mais qui s'atténue et disparaît au bout de quelques minutes.

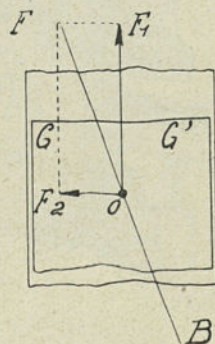


FIG. 18.

Les constructeurs ont renoncé en général de faire disparaître ce bruit, particulièrement sensible avec les pistons en aluminium, puisque le coefficient de dilatation de l'aluminium est supérieur à celui de la fonte.

La hauteur du piston est déterminée :

- 1° Par la condition d'assurer un guidage suffisant ;
- 2° Par la possibilité de réaliser le graissage.

Il faut en effet que l'huile ne soit pas chassée par la pression (OF_2) qui s'exerce le long des génératrices G et G' , particulièrement au moment de l'explosion.

On donne donc au piston une hauteur suffisante pour que la pression unitaire soit inférieure à celle qui chasserait l'huile de graissage (30 kilogrammes par centimètre carré). On doit tenir compte, dans le calcul de la pression, de la diminution d'alésage donnée fréquemment au piston à hauteur de l'axe (*gorge*) et du fait que la pression n'est pas constante tout le long de la génératrice d'appui, puisqu'elle dépend de la position de l'axe du piston.

La gorge a pour but d'empêcher qu'une déformation des bossages, produisant un gonflement, ne raye le cylindre et elle doit arrêter partiellement les remontées d'huile.

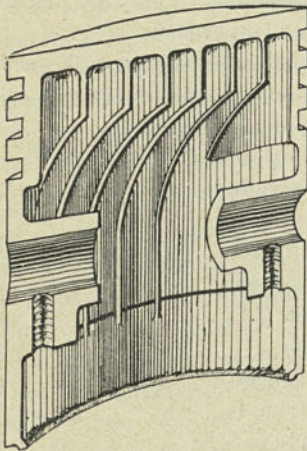


FIG. 19.

Piston en aluminium, muni d'ailettes.

La hauteur moyenne du piston est de *une fois et demi l'alésage*.

Le fond du piston peut être plat, convexe ou concave; la forme concave permet d'obtenir des chambres de combustion plus voisines de la forme sphérique qui est théoriquement la plus avantageuse au point de vue rendement; le fond plat reste néanmoins le plus employé, car il est celui qui donne la surface minimum de contact avec les gaz, et il est aussi le plus simple à usiner.

La *forme intérieure* du piston est déterminée par la résistance qu'il doit avoir, et par le refroidissement que l'on veut obtenir.

On améliore la rigidité et la conductibilité par l'emploi de nervures. C'est alors un avantage d'avoir un grand nombre de nervures minces (*fig. 19*). La nervure centrale contribue parfois, par sa forme, au graissage du pied de bielle.

Nous noterons pourtant que le piston paraît être d'autant plus « diatherme » que son fond est plus épais, c'est-à-dire que les échanges de chaleur sont plus faciles à travers une forte épaisseur de matières (*fig. 20*); ils ne sont pas indépendants du profil adopté.

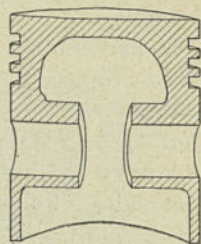


FIG. 20.
Piston diatherme (Alpaix).

Segments. — L'élasticité est assurée au moyen de segments; les segments sont des anneaux de fonte de diamètre un peu supérieur à celui du cylindre et coupés. Ils

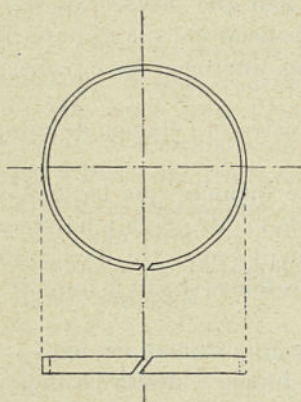


FIG. 21.
Segment : coupe en sifflet.

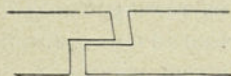


FIG. 22.
Segment : coupe en deux.

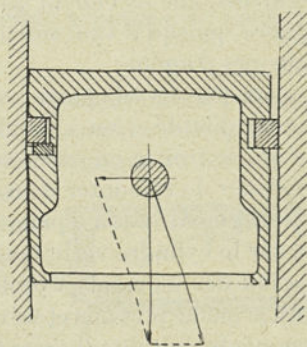
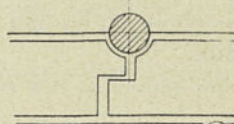


FIG. 23.
Fixation d'un segment par ergot (schéma).

sont généralement en fonte douce, de section rectangulaire. On emploie parfois des segments en acier, lorsque leur hauteur est très faible.

La coupe peut être en sifflet (*fig. 21*) ou en z (*fig. 22*).

Les segments se logent dans des rainures ménagées dans la

paroi et à la partie supérieure du piston, de manière à ce que le jeu vertical des segments dans les rainures soit aussi faible que possible.

L'épaisseur du segment est un peu inférieure à la profondeur de la rainure. C'est donc le piston (et non les segments) qui s'appuie sur le cylindre le long des deux génératrices G et G' (*fig. 23*), sans quoi les segments gripperaient et casseraient. C'est le long de ces mêmes génératrices qu'il convient de placer les fentes des segments pour avoir la meilleure étanchéité, mais ceci est illusoire, si le segment n'est pas immobilisé par un ergot.

L'étanchéité est assurée par les segments grâce à leur élasticité d'abord, puis à la pression que les gaz exercent sur eux, les appuyant ainsi aux parois du cylindre.

Les gaz qui tendent à s'échapper ne font que presser les segments sur la paroi et se détendent en passant dans la rainure. Il suffirait donc de deux segments à fentes alternées pour réaliser une bonne obturation, théoriquement.

Pratiquement, on en met trois ou quatre et l'étanchéité n'est pas parfaite.

On calait autrefois ces segments de manière que les fentes soient régulièrement espacées. On appelait cette opération tiercer les segments, car ils étaient généralement trois. On ne le fait plus guère, puisqu'il vaut mieux que les fentes soient le long des génératrices d'appui.

On place parfois à la partie inférieure du piston un segment dit « segment d'huile » ou « segment de fumée » destiné à râcler l'huile qui se trouve en excès sur la paroi interne du cylindre, et à l'empêcher de remonter dans la chambre de combustion.

Si le segment est à épaisseur constante, la pression qu'il exerce sur le cylindre varie tout le long du segment.

On a fait des segments à profil variable exerçant partout sur le cylindre la même pression et travaillant partout au taux optimum. Ces segments sont dits « excentrés » et doivent comporter des ergots d'immobilisation.

Ils ont été très employés en Angleterre et en Amérique, fort peu en France.

Pistons Ricardo. — Les pistons Ricardo, quelle que soit la matière dont ils sont faits, sont caractérisés par la séparation des éléments assurant l'étanchéité, d'une part, et le guidage d'autre part.

La tête du piston, comportant les logements des segments, n'a presque aucun contact avec les parois du cylindre. Les segments qu'elle porte assurent seuls l'étanchéité (*fig. 24*).

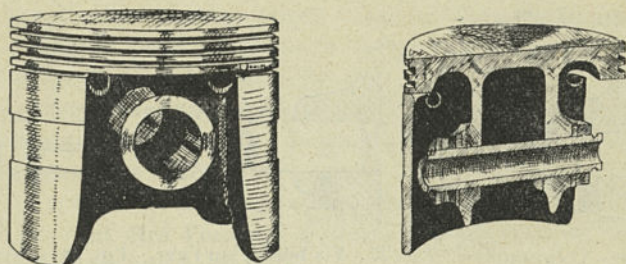


Fig. 24. — Piston Ricardo et coupe de ce piston.

Le guidage est assuré par deux sabots rapportés sur cette tête, mais qui en sont séparés par une fente.

Cette fente évite l'échauffement des sabots, c'est-à-dire les dilatations anormales de la partie frottante. Ces sabots, travaillant à basse température, bien graissés, permettent un excellent rendement mécanique.

La fente arrête les remontées d'huile.

Ces pistons présentent un notable avantage de poids sur les pistons ordinaires.

Axe du piston (ou axe de pied de bielle). — L'axe de piston est un axe cylindrique, généralement en acier cémenté, encastré à ses deux extrémités dans les deux bossages du piston et sur la partie centrale duquel vient se fixer le pied de bielle. Il est généralement creux, afin d'avoir une résistance plus grande pour un poids déterminé (*fig. 25*).

La longueur de l'axe suivant laquelle vient s'appuyer le pied de bielle doit être aussi grande que possible, mais elle est limitée par la nécessité de fixer les deux extrémités. Cette fixation a une très grosse importance pour éviter les déplacements de l'axe, qui pourrait venir rayer la paroi interne du cylindre.

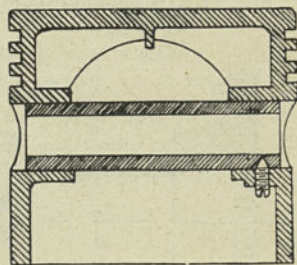


Fig. 25.

Piston et son axe (schéma).

Elle est réalisée, par de nombreux procédés, variables suivant les constructeurs.

1° Par des vis ajustées et goupillées; parfois l'axe est fendu par un trait de scie, aboutissant au trou de fixation de la vis (fig. 26, 27, 28);

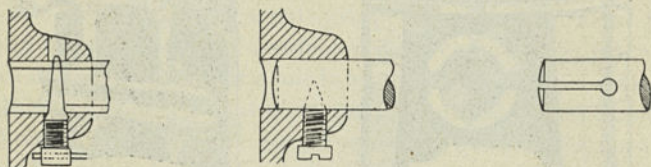


FIG. 26. - Vis goupillée. FIG. 27. - Vis butant sur l'axe. FIG. 28. - Axe fendu.

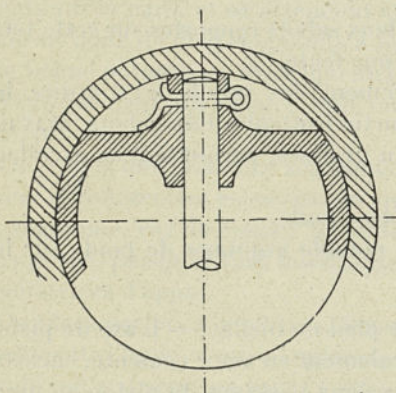


FIG. 29. — Goupille horizontale.

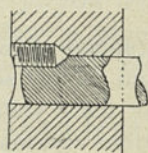


FIG. 30. - Vis entre cuir et chair.

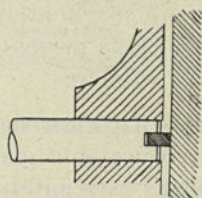


FIG. 31. — Fixation par segment.

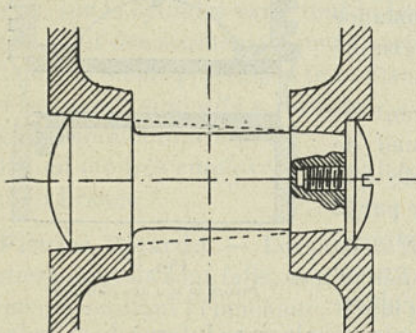


FIG. 32. — Axe à double portée conique.

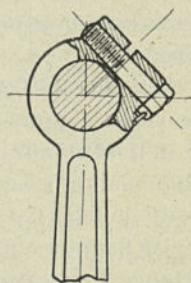


FIG. 33. — Pied de bielle Ford.

2^o Par goupille horizontale (*fig. 29*);

3^o Par vis entre cuir et chair (*fig. 30*);

4^o Par un segment passant au bout de l'axe qui présente alors une entaille (*fig. 31*);

5^o Par douille à portée conique. L'axe est alors tourné conique, puis décollété, pour présenter la forme cylindrique nécessaire à l'ajustage du pied de bielle (*fig. 32*).

Il faut remarquer que, quel que soit le mode de fixation adopté, il se présente une difficulté : le piston et son axe sont soumis à des températures différentes.

Donc, si l'axe est fixé à ses deux extrémités, les inégalités de dilatation vont être l'origine d'efforts qui peuvent se traduire par des fissures aux bossages.

Les bossages, étant soumis à ces efforts, sont souvent disposés dans une gorge de manière qu'une saillie quelconque à leur surface n'ait aucune chance de venir rayer le cylindre.

Il est parfois plus avantageux de ne fixer l'axe du piston qu'à une seule de ses extrémités et ceci est absolument nécessaire si le piston est en aluminium ou magnésium.

Une solution particulièrement simple est de laisser l'axe complètement libre, en le munissant à ses extrémités de boutons antifriction.

L'axe du piston peut être fixé dans la bielle et mobile dans le piston (*fig. 33*).

L'avantage de ce dispositif est d'augmenter les surfaces de frottement. L'axe tourillonne soit directement dans le piston, soit plus généralement dans des douilles de bronze fixées au piston.

Il est employé surtout sur les voitures américaines (Ford et Jeffery, par exemple), mais également sur des voitures françaises (Berliet, Chenard); son principal inconvénient est l'ovalisation possible des douilles de bronze. Il est surtout employé actuellement avec les pistons en aluminium et il arrive que les bossages ne soient alors pas même munis de bagues de bronze; ceci n'est possible sans ovalisation trop rapide que si la pression exercée par l'axe du piston est inférieure à un demi kilogramme par millimètre carré.

CHAPITRE V

LA BIELLE

La bielle est l'organe qui relie le piston, animé d'un mouvement rectiligne et alternatif, au vilebrequin animé d'un mouvement de rotation continu. Elle se compose de trois parties : le *pied* de bielle, tourillonnant sur l'axe du piston, le *corps*, et la *tête* de bielle qui tourillonne sur le maneton (fig. 34).

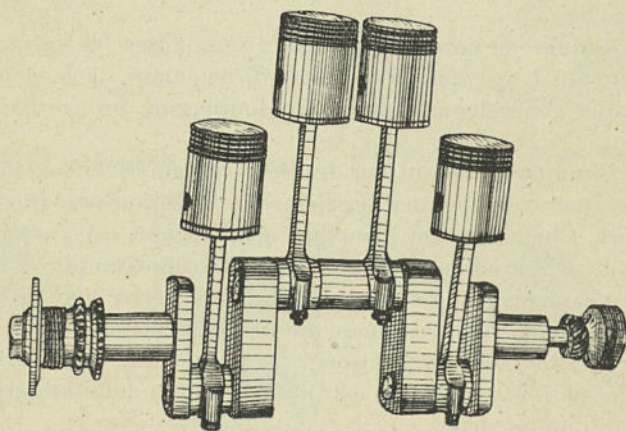


FIG. 34. — Vilebrequin - Bielles - Pistons (Sizaire).

On appelle longueur de la bielle la distance de l'axe du piston à l'axe du maneton.

Cette distance varie avec la course du piston et aussi avec les constructeurs. Si l est la course, la longueur de la bielle est comprise entre $1,7l$ et $2,5l$; elle doit être suffisante pour que la bielle ne rencontre pas le cylindre lorsqu'elle prend son inclinaison maximum. On est d'ailleurs parfois conduit à échancreur les cylindres pour avoir des bielles courtes.

Pour un moteur à cylindres désaxés et construit dans le but d'obtenir une grande légèreté, on prend des bielles courtes.

La plupart des voitures américaines emploient des bielles dont la longueur est comprise entre $2l$ et $2,25l$. Les constructeurs européens et particulièrement français emploient des bielles dont la longueur est voisine de $2,5l$.

La bielle, qui relie le piston au maneton, travaille surtout à la compression (2^e, 3^e et 4^e temps) ou à la traction (1^{er} temps). Mais elle est soumise aussi à des forces d'inertie assez difficiles à évaluer, en raison de la complexité du mouvement de la bielle, le pied de bielle étant animé d'un mouvement rectiligne et la tête de bielle d'un mouvement de rotation.

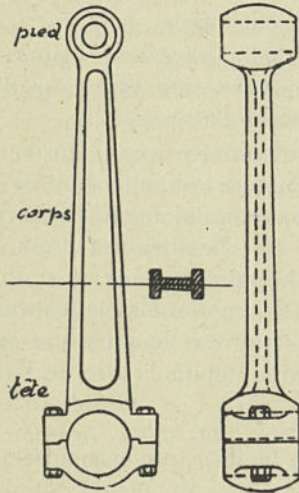


FIG. 35. — Bielle en I.

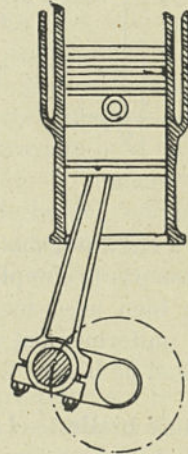


FIG. 36. — Mouvement de la bielle.

pour résister à tous les efforts qu'elle doit supporter, tout en diminuant les forces d'inertie auxquelles elle donne naissance. La bielle sera donc en acier très résistant, acier au nickel par

exemple; elle est parfois en acier demi-dur au carbone; il a existé des bielles en acier cémenté. Comme la bielle doit être aussi légère que possible, on a essayé l'aluminium, qui donne d'assez bons résultats : la section étant plus grande, la bielle offre une résistance plus élevée aux effets vibratoires.

Corps de bielle. — La section du corps de bielle peut être circulaire, pleine ou évidée, ou plus souvent en I (*fig. 35*). Cette dernière forme est très avantageuse pour obtenir la résistance maximum avec un poids donné, bien qu'on revienne actuellement aux bielles tubulaires, presque uniquement employées au début de l'industrie automobile.

La section en I est toujours disposée de manière que l'axe de flexion soit XX' , la flexibilité de la bielle dans le sens transversal rattrapant les défauts de parallélisme, très légers, qui existent souvent entre maneton et axe de piston (*fig. 37*).

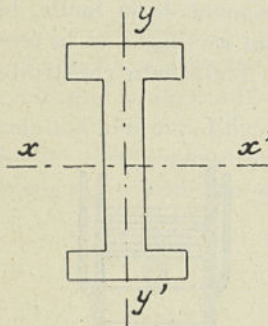


FIG. 37.

Les bielles en double I sont fraisées ou plutôt matricées. Les bielles tubulaires sont forées.

La bielle est calculée pour résister à la compression et cela suffit pour résister au flambage.

On démontre que la forme la plus avantageuse est celle dont la section serait maximum au milieu du corps de bielle (cf. Devillers) et diminuerait à chaque extrémité, mais le faible gain de poids ainsi obtenu ne compense pas la complication d'usinage et les bielles sont réalisées ou bien avec section constante ou le plus souvent avec section uniformément décroissante depuis la tête de bielle jusqu'au pied de bielle.

Pied de bielle. — Le pied de bielle est un épanouissement du corps de bielle qui vient entourer l'axe du piston, sur lequel il doit tourillonner. Cet axe étant en acier cémenté, le pied de bielle est muni intérieurement d'une douille de bronze, enfoncée à frottement très dur (*fig. 38*).

Il arrive fréquemment que, pour favoriser le graissage, le pied de bielle soit percé à sa partie supérieure d'un orifice en forme

d'entonnoir ((fig. 39), qui reçoit l'huile tombant d'une nervure du piston ; la douille est alors également percée et distribue l'huile

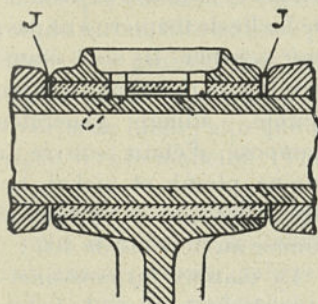


FIG. 38. — Pied de bielle.

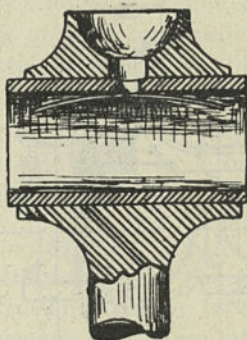


FIG. 39.

au moyen de pattes d'araignée obliques par rapport aux génératrices de l'axe du piston.

Il doit exister toujours un jeu J ($2J = 3$ millimètres) entre le pied de bielle et les bossages du piston. En effet, si le cylindre et le maneton correspondant n'étaient pas parfaitement en concordance, la bielle viendrait s'appuyer sur le piston, le pressant sur le cylindre, en particulier lorsque l'arbre moteur subit une déformation élémentaire du fait de l'embrayage ou d'un choc.

Le déplacement correspondant de la tête de bielle n'est possible que si le pied de bielle, ou la tête de bielle, comportent un certain jeu, qu'il est plus facile et moins dangereux de laisser au pied de bielle, à moins que la tête de bielle ne soit fixée au maneton par un roulement à billes.

Tête de bielle. — La tête de bielle peut avoir des formes et des dimensions assez variables. Elle tourillonne sur le maneton et peut être lisse ou bien comporter des roulements à billes, ou à rouleaux.

Tête de bielle lisse. — Ce dispositif est le plus répandu : la tête de bielle est alors faite de deux parties, dont un chapeau détachable. Elle comporte deux demi-coussinets de façon que l'articulation puisse être ajustée après usure (fig. 40).

Ces deux parties sont assemblées par des boulons, les écrous soigneusement goupillés en raison de la gravité des accidents produits par leur desserrage.

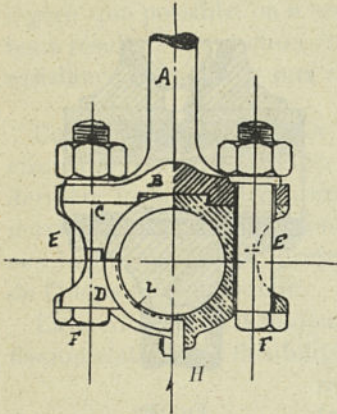


FIG. 40. — Tête de bielle.

A, corps de bielle; B, mortaise de centrage; C, coussinet supérieur; D, coussinet inférieur; E, boulons; F, têtes de boulons, échancrées; H, cullier; L, patte d'araignée.

Les deux coussinets sont en bronze, et encastrés dans la tête de bielle de manière à ne pas pouvoir tourner. Ils sont étamés et revêtus de métal antifriction, ou régule, alliage généralement composé d'étain, cuivre, antimoine, plomb et nickel. Cet alliage possède la propriété de fondre au-dessous de 400°.

La matière du coussinet doit être choisie d'après la nature du métal qui constitue le maneton.

S'il est en acier dur, cémenté, le coussinet sera en bronze phosphoreux ou antifriction à l'étain. Si le maneton est en acier demi-

dur trempé, le coussinet sera en bronze au plomb ou anti-friction au plomb.

Pour avoir des bielles très légères, on coule parfois directement le régule sur l'acier. Le travail doit être alors particulièrement soigné et pour améliorer « la prise » du régule, on ménage dans la surface à réguler des trous de coulée.

On assure la prise du régule sur les coussinets en bronze par des rainures.

Lorsque la tête de bielle s'échauffe exagérément, par exemple par suite d'un défaut de graissage, le régule fond, évitant le grip-page; on dit que la tête de bielle est grillée.

Il suffit de réguler à nouveau, opération facile et rapide.

Si cette opération n'est pas effectuée à temps, le moteur cogne. Le jeu entre maneton et tête de bielle devient très important et, sous l'influence des chocs répétés, le chapeau peut se détacher. La bielle, projetée comme un obus, passe alors au travers du carter.

La surface interne de la tête de bielle est polie très soigneusement, pour s'appliquer exactement sur la surface externe du maneton.

On y ménage en général des pattes d'araignée pour en faciliter le graissage.

Il arrive souvent qu'à sa partie inférieure la tête de bielle porte une sorte de bec, appelé cuiller, qui doit plonger à chaque tour dans l'huile que contient le carter afin de projeter cette huile sur les parois du carter. Elle est ainsi pulvérisée, formant un brouillard assez dense pour graisser tous les organes du moteur.

La tête de bielle est alors souvent percée de trous à son raccord avec le corps de bielle, afin que l'huile qui ruisselle sur la bielle soit dirigée vers le maneton. (Voir chapitre : *Graissage.*)

Tête de bielle avec roulements. — Ce dispositif n'existe que sur un petit nombre de moteurs. La tête de bielle se compose alors d'un anneau d'acier embrassant à frottement doux la couronne extérieure du roulement, la couronne intérieure étant montée à frottement dur sur le maneton. Le travail perdu par frottement peut être jusqu'à 30 fois moindre qu'avec un palier lisse, l'usure est donc presque nulle et le problème très délicat du graissage de la tête de bielle se trouve ainsi résolu, un roulement à billes se contentant de quelques gouttes d'huile rarement renouvelées (*fig. 41*).

Mais le montage du roulement est très délicat. Le prix de revient est très élevé en raison de la précision néces-

saire au bon fonctionnement et de la qualité de l'acier employé. De plus la tête de bielle devient très encombrante.

Les vilebrequins équilibrés, à plateaux ou masses d'équilibrage se prêtent peu à ce montage de bielles à roulements. Pourtant les voitures Bugatti de course (1926) l'ont employé avec des vilebrequins en plusieurs pièces. La liaison de ces diverses pièces devient alors un problème délicat.

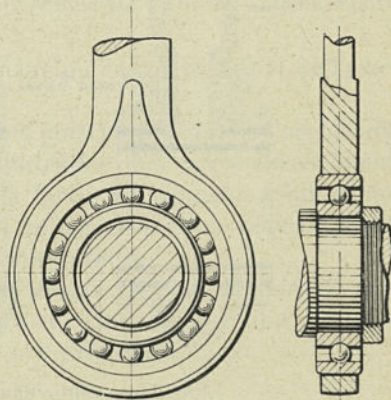


FIG. 41.

Tête de bielle montée sur roulement à billes.

Bielles pour moteurs en V. — Dans tous les moteurs en V, les bielles des deux cylindres du même V s'articulent sur le même maneton.

Il y a plusieurs dispositions possibles :

a) Les deux têtes de bielles sont placées sur le maneton côte à côte ;

b) L'une des bielles, dont la tête forme une fourche, a ses portées à l'extérieur de l'autre bielle qui est articulée sur le maneton (*fig. 42 à droite*) ;

c) Une bielle s'articule directement sur le maneton et l'autre bielle s'articule sur la première (*fig. 42*).

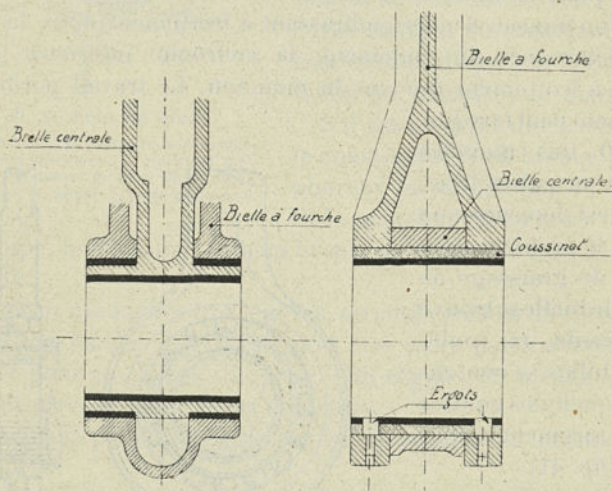


FIG. 42. — Embiellage à Fourche.

d) Une des deux bielles, dite bielle maîtresse, est articulée sur le maneton et porte une patte sur laquelle vient s'articuler l'autre bielle plus courte dite biellette (*fig. 43*).

Ces divers systèmes sont maintenant fort peu employés, en raison de la disparition presque complète des moteurs en V, au moins en automobile.

Bielles déportées. — Il arrive parfois que pour obtenir un moteur plus compact tout en ménageant des portées suffisantes, le maneton soit décalé par rapport au cylindre. On rattrape ce

décalage au moyen de bielles de forme spéciale, dites bielles déportées (fig. 44).

Le corps de bielle reste dans un plan parallèle à l'axe, c'est-à-dire normal au maneton. Son plan moyen doit être équidistant

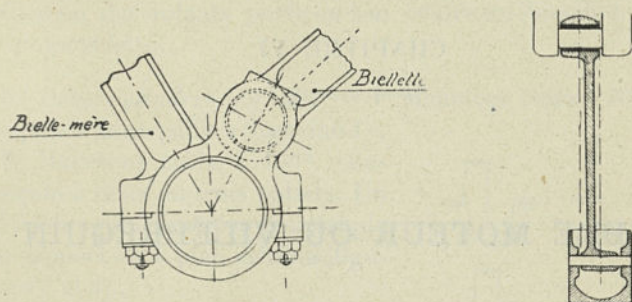


FIG. 43. — Embiellage à bielle mère et biellette. FIG. 43. — Bielle déportée.

du plan perpendiculaire au maneton en son milieu et de l'axe du cylindre.

Dans une bielle déportée, les portées de la bielle s'usent inégalement, davantage aux extrémités les plus rapprochées du corps de bielle. Il en résulte que la bielle est soumise à un moment fléchissant supplémentaire et qu'elle exerce une poussée latérale sur le vilebrequin et la paroi du cylindre.

Il semble donc qu'il soit préférable, pour un moteur, de ne pas comporter de bielles déportées. Cette disposition, fréquente autrefois, est actuellement à peu près abandonnée.

CHAPITRE VI

ARBRE MOTEUR OU VILEBREQUIN

L'arbre moteur ou vilebrequin comprend (*fig. 45*) :

- 1° Des tourillons portés par les paliers fixés au carter ;
- 2° Des manetons ou soies sur lesquels viennent s'articuler les bielles par leurs têtes ;
- 3° Des bras de manivelles ou flasques qui relient les tourillons, aux manetons ; et sont souvent remplacés, sur les moteurs modernes, par des plateaux moins larges et plus rigides.

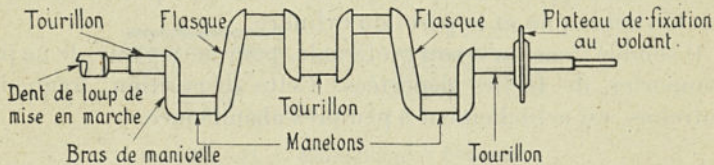


FIG. 45. — Vilebrequin.

L'une des extrémités du vilebrequin porte la manivelle de mise en marche et, généralement, l'autre porte le volant.

Le vilebrequin commande en outre, par l'intermédiaire d'engrenages, ou de chaînes, ou de courroies, les organes de distribution, d'allumage, de refroidissement, de graissage (pompes). Il peut commander également une dynamo, et comporter un dispositif permettant son entraînement par un moteur électrique, pour le démarrage.

Forme des vilebrequins. — Un vilebrequin doit être symétrique par rapport au plan perpendiculaire à son axe et situé à égale distance des paliers extrêmes.

a) *Un seul cylindre.* — Le vilebrequin est généralement constitué par deux volants réunis par un axe qui est le maneton (fig. 48).

Chacun des volants porte en son centre un tourillon (moteur de motocyclette).

b) *Deux cylindres (fig. 46).* — 1° Manetons calés à 360°, vilebrequin à deux paliers (figurine 1);

2° Manetons calés à 180°, vilebrequin à deux ou trois paliers. Un tel vilebrequin n'est pas symétrique par rapport à son plan médian (figurines 2 et 3).

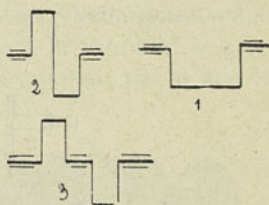


FIG. 46.

Schéma de vilebrequins de 2 cylindres.

c) *Trois cylindres.* — Ce genre de moteur n'est plus employé. Les manetons étaient calés à 120°. Ce type de vilebrequin peut être employé néanmoins dans les moteurs à 6 cylindres, lorsqu'ils sont montés en V (exceptionnel).

d) *Quatre cylindres (fig. 47).* — 1° Vilebrequin à deux paliers;

2° Vilebrequin à 3 paliers (le plus courant autrefois).

3° Vilebrequin à 5 paliers (employé maintenant sur presque tous les moteurs poussés).

4° Vilebrequin à 4 paliers (Hispano 1914).

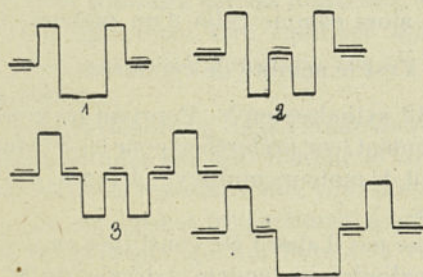


FIG. 47.

Schéma de vilebrequins de 4 cylindres.

e) *Six cylindres.* — Les dispositions les plus usuelles sont :

1° 3 paliers, 1 à chaque bout et 1 au milieu;

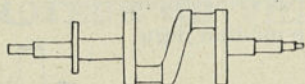
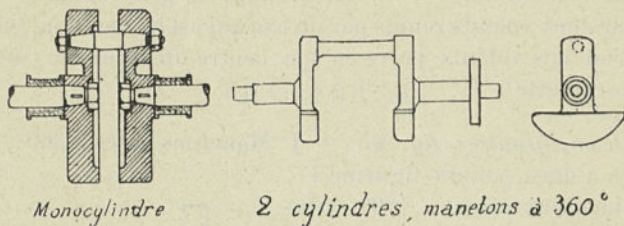
2° 4 paliers séparant les manetons 2 à 2;

3° 7 paliers séparant tous les manetons un à un.

Cette dernière disposition est devenue assez fréquente.

Les manetons sont deux à deux dans le prolongement l'un de l'autre et dans 3 plans à 120° les uns des autres.

Les moteurs à plus de 6 cylindres étaient souvent, il y a quel-



2 cylindres, manetons à 180°

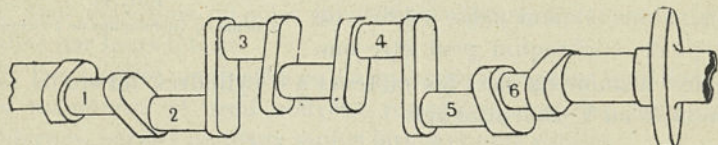


FIG. 48. — Vilebrequins.

ques années encore, des moteurs en V, c'est-à-dire dont les bielles se calent deux à deux sur les manetons.

Le vilebrequin se traite alors comme celui d'un moteur qui n'aurait que $\frac{n}{2}$ cylindres, si n est le nombre de cylindres.

Il existe des moteurs à 12 cylindres en V. Pourtant les constructeurs marquent actuellement leur préférence pour les 8 cylindres en ligne, lorsqu'il s'agit de moteurs multicylindriques, c'est-à-dire à plus de 6 cylindres.

Ces huit-cylindres en ligne ont d'abord été constitués en quelque sorte par deux quatre cylindres en tandem et décalés de 90° : l'équilibrage n'en peut être satisfaisant et l'on a renoncé à cette disposition, forme de vilebrequin et ordre de fonctionnement étant choisis de manière à permettre un équilibrage parfait.

Usinage. — Le vilebrequin doit être en acier présentant une résistance élevée, généralement en acier au nickel-chrome, ou manganosilicieux.

Actuellement, on abandonne l'acier cémenté et trempé, dont la rectification est toujours très difficile. L'emploi de coussinets en métal antifricition permet d'utiliser des aciers demi-durs dont l'usinage est beaucoup plus aisé.

Les vilebrequins peuvent être forgés à la presse à une forme approchée de celle qu'ils doivent avoir, puis terminés au tour, d'abord sur le tour à dégrossir, puis sur le tour à finir.

Quelquefois on les finit à la meule.

Il arrive également très souvent que les vilebrequins soient simplement découpés, après préparation à la forge de la pièce brute. Ils doivent alors être calculés largement, parce que les

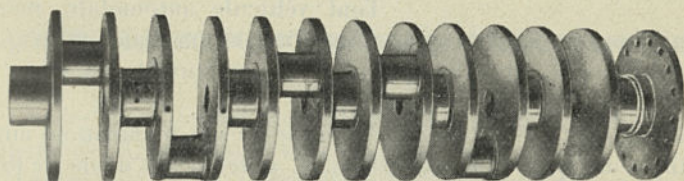


Fig. 49. — Vilebrequin à plateaux (6 cylindres Hispano).

fibres du métal sont coupées, ce qui diminue la résistance de la pièce. Cette méthode est toujours utilisée pour les vilebrequins à plateaux (fig. 49).

Le vilebrequin doit être équilibré statiquement, c'est-à-dire rester en équilibre sur ses tourillons, quelle que soit sa position. Il doit également être équilibré dynamiquement, c'est-à-dire exercer une action constante sur ses tourillons lorsqu'il est en mouvement.

Nous reviendrons, dans l'étude de l'équilibrage, sur les conditions multiples que doit remplir le vilebrequin, au point de vue surtout de sa résistance aux vibrations.

Elles conduisent fréquemment à remplacer les bras ou flasques par des plateaux, qui améliorent la rigidité de l'arbre (fig. 49).

Montage du vilebrequin. — Les tourillons reposent sur des paliers portés par le carter, qui peuvent être lisses, ou comporter des roulements à billes.

Ce dernier dispositif, qui est le même que celui décrit pour les têtes de bielles, se rencontre ici plus fréquemment; son étroitesse permet de réduire la longueur du vilebrequin, mais augmente en même temps les vibrations (*fig. 50*).

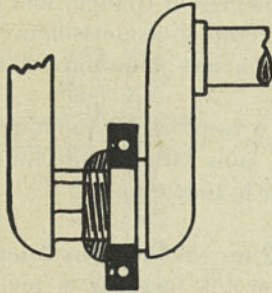


FIG. 50.

Palier muni de roulements à billes.

Ce système, avantageux au point de vue rendement, a l'inconvénient d'être coûteux et de rendre assez difficile le montage des paliers intermédiaires. Il faut que les coudes du vilebrequin puissent passer; les roulements doivent donc être de grand diamètre.

Manivelle de mise en marche. —

Tout véhicule automobile, même muni d'un dispositif de mise en marche automatique (électrique, gaz comprimé, etc...), doit avoir une manivelle de mise en marche.

Cette manivelle est organisée en vue de son dégagement automatique dès que le moteur est lancé, grâce à des dents de loup qui s'échappent lorsque la vitesse du moteur est devenue suffisante (*fig. 51*).

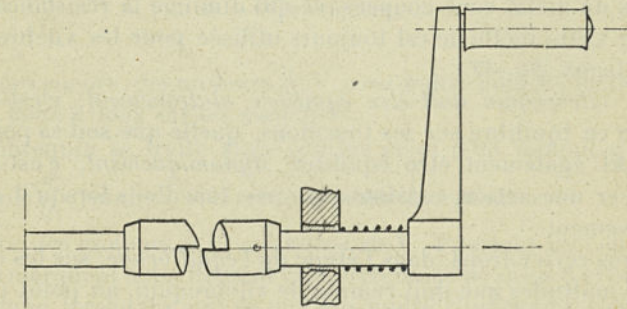


FIG. 51. — Schéma d'une manivelle de mise en route.

Les moteurs tournant toujours dans le sens des aiguilles d'une montre, quand on regarde le véhicule, ce dégagement rend la mise en marche sans danger.

Pourtant, il peut arriver qu'un moteur parte à contre-temps,

bien qu'il soit évident que le moteur ne puisse fonctionner que dans un sens en raison de l'organisation de la distribution. Un moteur partant à contre-temps tourne pendant un temps très court en sens inverse de son sens normal de rotation, et peut, au début de ce mouvement, casser le bras du chauffeur qui n'a pu lâcher la manivelle. Il faut donc se placer de manière à éviter ces « retours de manivelle ».

Il a existé d'ailleurs de nombreux types de manivelles antichoc, mais ceci n'offre plus d'intérêt sur les véhicules actuels qui comportent tous le démarrage électrique.

Sur les voitures de très faible puissance, l'action du conducteur peut toujours être suffisamment énergique pour éviter le retour de manivelle.

ORDRE DE FONCTIONNEMENT DES CYLINDRES

L'ordre dans lequel travaillent les cylindres d'un moteur dépend de la forme du vilebrequin.

D'autre part, de cet ordre dépendent les vibrations et torsions que subit l'arbre : il y a donc lieu de tenir compte de ce fait pour choisir l'ordre de fonctionnement. Il faut également tenir compte des conditions dans lesquelles se font l'alimentation et l'échappement.

Il est évident que, toutes conditions égales par ailleurs, on a intérêt à répartir uniformément les temps moteurs dans le cycle (supposé à 4 temps).

Cas de deux cylindres. — 1° *Manetons calés à 360°.* — Les manetons sont dans le prolongement l'un de l'autre. Les deux pistons se trouvent simultanément au point mort haut. Les deux cylindres seront décalés de deux temps, c'est-à-dire de un tour.

2° *Manetons calés à 180°.* — Cette solution présente, au point de vue de l'équilibrage, l'avantage que les deux pistons se meuvent en sens contraire, mais les temps moteurs sont nécessairement consécutifs et le couple moteur résultant est moins régulier. Il y a donc un tour moteur et un tour résistant.

De plus, le vilebrequin n'a pas de plan de symétrie.

Cas de quatre cylindres. — Les vilebrequins actuellement en usage ont une forme telle que le premier et le quatrième piston se trouvent simultanément au point mort haut et également le deuxième et le troisième : ceci est nécessaire pour que la condition de symétrie soit satisfaite.

Donc, les ordres de fonctionnement possible sont :

1	2	4	3
1	3	4	2

Ces deux ordres ont été utilisés, mais le second presque uniquement en raison des difficultés de remplissage du cylindre 1, si l'on emploie l'ordre 1, 2, 4, 3 avec un carburateur placé au milieu du moteur.

Les admissions dans 1 et 2 se chevauchent alors et la dépression dans le cylindre 2 est supérieure à celle du cylindre 1 pendant la période d'admission commune : les gaz frais s'en vont donc dans le cylindre 2 plutôt que de terminer le remplissage de 1.

Les difficultés de remplissage du cylindre 4 sont les mêmes que celles du cylindre 1.

Avec l'ordre 1, 3, 4, 2, les admissions dans 2 et 3 favorisent respectivement les admissions dans 1 et 4.

On peut toujours réaliser un vilebrequin permettant de réaliser un ordre de fonctionnement fixé à l'avance, mais il est alors probable que l'équilibrage en sera impossible, puisque, pratiquement, il n'est permis que par l'ordre 1342.

D'une manière générale, la forme du vilebrequin détermine l'ordre d'allumage, mais elle est elle-même déterminée par les nécessités de l'équilibrage.

Cas de six cylindres. — *Les manetons sont calés à 120°.* — Supposons que le cylindre 1 soit au point mort haut.

Le cylindre 6 l'est aussi. Nous pouvons donc allumer 1 ou 6 ; 120° plus tard nous pouvons faire travailler 2 ou 5. D'où les 4 solutions :

1	2
1	5
6	2
6	5

120° plus tard, nous pouvons faire travailler 3 ou 4. D'où les solutions :

1	2	3
1	2	4
1	5	3
1	5	4
6	2	3
6	2	4
6	5	3
6	5	4

Donc 8 cas possibles, puisque l'ordre des 3 premiers cylindres étant donné, celui des 3 autres est déterminé d'une façon unique. Ces 8 cas sont :

1	2	3	6	5	4	6	2	3	1	5	4
1	2	4	6	5	3	6	2	4	1	5	3
1	5	3	6	2	4	6	5	3	1	2	4
1	5	4	6	2	3	6	5	4	1	2	3

Mais ces 8 cas sont apparents seulement et se réduisent à 4, car 1, 2, 3, 6, 5, 4 ne diffère pas de 6, 5, 4, 1, 2, 3, par exemple.

Ces 4 ordres de travail ont tous été employés ; mais l'expérience semble avoir prouvé que le meilleur était 1, 5, 3, 6, 2, 4, qui permet de ne pas faire travailler successivement 2 cylindres du même groupe de 3, ce qui est évidemment avantageux au point de vue des vibrations possibles et de la fatigue du métal. Les conditions d'alimentation ont ici une grosse importance.

Détermination de l'ordre de fonctionnement des cylindres d'un moteur. — On peut avoir besoin de déterminer cet ordre, en particulier pour caler une magnéto. Cette détermination se fait en regardant le fonctionnement des soupapes, quand elles sont apparentes.

Au premier temps, la soupape d'admission reste ouverte, et elle se ferme au début de la compression. De même l'ouverture de la soupape d'échappement indique que va commencer le quatrième temps. Or l'ordre de fonctionnement des cylindres est évidemment celui des soupapes de même nature. Le problème à

résoudre est donc simplement celui de la détermination des soupapes d'admission ou des soupapes d'échappement.

Si l'on ne voit pas les soupapes elles-mêmes, on peut voir au moins les poussoirs, ce qui suffit pour savoir si elles restent fermées ou si elles s'ouvrent.

Supposons qu'on voie une soupape s'ouvrir. Si l'autre soupape du même cylindre s'ouvre immédiatement après que la première se ferme — à peu près en même temps — cette première soupape est la soupape d'échappement.

Sinon c'est la soupape d'admission.

Si le moteur est un moteur sans soupapes, on déterminera à quel temps se trouve un cylindre en ouvrant le robinet de décompression — ou en dévissant une bougie — et en appuyant un doigt ou la main sur l'orifice. La détente détermine une aspiration énergique, et l'on sent aisément la compression en faisant tourner le moteur à la main par un aide.

Si chaque cylindre a plus de deux soupapes, ou si les soupapes ne sont pas visibles, on traite le moteur comme un sans-soupapes.

CHAPITRE VII

LE VOLANT

Nous savons que, dans le cycle à quatre temps, seul le troisième temps est moteur. Il faut donc qu'une partie de l'énergie produite par ce temps moteur soit emmagasinée pour être restituée aux temps résistants.

Cette énergie est recueillie par les pièces animées d'un mouvement de rotation, sous forme de force vive. Ces pièces sont constituées par l'arbre moteur et tous les organes calés sur lui : la force vive qu'il peut emmagasiner est fonction de son moment d'inertie, et c'est pourquoi on cale sur lui un volant, organe ayant un moment d'inertie important et dont le rôle sera de régulariser le couple moteur.

Couple moteur. — Nous savons que l'action d'un couple (système de deux forces égales et opposées) ne peut déterminer qu'un mouvement de rotation.

Réciproquement, tout mouvement de rotation peut être considéré comme déterminé par un couple et même par une infinité de couples ayant même moment par rapport à l'axe de rotation.

Considérons le cas particulier où la rotation se produit autour du point d'application O de l'une des forces OF . La rotation est alors produite par la force OF' , la force OF n'ayant d'autre rôle que d'exercer une pression sur le point d'appui (*fig. 52*). L'action de la force OF' dépend :

- 1° De son intensité;
- 2° De sa distance OH au point O .

Plus précisément, elle dépend d'une quantité qu'on appelle son *moment* et qui est le produit (fig. 52)

$$\overline{OF'} \times \overline{OH}.$$

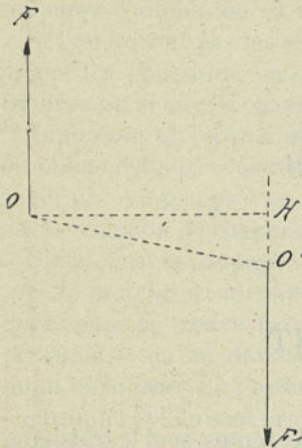


FIG. 52.

On convient d'appeler couple moteur d'un moteur déterminé, un couple fictif susceptible de donner à l'arbre moteur le mouvement dont il est animé. Plus souvent on appelle couple moteur *le moment* commun aux couples répondant à cette définition : il est mesuré en mètres-kilogrammes.

Cette conception n'est pas seulement une fiction mathématique.

Considérons en effet un moteur monocylindrique.

Nous savons que la force verticale qui s'exerce sur le piston peut se décomposer en deux forces dirigées, l'une suivant la bielle et l'autre horizontale, dans le plan de l'axe du piston, celle-ci ayant pour effet de presser le piston contre le cylindre. La force MF dirigée suivant la bielle se décompose en deux autres forces, appliquées toutes deux au maneton : l'une MN dirigée suivant la manivelle ; l'autre MT tangente au cylindre décrit par le maneton (fig. 53).

Le rôle de MN est seulement d'exercer une compression (ou une traction) sur la manivelle.

L'effort tangentiel détermine le mouvement de rotation. C'est lui qui déterminera le couple moteur, c'est-à-dire ici le produit $MT \times OM$, c'est-à-dire le moment de l'effort tangentiel. C'est pourquoi quelques auteurs l'appellent *moment moteur*.

Cette définition du couple moteur repose sur un certain nombre d'hypothèses :

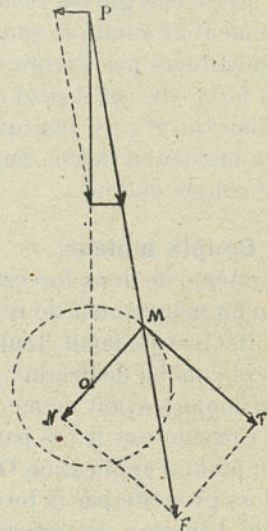


FIG. 53.

1° Nous n'avons étudié que ce qui se passait dans la plan de la bielle, supposant le maneton réduit à un point, relié, par une manivelle fictive, au point *O* autour duquel il tourne.

Cette hypothèse est admissible si nous supposons le vilebrequin parfaitement et infiniment rigide. L'ensemble des forces appliquées au maneton peut alors se réduire à une force unique que nous décomposerons en un effort tangentiel, et un effort normal suivant la manivelle.

2° Nous avons supposé que les diverses pièces n'étaient soumises à aucune autre force que celle résultant de l'explosion.

Or, si nous considérons le vilebrequin, nous voyons qu'il est soumis :

1° Aux forces résultant de l'action des bielles, transmettant les forces auxquelles sont soumis les pistons ;

2° A la pesanteur ;

3° Aux forces d'inertie (forces centrifuges si le mouvement de rotation est uniforme).

4° Aux frottements sur les tourillons ;

5° Aux réactions des organes commandés (arbres à cames, pompes, dynamo, etc...).

L'action des pistons est elle même la résultante :

1° De l'effort du moteur ;

2° De la pesanteur ;

3° Des forces d'inertie ;

4° Des frottements.

Les bielles transmettent les actions subies par le piston. Mais elles sont, elles aussi, soumises à la pesanteur, aux forces d'inertie, et aux frottements sur les axes des pistons et les manetons.

Si donc nous voulons étudier avec précision le couple moteur, nous devons tenir compte de toutes ces forces, à moins que nous puissions les équilibrer.

Le problème de l'équilibrage d'un moteur consiste à déterminer les diverses pièces du moteur pour que l'action exercée par le vilebrequin sur ses appuis soit constante. L'équilibrage est une condition absolument nécessaire au bon fonctionnement d'un moteur, la variation des réactions des tourillons sur l'arbre entraînant des vibrations désagréables et surtout nuisibles.

Nous verrons que, pour équilibrer un moteur, nous sommes conduits avant tout à supposer le mouvement de rotation de l'arbre uniforme.

Nous sommes donc conduits, en premier lieu, à rendre uniforme ce mouvement de rotation, c'est-à-dire à rendre constante la force qui le détermine, qui est la composante tangentielle de la résultante de toutes les forces qui s'exercent sur le maneton. Nous pourrions aussi considérer le moment de cet effort tangential, c'est-à-dire le couple moteur ou moment moteur.

Nous disposons de deux moyens pour uniformiser le couple moteur :

- 1° L'adjonction d'un volant ;
- 2° L'augmentation du nombre des cylindres.

Considérons le cas d'un moteur monocylindrique.

Le couple moteur, dû à la seule action des gaz en ne tenant

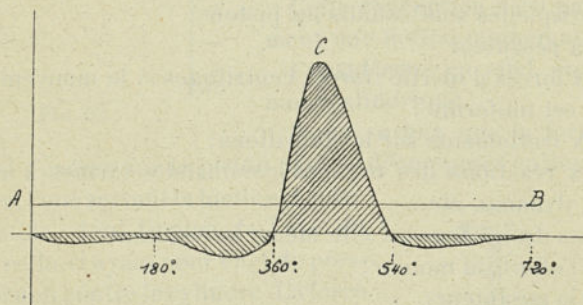


FIG. 54. — Couple moteur (en négligeant les forces d'inertie).

pas compte des forces d'inertie est représenté par la courbe *C* (fig. 54).

On voit qu'il est loin d'être constant.

Nous appellerons couple moyen un couple constant, dont l'action serait la même que celle de ce couple variable. Il est représenté ici par la droite *AB*.

L'action d'un couple constant ne peut évidemment pas être la même que celle d'un couple variable qui ne peut, lui, déterminer un mouvement de rotation uniforme. Ceci est donc approché.

Plus exactement nous définirons le couple moyen de la manière suivante : L'aire comprise entre la droite représentative de ce couple et l'axe des abscisses est la même que l'aire limitée par la courbe représentative du couple vrai et ce même axe, en comptant positivement les aires situées au-dessus de l'axe et négativement celles situées au-dessous.

En réalité la courbe représentative du couple moteur réel, compte tenu des forces d'inertie, est la courbe C' de la figure 55. Nous avons figuré également la droite représentant le couple moteur moyen, soit AB .

Les courbes des figures 54 et 55 ne sont pas générales. Elles correspondent à des moteurs bien déterminés, tournant à une vitesse déterminée. Il faut donc ne voir ici qu'une indication sur la forme générale de telles courbes.

Le rôle du volant est non seulement de modifier le couple moteur pour le rendre plus constant pendant un cycle, mais encore d'intervenir lorsque la vitesse moyenne du moteur tend à se modifier sous l'action d'une cause quelconque (variation de l'effort résistant).

Ce dernier rôle du volant, important dans les moteurs industriels, a peu d'importance dans les moteurs d'automobiles, car lorsque la voiture est en marche, elle constitue un réservoir d'énergie suffisant pour avoir une action supérieure à celle du volant.

Le rôle essentiel du volant est donc, en régularisant le couple moteur, de ne pas lui permettre de prendre des valeurs négatives, c'est-à-dire d'empêcher le moteur de caler. Le volant sera donc calculé d'après le ralenti que l'on veut obtenir, mais il ne peut être calculé indépendamment de la voiture.

Nous n'avons parlé que du moteur monocylindrique. Il est évident que, quel que soit le nombre des cylindres, la courbe représentative du couple moteur moyen s'obtientra en additionnant les couples moteurs des différents cylindres,

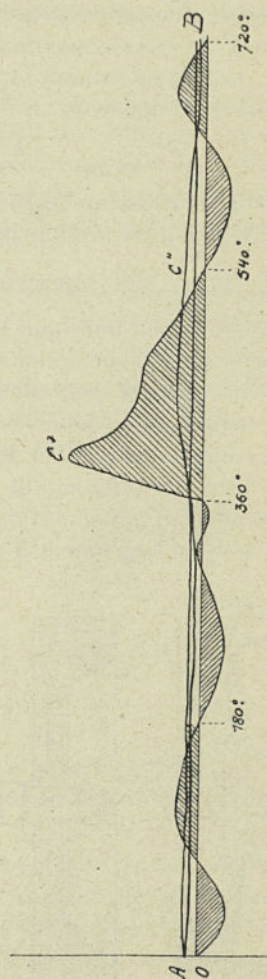


FIG. 55.
Couple moteur, compte tenu des forces d'inertie. - C' couple moteur compte tenu de l'action du volant.

et en tenant compte de l'action du volant. Ceci suppose, naturellement, la *rigidité parfaite de l'arbre moteur*.

Quel que soit le nombre de cylindres, le volant aura un effet semblable sur le couple moteur, mais nous verrons, en étudiant le nombre de cylindres, que le volant devient moins utile à mesure que ce nombre augmente, et que même il n'est plus nécessaire dès qu'un moteur comporte plus de six cylindres.

Soit V_1 la vitesse maximum du vilebrequin pendant un cycle et V_2 sa vitesse minimum, on appelle *coefficient d'irrégularité* du moteur la quantité

$$K = \frac{V_1 - V_2}{V},$$

où V est la vitesse moyenne.

On détermine le volant par la condition que le coefficient de régularité $\frac{1}{K}$ soit supérieur ou égal à une quantité donnée *a priori* et choisie telle que le moteur puisse tourner au ralenti, débrayé, sans caler, à une vitesse déterminée, de l'ordre de 200 tours au moins et généralement davantage.

Le coefficient K , pour les moteurs d'automobile, est généralement compris entre 20 et 40.

On aura un coefficient de régularité d'autant plus grand que le volant aura un moment d'inertie plus élevé.

On sait que le moment d'inertie d'un point M de masse m tournant autour d'un axe et dont la distance à l'axe est r , a pour expression mr^2 . Le moment d'inertie du volant est la somme des moments d'inertie de tous ses points.

Pour avoir un volant efficace, on augmentera m et r , c'est-à-dire qu'on éloignera autant que possible la masse de son axe de rotation. Le volant aura donc la forme d'une roue à jante très massive et à toile aussi légère que possible, du moins dans le cas le plus général,

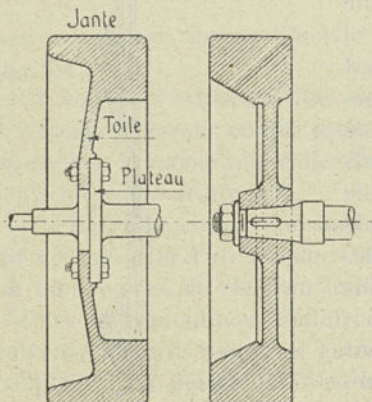


FIG. 56. — Volants.

car il arrive parfois que le volant soit également déterminé

par la condition de remplir un autre rôle, celui de ventilateur par exemple (Renault, Fiat, Mercedes, etc....) : il fait presque toujours partie de l'embrayage (*fig. 56*).

On est limité par l'encombrement et par la vitesse linéaire que ne peuvent dépasser les points de la périphérie sans que le volant soit exposé à éclater. Cette vitesse est de l'ordre de 50 mètres par seconde pour les volants en fonte et dépasse 100 mètres pour les volants en acier au creuset.

Montage du volant. — L'assemblage du volant et du vilebrequin a une grosse importance, en raison des ruptures possibles dues aux efforts d'inertie, et au fait que le moindre jeu (balourd) dans la fixation du volant se traduit par des vibrations dont les effets sont sensibles sur le rendement du moteur et sa conservation.

Le volant est généralement monté sur le vilebrequin par un assemblage à cône et clavette (*fig. 57*). L'extrémité arrière du vilebrequin se termine par un cône et le volant vient s'enfiler sur ce cône, sur lequel sont disposées deux ou plusieurs clavettes. Le volant est ensuite serré au moyen d'un écrou.

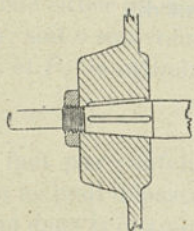


FIG. 57.

Assemblage par cône et clavette.

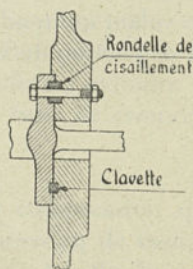


FIG. 58.

Montage par clavette et rondelles de cisaillement

Si l'assemblage du volant et du vilebrequin se fait au moyen d'un plateau d'entraînement solidaire du vilebrequin, la toile du volant est fixée à ce plateau par des boulons; mais l'entraînement se fait au moyen de rondelles de cisaillement en acier trempé qui s'encastrent à la fois dans la toile et dans le plateau (*fig. 58*).

Le vilebrequin se termine par une extrémité qui sert à centrer l'embrayage.

Il est assez important que le volant soit à l'arrière du moteur.

Supposons en effet que dans un moteur, sous l'influence d'un raté ou d'une irrégularité dans la marche, le couple varie brusquement.

En vertu de l'inertie, ce moment ne varie pas instantanément et il va se développer un couple de torsion proportionnel au moment d'inertie des pièces animées d'un mouvement de rotation.

Si le volant est à l'arrière, l'inertie du volant développera un effort de torsion surtout dans la partie arrière de l'arbre, qui est la moins fatiguée. On évite ainsi des ruptures d'arbres qui seraient plus fréquentes si toute l'inertie était concentrée vers l'avant, c'est-à-dire dans les portions qui sont soumises à des efforts de torsion provenant des actions appliquées aux manetons.

Certains moteurs ont cependant le volant au milieu du vilebrequin. Cette disposition, exceptionnelle, diminue la longueur des portions soumises à la torsion provenant, par exemple, des ratés. Le mouvement de torsion du vilebrequin étant un mouvement vibratoire, la période du mouvement se trouve modifiée, et ceci peut éviter les phénomènes de « trash ».

Signalons, en passant, la tendance moderne qui consiste à monter en bout d'arbre un appareil combiné : il constitue un véritable volant qui tend à annuler les efforts de torsion qui proviennent de l'action du volant proprement dit.

CHAPITRE VIII

LE CYLINDRE

Le cylindre contient et guide le piston qui se meut entre deux positions extrêmes P_1 et P_2 respectivement appelées point mort haut et point mort bas. On appelle *alésage* le diamètre intérieur du cylindre pris dans la partie comprise entre P_1 et P_2 et course la distance P_1P_2 (*fig. 59*).

La partie située au-dessus de P s'appelle la chambre de compression; soit v son volume et V le volume du cylindre compris entre P_1 et P_2 ou cylindrée. On appelle *taux de compression* le rapport $\rho = \frac{V+v}{v}$.

Il ne faut pas confondre le taux de compression qui avec l'essence ne peut dépasser 5,5, avec la pression de compression qui règne dans la chambre de compression à la fin du deuxième temps. En effet, la compression n'est pas isothermique et la pression est supérieure à ρ atmosphères en raison de l'élévation de température produite par la compression. Cette température est de l'ordre de 150°.

Il ne faut pas confondre non plus le *taux de compression* et le *taux de remplissage*. On appelle taux de remplissage un nombre, toujours inférieur à 1, qui est la fraction du volume de la cylindrée, qu'occuperaient, à 0 degré et sous la pression 760 millimètres de mercure, les gaz admis. Ce nombre ne dépasse que bien rarement 0,9 et tombe parfois aux grandes vitesses à 0,6 et même plus bas.

Les chapelles sont les espaces hachurés sur la figure 59; elles font partie de la chambre de compression; mais on verra que si elles permettent de commander simplement les soupapes, elles ne permettent pas toujours d'obtenir un rendement élevé.

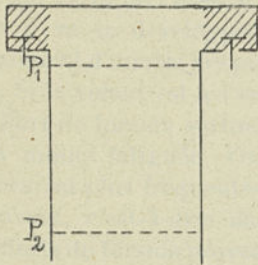


FIG. 59.

La chambre de compression théoriquement la plus avantageuse, au seul point de vue thermo-dynamique, serait une chambre sphérique et sans saillies.

Nous verrons qu'en réalité les phénomènes dits de turbulence peuvent largement modifier cette conclusion. (Voir: *Combustion*).

Le fond du cylindre s'appelle la culasse. Un joint est interposé entre culasse et cylindre, lorsque la culasse est rapportée.

Les cylindres des moteurs d'automobile sont généralement verticaux, le montage en V étant à peu près complètement abandonné.

Les soupapes peuvent être disposées de diverses façons et la forme du cylindre dépend de la disposition adoptée (*fig. 60*).

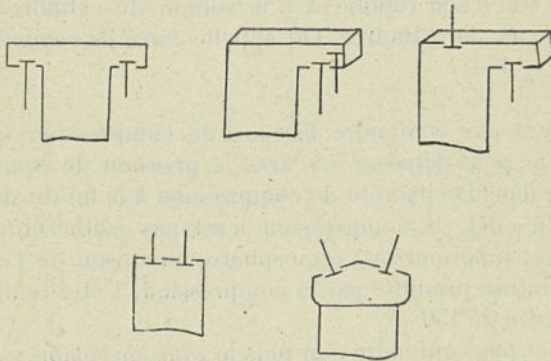


FIG. 60. — Schémas de cylindres et soupapes.

Il y a deux facteurs importants :

- 1° Le dispositif de commande des soupapes ;
- 2° La forme de la chambre d'explosion.

Pour que la chambre soit sphérique, il faudrait que les soupapes soient inclinées, mais la commande en est alors difficile.

La chambre de compression ne doit présenter ni cavités, ni saillies; il faut en effet que les distances que doit parcourir l'onde explosive soient aussi faibles que possible et que la surface par laquelle se font les échanges de chaleur soit aussi petite que possible.

Aucune partie de la paroi ne doit causer une irrégularité de dilatation; on évitera donc les changements brusques d'épaisseur de matière. Le dispositif 1 est dit cylindre en *T*; les dispositifs 2 et 3 sont dits cylindres en *L* (ou en *F*).

Un excellent dispositif, d'ailleurs fort répandu, est le dispositif en *I* (*figurines* 4, 5).

Il est important, quel que soit le dispositif, que l'on puisse refroidir les sièges des soupapes et particulièrement des soupapes d'échappement, et que l'on puisse aisément atteindre ces soupapes pour les nettoyer ou les roder.

Le dispositif 1 qui fut pendant longtemps uniquement employé est beaucoup moins usité aujourd'hui. Il permet de placer la bougie d'allumage près de l'arrivée des gaz frais; au ralenti, l'inflammation est ainsi meilleure et l'on évite les ratés. Les bougies s'échauffent moins. Mais il exige des chapelles qui, si elles augmentent généralement la turbulence, diminuent toujours le remplissage.

Usinage des cylindres. — Les cylindres sont généralement en fonte grise moulée, usinée ensuite sur les parties qui ont besoin d'être réalisées avec précision (*fig.* 61).

La culasse peut être venue de fonte avec le cylindre ou bien être rapportée.

La culasse rapportée permet un usinage plus parfait; le polissage, en particulier, a une grande importance, car les rugosités sont une cause fréquente d'auto-allumages.

Le démontage des pistons se trouve facilité.

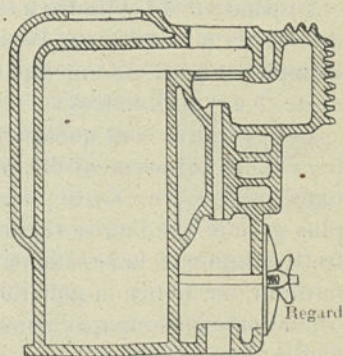


FIG. 61. — Coupe d'un cylindre.

Ceci explique que les constructeurs emploient de plus en plus les culasses rapportées, maintenant que l'on sait faire des joints dont l'étanchéité reste satisfaisante aux températures élevées, même après un usage prolongé (*fig. 62*).

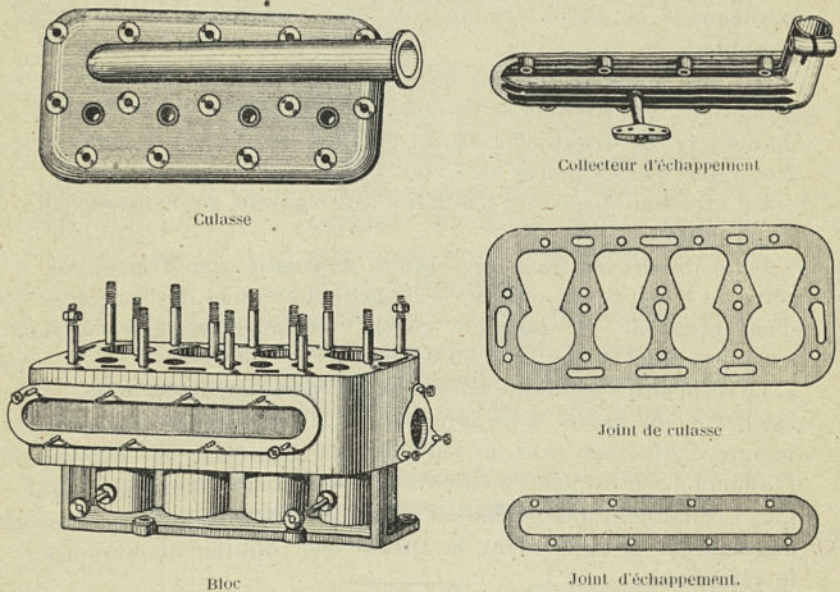


FIG. 62. — Moteur à culasse rapportée : Citroën B 12.

L'épaisseur du cylindre n'est pas déterminée par la condition de résister à l'explosion; l'épaisseur de fonte que l'on est obligé d'employer pour obtenir une coulée régulière est toujours suffisante (5 à 8 millimètres).

Les cylindres sont quelquefois en acier. Ils comportent alors le cylindre proprement dit, dont l'épaisseur varie avec la résistance nécessaire. Cette résistance est naturellement d'autant plus grande que l'on se rapproche du fond. La chemise formant frette augmente la résistance de la paroi. Elle est alors en aluminium, au moins en général.

On visite les soupapes grâce à des ouvertures placées au-dessus d'elles dans les chapelles.

Ces ouvertures ont un diamètre légèrement supérieur à celui des soupapes et sont fermées par un bouchon vissé (*fig. 63*).

Un joint métalloplastique est placé sous le chapeau du bouchon pour en assurer l'étanchéité.

Les bougies sont fréquemment vissées dans les bouchons de soupapes, ainsi que les robinets de décompression, qui sont mieux placés, cependant, au milieu du fond du cylindre.

Les bouchons doivent être taraudés pour recevoir bougies et robinets.

Les cylindres comportent généralement, à la partie inférieure une embase qui est fixée au carter (fig. 64).

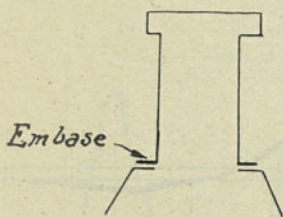


FIG. 64.

Cette partie inférieure est légèrement évasée pour faciliter l'introduction du piston.

Il arrive que les cylindres soient venus de fonte avec la partie supérieure du carter (Ford).

Le cylindre a besoin d'être refroidi. Si la chaleur est cédée directement à l'atmosphère, on donne au cylindre une surface maximum de rayonnement, et pour cela on dispose sur toute la surface qui a besoin d'être refroidie des ailettes venues de fonte avec elle (fig. 65 et 66). (Voir chapitre *Refroidissement*).

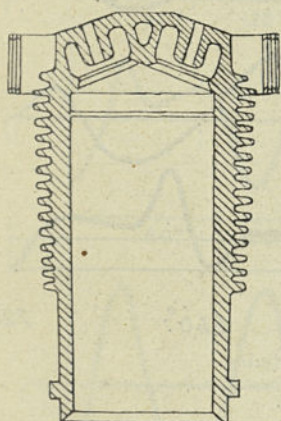


FIG. 65. — Cylindre à ailettes.

Si la chaleur est d'abord cédée à de l'eau — et c'est le système adopté presque toujours sur le moteur d'automobile — le cylindre comporte une enveloppe généralement venue de fonte avec lui, ménageant un espace vide de 10 à 15 millimètres d'épaisseur pour la circulation de l'eau.

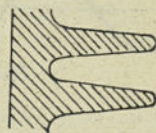


FIG. 66.

Détail des ailettes.

Il est commode que cette chemise soit munie d'orifices favorisant le désablage, si la culasse n'est pas rapportée. Ces orifices peuvent être fermés par de simples vis en bronze ou en fonte, à tête noyée, de dimensions assez grandes. Ils peuvent être trop

grands pour être ainsi obturés : ils sont alors fermés au moyen de plaques de visite en acier, laiton ou aluminium, vissées sur la chemise.

L'étanchéité est assurée au moyen d'un joint et les vis de fixation sont assez nombreuses pour que la plaque ne puisse se gonfler, en laissant fuir l'eau.

Nombre de cylindres. — Nous avons dit, au chapitre précédent (le volant), que l'augmentation du nombre des cylindres était un moyen de régulariser le couple moteur.

Nous verrons également plus tard, en étudiant l'équilibrage,

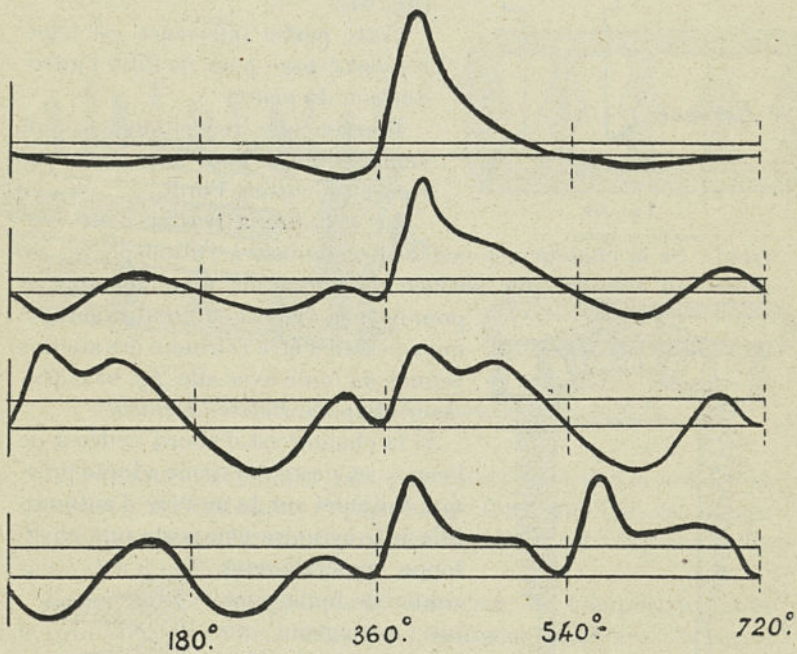


FIG. 67. — Moments Moteurs.

1. Un cylindre. - 2. Un cylindre, compte tenu des forces d'inertie. - 2. Deux cylindres (à 360°).
4. Deux cylindres (à 180°).

qu'un moteur doit avoir au moins 4 cylindres pour que son équilibrage soit satisfaisant.

On conçoit aisément, d'ailleurs, que l'irrégularité du couple moteur étant due surtout au fait que sur les quatre temps, un seul est moteur, il y aura avantage à employer un nombre de

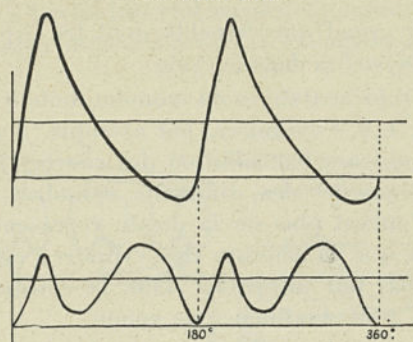


Fig. 68. — Moment moteur d'un quatre cylindres.

1. Sans forces d'inertie - 2. Avec forces d'inertie.

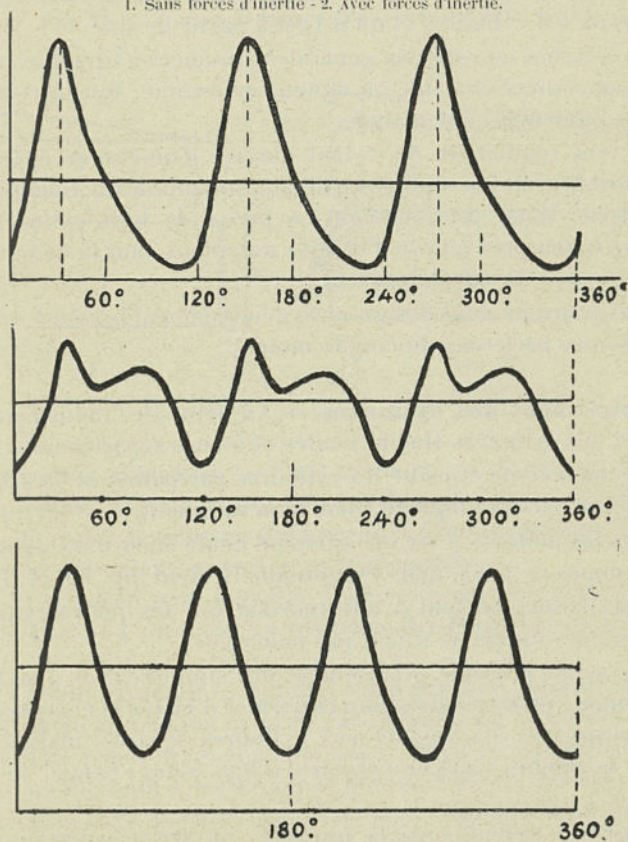


Fig. 69. — Moments moteurs.

1. Six cylindres sans forces d'inertie, - 2. Six cylindres avec force d'inertie
3. Huit cylindres; forces d'inertie négligeables.

cylindres aussi grand que possible dont les explosions seront *uniformément réparties* dans le cycle.

Les courbes représentatives du moment moteur dans le cas de moteurs à 1, 2, 4, 6, 8 cylindres, par exemple, nous montreront que la courbe, obtenue par addition des courbes représentatives des moments moteurs des différents cylindres, se rapproche relativement d'autant plus de la droite représentant le couple moteur moyen que le nombre des cylindres est plus grand; nous n'avons pas fait intervenir dans la construction de ces courbes (*fig. 67 à 69*), l'influence du volant.

On voit que, en ne tenant pas compte des forces d'inertie, le couple moteur peut arriver à être presque constamment positif dès qu'on a 4 cylindres et qu'il l'est à partir de six.

Ces courbes ne sont pas générales : données à titre d'exemple, elles concernent chacune un moteur déterminé, tournant à une vitesse également déterminée.

Le rôle régulateur du volant permet d'améliorer encore la régularité cyclique obtenue par augmentation du nombre des cylindres. Mais, pratiquement, à partir de huit cylindres, il devient à peu près inutile d'utiliser un volant, tant le couple réel s'éloigne peu du couple moyen.

C'est pourquoi nous désignerons généralement le *couple moyen*, quand nous parlerons du couple moteur.

Groupement des cylindres. — Au début de l'industrie automobile, les cylindres étaient coulés et usinés séparément.

Puis on a coulé et usiné les cylindres par paires et ce système est encore parfois employé, mais bien rarement.

Dans les moteurs à six cylindres on coule encore les cylindres par groupes de trois, mais exceptionnellement (*fig. 70, 71, 72.*)

Il est maintenant tout à fait anormal que les quatre cylindres des moteurs usuels ne soient pas monoblocs.

Ce système présente évidemment une simplification d'usinage, de montage et de construction et permet d'éviter la complication des tuyauteries aboutissant aux cylindres séparés; mais, si une avarie se produit dans un cylindre, il faut alors changer le bloc entier.

Malgré la difficulté de la fonderie, on arrive couramment à obtenir 6 cylindres fondus ensemble d'une construction parfaite.

Les moteurs à 4 cylindres sont les plus répandus; il existe cependant de nombreux moteurs à 6 et 8 cylindres, exceptionnellement 12.

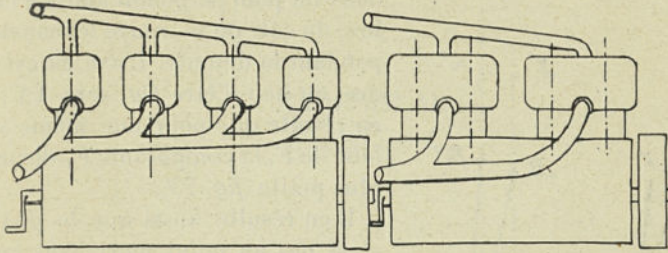


FIG. 70. — Quatre cylindres séparés et en deux blocs.

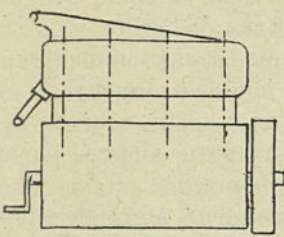


FIG. 71.
Quatre cylindres monobloc

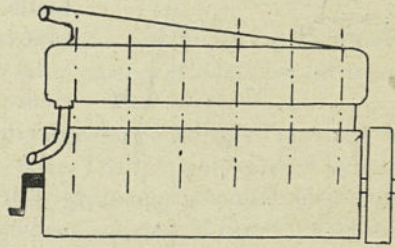


FIG. 72.
Six cylindres monobloc.

Cylindres désaxés. — Nous avons vu que le piston exerçait une pression latérale contre la paroi du cylindre, ce qui est à la fois une cause de mauvais rendement et d'usure, puisque de cette pression dépendent en partie les frottements.

C'est la raison pour laquelle, fréquemment, les cylindres sont ovalisés, c'est-à-dire usés au voisinage des génératrices de frottement.

Il y a donc avantage à réduire cette pression latérale, qui est fonction de la réaction exercée par la bielle sur le piston.

Or cette réaction est fonction, pour chaque position du piston, de la pression qui s'exerce sur le piston et de l'angle que fait la bielle avec l'axe du cylindre; on ne peut diminuer la pression, on cherchera donc à diminuer l'angle, soit ;

1° En allongeant la bielle pour une même longueur de manivelle.

2° En désaxant le cylindre, c'est-à-dire en décalant l'axe du cylindre, par rapport à la verticale du centre de la manivelle, dans un plan perpendiculaire à l'arbre, du côté où se trouve le maneton pendant la détente. L'axe du cylindre, au lieu d'être Oy , sera XX' ; il en résulte que pour une même valeur de F , la composante F_1 devient plus petite (fig. 73).

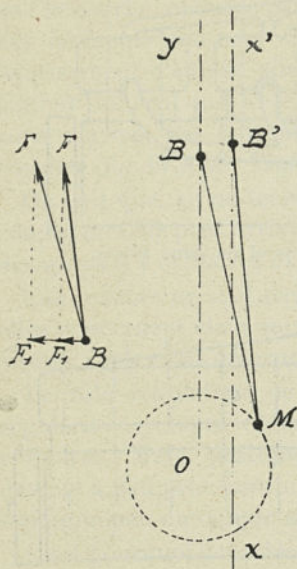


FIG. 73.

Il en résulte aussi que le piston n'est pas au point mort haut lorsque le bras de manivelle est vertical, mais seulement lorsque ce bras et la bielle sont dans un même plan passant par l'axe de l'arbre.

La course est alors un peu supérieure au double du rayon de la manivelle.

Le désaxage ne dépasse jamais $1/4$ de la manivelle.

Sur les moteurs à grande vitesse de régime, le désaxage peut devenir nuisible, en raison de la grandeur des forces d'inertie. C'est pourquoi

on renonce actuellement à cette pratique, fort usitée autrefois.

Il ne faut pas confondre les cylindres désaxés avec les cylindres à bielles déportées. L'axe du cylindre désaxé reste dans le plan perpendiculaire au maneton en son milieu, mais non pas l'axe du cylindre à bielles déportées, qui est déplacé dans le plan de symétrie de la voiture.

CHAPITRE IX

LE CARTER

Le carter d'un moteur d'automobiles est le bâti qui supporte les cylindres et le vilebrequin de ce moteur. Ce bâti est lui-même fixé au châssis.

Il constitue également une enveloppe fermée abritant les différents organes du moteur contre l'eau, la poussière et la boue. Enfin, comme l'huile qui sert au graissage retombe nécessairement au fond du carter, il constitue souvent le réservoir d'huile, bien qu'actuellement il existe une tendance à utiliser un autre réservoir où l'huile du carter est envoyée par une pompe.

Il doit permettre le mouvement de rotation du vilebrequin. Sa forme générale est donc celle d'un cylindre horizontal comportant à sa partie supérieure des orifices sur le bord desquels se fixeront les cylindres du moteur par leurs embases.

Il doit comporter également les emplacements des arbres à cames, des organes de commande de ces arbres et des arbres de commande de la magnéto et des pompes.

Les carters doivent être à la fois légers et rigides, tout en ayant la solidité nécessaire pour remplir leur rôle de bâti.

Ils sont le plus généralement en aluminium, ou plutôt en alliages d'aluminium, de cuivre et de zinc, de proportions variables.

Il arrive pourtant que le demi-carter supérieur soit venu de fonte avec les cylindres; la partie inférieure seule est alors en aluminium (Ford).

Les carters des véhicules industriels sont fréquemment en fonte, en raison de l'augmentation de prix que comporte l'emploi de l'aluminium

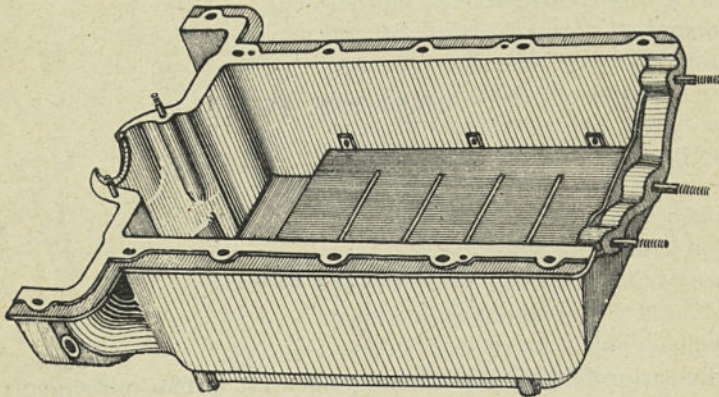


FIG. 74. — Demi-carter inférieur (Citroën).

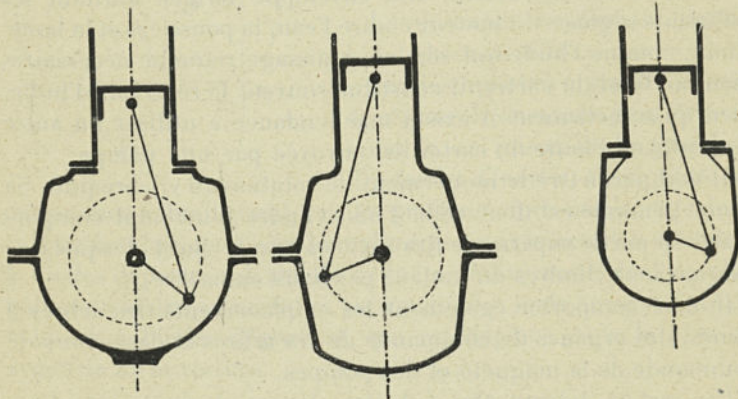


FIG. 75.

Carter en deux parties. Demi-carter supérieur venu de fonte

FIG. 76.

avec les cylindres.

FIG. 77.

Carter d'une seule pièce (très rare).

Certains constructeurs se servent de bronze au manganèse pour la partie du carter qui porte les paliers du vilebrequin et les bras de fixation, à cause de la résistance élevée à la rupture que présente cet alliage.

Support du vilebrequin. — Les paliers du vilebrequin sont nécessairement disposés entre les deux demi-carter, si le carter est usiné en deux parties, ce qui paraît plus économique et plus commode pour le montage.

Le vilebrequin peut alors être porté soit par les deux demi-carter, soit par le demi-carter inférieur, soit plutôt par le demi-carter supérieur en raison des facilités de démontage d'un tel dispositif (voir *fig. 84*).

La partie du carter qui supporte les paliers du vilebrequin doit également être usinée pour supporter les poussées longitudinales de l'arbre, c'est-à-dire comporter une butée.

Les efforts longitudinaux peuvent en effet être très importants, en cas de brusque changement d'allure, ou même quand on débraye.

Si le vilebrequin n'a que deux paliers, ce qui est actuellement rare, le carter peut être fait en une seule pièce.

Fixation des cylindres sur le carter. — Les cylindres doivent être solidement fixés au carter et on ne peut se fier au filetage pratiqué dans l'aluminium. On emploie un dispositif tel que ceux représentés ici, soit par goujon (*fig. 78*), soit par boulon à deux diamètres (*fig. 79*).

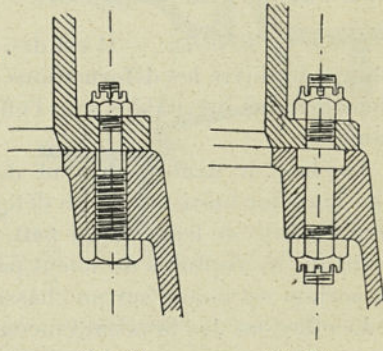


FIG. 78.

FIG. 79.

Fixation du carter sur le châssis. — *Bras de fixation.* — Les moteurs verticaux sont généralement fixés par trois ou quatre points. S'ils sont fixés par trois points, ils ont seulement deux bras de fixation (un de chaque côté) et reposent par le troisième point sur une traverse, au droit du palier avant ou du palier arrière du moteur.

La fixation par trois points semble préférable, car elle permet de soustraire en partie le moteur aux actions des déformations du châssis, si la fixation sur la traverse se fait par une articulation à rotule.

Les bras sont venus de fonte avec le carter et fixés soit sur les longerons, soit sur les longeronnets.

S'ils sont fixés sur les longerons, ceux-ci sont alors remplis d'une fourrure de bois (*fig. 80*).

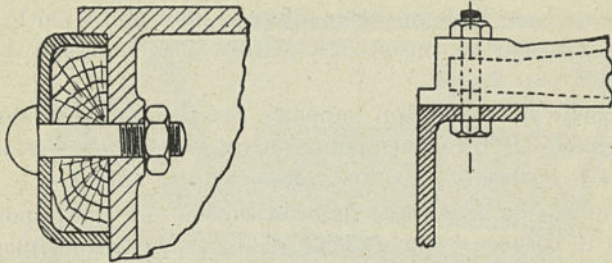


FIG. 80. — Fixation sur longeron fourré. FIG. 81. — Fixation sur longeronnet.

S'ils sont fixés sur un faux châssis, l'épaulement des bras est plus large et il est muni d'un ou plusieurs bossages pour les boulons verticaux qui les traversent, les fixant sur la semelle supérieure du faux châssis (*fig. 81*).

Mode de fixation. — Il est désirable que le carter ne soit pas obligé de suivre les déformations du châssis sur lequel il est fixé, déformations inévitables sous l'effet des chocs que la route détermine.

Les bras de fixation doivent donc pouvoir fléchir assez pour que le carter lui-même ne se déforme pas. Les efforts que subissent ces bras de fixation (ou pattes d'attache) sont assez grands pour que les ruptures ne soient pas rares lorsqu'un moteur trop important est monté sur un châssis léger.

Les flexions des bras ont l'inconvénient de compromettre l'alignement des paliers, c'est-à-dire de déterminer des déformations du vilebrequin.

Il faudrait donc réaliser une véritable suspension du carter sur le châssis.

Une première solution consiste à monter le carter sur un faux châssis, constitué par deux longeronnets montés sur les deux traverses avant. Le système des traverses et des longeronnets atténue les déformations du châssis (Rolls-Royce).

De nombreux constructeurs fixent le carter sur le châssis, par trois points : une rotule à l'avant et deux axes à l'arrière : cette

solution, répandue, n'atténue pas l'influence des déformations du châssis dans son plan, beaucoup plus rares il est vrai. Même, il semble qu'elle soit à peu près inutile, si la rotule ou les axes ne sont pas susceptibles de déplacements élémentaires. Notamment, rotule ou axes peuvent être montés dans des boîtiers contenant une substance compressible, caoutchouc convenablement traité, par exemple.

La solution la plus simple semble être de réunir le moteur et la boîte de vitesses dans un carter unique, que l'on boulonne sur les longerons de manière à ce que la rigidité du châssis soit améliorée par cet ensemble rigide (Hispano-Suiza, etc...). Le centrage des arbres, vilebrequin et primaire, est alors parfaitement assuré.

Reniflards. — Lorsqu'un moteur fonctionne, l'étanchéité des segments n'est jamais absolue lorsque les différences de pression

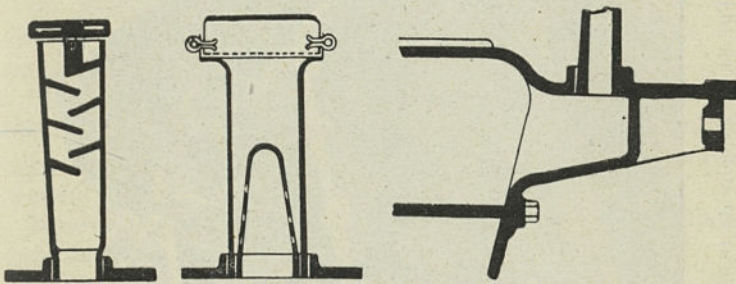


FIG. 82. — Reniflards.

FIG. 83. — Reniflard sur le bras du carter.

entre le cylindre et le carter sont considérables, c'est-à-dire surtout pendant l'explosion et la détente.

Les gaz du cylindre peuvent donc pénétrer dans le carter et y faire régner une pression supérieure à la pression atmosphérique, qui faciliterait les pertes d'huile par les sorties d'arbre.

Nous verrons d'ailleurs que, le plus souvent, au temps de l'admission, c'est l'air du carter, chargé d'huile, qui remonte dans les cylindres : l'excès de pression dans le carter facilite ces remontées d'huile.

Pour faire régner dans le carter la pression atmosphérique, on le fait communiquer avec l'extérieur par des orifices appelés *reni-*

flards, généralement placés sur les bras de fixation. Ils doivent être organisés, pour empêcher les sorties d'huile (*fig. 82 et 83*).

Leur position les met à l'abri des projections d'huile. Actuellement, on veille à ce qu'ils ne favorisent pas la condensation de la vapeur d'eau (dilution).

Carter de distribution. — Dans la plupart des moteurs modernes, les pignons de commande de la distribution et des organes accessoires sont placés dans un carter spécial fixé à l'avant du moteur, et exceptionnellement à l'arrière. (*fig. 84*.)

Il est quelquefois venu de fonte avec le carter principal, formant calotte démontable. Plus souvent il est entièrement rapporté.

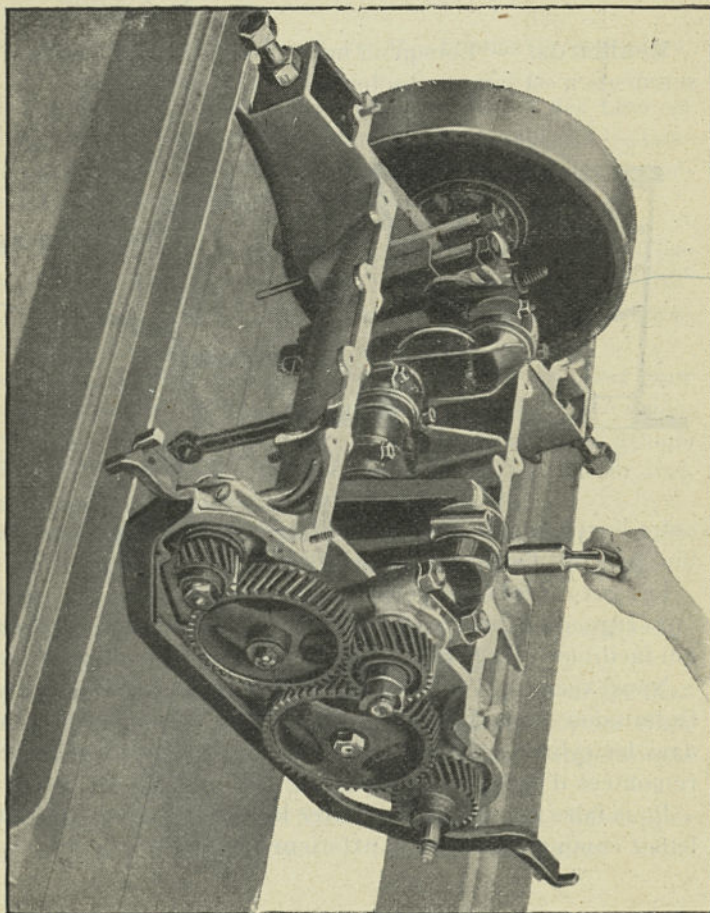


Fig. 84. — (Extrait du *Dictionnaire des Réparations Citroën*).
Dent-carter supérieur (renversé pendant une réparation).
On voit ici le montage du vilebrevard sur ce dent-carter. Les engrenages de commande de distribution sont enfermés ensuite dans un carter spécial.

CHAPITRE X

ÉQUILIBRAGE

On dit qu'un moteur est équilibré, à un régime déterminé, lors qu'il exerce, à ce régime, sur ses appuis supposés rigides, des actions constantes.

On conçoit aisément l'intérêt que présente l'équilibrage. En effet, un moteur qui n'est pas équilibré exerce sur le bâti qui le supporte des actions variables périodiques, déterminant par conséquent des vibrations de ce bâti.

Inversement, les réactions du bâti sur le moteur déterminent des vibrations de l'arbre supposé rigide.

Ces vibrations ont deux effets distincts.

D'une part une pression variable détermine une usure variable, donc des jeux. Ces jeux augmentent le travail résistant, c'est-à-dire accélèrent l'usure et diminuent le rendement du moteur.

D'autre part, on sait qu'un métal soumis à des vibrations répétées perd une partie de sa résistance, à la suite des modifications physiques qu'il subit, d'où ruptures possibles des longerons du châssis ou de diverses pièces du moteur, vilebrequin en particulier.

Conditions pour qu'une machine soit équilibrée. — Nous supposons *d'abord* que toutes les parties de cette machine sont indéformables, qu'il s'agisse de l'ensemble des pièces immobiles fixées au châssis, c'est-à-dire cylindres et carter, ou des pièces animées d'un mouvement quelconque.

Nous supposons donc qu'aucune partie ne travaille à l'extension, à la compression, à la torsion, à la flexion. Nous tiendrons pour négligeables les actions des divers organes que commande le vilebrequin.

Nous admettrons alors que, pour qu'une machine soit équilibrée, il faut et il suffit que :

1° Son centre de gravité soit fixe.

2° Le système des forces d'inertie du système soit équivalent à zéro. (Cf. DEVILLERS, *le moteur à explosions*.)

Nous verrons plus loin que *ceci ne peut avoir lieu sans que son couple moteur soit constant*.

On trouvera dans les ouvrages de mécanique supérieure la démonstration rigoureuse de la nécessité de ces conditions. Nous admettrons par la suite — et ceci est presque rigoureusement vrai, — que le centre de gravité est fixe : il reste donc à satisfaire la condition relative aux forces d'inertie.

Un moteur pour être équilibré devra d'abord remplir ces conditions théoriques et ensuite se rapprocher autant que possible de la machine parfaite, c'est-à-dire à point d'appui et pièces infiniment rigides.

Centre de gravité fixe. — Ceci ne peut exister dans le moteur monocylindrique, ni, naturellement dans le deux cylindres à 360°. Si les deux cylindres sont calés à 180°, le centre de gravité ne peut être fixe non plus, puisque la loi de mouvement du piston n'est pas la même dans les deux sens. *Le quatre cylindres, formé de deux groupes de deux cylindres à 180° symétriques par rapport au plan médian ne sera donc jamais parfaitement équilibré.*

Les deux cylindres opposés, par contre, ont leur centre de gravité fixe : d'où leur emploi en deux temps tournant vite.

Un six cylindres peut avoir son centre de gravité fixe : aucun moteur ordinaire, c'est-à-dire à cylindres verticaux, ne sera donc parfaitement équilibré s'il n'a au moins 6 cylindres.

Forces d'inertie. — On sait que la force d'inertie d'un point matériel de masse m est, par définition, une force opposée à l'accélération γ et ayant pour mesure $F = m \gamma$.

La nécessité d'équilibrer les forces d'inertie nous conduit à

classer en trois catégories les divers organes mobiles du moteur, qui sont les seuls donnant naissance à des forces d'inertie :

1° Les organes animés d'un mouvement de rotation (manetons, manivelles, volant, etc...);

2° Les organes animés d'un mouvement rectiligne et alternatif (pistons et axes de pistons, soupapes);

3° Les bielles, dont le mouvement participe des deux précédents.

Mais le calcul montre que les forces d'inertie qui prennent naissance dans le mouvement d'une bielle peuvent être remplacées, dans tous les problèmes relatifs à l'équilibrage, par celles qui seraient dues à deux masses A et B , supposées confondues : A avec l'intersection de l'axe de la bielle et de l'axe du piston, B , avec l'intersection de l'axe de la bielle et de l'axe du maneton, la somme des masses A et B étant égale à la masse de la bielle, le système de ces deux masses ayant même centre de gravité que la bielle.

Nous remarquerons que ceci n'est qu'une approximation, qui, pour être permise, n'en retire pas moins *la rigueur absolue* aux solutions de l'équilibrage qui en sont déduites.

Dans ces conditions, les forces d'inertie à annuler sont de deux sortes seulement : celles qui prennent naissance dans les mouvements de rotation et celles qui prennent naissance dans les mouvements rectilignes et alternatifs.

On démontre que la condition nécessaire et suffisante pour annuler le système total des forces d'inertie est d'annuler séparément le système des forces d'inertie provenant des pièces animées d'un mouvement de rotation et celui des forces d'inertie provenant des pièces animées d'un mouvement de translation. (Cf. DEVILLERS.)

Nous étudierons donc, successivement, l'équilibrage de ces deux systèmes de force.

ÉQUILIBRAGE DES MASSES ANIMÉES D'UN MOUVEMENT DE ROTATION

On démontre que, pour que l'ensemble des masses animées d'un mouvement de rotation soit équilibré, il faut :

- 1° Que la vitesse angulaire de rotation soit constante;
- 2° Que le solide soit dynamiquement équilibré.

Si cette dernière condition n'est pas remplie, le couple d'inertie n'est pas nul.

Pour que l'accélération angulaire soit constamment nulle, il faut que le couple moteur soit constamment égal au couple résistant. Nous supposons que ce couple résistant est constant. Il faut donc, pour faire disparaître l'inertie due aux variations de vitesse angulaire, que le couple moteur soit constant. Cette condition apparaît parfaitement naturelle : le couple représentant l'effort utile, il faut un effort constant pour produire un mouvement uniforme.

Couple moteur constant. — L'irrégularité du couple moteur, s'il s'agit d'un seul cylindre, c'est-à-dire d'une irrégularité cyplique, entraîne un mouvement de roulis, tandis que dans un moteur polycylindrique, si les couples des divers cylindres sont inégaux, il se produit un mouvement de galop.

Nous avons vu précédemment que le couple moteur d'un cylindre unique était nécessairement variable et qu'il existait deux moyens simples pour obtenir un moteur de couple aussi régulier qu'on le désire, c'est-à-dire s'écartant de sa valeur moyenne de quantités inférieures à une quantité donnée.

Le premier moyen est d'augmenter le nombre des cylindres. Mais ce moyen, employé seul, est insuffisant, car il conduirait à employer un nombre de cylindres inadmissible.

Le second moyen est de munir le moteur d'un volant. Nous savons que l'adjonction d'un volant nous permet une régularisation aussi grande que nous le voulons du couple moteur, dans la limite où les dimensions à donner au volant sont compatibles avec le but dans lequel le moteur est construit. Il ne faut pas oublier que, lorsque le moteur est relié à la voiture, celle-ci joue un rôle analogue à celui du volant : le couple résistant total, c'est-à-dire l'ensemble des résistances à vaincre, soit pour faire avancer la voiture, soit pour faire fonctionner les divers organes de transmission, joue un rôle analogue à celui du couple d'inertie du volant dans le moteur pris isolément.

Équilibrage dynamique. — Nous conviendrons de résumer par ce terme unique l'ensemble des deux conditions mathématiques qui, jointe à la constance de la vitesse de rotation, sont nécessaires et suffisantes :

1° Que le centre de gravité du système tournant, soit sur l'axe de rotation;

2° Que cet axe soit pour le solide un axe central d'inertie.

On convient généralement de dire que la première de ces deux conditions exprime l'*équilibre statique*, c'est-à-dire que, si elle est satisfaite, le vilebrequin abandonné à lui-même, reste en équilibre dans une position quelconque.

Cet équilibre statique, est donc une condition nécessaire, et non suffisante, de l'équilibre des pièces animées d'un mouvement de rotation.

Mais, puisque nous admettons que la première condition est satisfaite (vitesse angulaire constante), les accélérations sont toutes centripètes, c'est-à-dire que toutes les forces d'inertie sont *centrifuges*. Il nous suffit donc, pour résoudre le problème de l'équilibre des forces d'inertie des mouvements de rotation de chercher à annuler le système constitué par ces forces.

Nous allons montrer que la solution exacte de ce problème est toujours possible, mais rappelons bien que ce problème vient après que la régularisation du mouvement, par augmentation du nombre des cylindres, ou action du volant, a été réalisée.

Expression et effets de la force centrifuge (fig. 85). —

Considérons un point M , de masse m , tournant autour d'un axe AB dont A et B sont les points d'appui. Soit r la distance du point M à l'axe AB et ω la vitesse angulaire du mouvement de rotation supposé uniforme.

La force centrifuge, constante en grandeur, qui prend naissance dans le mouvement de M , a pour valeur :

$$m\omega^2 r.$$

Soit M_0 le pied de la perpendiculaire abaissée de M sur AB , c'est-à-dire l'intersection de AB avec le plan de rotation de M .

Posons :

$$M_0A = a$$

$$M_0B = b$$

Supposons que le point M soit solidaire des coussinets A et B .

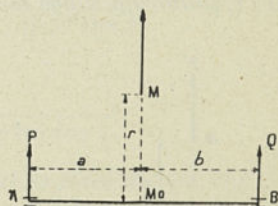


FIG. 85.

La force centrifuge MF est équivalente à un système de deux forces AP et BQ qui lui sont parallèles, de même sens, et ont respectivement pour expression :

$$AP = m\omega^2 r \frac{b}{a+b}$$

$$BQ = m\omega^2 r \frac{a}{a+b}$$

C'est-à-dire que l'axe réel AB exercera sur ses points d'appui des pressions qui sont précisément AP et BQ . Il en résulte que les coussinets A et B , soumis à des forces qui changent constamment de direction, vont imprimer au bâti sur lequel ils sont fixés des vibrations nuisibles à la durée des organes et au confort des voyageurs.

De plus l'axe réel AB tendra à fléchir comme une tige chargée en M_0 et reposant sur deux points fixes (A et B). Il tendra donc à se coincer dans ses coussinets, puisqu'il ne coïncidera plus avec l'axe fictif de rotation.

Nous allons montrer que l'on peut annuler la pression sur les coussinets, mais la tendance à la flexion subsistera toujours et le vilebrequin devra être réalisé de manière à justifier l'hypothèse de la rigidité, aussi complètement que possible, du moins.

a) *Équilibrage d'une masse unique M par une autre masse M' (fig. 86).* — Considérons une autre masse M' (que nous supposons réduite à un point et placée sur MM_0 de manière que M_0 soit entre M et M') et entraînée dans le même mouvement que M .

Elle est soumise à une force centrifuge qui a pour expression :

$$m'\omega^2 r'$$

et qui est de sens contraire à la force centrifuge de M : $m\omega^2 r$. Pour que ces deux forces s'annulent, il faut et suffit que :

$$m\omega^2 r = m'\omega^2 r'$$

ou :

$$\frac{m}{m'} = \frac{r'}{r}$$

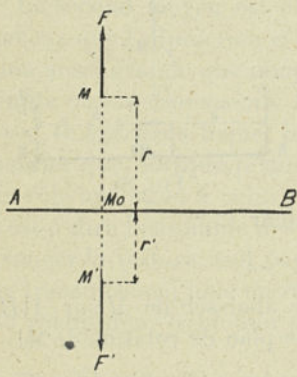


FIG. 86.

ce qui prouve que l'on peut équilibrer l'action du point M d'une infinité de façons, au moyen d'un point M' placé sur MM_0 , de l'autre côté de l'axe par rapport à M et dont la masse m' et la distance r' à l'axe satisfont à la relation précédente.

b) *Équilibrage de deux masses M et M' situées dans le même plan de rotation, par une masse M'' (fig. 87).*

Les deux masses M et M' sont soumises respectivement aux forces MF et $M'F'$ qui ont pour expression :

$$m\omega^2 r \quad \text{et} \quad m'\omega^2 r'$$

Ces deux forces sont situées dans le même plan $MM'M_0$. Elles admettent donc une résultante unique M_0F_0 que nous savons construire géométriquement et que nous savons d'ailleurs également calculer en fonction de l'angle $MM_0M' = \alpha$.

En effet, elle est égale à :

$$\sqrt{MF^2 + M'F'^2 - 2MF \times M'F' \cos \alpha}$$

c'est-à-dire à :

$$\omega \sqrt{m^2 r^2 + m'^2 r'^2 - 2mm'r r' \cos \alpha}$$

Le problème revient donc à équilibrer la force unique M_0F_0 au moyen d'une masse unique M'' de masse m'' et de distance à l'axe r'' .

Il est possible d'une infinité de façons, pourvu que M'' soit situé sur M_0F_0 , de côté opposé à F_0 par rapport à AB et que :

$$m'' r'' = \sqrt{m^2 r^2 + m'^2 r'^2 - 2mm'r r' \cos \alpha}$$

c) *Équilibrage d'un nombre quelconque de masses situées dans le même plan de rotation, au moyen d'une masse unique.* — Pour équilibrer ces masses, nous construirons d'abord la résultante de toutes les forces centrifuges de ces différents points, ce qui est possible puisqu'elles sont toutes dans le même plan et concourantes en M_0 .

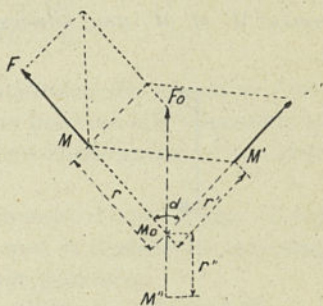


Fig. 87.

Nous serons alors ramenés au cas précédent, qui admet une infinité de solutions. On voit que l'équilibrage serait possible s'il était possible matériellement de disposer la masse M' . Ceci est, évidemment, généralement impossible, mais il existe une autre façon d'envisager le problème.

d) *Équilibrage d'une masse unique M au moyen de deux masses M' et M'' non situées dans le même plan de rotation*

(fig. 88). — Il faut et suffit que le système des trois forces centrifuges MF , $M'F'$, $M''F''$ soit équivalent à zéro.

Il faut et suffit pour cela que le vecteur résultant et le moment résultant par rapport à un point quelconque, M_0 par exemple, soient nuls.

La force F a pour valeur $m\omega^2 r$ et son moment par rapport à M_0 est nul.

Rapportons le tout à un trièdre trirectangle de sommet O , dont l'axe des x est l'axe de rotation AB et dont l'axe des z est M_0M .

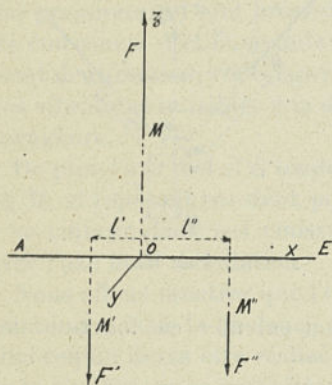


FIG. 88.

Les équations exprimant que le système des forces $FF'F''$ est équivalent à 0 s'écrivent alors :

$$\begin{aligned} Pr_{ox}F' + Pr_{ox}F'' &= 0 \\ Pr_{oy}F' + Pr_{oy}F'' &= 0 \\ Pr_{oz}F' + Pr_{oz}F'' &= m\omega^2 r \\ \mathfrak{M}_{ox}F' + \mathfrak{M}_{ox}F'' &= 0 \\ \mathfrak{M}_{oy}F' + \mathfrak{M}_{oy}F'' &= 0 \\ \mathfrak{M}_{oz}F' + \mathfrak{M}_{oz}F'' &= 0. \end{aligned}$$

Soit 6 équations pour déterminer les masses m' et m'' , les distances $M_0M'_0 = l'$ et $M_0M''_0 = l''$, les angles α' et α'' des plans ABM' et ABM'' avec ABM et enfin β' et β'' .

En réalité ces équations se réduisent à quatre. En effet F' et F'' sont perpendiculaires à AB , donc la première équation est satisfaite. De plus elles rencontrent cet axe. Donc la 4^e équation est également toujours vérifiée.

Il reste donc quatre équations à huit inconnues.

Nous pouvons supposer que les points M' et M'' sont dans le plan ABM . Il reste donc quatre équations à six inconnues. Mais alors elles se réduisent à deux, car les projections sur $o y$ sont évidemment nulles, comme les moments par rapport à $o x$.

Ces deux équations sont :

$$\begin{aligned} m'r' + m''r'' &= mr \\ m'r'l' + m''r''l'' &= 0. \end{aligned}$$

Nous ne disposons pas de façon arbitraire des quantités l' et l'' . En effet les masses d'équilibrage ne peuvent être disposées que sur les bras de manivelles et leurs prolongements, ce qui détermine l' et l'' , au moins en partie.

Nous déterminerons donc les masses d'équilibrage et leurs distances à l'axe de manière à ce que la réalisation mécanique du dispositif soit aussi commode que possible.

Remarquons toutefois que les plans de rotation M' et M'' doivent être disposés de part et d'autre de celui de M , c'est-à-dire que l' et l'' doivent toujours être de signe contraire.

Tout ceci suppose la rigidité du système $ABMM'M''$.

e) Equilibrage d'un nombre de masses quelconques par deux masses M' et M'' situées dans des plans de rotation déterminés P et Q . — Chacune des masses à équilibrer peut être équilibrée par deux masses situées l'une dans le plan P , l'autre dans le plan Q , ainsi que nous venons de le démontrer au paragraphe *d*.

Nous sommes donc ramenés à remplacer toutes ces masses d'équilibrage dans les plans P et Q par deux masses seulement. C'est un problème facile à résoudre et qui comporte une infinité de solutions (voir paragraphe *c*).

Il suffit de construire la résultante géométrique des forces centrifuges de toutes les masses du plan P , par exemple, et de prendre une masse M' dont la force centrifuge aura même grandeur et même direction.

En résumé nous pouvons toujours équilibrer un vilebrequin au moyen de deux masses additionnelles dont nous nous donnons à l'avance les plans de rotation.

Mais ceci suppose que les points d'appui du vilebrequin et le vilebrequin lui-même sont parfaitement rigides.

En réalité nous ne pouvons éviter les déformations élastiques

de l'arbre. Pour les atténuer, on est souvent obligé d'équilibrer les forces d'inertie par des masses additionnelles disposées aussi près que possible des masses qu'elles doivent équilibrer. Cette condition peut conduire à utiliser plus de deux masses additionnelles.

Couple de déséquilibre. — Machines à équilibrer. —

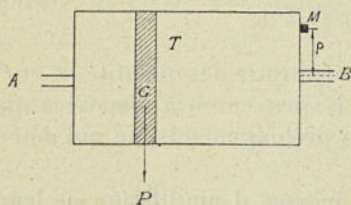


FIG. 89.

Considérons une machine équilibrée statiquement, mais non dynamiquement. Supposons par exemple que cette machine soit un cylindre (fig. 89), dans laquelle la tranche T de poids P , de centre de gravité G , est équilibrée par une masse M de poids π et située à une distance r de l'axe.

On a donc :

$$Pr = \pi r,$$

c'est-à-dire que G et M sont soumis à des forces centrifuges égales et opposées F et Φ . Mais l'ensemble de ces deux forces constitue un couple, que nous appellerons couple de déséquilibre, le plan de ce couple étant le plan de déséquilibre.

On a réalisé des machines, dites machines à équilibrer, qui permettent de déterminer le plan de déséquilibre et la valeur du couple (machines à roulements flottants, machine Akimoff, machine Lemaire). Actuellement de nouvelles machines, plus parfaites, sont mises en service dans les usines américaines (Chevrolet, Buick, etc...).

ÉQUILIBRAGE DES PIÈCES ANIMÉES D'UN MOUVEMENT RECTILIGNE ALTERNATIF

Nous ne nous occupons que des forces d'inertie qui prennent naissance dans le mouvement du piston fictif, c'est-à-dire du piston dont l'axe est surchargé de la masse fictive qui remplace partiellement la bielle

Nous verrons d'ailleurs que les organes de commande des soupapes sont calculés de manière à ce que l'on puisse négliger

les forces d'inertie, qui sont constantes, dans la levée ou la fermeture des soupapes.

L'étude des forces d'inertie se ramène, on le sait, à l'étude du mouvement, puisque la force d'inertie est égale au produit de la masse du piston par son accélération, en valeur absolue, son sens étant opposée à celui de l'accélération.

Étude du mouvement de piston (fig. 90). — Nous supposons que la vitesse de rotation du vilebrequin est uniforme et égale à ω . Soit l la longueur de la bielle, et r le rayon du cylindre décrit par le maneton supposé réduit à son axe fictif, c'est-à-dire la longueur de la manivelle fictive.

Pour déterminer le mouvement du piston, nous allons déterminer le mouvement de son axe supposé réduit à un point A en fonction de l'angle α que fait la manivelle avec l'axe du cylindre.

Soit h la distance OA du point A au point O , intersection de l'axe du cylindre et de l'axe du vilebrequin.

Les relations fondamentales entre les angles et les côtés d'un triangle nous donnent :

$$AM^2 = OA^2 + OM^2 - 2 OA OM \cos \alpha$$

c'est-à-dire

$$l^2 = h^2 + r^2 - 2hr \cos \alpha.$$

h est une racine de l'équation du second degré

$$h^2 - 2hr \cos \alpha + r^2 - l^2 = 0,$$

qui admet toujours deux racines de signe contraire.

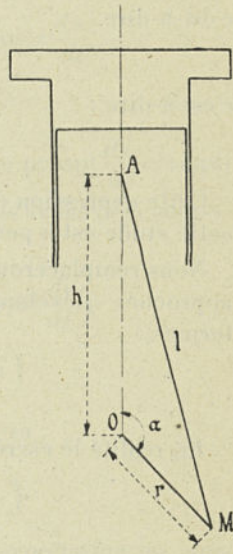


FIG. 90.

La racine positive convient évidemment seule ici, c'est-à-dire que :

$$h = r \cos \alpha + \sqrt{l^2 - r^2 \sin^2 \alpha},$$

puisque le discriminant de cette équation est :

$$r^2 \cos^2 \alpha - r^2 + l^2,$$

c'est-à-dire :

$$r^2 (\cos^2 \alpha - 1) + l^2,$$

c'est-à-dire :

$$l^2 - r^2 \sin^2 \alpha.$$

Cette expression de h est celle que nous devrions étudier. Mais cette étude est à peu près impossible sous cette forme.

Nous remplacerons le radical : $\sqrt{l^2 - r^2 \sin^2 \alpha}$ par l'expression approchée (développement en série limité aux deux premiers termes).

$$l - \frac{r^2}{2l} \sin^2 \alpha.$$

En réalité le carré de cette expression est :

$$l^2 - r^2 \sin^2 \alpha + \frac{r^4}{4l^2} \sin^4 \alpha,$$

c'est-à-dire qu'elle diffère de l'expression sous racine de la quantité $\frac{r^4}{4l^2} \sin^4 \alpha$. Ceci revient donc à supposer que l'on peut négliger l'influence de cette quantité, ce qui est possible avec une approximation suffisante, si l'on remarque que r est la moitié de la course, tandis que l est voisin de 2,5 fois la course, c'est-à-dire que $\frac{r^4}{4l^2}$ est inférieur à $\frac{1}{400} c^2$ (c étant la course).

Nous étudierons donc l'expression :

$$h = r \cos \alpha + l - \frac{r^2}{2l} \sin^2 \alpha.$$

La quantité qui nous intéresse, la force d'inertie, est égale à :

$$-m \frac{d^2h}{dt^2} \text{ où } m \text{ est la masse du piston fictif.}$$

Calculons donc : $\frac{d^2h}{dt^2}$

La vitesse du piston est

$$\frac{dh}{dt} = -r \sin \alpha \frac{d\alpha}{dt} - \frac{r^2}{2l} 2 \sin \alpha \cos \alpha \frac{d\alpha}{dt},$$

c'est-à-dire $\frac{dh}{dt} = \frac{d\alpha}{dt} \left(-r \sin \alpha - \frac{r^2}{l} \sin 2\alpha \right).$

L'accélération $\frac{d^2h}{dt^2}$ du piston s'écrit alors en posant $\frac{d\alpha}{dt} = \omega$, qui est précisément la vitesse angulaire, que nous avons déjà supposée constante :

$$\begin{aligned} \frac{d^2h}{dt^2} &= \omega \left(-r \cos \alpha \frac{d\alpha}{dt} - \frac{r^2}{l} \cos 2\alpha \frac{d\alpha}{dt} \right) \\ &= \omega^2 \left(-r \cos \alpha - \frac{r^2}{l} \cos 2\alpha \right) \end{aligned}$$

c'est-à-dire que la force d'inertie du piston sera :

$$m\omega^2 \left(r \cos \alpha + \frac{r^2}{l} \cos 2\alpha \right)$$

Cette expression est susceptible d'une interprétation en considérant successivement les deux termes $A = m\omega^2 r \cos \alpha$ et

$$B = \frac{m\omega^2 r^2}{l} \cos 2\alpha.$$

Équilibrage du premier ordre. — Considérons une masse M solidaire du vilebrequin ayant même masse que le piston et située à une distance r de l'axe de rotation. Elle donne naissance à une force centrifuge qui a pour valeur absolue $m\omega^2 r$ et qui peut se décomposer en deux : une composante verticale ayant pour valeur $m\omega^2 r \cos \alpha$ et une composante horizontale ayant pour valeur $m\omega^2 r \sin \alpha$.

Ceci montre que le terme A peut disparaître dans l'expression de la force d'inertie due au mouvement rectiligne et alternatif, à la condition que le vilebrequin soit muni d'une masse d'équilibrage convenable, c'est-à-dire de même masse que le piston et

placée à l'opposé du maneton ou mieux par deux masses, afin que le vilebrequin reste symétrique.

Mais si la composante verticale de la force centrifuge due à cette masse annule le terme A , la composante horizontale subsiste.

Ceci revient donc à supprimer les vibrations qui s'effectuent verticalement sous l'action de la force d'inertie verticale, et qui peuvent devenir gênantes, quand elles sont favorisées par l'élasticité des ressorts de suspension, c'est-à-dire quand la période d'oscillation de ces ressorts est la même que celle du mouvement du piston.

Ces vibrations seront alors remplacées par des vibrations horizontales dues aux composantes horizontales qui sont apparues. Les vibrations horizontales ont moins d'importance, car la rigidité du châssis, beaucoup plus grande dans son plan, en atténue les effets et tend à les amortir.

La portion de la force d'inertie qui se trouve ainsi équilibrée s'appelle *force d'inertie du premier ordre*.

Ce serait la force qui prendrait naissance dans le mouvement d'un piston dont la bielle serait infinie. Cette expression signifie que l'on admet que la projection de la bielle sur l'axe du cylindre a même longueur que la bielle elle-même, c'est-à-dire que la bielle est parallèle à l'axe. On dit alors que le point de rencontre de la bielle avec l'axe (articulation) est à l'infini.

En réalité, l'équilibrage de premier ordre n'est jamais complètement assuré.

Comme les vibrations horizontales pourraient devenir gênantes, on se contente d'équilibrer partiellement la force d'inertie du premier ordre, en prenant, par exemple, une masse M située à une distance R telle que $MR^2 = \frac{1}{2}mr^2$.

La vibration se trouvera diminuée, la force d'inertie verticale étant diminuée de moitié, et les forces horizontales parasites ainsi apparues, seront moins importantes.

Équilibrage du deuxième ordre. — Considérons le terme :

$$B = m\omega^2 \frac{r^2}{l} \cos 2\alpha$$

que nous écrirons :

$$B = m (2\omega)^2 \frac{r^2}{4l} \cos 2\alpha.$$

Posons :

$$\omega' = 2\omega$$

$$r' = \frac{r^2}{4l}$$

$$z' = 2z.$$

Il reste :

$$B = m\omega'^2 r'^2 \cos z'.$$

Nous pouvons donc admettre que ce terme est la force d'inertie du premier ordre due au mouvement d'un piston de même masse que le piston envisagé, lié à un arbre tournant deux fois plus vite que le vilebrequin et dont les manivelles ont le rayon r' .

Nous appellerons cette force : *force d'inertie du deuxième ordre*.

Nous savons qu'elle peut être équilibrée complètement par une masse d'équilibrage m placée à la distance r' de l'axe de rotation, et tournant deux fois plus vite que le vilebrequin.

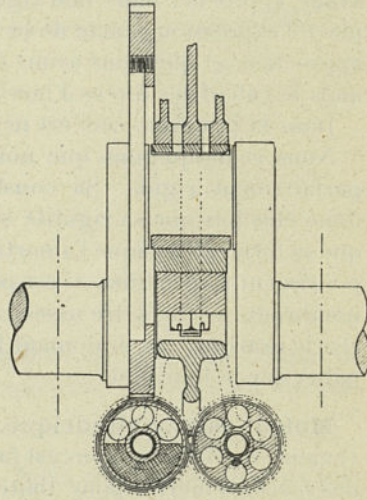


Fig. 91. — Schéma d'un antivibrateur.

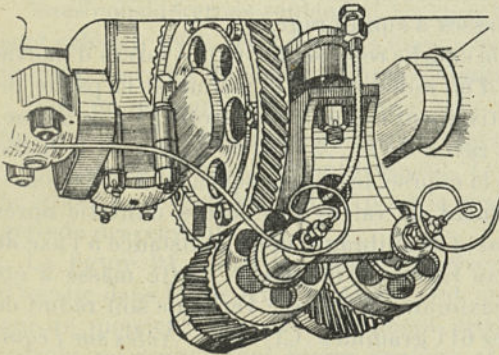


Fig. 92. — Antivibrateur Lanchester.

Son adjonction donne naissance à une force horizontale.

Il existe, il est vrai, un moyen d'annuler cette force horizontale : c'est d'employer pour l'équilibrage un système de quatre masses tournant deux à deux en sens con-

traire. Les composantes horizontales des forces centrifuges se détruisent, tandis que les composantes verticales s'ajoutent, équilibrant exactement la force d'inertie (Antivibrateur Lanchester, Heldt, page 69, *Technique automobile*, nos 93 et 95, *Vie automobile*, n° 766) (fig. 91 et 92).

Remarquons que ce moyen est également applicable aux forces d'inertie du premier ordre.

Équilibrage pratique. — En résumé, cette méthode d'étude des forces d'inertie nous permet de prévoir la possibilité d'un équilibrage approché, mais non rigoureux, puisque nous avons remplacé l'expression exacte de la force d'inertie par une expression approchée, et que nous avons également fait une approximation dans le calcul des forces d'inertie dues au mouvement des bielles.

Dans la pratique, ceci est néanmoins très suffisant.

Nous remarquerons que nous avons supposé le vilebrequin parfaitement rigide. Sa construction et son montage doivent donc être tels que sa rigidité soit aussi grande que possible, et que sa forme détermine l'amortissement rapide des vibrations qui pourraient se produire. C'est pour cela que l'on fait des paliers nombreux, de diamètre assez considérable, ce qui d'ailleurs favorise le graissage en diminuant la pression unitaire exercée par le palier sur le tourillon.

Moteur monocylindrique. — Ayant les équations du mouvement du piston, il nous est facile de calculer les valeurs exactes des forces d'inertie pour toutes ses positions, c'est-à-dire d'en construire la courbe représentative.

Nous supposons naturellement que les forces centrifuges sont équilibrées par des masses d'équilibrage.

La figure 93 donne la courbe représentative des forces d'inertie verticales dans le cas d'un moteur dont le piston (et la partie de la bielle qui lui est fictivement rattachée) pèserait 1 kilogramme, la manivelle ayant un rayon de $7 \frac{5}{8}$ (150 de course) et la bielle $33 \frac{7}{8}$, soit 2,25 fois la course, le moteur tournant à 2.400 tours.

Elle indique également la valeur des forces d'inertie après adjonction d'une masse d'équilibrage, dont la distance à l'axe de rotation serait égale au rayon de manivelle. Cette masse a été choisie pour que le maximum de la force verticale soit réduit de moitié : elle doit peser 611 grammes (Cf. PETIT, *Notes sur l'équilibrage*).

La figure indique également les valeurs des forces horizontales parasites résultant de cet équilibre partiel.

La masse d'équilibrage sera généralement composée de deux

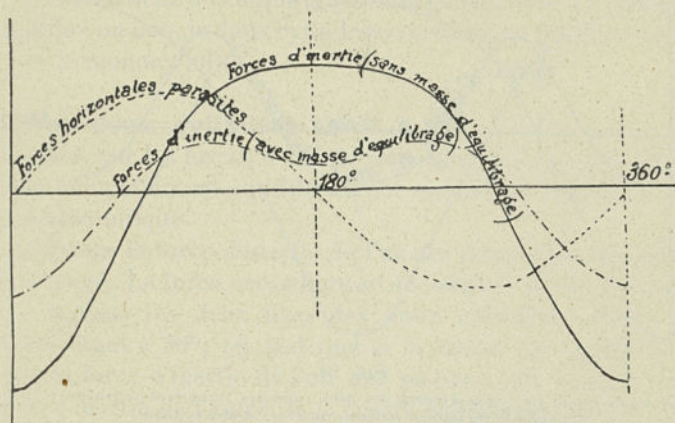


FIG. 93. — Équilibrage du monocylindre.

masses égales, symétriques par rapport au plan d'oscillation de la bielle, et disposées sur le prolongement des bras du vilebrequin.

Moteur à deux cylindres. — Nous ne nous occuperons toujours que des forces verticales, puisque nous savons équilibrer les forces centrifuges.

Nous considérerons seulement les moteurs dont les manivelles sont calées à 180° , ceux dont les manivelles sont à 360° se comportant, au point de vue équilibrage, comme des monocylindres.

Dans un moteur à deux cylindres avec manivelle à 180° , les forces d'inertie des deux pistons se compensent partiellement en valeur absolue, mais non entièrement. Les lois du mouvement ne sont en effet pas les mêmes pour la période ascendante et la période descendante.

La figure 94 donne la courbe représentative de ces forces d'inertie dans le cas d'un moteur ayant mêmes caractéristiques que le monocylindre précédemment étudié. On voit que les valeurs maximum sont moins grandes et que la période de la courbe résultante est 180° au lieu de 360° .

Ceci suffit donc à améliorer l'équilibrage, sans qu'il y ait adjonction de masses additionnelles d'équilibrage.

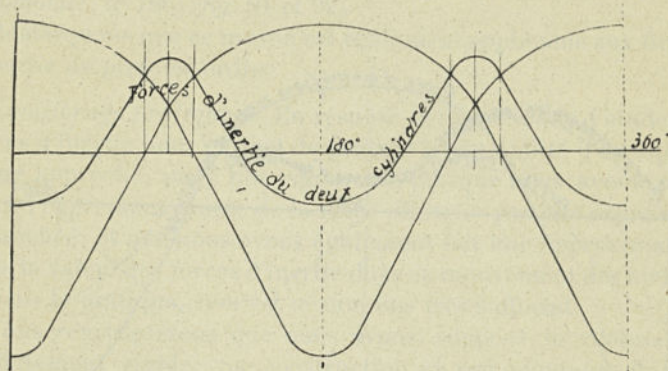


FIG. 94.

Courbes représentant les forces d'inertie des deux cylindres considérés isolément. — La force d'inertie du moteur à deux cylindres est la résultante.

Cette adjonction ne peut avoir d'intérêt pour diminuer les forces d'inertie verticales. En effet chaque piston serait équilibré

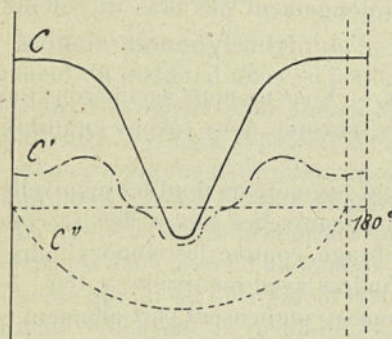


FIG. 95.

C, courbe représentative des couples d'inertie sans masse d'équilibrage; C', courbe représentative des couples d'inertie avec masse d'équilibrage; C'', courbe représentative des forces horizontales parasites.

par une masse calée à 180° de sa manivelle. Les deux masses d'équilibrage, calées à 180° l'une de l'autre, donneraient naissance à des forces centrifuges égales et opposées, qui s'annulent dans l'hypothèse de la rigidité du vilebrequin.

Mais les forces d'inertie sont appliquées chacune à un maneton. Bien qu'elles ne soient pas égales, leur système joue un rôle analogue à celui d'un couple qui aurait même moment

résultant et que nous appellerons couple de flexion.

La figure 95 donne les valeurs de ce couple fictif avec et sans masses d'équilibrage.

Ce couple tend à fléchir le vilebrequin dans son plan, à charger les paliers, et à donner au moteur une sorte de mouvement de galop.

Les masses d'équilibrage en diminuent l'importance, mais elles donnent naissance à un couple horizontal parasite assez important.

Équilibré ou non, le deux cylindres constitue un progrès important sur le monocylindre.

Moteur deux cylindres en V à 90° . — Ce moteur est intéressant, car les forces d'inertie dues aux pistons peuvent être presque complètement équilibrées par une masse placée à 180° du maneton unique.

Équilibrons la force d'inertie de l'un des pistons par une masse d'équilibrage. La force centrifuge se décompose en deux composantes suivant les deux axes des deux cylindres. Mais, ces cylindres étant à 90° , on voit que si la masse est choisie pour annuler la force d'inertie de l'un des pistons, elle annule aussi la force d'inertie de l'autre. Il y aurait équilibrage parfait si la résultante des forces d'inertie était contenue toujours dans le plan passant par l'axe de l'arbre et la manivelle. Mais cette résultante n'en est jamais très éloignée (Cf. CARLÈS, *le Moteur à essence*, p. 73).

En réalité, il y a une autre raison pour que l'équilibrage du deux cylindres en V à 90° soit imparfait : c'est que les deux cylindres sont simultanément en phase de détente. Le couple moteur n'en est donc pas plus régulier que celui d'un monocylindre.

Un moteur à huit cylindres en V ne peut pas plus se passer de volant qu'un quatre cylindres ordinaire.

Moteur à quatre cylindres. — Le moteur à quatre cylindres peut être considéré comme constitué par deux moteurs à deux cylindres verticaux et accolés à 180° l'un de l'autre.

La force d'inertie résultante sera donc la résultante géométrique des forces qui s'exercent dans les deux moteurs. La figure 96 représente cette somme, fonction périodique de période 180° (courbe *c*).

Les couples de flexion appliqués aux deux groupes de deux cylindres ont une résultante géométrique qui est nulle, car ils sont à chaque instant égaux et opposés.

Ceci n'est vrai que si le vilebrequin est symétrique par rapport au plan perpendiculaire en son milieu. On voit ici la nécessité de

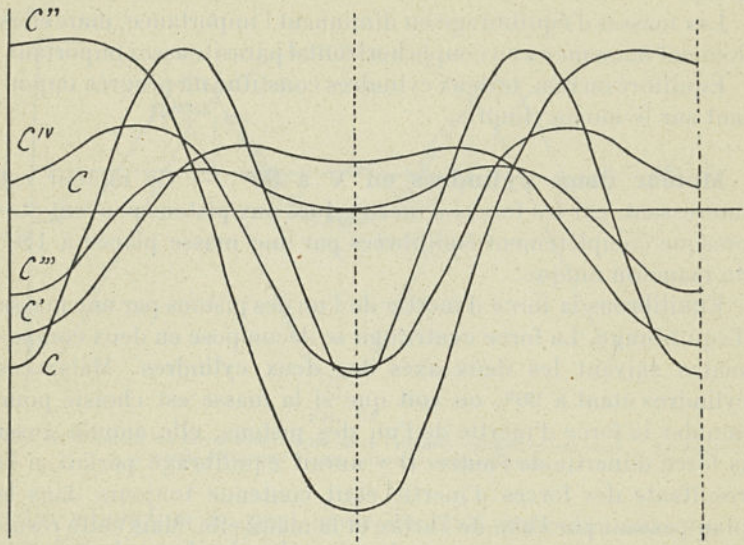


FIG. 96.

C, force d'inertie résultante dans le quatre cylindres; C', charge des paliers extrêmes, sans masse d'équilibrage; C'', charge du palier central, sans masse d'équilibrage; C''', charge des paliers extrêmes, avec masse d'équilibrage; C''', charge du palier central, avec masse d'équilibrage.

cette condition énoncée précédemment à propos de la construction des vilebrequins.

Si nous supposons le vilebrequin *rigide*, l'effet résultant des deux couples de flexion est nul.

La condition de rigidité du vilebrequin est nécessaire : un moteur ne peut être équilibré de façon parfaite avec un vilebrequin déformable.

La force d'inertie résultante est loin d'être négligeable. L'adjonction de masses d'équilibrage tournant avec l'arbre et à sa vitesse ne peut servir, puisque les effets de ces masses se détruisent deux à deux.

Il n'existe donc, pour diminuer l'importance des forces d'inertie, qu'un seul moyen : diminuer la valeur absolue de ces forces d'inertie en diminuant autant qu'il est possible l'importance des masses qui leur donnent naissance. *Il faut donc alléger les pièces animées d'un mouvement alternatif : bielles et pistons.* C'est la

raison pour laquelle les constructeurs utilisent fréquemment des pistons en aluminium et même en magnésium.

Il arrive néanmoins que les vilebrequins de 4 cylindres soient pourvus de masses d'équilibrage. Elles ne peuvent supprimer l'action des forces d'inertie; mais si nous supposons que le vilebrequin a un palier central, il est facile de voir qu'elles vont diminuer l'effort supporté par les paliers.

Par exemple (*fig. 96*), si le moteur considéré est un 4 cylindres 80×150 , avec pistons (fictifs) de 1 kilogramme et tournant à 2.400 tours, les paliers extrêmes supportent environ 300 kilogrammes au lieu de 500 et le palier central 600 au lieu de 1.200, si à chaque piston correspond une masse d'équilibrage réduisant de moitié la force d'inertie maximum, c'est-à-dire, ainsi que nous l'avons vu pour le monocylindre, pesant $0^{\text{kg}},611$.

Remarquons que, si le vilebrequin n'a pas de palier central, l'effort que porterait ce palier tend à fléchir le vilebrequin; comme l'effort est périodique, il peut donner lieu à des vibrations.

Naturellement les masses d'équilibrage servent également à supprimer l'action des forces centrifuges.

Causes diverses de vibrations. — Des vibrations pourront prendre naissance, dans un moteur qui fonctionne, pour diverses raisons autres que celles que nous avons déjà étudiées.

La raison la plus importante est l'inexactitude de l'hypothèse de l'indéformabilité du vilebrequin.

Malgré les dimensions que l'on donne couramment aux paliers (diamètre = $1/2$ alésage), le vilebrequin peut fléchir dans son plan, par conséquent aussi vibrer.

Il peut aussi vibrer sous l'action des efforts de torsion auxquels il est soumis, surtout si la longueur vibrante (espace entre deux paliers) est assez grande, comme c'est le cas dans les moteurs qui n'ont que deux paliers, un à l'entrée et un à la sortie.

Cet effort de torsion se produit particulièrement à l'instant où l'effort tangentiel est maximum sur un maneton situé loin du volant. Le maneton tend à accélérer son mouvement, que le volant ne peut suivre; l'effort résistant produit par l'inertie du volant détermine un couple de torsion.

Quand ce couple de torsion diminue, l'élasticité du métal détermine le retour à l'état initial, qui peut même être dépassé.

Il y aura vibrations si la période de la torsion coïncide avec le temps qui sépare les deux explosions.

Ces phénomènes de torsion ont été appelés « trash » par les Américains, et ce mot est conservé en France. Le meilleur remède (Rolls, Lanchester) paraît être de disposer de véritables freins, les « *Dumpers.* »

Nous avons admis également la rigidité des parties fixes du moteur, cylindres et carter, auxquelles leur forme semble en effet garantir la rigidité. Mais la rigidité absolue est une fiction mathématique. Or, à un moment moteur agissant sur le vilebrequin, correspond une réaction égale et opposée du piston sur les cylindres. Si le couple moteur n'est pas constant — et il ne l'est jamais rigoureusement —, la réaction de l'effort exercé sur les cylindres peut déterminer des vibrations (pour le calcul de ces vibrations, voir HELDT, page 65).

Enfin nous avons supposé que les appuis du moteur étaient rigides. Or ceci ne peut être rigoureusement vrai. L'élasticité de ces points d'appui détermine, par résonance, des vibrations, que l'on sait d'ailleurs calculer (Cf. DEVILLERS, page 169). C'est une des raisons qui rendent nécessaire la recherche de la rigidité du châssis.

Ces diverses causes de vibrations, qu'il est impossible d'éliminer complètement, expliquent les vibrations qui se produisent à certains régimes, dits régimes critiques, particulièrement fréquents dans les moteurs à 6 cylindres. Il peut se faire, en effet, que diverses causes tendant à donner au vilebrequin une certaine torsion ou une certaine flexion se produisent simultanément, de sorte que leurs effets s'ajoutent. En particulier, ceci se produit toutes les fois qu'une portion de l'arbre ayant commencé à vibrer, la période de l'effort moteur agissant sur cette portion est la même que la période du mouvement vibratoire, période qui ne dépend, on le sait, que des dimensions de la partie vibrante (longueur, alésage, forme, etc.).

Une étude rigoureuse de l'équilibrage devrait tenir compte de l'imparfaite rigidité des châssis et des carters. Elle ne permettrait pas de se contenter de l'étude des forces agissant sur le vilebrequin, puisque les points d'appui de ce vilebrequin sont eux-mêmes soumis à des forces variables et que leurs déplacements donnent naissance à des phénomènes de résonance.

L'étude du mouvement de l'arbre devient encore plus compli-

quée si nous tenons compte du fait que, en raison de l'élasticité de l'arbre, une action exercée entre deux paliers (moment fléchissant) se transmet aux portions du vilebrequin situées de l'autre côté des paliers.

L'équilibrage parfait ne peut être réalisé ; mais il importe néanmoins graduellement de chercher le plus possible à s'en rapprocher.

On ne saurait être trop persuadé que son importance est considérable, et que sa réalisation exige non seulement une étude approfondie par le calcul, d'abord, mais encore une vérification soigneuse. Cette vérification se fait sur les machines spéciales, puis au banc et enfin sur la route, puisque seuls les essais sur route permettent de connaître l'influence possible, par résonance, des divers organes de la voiture sur l'équilibrage du moteur.

On sait par exemple que certaines voitures présentent une vitesse critique très nette qui disparaît lorsque le même châssis est équipé d'une autre carrosserie.

CHAPITRE XI

SOUPAPES

Organes de distribution. — Les organes de distribution servent à réaliser l'ouverture et la fermeture des orifices d'admission et d'échappement au moment opportun. Le plus généralement, la distribution se fait au moyen de soupapes ; elle peut se faire aussi, comme dans les machines à vapeur, par tiroirs de diverses formes (Voir : *Moteurs sans soupapes*).

Soupapes. — Une soupape se compose essentiellement d'une tête ou champignon, et d'une tige cylindrique qui sert à guider la soupape dans son mouvement rectiligne (*fig. 97*).

Elle comporte un ressort avec les organes d'assemblage nécessaires.

Chaque soupape doit se lever et se fermer une fois par cycle, c'est-à-dire tous les deux tours du moteur, et aux instants précis où cela est exigé pour le meilleur fonctionnement.

La tête de soupape. — Peut être plate ou avoir la forme d'un tronc de cône. Elle repose sur le siège de soupape, plat ou conique suivant la forme de la soupape, siège et soupape étant usinés à la demande l'un de l'autre. Actuellement les soupapes plates (*fig. 98*) ne sont plus jamais employées. Elles avaient cependant de gros avantages : elles offraient aux gaz, pour une petite valeur

de la levée un orifice de passage relativement grand, et elles étaient légères. Mais la soupape conique assure une meilleure étanchéité, et ne tend pas, comme la soupape plate, à se déformer sous l'action des températures considérables auxquelles elle est soumise. La soupape conique (*fig. 99*) est mieux guidée et mieux centrée. L'angle d'ouverture du cône est généra-

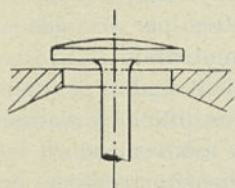


FIG. 98. — Soupape à tête plate.

lement de 45° . Une rainure est toujours ménagée sur la surface supérieure de la tête de soupape, permettant de la faire tourner sur son siège au moyen d'une lame de tournevis. Pour permettre la visite aisée des soupapes, les cylindres portent généralement des orifices fermés par des bouchons de soupapes, dans lesquels sont souvent vissées les bougies, et situés juste au-dessus des soupapes qu'on peut ainsi atteindre quand on veut les démonter ou les roder.

La dimension des soupapes est déterminée par un certain nombre de conditions parfois contradictoires.

En effet, il y a naturellement avantage, au point de vue du remplissage des cylindres, à avoir des orifices aussi grands que

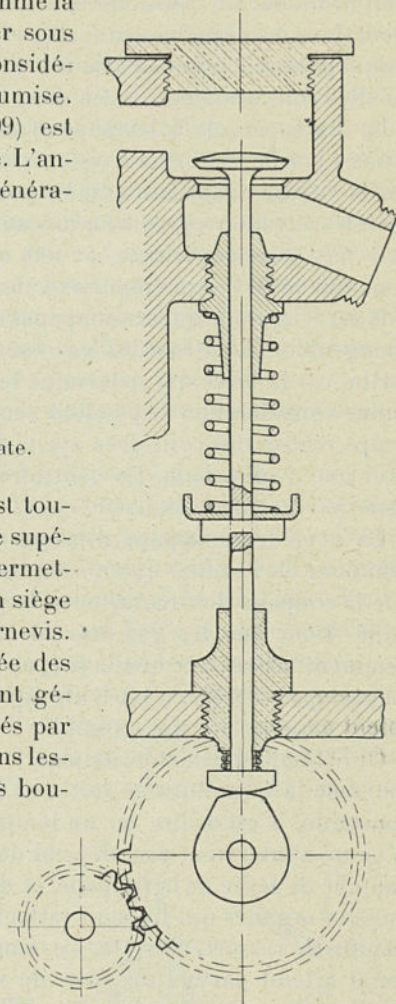


FIG. 97

Schéma du montage et de la commande d'une soupape

possible, c'est-à-dire des soupapes de grandes dimensions. Mais on est limité, dans cet ordre d'idées, par la nécessité de ne pas trop diminuer la résistance des fonds de cylindres, particulièrement dans les cylindres en *I*, et par l'importance des forces d'inertie qui prennent naissance dans le mouvement des soupapes, lorsqu'elles sont grandes, c'est-à-dire, lourdes.

La dimension de la soupape et sa hauteur de levée sont déterminées par la condition d'obtenir un remplissage convenable et par la vitesse maximum admise pour la circulation des gaz, soit dans les tuyauteries, soit au niveau des soupapes, vitesse qui ne doit pas être supérieure à 100 mètres par seconde environ, mais qui varie énormément avec les moteurs.

Il est commode que les soupapes soient égales, pour être interchangeable. L'entrée des gaz est plus difficile à réaliser que la sortie, car la force qui détermine leur mouvement est beaucoup moins considérable. Cependant certains constructeurs ont longtemps réalisé des cylindres ayant deux soupapes d'échappement pour une d'admission. Le contraire est maintenant plus admis, bien que rarement réalisé.

La levée de la soupape n'est pas déterminée seulement par la grandeur de l'orifice qu'on veut réaliser. En effet, nous savons que la soupape doit rester ouverte pendant un temps bien déterminé. Pour que les gaz entrent le mieux possible, il y a évidemment intérêt à ce que la soupape reste grande ouverte le plus longtemps possible, c'est-à-dire que l'ouverture et la fermeture soient aussi brèves que possible.

Or le temps que met la soupape à se lever, et surtout à se fermer (puisque la fermeture se fait sous l'action d'un ressort de force constante, c'est-à-dire en un temps constant si l'on admet que la came n'intervient pas) dépend de la force de ce ressort, de la hauteur de levée de la soupape, et de son poids, en y comprenant tous les organes qui lui sont rattachés : ressort, poussoir, galet, cuvette de ressort, clavette. Ce temps est loin d'être négligeable, car il atteint parfois un tiers de la durée de la période d'admission. Sa valeur absolue détermine les troubles de distribution qui se produisent dans un moteur quand la vitesse de rotation augmente, car les soupapes se ferment alors trop tard.

La tendance actuelle est de faire des soupapes relativement petites, mais à grande levée. On ne peut, en tout cas, réaliser des levées importantes pour les grandes soupapes. Pratiquement les

levées de soupapes sont comprises entre 6 et 12 millimètres (8 environ pour les moteurs de série).

L'épaisseur de la soupape est déterminée par la résistance qu'elle doit avoir et par la pression unitaire qu'elle doit exercer sur son siège pour que l'étanchéité soit assurée. On admet que cette pression doit être au moins trois fois la pression des gaz.

Le métal doit en être extrêmement résistant : on emploie, pour la fabrication des soupapes, des aciers au chrome-nickel, ou au tungstène, dont la résistance n'est guère modifiée par les chocs répétés déterminés par les fermetures, et supportant aisément les températures très élevées qui peuvent exister dans les cylindres et agissent particulièrement sur les soupapes d'échappement.

Toutefois, la nature du métal choisi dépend aussi beaucoup des températures atteintes : moins elles sont élevées, moins on est obligé d'employer des aciers spéciaux très coûteux, et c'est pourquoi certains constructeurs réalisent des têtes de soupapes en fonte.

La *tige de soupape* coulisse à frottement doux dans un guide. Celui-ci est généralement en fonte douce qui résiste mieux qu'un autre métal à la chaleur et au manque de graissage, en raison du graphite qu'elle contient. Les tiges de soupapes ne sont pas graissées : une panne assez fréquente vient même de l'introduction entre la tige et le guide, d'huile, qui brûle ensuite, empêchant la mise en marche (on y remédie par injection de pétrole).

Les *guides de soupapes* (fig.99) peuvent être venus de fonte avec les cylindres, mais ils sont plutôt rapportés : 1° vissés; 2° emmanchés à frottement dur et fixés par un écrou ou maintenus deux à deux par des étriers. On trouve aussi des guides coniques.

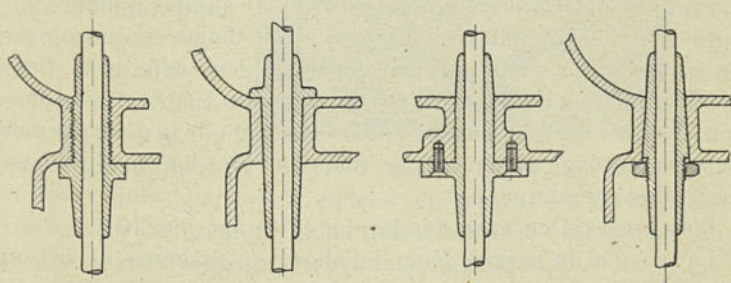


FIG. 99. — Guides de soupapes

bloqués par des contre-écrous, qui servent en même temps de butées de ressort. On a tenté de faire des guides facilement démontables (Bugatti), (fig. 100), grâce au filetage de la partie libre.

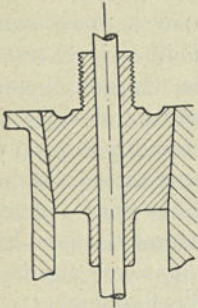


FIG. 100.

Guide de soupape (en dessus)
type Bugatti.

Fabrication. — Comporte deux phases : le forgeage et le décolletage. La tige de la soupape est raccordée au champignon par une partie large, car c'est toujours à l'aplomb de ce raccord que se cassent les soupapes; c'est cette partie qui est la plus exposée au passage des gaz brûlants.

La tige et la tête peuvent ne pas être du même métal. La tige est alors prise dans le champignon pendant la coulée.

Ressort. — Le ressort qui maintient la soupape sur son siège prend appui d'un côté sur une butée des guides de soupapes et de l'autre sur une cuvette mobile clavetée à l'extrémité de la tige. Le plus souvent, la cuvette ou coupelle est soutenue par une goupille plate ou clavette, enfilée dans une mortaise (fig. 101). Pour en effectuer le démontage, il faut comprimer le ressort de manière à ce que la clavette devienne libre (fig. 102).

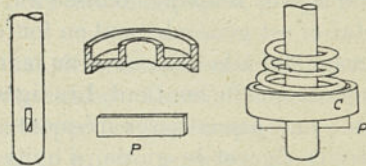


FIG. 101

Montage d'un ressort sur coupelle C maintenue par la clavette P emmanchée dans une mortaise.

Plus rarement ont été employés — même sur des moteurs modernes — des coupelles filetées (fig. 103) bloquées ou non par un contre-écrou ou un système formé de deux demi-coupelles à profil tronconique ménagé dans la tige (fig. 104). Ces systèmes sont destinés surtout à éviter l'affaiblissement de la queue de soupape par perçage de la mortaise, mais sont plus lourds et d'un usage plus compliqué.

Le ressort est en acier fondu, dur et trempé (fig. 105).

La tension du ressort dépend d'abord du diamètre de la soupape. La soupape d'échappement doit rester sur son siège pendant l'admission, malgré la dépression de plusieurs centaines de

grammes par centimètre carré qui règne alors dans le cylindre : le ressort, au moment où il ramène la soupape sur son siège, doit aussi vaincre l'inertie de la soupape, inertie qui dépend du poids. Le ressort doit interdire à la soupape, lorsqu'elle est fermée, tout mouvement sous l'influence des trépidations, ou des dépressions qui règnent dans les cylindres. Les ressorts sont les mêmes pour les soupapes d'admission et d'échappement, et leur tension est calculée largement pour parer à leur affaiblissement éventuel (un kilogramme par centimètre carré de soupape).

Souvent on utilise deux ressorts concentriques dont un seul est à la rigueur suffisant : ceci évite les ennuis amenés par la rupture des ressorts... à condition que les vérifications soient fréquentes.

Les soupapes peuvent être visitées, nettoyées, rodées (opération très rare) grâce aux bouchons de soupapes dont l'étanchéité est obtenue par un joint de cuivre et amiante (joint métalloplastique).

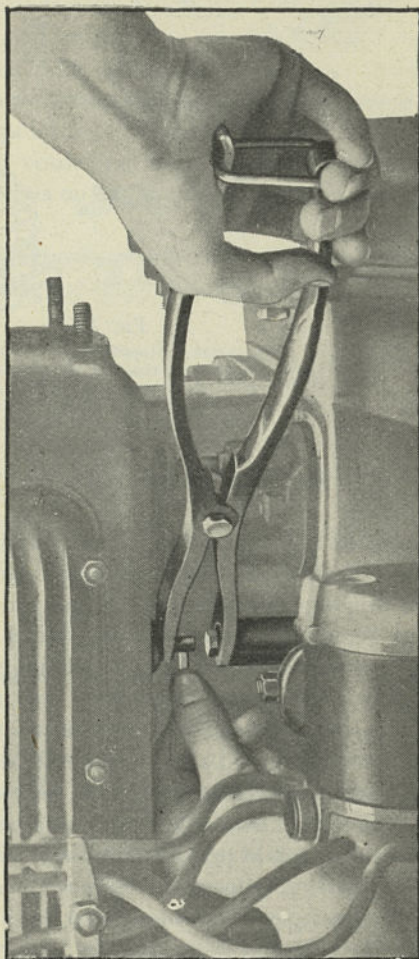


FIG. 102. — Démoulage d'une soupape (Citroën) au moyen du lève-soupapes.

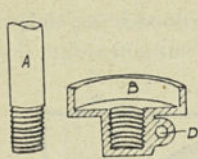


FIG. 103.

Sur la tige filetée A est vissée la coupelle B, pourvue d'un œil D pour faciliter la fixation.

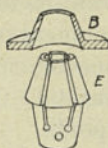
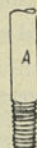
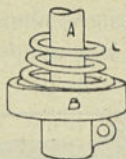


FIG. 104.

Sur la tige A est montée la coupelle B retenue par l'écrou E.

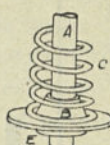
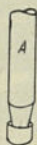


FIG. 105.

Sur la tige A est enfilée la coupelle B (figurée en coupe) et reposant sur deux demi-coupelles, arrêtées par l'épaulement de la soupape. Il faut encore comprimer le ressort pour le démontage.

COMMANDÉ DES SOUPAPES

Soupapes automatiques. — La soupape d'admission pourrait être automatique, c'est-à-dire s'ouvrir par l'effet de la dépression, et être rappelée sur son siège au moyen d'un ressort. Ce dispositif est évidemment très simple, mais il faut que le ressort soit calculé pour une vitesse bien déterminée du moteur. De plus les soupapes actuellement employées ont une inertie trop grande pour permettre le bon fonctionnement automatique. Enfin on ne peut tenir compte de l'affaiblissement des ressorts.

La soupape d'échappement est nécessairement commandée, puisqu'elle doit s'ouvrir à un moment où la pression des gaz est bien supérieure à la pression atmosphérique.

On ne fabrique plus actuellement de soupapes automatiques, sinon sur quelques rares moteurs à deux temps pour l'admission dans le carter.

SOUPAPES AYANT LA TÊTE EN HAUT

Poussoirs. — La commande des soupapes est faite au moyen de cames, solidaires d'un arbre de distribution qui est lui-même commandé par l'arbre moteur. La poussée des cames est transmise par des poussoirs (*fig. 106*).

Le poussoir est une tige cylindrique, qui coulisse dans le guide en bronze ou en fonte douce, généralement rapporté. Il se termine à sa partie inférieure par une chape supportant un galet, par un sabot ou une partie plus arrondie (plateau) qui s'appuie directement sur l'arbre à cames. Dans le cas d'un plateau, celui-ci n'est pas attaqué en son milieu, afin de diminuer l'usure qui modifie le réglage. Le poussoir tourne, de sorte que le contact de la came, généralement pointue, s'effectue sur le tour du plateau. Dans les autres cas, au contraire, on empêche le poussoir de tourner, au moyen d'une vis ou d'une goupille assujettie à glisser dans une rainure.

Parfois un levier est interposé entre la came et le poussoir pour réduire la pression latérale sur le guide du poussoir.

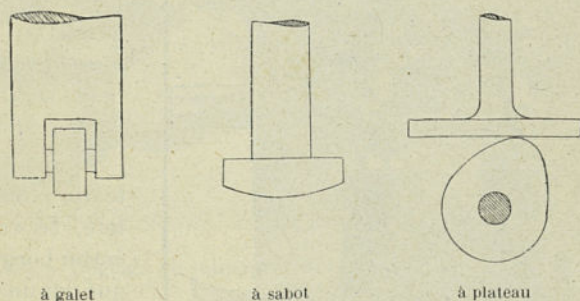


FIG. 106. — Poussoirs.

Il est nécessaire qu'il y ait un certain jeu entre le poussoir et la queue de la soupape. En effet, sans ce jeu, la soupape ne pourrait reposer sur son siège dès qu'elle serait un peu dilatée, car l'effet de cette dilatation est évidemment d'allonger la tige de la soupape, qui ne pourrait donc être bien réglée à froid et à chaud.

Le cylindre se dilate aussi, mais ne peut compenser l'allongement de la soupape, car il est en fonte dont le coefficient de dilatation est inférieur à celui de l'acier. De plus la tige de soupape est soumise à des températures plus élevées.

On donne parfois entre poussoir et soupape un jeu plus grand qu'il ne serait nécessaire pour parer à l'allongement. En effet, la levée de la soupape est alors déterminée par un choc, de sorte que le décollement en est plus facile. Ceci est particulièrement

important pour la soupape d'échappement qui supporte en général, moment de l'ouverture, une pression trois fois plus grande que la pression atmosphérique. Le jeu entre tige et poussoir pour les soupapes d'admission est compris entre 1 et 4 dixièmes de millimètres, pour les soupapes d'échappement entre 2 et 6 dixièmes.

Actuellement certains constructeurs donnent le même jeu à l'admission et à l'échappement (*fig. 107*). Il n'est pas sûr que le choc, s'il favorise le décollement, n'accélère pas l'usure des soupapes d'échappement dont la résistance est déjà compromise par l'échauffement. *Surtout, il est toujours bruyant.*

L'existence de ce jeu implique la nécessité de régler le poussoir, pour parer à l'usure par exemple, car un jeu trop grand donne

aux soupapes un fonctionnement brutal et bruyant et nuit au rendement. Ce réglage peut se faire de diverses façons.

1° Sur l'extrémité du poussoir fileté, se visse un écrou borgne bloqué par un contre-écrou (*fig. 108*). Ce dispositif est le plus commun ;

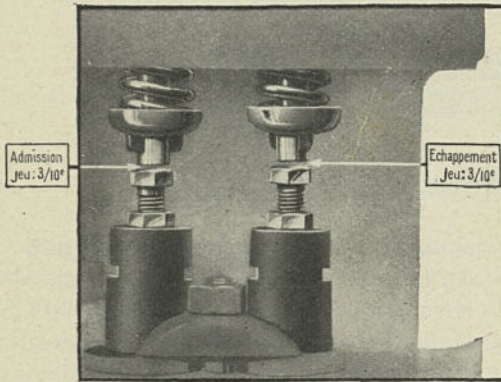


FIG. 107.

Jeu entre poussoirs et soupapes (Citroën B 2)

2° Le poussoir est assez gros pour être taraudé. Une vis bloquée par un contre-écrou vient s'engager dans le corps du poussoir (*fig. 109* et 110) ;

3° Le poussoir est constitué par deux tubes coulissant l'un dans l'autre (*fig. 111*) et entre lesquels se trouve un ressort. Le jeu entre les deux tubes est réglé par des rondelles disposées au fond du tube le plus grand, qui constitue le poussoir proprement dit. Le fonctionnement est plus silencieux, car les chocs ont lieu à l'intérieur du poussoir et se trouvent amortis.

Il est évident que lorsqu'on a donné un

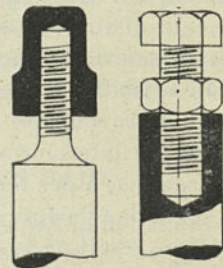


FIG. 108. FIG. 109.

certain jeu, le réglage de la distribution est complètement déterminé par le profil des cames. On ne doit donc pas modifier le calage, sous peine de troubler toute la distribution, et *il est impossible de régler individuellement le fonctionnement des différentes*

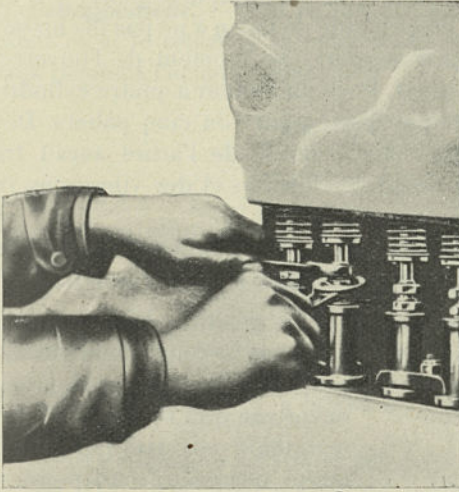


FIG. 110. — Réglage de soupapes (Renault).

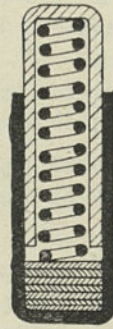


FIG. 111.

soupapes. Ce calage doit être repéré afin de pouvoir le reproduire aisément. (Voir repérage d'une distribution).

Arbres à cames. — Les poussoirs sont soulevés par des cames qui viennent les attaquer au moment opportun. Ces cames font partie d'un arbre appelé arbre à cames, soigneusement rectifié.

Au lieu d'un arbre à cames unique, il peut y en avoir deux, l'un portant les cames de commande des soupapes d'admission, l'autre les cames de commande d'échappement. Ce dispositif est nécessaire lorsque les soupapes sont placées de part et d'autre du cylindre (Cylindre en T).

Chaque soupape ne doit s'ouvrir qu'une fois pendant que le moteur fait deux tours. La vitesse de rotation de l'arbre à cames est donc la moitié de celle du vilebrequin.

L'arbre à cames est commandé par le vilebrequin, soit par engrenages, soit par chaînes silencieuses. On cherche à diminuer

le bruit que produisent toujours les commandes des engrenages, en employant des pignons en alliages spéciaux, ou en fibre (Citroën : B 14). Souvent, comme on ne peut rapprocher l'arbre à cames du vilebrequin, on interpose entre eux un arbre intermédiaire. Ceci permet l'emploi de pignons plus petits, partant plus silencieux, pour obtenir la démultiplication nécessaire.

L'arbre à cames doit être calculé de façon à ne pas fléchir sous l'influence de l'effort qu'il supporte au moment de l'ouverture des soupapes d'échappement. Pour un moteur à quatre cylindres, l'arbre à cames est porté par trois, quatre ou cinq paliers. Deux paliers ne suffiraient pas, car le poids de l'arbre aurait trop d'importance et déterminerait des flexions et des vibrations importantes.

Les paliers d'arbres à cames sont généralement en bronze. Des essais de paliers en aluminium ont donné de bons résultats.

Position et profil des cames. — La position de la came sur l'arbre, et son profil, sont déterminés par la condition d'ouvrir la soupape à l'instant précis où cette ouverture doit se faire, et de la maintenir ouverte pendant le temps nécessaire. Au point de vue de l'écoulement des gaz, il y aurait évidemment intérêt à ouvrir et fermer rapidement la soupape, c'est-à-dire à la maintenir le plus longtemps possible à sa position d'ouverture maximum. Mais la levée et la descente

doivent être suffisamment douces pour éviter les chocs et les efforts d'inertie excessifs.

Il est facile de représenter le tracé du profil d'une came (*fig. 112*).

1° *Admission.* — Si α_1 est le retard à l'ouverture de l'admission et α_2 le retard à la fermeture de la soupape, elle doit rester ouverte pendant que le vilebrequin tourne de $180^\circ - \alpha_1 + \alpha_2$; par conséquent, la came doit maintenir cette soupape ouverte pendant le temps que met le vilebrequin à tourner de cet angle. Pendant ce temps, la came tourne de :

$$\varphi = \frac{180^\circ - \alpha_1 + \alpha_2}{2}$$

On peut admettre comme valeur normale :

$$\alpha_1 = 10^\circ \quad \alpha_2 = 30^\circ,$$

soit $\varphi = 100^\circ$, valeur approchée, mais non générale.

2° **Échappement.** — Soit α_3 l'avance à l'ouverture de l'échappement et α_4 le retard à la fermeture, on trouve que la came tourne pendant l'échappement de :

$$\varphi' = \frac{180^\circ + \alpha_3 + \alpha_4}{2}.$$

on peut admettre que :

$$\alpha_3 = 40^\circ, \quad \alpha_4 = 5^\circ,$$

soit une valeur approchée :

$$\varphi = 112^\circ 5'.$$

Le profil de la came est limité par deux arcs de cercle AB et CD (fig. 113), AB étant un arc de cercle qui est le profil de l'arbre à cames, CD un arc de cercle concentrique déterminé par la condition que la distance des deux cercles soit un peu supérieure à la somme de la levée de soupape et du jeu des poussoirs (compte tenu de la dilatation). Le cercle MAB est appelé cercle primitif. Son diamètre est compris entre trois et quatre fois la hauteur de levée.

Supposons que la came doive attaquer un galet (dont le diamètre est généralement égal ou un peu supérieur à deux fois la levée de la soupape) (fig. 113).

Les droites OE et OF font entre-elles l'angle φ . On trace un cercle M' concentrique au cercle primitif et dont le rayon r' est égal à r augmenté du jeu prévu (3/10 à 5/10 millimètres). On décrit deux cercles tangents à ce cercle en G et H (sur OE et

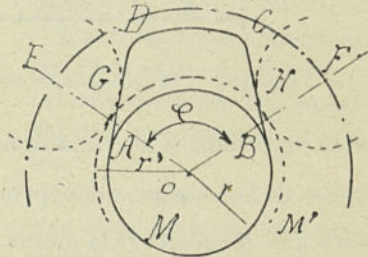


FIG. 113. - Tracé approché d'une came.

OF) et de diamètre égal à celui des galets. On mène les tangentes communes à ces cercles et au cercle primitif. Ces droites déterminent les flancs des cames dont la tête est un arc de cercle de rayon $R = r' + h$ (levée de la soupape = h).

Naturellement les angles C et D sont ensuite adoucis.

Levée à accélération constante. — La levée h est fonction du temps : $h = f(t)$. Si m est la masse de la soupape et des différentes pièces l'accompagnant dans son mouvement de translation, la soupape est soumise à une force d'inertie qui a pour valeur $m \frac{d^2h}{dt^2}$, de sens contraire à l'accélération. Cet effort peut atteindre plusieurs centaines de kilogrammes et il est nuisible au métal par le travail qu'il lui impose; de plus il est une cause de bruit puisqu'il pousse brutalement la soupape sur son siège. On déterminera donc le profil de la came de manière que l'accélération $\frac{d^2h}{dt^2}$ soit constante, soit

$$h = at^2 + bt + c$$

a, b, c , étant des constantes.

On se donne l'angle α dont tourne la came avant de produire la

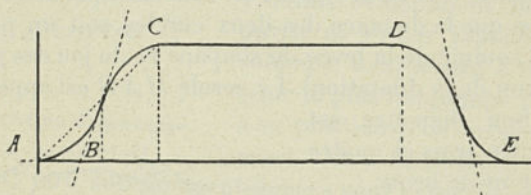


FIG. 114. — Diagramme de levée à accélération constante.

levée maximum et les conditions suivantes : 1° le maximum de vitesse de la soupape a lieu quand la came a tourné de $\frac{\alpha}{2}$; 2° la levée à ce moment est la moitié de la levée maximum.

Ces trois conditions suffisent à déterminer a, b, c , c'est-à-dire le diagramme des levées de la soupape en fonction du temps. Ce diagramme (fig. 114) permet de déterminer les différentes positions du galet et, par suite, de tracer le profil de la came, enveloppe de ces positions. C'est le tracé de la figure 115.

En réalité, les conditions énoncées plus haut définissent une parabole tangente en C à l'horizontale et passant par le point B , situé au milieu de AC .

Cette parabole ne passe pas en A : Il faut donc lui ajouter un autre arc de parabole, qui lui soit tangent, et qui soit tangent en A à la droite AE .

La levée de soupape n'est donc pas à accélération constante : l'accélération prend, successivement, deux valeurs constantes.

Dans le cas de l'attaque par plateau, moins

courant, le tracé conduit à la forme ci-après (*fig. 116*) pour les levées à accélération constante. On voit qu'une came à plateau

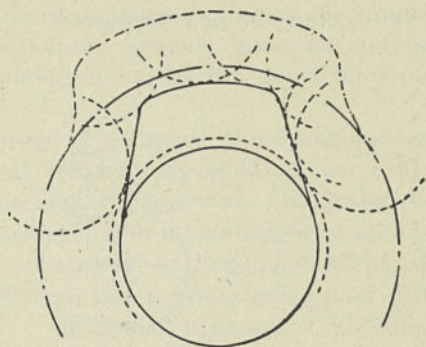


FIG. 115.

Tracé d'une came (levée à accélération constante).

est moins renflée qu'une came à galets. Elle est plus légère, ce qui est particulièrement intéressant dans les moteurs d'aviation. D'autre part elle ne travaille par ses flancs que pendant un temps beaucoup plus restreint que la came à galets.

L'usure se trouve donc localisée à la partie supérieure.

Les qualités que doit posséder une came sont les suivantes :

1° La vitesse de levée doit être aussi uniforme que possible ;

2° L'angle de levée doit être aussi grand que possible ;

3° L'effort latéral sur le galet de soupape doit être aussi faible que possible.

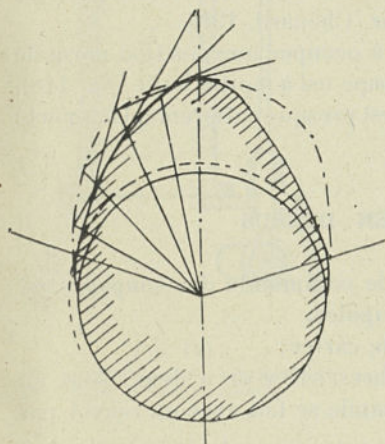
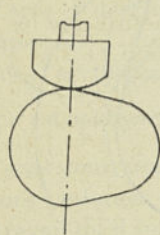


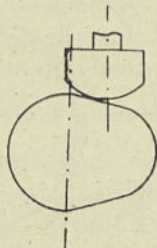
FIG. 116. — Came à plateau.

La came est l'antipodaire du lieu géométrique des centres du plateau.

Dans le but de diminuer les effort latéraux, on emploie parfois des cames desaxées (*fig. 117*), qui se tracent suivant la méthode générale. Bien qu'elles diminuent la pression latérale et par suite le bruit, elles sont peu employées.



Came symétrique.



Came desaxée.

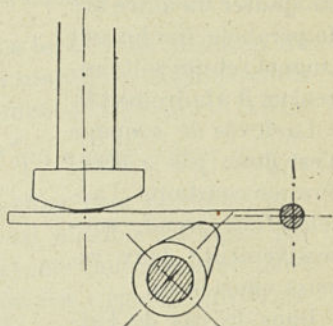


FIG. 118.

FIG. 117.

C'est aussi dans le but de réduire la pression latérale sur le guide du poussoir que certains constructeurs ont interposé un levier entre la came et le poussoir (Chenard, 1914).

Ce levier est disposé de façon à occuper une position normale à l'axe du poussoir lorsque la soupape est à moitié levée (*fig. 118*). Avec ce dispositif, l'effort latéral est presque entièrement supporté par le pivot du levier.

SOUPAPES EN DESSUS

On peut classer les systèmes de commande des soupapes en dessus en trois catégories principales.

- 1° L'arbre à cames reste dans le carter ;
- 2° L'arbre à cames (ou les arbres s'il y en a deux) sont en dessus, mais néanmoins la commande se fait avec un renvoi par culbuteurs ;
- 3° L'arbre à cames (ou les arbres) attaquent directement les soupapes.

I. Arbres à cames dans le carter. — La commande de l'arbre à cames lui-même, à partir de l'arbre moteur, reste très simple.

Mais la commande des soupapes en dessus se fait par l'intermédiaire d'un tringlage assez compliqué, d'après le schéma ci-contre (*fig. 119*).

Ce tringlage comporte d'abord un poussoir vertical, de grande longueur, qui attaque un culbuteur, articulé lui-même autour d'un point fixe. Souvent, poussoir et culbuteur sont articulés ensemble.

Cet ensemble est nécessairement beaucoup plus lourd que les dispositifs employés pour les soupapes ayant la tête en haut. Son inertie est donc nécessairement la cause d'une diminution du rendement, et tend à s'opposer à l'emploi du moteur aux grandes

allures : or, l'emploi de soupapes en tête a précisément pour but de pousser le moteur. Cette commande paraît donc pas, a priori, très favorable au but que l'on se propose généralement, et sera

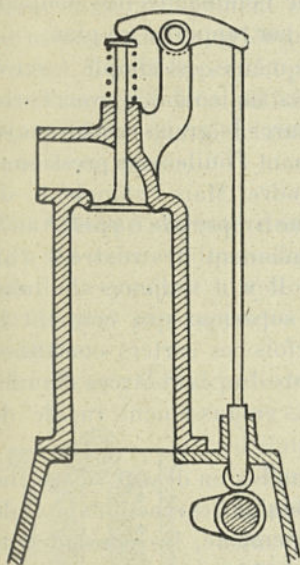


FIG. 119.

Schéma d'une commande par culbuteurs.
Arbre de cône en dessous.

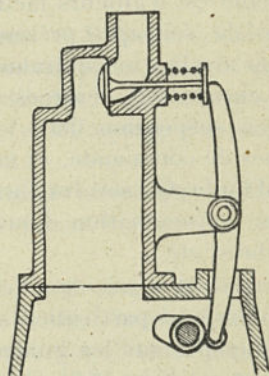


FIG. 120.

Commande par culbuteur d'une
soupape latérale : Bellanger.

utilisée surtout sur les moteurs à régime moyen. Elle a l'avantage d'être simple et robuste, mais l'inconvénient d'être relativement bruyante.

Elle est employée également, et alors de façon à peu près obligatoire, dans le cas des soupapes dites latérales, c'est-à-dire dont le mouvement se fait horizontalement (*fig. 120*).

Dans ce cas, le carter doit envelopper les organes de commande.

ARBRE A CAMES EN DESSUS

1) **Avec culbuteurs.** — Cette solution permet de supprimer le poussoir vertical, c'est-à-dire qu'elle diminue considérablement les effets d'inertie et permet par suite d'obtenir beaucoup plus facilement des vitesses de rotation élevées.

Elle comporte, par contre, une commande mécanique plus compliquée, celle de l'arbre à cames situé au-dessus des cylindres, ou des arbres à cames s'il y en a deux, ce qui est ici tout à fait exceptionnel. Le plus souvent, en effet, un arbre unique situé dans le plan de symétrie du moteur commande des soupapes inclinées, disposées symétriquement par rapport à ce plan.

La commande mécanique, par elle-même, est simple : renvoi par un arbre engrenant par dentures hélicoïdales avec l'arbre moteur et l'arbre à cames. Il faut assurer le graissage, au moyen d'une canalisation quelconque amenant l'huile sous pression : le problème est d'ailleurs facile à résoudre. Mais l'étanchéité des guides de soupapes présente ici une importance plus grande, car une ovalisation entraîne non seulement des rentrées d'air, mais encore des rentrées d'huile : il y a toujours du lubrifiant en suspension dans le carter supérieur qui contient les organes de commande, et même parfois ces carters constituent bain d'huile. On sait les inconvénients de ces rentrées d'huile : grosse consommation d'huile, ratés, encrassement rapide des chambres, etc...

Il convient donc, dans les commandes en dessus, d'attacher une importance particulière à la suppression des réactions latérales des soupapes sur les guides ; parfois même, les constructeurs réalisent un dispositif spécial d'étanchéité, améliorant en même temps le guidage de la soupape.

Les solutions employées pour éviter les réactions latérales sont variables — Par exemple, le culbuteur peut attaquer la soupape par l'intermédiaire d'un galet. Le dessin du culbuteur peut être tel que la pression sur la soupape soit à peu près exactement dirigée suivant l'axe du guide, grâce à la courbure du culbuteur lui-même et au profil de son extrémité. Sur le moteur de la deux-litres Chenard, un dé est interposé entre culbuteur et soupape coulisse sur celle-ci et absorbe les réactions latérales.

Fréquemment l'arbre à cames est enfermé dans un carter central, en dehors duquel débouchent les guides de soupapes (*fig. 121*).

Les projections d'huile sont ainsi moins abondantes, dans l'espace où l'aspiration peut se produire.

Nous voyons d'ailleurs, dans le même moteur Chenard, la commande du culbuteur se faire par l'intermédiaire d'un piston creux, à faible inertie par conséquent, coulisant dans un logement cylindrique ménagé dans le carter de l'arbre à cames. Le piston permet par suite une étanchéité très satisfaisante, plus parfaite que si le culbuteur, mobile, devait traverser la paroi de ce carter.

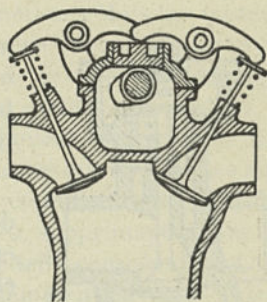


FIG. 121.
Arbre à cames en dessus.
Commande par culbuteurs.

2) **Attaque directe des soupapes.** — Dans ce cas, il peut y avoir un arbre unique attaquant des soupapes placées dans le plan de la symétrie du moteur, et verticales; ou bien deux arbres, symétriques par rapport à ce plan, et attaquant des soupapes inclinées.

Ici encore, il faut prévoir, et davantage même que dans le cas précédent, les inconvénients des défauts d'étanchéité.

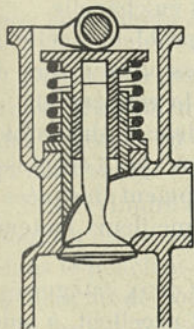


FIG. 122.
Commande Hispano.

Par exemple, Hispano qui fut le premier à appliquer cette solution sur des moteurs de série, attaque directement un plateau situé à l'extrémité de la queue de soupape. Mais ce plateau n'est pas fixé sur la tige: il est solidaire d'une douille coulisant dans un guide, la soupape elle-même étant fixée dans cette douille qui permet, dans une certaine mesure, les variations de longueur, et, en tout cas, évite à peu près complètement les réactions latérales (*fig. 122*).

Dans la commande Ballot, les cames attaquent de même une douille coulisante, la tige de soupape coulisant elle-même dans son guide. Ainsi sont évitées les pressions

latérales sur les guides, et se trouve assurée une étanchéité à peu près parfaite (fig. 123).

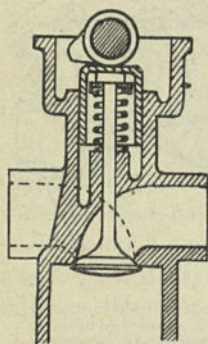


FIG. 123.
Commande Ballot.

Les commandes directes sont évidemment plus favorables encore que les commandes en dessus par culbuteurs pour permettre d'obtenir des vitesses de rotation élevées.

Conclusion. — Il existe des commandes de soupapes de types extrêmement variés, en ce qui concerne les soupapes en dessus, et d'autant plus que la technique n'est pas encore absolument nette en ce qui concerne les formes optimums de chambres, qui sont en relations étroites avec la disposition et par suite la commande des soupapes.

Certainement les soupapes en dessous sont d'un établissement plus économique. La recherche des vitesses élevées a conduit à l'emploi de cylindres en *I*, qui permettent un meilleur remplissage, et exigent l'emploi de soupapes en dessus. Toutefois, les progrès réalisés dans le dessin des tuyauteries d'admission et des chambres, ont permis de réaliser, avec les commandes en dessous, des vitesses déjà très notables, plus de trois mille tours par exemple. On ne peut donc affirmer qu'une grande puissance spécifique soit incompatible avec les soupapes en chapelle.

Une notion nouvelle est venue préciser le problème, celle de la turbulence. Nous verrons plus loin (étude des phénomènes de combustion) l'influence de la turbulence sur le rendement : or les cylindres en *I* ont généralement des turbulences plus faibles que les cylindres en *L* ou en *T*, ce qui explique que l'on puisse obtenir, avec ces formes que l'on crut un moment destinées à disparaître, des rendements égaux à ceux des meilleurs moteurs à cylindres en *I*.

De sorte que paraissent devoir se constituer deux catégories : *a*) des moteurs à cylindres en *L*, de rendement excellent, à puissance spécifique très satisfaisante, et d'établissement facile et économique, *b*) des moteurs à soupapes en dessus, plus coûteux, mais permettant d'obtenir des puissances spécifiques plus élevées.

Commande desmodromique des soupapes. — Les soupapes en dessus sont employées de plus en plus à l'heure actuelle, en raison du haut rendement qu'elles permettent. Mais les moteurs modernes présentent une tendance marquée à l'augmentation des vitesses moyennes de rotation. Or le mode de rappel des soupapes sur leur siège ne permet pas aisément cette augmentation, en raison de l'inertie que les ressorts ne peuvent vaincre assez vite. C'est pourquoi il serait intéressant, à mesure que les vitesses augmentent, d'adopter des dispositifs de commande des soupapes qui puissent les ramener sur leurs sièges, supprimant autant que possible le rôle moteur du ressort. Une telle commande est dite desmodromique (qui commande constamment la course de la soupape). Signalons, notamment, que la distribution des sans soupapes est desmodromique.

Il est surtout difficile de trouver des dispositifs ramenant exactement la soupape sur son siège. Ou bien la commande la conduira un peu trop loin, ou au contraire elle ne l'appuiera pas sur son siège. Dans l'un et l'autre cas, il suffit de munir la soupape d'un ressort dont la déformation, dans le premier cas, évitera les chocs et supprimera les dangers de rupture, et dans le second ramènera la soupape sur son siège.

Mais on voit que le ressort ne peut être supprimé : son influence est seulement diminuée.

Les commandes desmodromiques de soupapes paraissent actuellement abandonnées, après des tentatives sérieuses, mais non couronnées de succès.

Disposition des soupapes. — La disposition des soupapes varie considérablement suivant les constructeurs. Si les cylindres sont des cylindres en T, il y a une soupape de chaque côté du cylindre et deux arbres à cames.

Si le cylindre est un cylindre en L (ou F), les deux soupapes sont du même côté et voisines. Généralement la bougie est vissée dans le bouchon de soupape. La soupape qui est placée immédiatement au-dessous de la bougie est la soupape d'admission, pour que les gaz frais refroidissent la bougie. Il existe cependant des cas, très rares, où la bougie est au-dessus de la soupape d'échappement.

Il arrive que, dans deux cylindres voisins, les soupapes ne soient pas disposées de la même manière, mais se présentent

comme sur la figure schématique (*fig. 124*). Les deux soupapes d'admission sont placées entre les deux soupapes d'échappement.

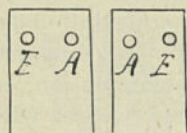


FIG. 124.

Il est alors aisé de faire communiquer les tuyauteries d'admission qui sont voisines et l'aspiration produite par le premier cylindre qui admet facilite celle du cylindre qui admet au temps suivant. Cette seconde admission provoque une aspiration qui diminue les remous vers le carburateur.

Au contraire, il est bon que les soupapes d'échappement ne débouchent pas au voisinage immédiat l'une de l'autre, car l'échappement du premier cylindre pourrait avoir produit, dans la tuyauterie, une pression telle qu'elle nuise au début de l'échappement dans l'autre cylindre.

Si les échappements se chevauchent, le cylindre dont l'échappement commence (donc à forte pression) pourrait envoyer dans l'autre des gaz brûlés.

Si les cylindres sont des cylindres en I, on cherche à donner aux soupapes la plus grande ouverture compatible avec une résistance suffisante du fond du cylindre. Il ne sera pas rare que le diamètre d'une soupape soit très voisin de la moitié de l'alésage.

Pannes de soupape. Défectuosités. — Les accidents survenant aux soupapes peuvent être classés comme il suit :

- 1° Allongement de la queue de soupape ;
- 2° Voilage de la tête de soupape ;
- 3° Fissures dans la tête de soupape ;
- 4° Jeu excessif entre la queue de soupape et son guide ;
- 5° Jeu excessif au pied de la soupape ;
- 6° Rupture de la tête ou du collet ;
- 7° Gommage de la tige de soupape ;
- 8° Écaillage de la tête de soupape ;
- 9° Grillage de la tête de soupape ;
- 10° Ressorts cassés ou affaiblis.

Les allongements de la queue de soupape sont peu fréquents et paraissent dus à une fabrication médiocre, parfois à des phénomènes de surchauffe de la queue de soupape. Ils peuvent se produire à la suite d'une calcination excessive de la soupape.

Le voilage de la tête de soupape ne se produit que si le forgeage de la soupape est mauvais, ou le refroidissement non symé-

trique (si la soupape ne tourne pas) ; exceptionnellement il peut se produire par l'adoucissement d'un acier médiocrement choisi.

Les fissures sont dues à des défauts de l'acier, résultant par exemple du forgeage. Elles facilitent l'écaillage, car elles sont approfondies par les gaz chauds.

Le jeu entre queue de soupape et guide (ovalisation des guides) ne devrait pas se produire si les réactions latérales étaient annulées. Il en résulte une perte de puissance et un mauvais rendement du moteur, par troubles de la distribution. Il faut changer les guides.

Le jeu excessif au pied de la soupape est fréquent. Il est dû à l'usure et produit également un mauvais rendement.

Les ruptures sont maintenant assez rares. Elles se produisent surtout quand on lance un moteur qui a chauffé, ce qui a déterminé une véritable trempé par refroidissement.

Le gommage des soupapes est produit, en général, par l'introduction d'huile entre la queue de soupape et son guide. Cette huile brûle en laissant un cambouis qui détermine l'adhérence. On y remédie en lavant au pétrole : il suffit généralement d'introduire un peu de pétrole par les bouchons de soupapes, il peut être impossible de faire tourner à la main un moteur à soupapes gommées, mais, le plus souvent, il en résulte seulement un ralentissement du mouvement de fermeture, interdisant les grandes vitesses de rotation.

Grillage est une expression assez vague employée pour désigner une modification due à diverses causes. Nous l'étudierons plus loin en détail, en raison de son importance.

L'écaillage est dû aux fissures ou aux causes de grillage. C'est une cause de mauvais fonctionnement : une soupape écaillée, ou voilée, ou grillée, repose mal sur son siège, c'est-à-dire produit des troubles de distribution sensibles dans le fonctionnement du moteur.

Les ressorts cassés ou affaiblis entraînent des ratés. Il faut les changer, bien que parfois on puisse essayer, d'abord, de retremper un ressort affaibli. On peut rentrer avec un ressort cassé, en retournant les deux parties bout pour bout, mais ceci ne peut être considéré que comme un remède tout à fait temporaire.

Rodage des soupapes. — Lorsqu'une soupape repose mal sur son siège, le moteur a un mauvais rendement. Ce mauvais contact

est dû à l'usure de la soupape, tant par frottement que par modification moléculaire du métal, dûe à des échauffements excessifs, à moins que le siège ne soit encrassé. Il faut alors *roder* la soupape.

Cette opération doit être extrêmement rare. Elle affaiblit la soupape qui s'use plus vite par la suite. D'ailleurs, dans la majorité des cas, une soupape qui a besoin d'être rodée est grillée, c'est-à-dire que les modifications moléculaires qu'elle a subies la mettent hors d'état de servir, sinon pour un temps très court.

En réalité, il arrive qu'une soupape puisse avantageusement être rodée sans être grillée. Mais alors le rodage n'a d'autre but que de nettoyer une soupape fortement encrassée (calamine par exemple) et qui, par suite de l'encrassement, repose mal sur son siège.

L'opération du rodage est excessivement délicate à exécuter si elle doit avoir un autre but que le nettoyage. Dans ce cas même, si elle est mal exécutée, ce qui est fréquent, elle est plus nuisible qu'utile et, pour cette raison, *ne doit être pratiquée que par des spécialistes.*

Grillage. — Le grillage porte naturellement surtout sur les soupapes d'échappement. Il a pu être étudié d'assez près sur les moteurs d'aviation.

Il a été reconnu que la température d'une soupape d'échappement à son plus haut point est voisine de 700 à 750°, température des gaz d'échappement dans la chambre d'explosion.

La soupape atteint sa plus haute température quand le cylindre ne travaille pas avec le mélange gazeux le plus efficace, c'est-à-dire quand le rendement du moteur n'est pas le meilleur possible. L'influence des mélanges pauvres sur le grillage des soupapes est plus grande que celle des mélanges riches : ceux-ci déterminent difficilement le grillage.

Les soupapes en acier au tungstène s'écaillent plus facilement que celles en acier au chrome, donc deviennent plus minces et grillent plus facilement. Ces aciers paraissent les meilleurs : il est incontestable que la qualité du métal a une grande influence sur le grillage, mais il ne faut cependant pas, en général, espérer éviter cet inconvénient par la seule amélioration du métal des soupapes.

Le jeu entre le poussoir et la queue de soupape a également une influence. Le jeu est fonction de l'allongement de la soupape qui est compris entre 0^m/_m 05, et 0^m/_m 4, suivant les moteurs.

Si les poussoirs sont ajustés de façon que les soupapes d'échappement ne puissent revenir complètement sur leurs sièges, la puissance est réduite et les soupapes deviennent excessivement chaudes. Elles chauffent surtout à la périphérie, tandis que si les poussoirs sont correctement ajustés, l'échauffement maximum se produit près de la tige au centre. La soupape s'échauffe davantage dans le secteur le plus rapproché de l'axe du cylindre. Ceci explique que, dans certains cas de grillage, une écaille se détache, le reste de la soupape restant en parfait état.

C'est pour cette raison qu'une soupape qui tourne sur son siège grille moins vite.

On admet qu'une légère déformation des sièges de soupapes n'a pas d'influence sur le grillage des soupapes : encore faut-il qu'elle soit vraiment très légère.

L'allumage prématuré (bougies surchauffées) a une très grosse influence. Il semble également qu'un excès d'avance à l'allumage puisse produire les mêmes effets. Les auto-allumages sont grandement influencés par la quantité de lubrifiant qui se trouve dans la chambre d'explosion (l'injection d'huile arrête les auto-allumages).

Le manque d'avance à l'allumage qui fait chauffer les moteurs est également une raison importante de grillage des soupapes.

La circulation d'eau a une grosse importance sur l'élévation de température des soupapes d'échappement. Le champignon et son guide peuvent être portés au rouge sombre, en cas de diminution du débit de la circulation d'eau ou de mauvais refroidissement des sièges.

En somme tous les cas de fonctionnement sont des causes de grillage.

Repérage d'une distribution. — Nous avons vu, en étudiant le fonctionnement d'un moteur suivant le cycle à quatre temps, que les phénomènes de distribution : ouverture et fermeture des orifices, devaient être déterminés avec la plus grande précision pour permettre au moteur son meilleur rendement.

Il est évident que dans une distribution par soupapes, maints organes peuvent se dérégler, de telle manière que ces phénomènes ne se produisent plus aux instants précis où il le faudrait. On conçoit alors combien il est nécessaire de « repérer la distribution », afin de permettre au chauffeur ou au réparateur de vérifier

aisément si la distribution doit être incriminée quand le fonctionnement du moteur devient défectueux.

Deux modes de repérage sont usités, selon que les avances et retards des phénomènes de distribution sont mesurés par la course du piston ou l'angle de rotation du moteur. Ces deux indications sont équivalentes et l'on peut passer de l'une à l'autre : les constructeurs, d'ailleurs, donnent toujours les indications nécessaires sous la forme demandée par le client. C'est dire que le chauffeur ne doit pas chercher à effectuer lui-même le passage d'une course du piston à la rotation correspondante du moteur.

Détermination des instants exacts où s'ouvrent et se ferment les soupapes. — Nous conseillerons le procédé suivant : on introduira entre poussoir et tige de soupape, ou éventuellement entre culbuteur et soupape dans le cas de soupape en dessus, une feuille de papier à cigarette. Un aide tourne le moteur à la main. Tant que la feuille de papier est libre, la soupape est fermée : elle s'ouvre dès que la feuille est immobilisée et l'instant de la fermeture est celui où la feuille redevient libre.

Repérage par la course du piston. — Les avances et retards sont donnés en millimètres.

On introduit une « pige » dans le cylindre, par un trou de bougie généralement, et l'on détermine expérimentalement le point mort haut ou le point mort bas avant chaque repérage.

Par exemple, pour vérifier qu'un retard à la fermeture de l'admission est correct, on détermine le point mort bas, qui correspond à l'instant où la pige cesse de descendre sans remonter encore. On vérifie alors que, entre cette position du piston et celle qu'il occupe quand la soupape se ferme, il y a exactement la distance donnée comme valeur du retard : la pige a dû s'élever de cette distance, comptée suivant la verticale.

Il est commode d'utiliser une pige coulissant dans une douille fileté, se vissant à l'emplacement de la bougie, et prolongée vers le haut par une portion graduée dans laquelle coulisse la pige.

Ce procédé, à notre avis, est souvent imprécis bien que très usité. La détermination correcte des points morts haut et bas, est fort délicate, c'est-à-dire qu'elle est l'origine d'erreurs relativement importantes. De plus, la mesure précise des courses est encore plus délicate lorsque la pige ne peut être tenue verticalement, ce

qui est le cas des moteurs en L ou en T, à bougies vissées au-dessus de la soupape d'admission, en chapelle.

Repérage par la rotation du moteur. — Les avances et retards sont alors donnés en degrés, ou mieux, ils sont *repérés* sur le moteur. Si le constructeur n'a pas effectué le repérage, nous conseillons au chauffeur de l'effectuer lui-même par l'un des deux procédés suivants :

Le principe est toujours le même : déterminer et repérer la position d'un organe calé sur l'arbre moteur par rapport à un index fixe. Cet organe est presque toujours le volant ; on peut aussi utiliser le pignon de commande de la distribution calé sur l'arbre, si les renvois se font par engrenages (*fig. 125*).

a) Nous supposons que la distribution est parfaitement correcte, c'est-à-dire conforme aux indications du constructeur.

Un index fixe ayant été placé sur le carter, au voisinage immédiat du volant — cet index peut être un simple trait de lime — on repère par un trait de lime ou un coup de pointeau, sur le volant, le plan diamétral du volant qui passe par l'index, au moment où s'ouvre et se ferme chacune des soupapes. Des signes convenus permettront de discriminer les repères correspondant aux différentes soupapes.

La vérification d'une distribution est alors simple : il suffit, ayant amené le moteur à la position pour laquelle une soupape s'ouvre ou se ferme, de vérifier si le repère correspondant est ou non en regard de l'index.

Mais cette méthode suppose que la distribution du moteur était parfaite au moment où le repérage a été effectué, c'est-à-dire que le réglage en a été opéré par un autre moyen, celui de la pige par exemple, (repérage par la course du piston).

b) Nous déterminerons d'abord le plan diamétral du volant qui passe par l'index à la position du point mort haut ou du point mort bas. L'index étant généralement choisi pour que ce plan soit vertical.

On mesure le diamètre extérieur du volant, suivant le grand cercle extérieur sur lequel seront inscrits les repères. Il est alors facile, par un calcul simple, de connaître la longueur de cette circonférence, égale à πd , d étant le diamètre mesuré et la valeur de π étant 3,14159.

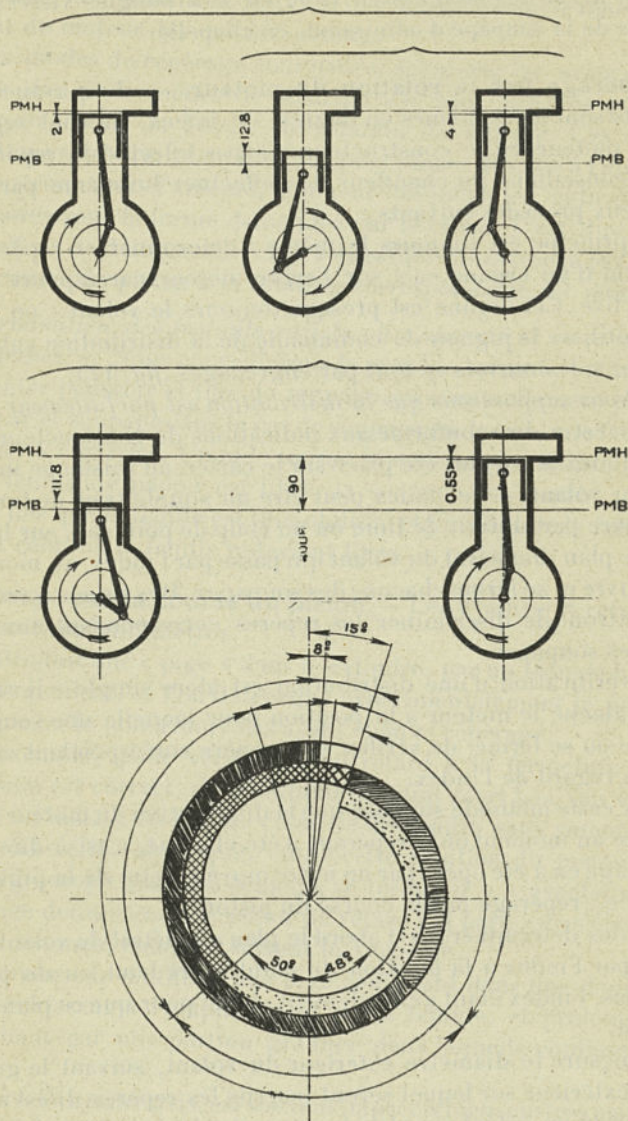


FIG. 125.

Fac-simile des indications données par la maison Renault, dans la notice de la 6 C V, sous le titre : réglage linéaire et angulaire du moteur.

Une simple division permet alors de déterminer la longueur de l'arc qui correspond à un degré : $\frac{\pi}{360} d$

On pourra transformer les indications du constructeur, données en degrés, en longueur d'arc correspondantes. En reportant ces longueurs, dans le sens convenable, à partir des repères des points morts, au moyen d'un mètre souple et non élastique, gradué avec précision, on pourra tracer les repères.

Les repères étant tracés, la vérification s'opère comme précédemment.

REMARQUE. — Nous n'indiquons pas les procédés à employer pour rétablir le réglage, lorsque la vérification montre qu'il est défectueux. Ceci est une opération qui est presque une réparation (1) et varie suivant l'organisation des commandes de soupapes.

(1) Voir : *Le Chauffeur au Garage* (Dunod éditeur, 92, rue Bonaparte, Paris).

CHAPITRE XII

MOTEURS SANS SOUPAPES

Inconvénients des soupapes. — Les inconvénients des soupapes sont multiples : elles peuvent être bruyantes, soit que les cames qui les commandent aient été mal dessinées, soit en raison du jeu qui existe toujours dans leurs commandes, et dont les effets sont particulièrement nuisibles dans le cas des culbuteurs.

Elles gênent le passage des gaz en les forçant à parcourir autour d'elles un chemin sinueux.

L'ouverture en est d'abord relativement lente, de sorte que les gaz sont laminés entre la tête de soupape et son siège, laminage qui cause de véritables remous, diminuant la vitesse du courant gazeux.

En raison des forces d'inertie qui prennent naissance, on est généralement obligé de les faire assez petites.

Leur fermeture est assurée par un système automatique dont la tension ne peut rester toujours constante, et qui met un temps relativement grand à fermer la soupape, la ramenant assez lentement sur son siège. Il en résulte d'abord que la période de pleine ouverture de la soupape est assez restreinte, et ensuite que si la vitesse de rotation du moteur vient à augmenter, le ressort ne peut plus ramener la soupape sur son siège en temps voulu, ce qui est la cause d'une diminution de rendement sensible. C'est même la principale cause qui fait décroître la puis-

sance aux grandes vitesses de rotation, par suite du mauvais remplissage de la cylindrée qui est la conséquence de la fermeture tardive.

Cet inconvénient est particulièrement grave en raison des tendances actuelles : grandes soupapes, grandes levées, grandes vitesses de rotation.

Il existe divers systèmes permettant de commander les orifices :

1° Les clapets, où l'obturateur tourne autour d'un axe fixe, difficiles à commander mécaniquement : leur emploi est généralement limité aux pompes, exhausteurs, etc... ; ils sont alors automatiques (*fig. 126*) ;

2° Les soupapes, où l'obturateur se déplace normalement au plan des orifices ;

3° Les tiroirs où l'obturateur est une surface de même nature

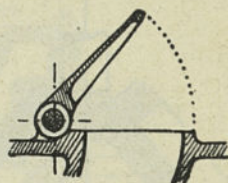


FIG. 126. — Schéma d'un clapet.

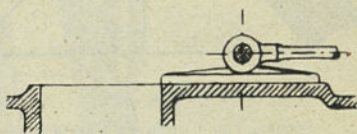


FIG. 127. — Schéma d'un tiroir plan.

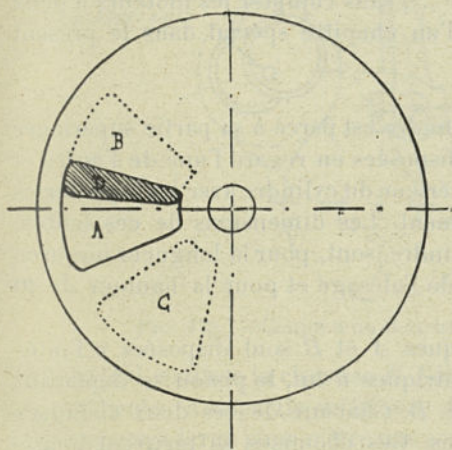


FIG. 128.

Schéma d'un distributeur à disques plans.

que celle dans laquelle est pratiqué l'orifice (*fig. 127*).

Les dispositifs de tiroir sont extrêmement nombreux. Leur mouvement peut être un mouvement de translation ou un mouvement de rotation ; il peut être alternatif ou continu. S'il est continu, il peut être produit par la rotation d'un ou de deux disques superposés (*fig. 128*) ou de surfaces coniques (*fig. 129*) (qui permettent d'utiliser une surface d'entrée maximum au fond d'un cylindre déterminé) ou d'un fourreau cylindrique, ou d'un

boisseau. Si le mouvement est alternatif, il peut être produit par le piston lui-même, masquant et démasquant au moment voulu les orifices (moteurs à deux temps) ou par un piston se déplaçant

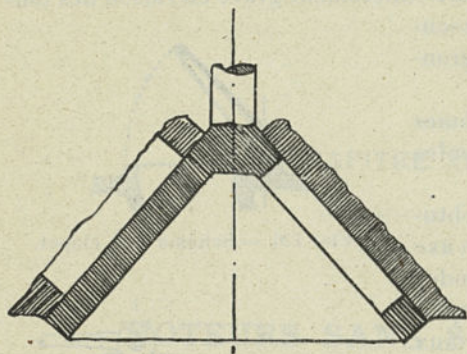


FIG. 129.

Schéma d'un distributeur à surface conique.

dans un cylindre auxiliaire, ou par un ou deux fourreaux concentriques au cylindre et se déplaçant longitudinalement dans ce cylindre.

Nous étudierons surtout le moteur sans soupapes du type Knight, qui est à fourreaux concentriques, et qui est construit en France par les maisons Panhard,

Voisin, Peugeot (Minerva en Belgique, Daimler en Angleterre, Mercedes en Allemagne, Willys en Amérique). Il existe naturellement d'autres types de moteurs sans soupapes (Peugeot 1920, Darracq, Picard-Pictet, etc...), sans compter les moteurs à deux temps qui feront l'objet d'un chapitre spécial dans le présent ouvrage

Moteur Knight. — Le cylindre est percé à sa partie supérieure de deux fentes latérales, disposées en regard l'une de l'autre et qui font communiquer l'intérieur du cylindre avec les tuyauteries d'aspiration et d'échappement. Les dimensions de ces fentes, variables avec celles du cylindre, sont, pour la longueur mesurée sur le cylindre, de l'ordre de l'alésage et pour la hauteur de 40 à 15 millimètres.

Deux chemises cylindriques *A* et *B* sont disposées à l'intérieur du cylindre et concentriques à lui, le piston se déplaçant à l'intérieur de la seconde, *B*. Chacune de ces deux chemises porte également deux fentes. Ces chemises se meuvent longitudinalement à l'intérieur du cylindre, commandées par des bielles reliées à des excentriques, de manière que les orifices puissent, à certains moments, être exactement en regard de ceux du cylindre (*fig. 130*).

La chemise intérieure *B* a ses orifices à la même hauteur et la chemise *A* a l'orifice d'admission plus élevé que l'orifice d'échappement.

La culasse est rapportée, constitué par une sorte de piston, le

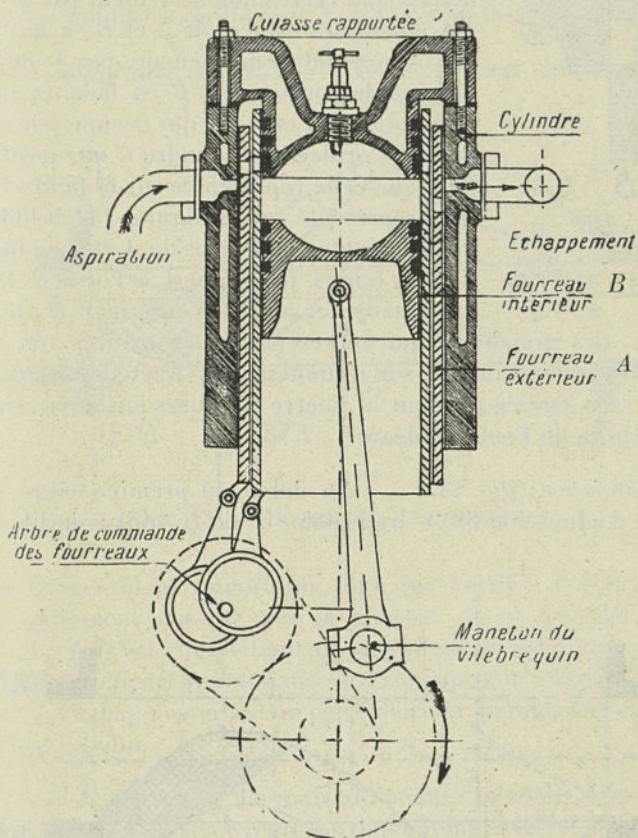


Fig. 130. — Coupe d'un moteur sans soupapes.

long duquel coulisse la chemise *B*, l'étanchéité étant assurée par des segments ; à la partie inférieure de la culasse se trouve un segment assez large pour n'être pas accroché par les fentes. Il est supprimé sur les modèles récents, grâce à une organisation convenable des lumières.

Cette culasse est creusée de manière à constituer une chambre hémisphérique. Le piston lui-même peut être creusé, pour que la

chambre de compression se rapproche autant que possible de la forme sphérique, plus avantageuse au point de vue rendement.

Il est facile de voir comment se font l'admission et l'échappement, mais en remarquant que ces phénomènes sont réglés non seulement par le déplacement des orifices de *A* et *B* en face de ceux du cylindre, mais encore par le déplacement des orifices de *B* en face du bord inférieur de la culasse, qui occupe par rapport aux orifices du cylindre *C* une position telle que celle représentée sur la figure 131.

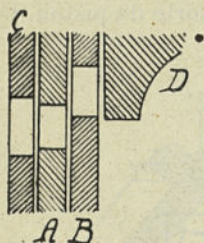


FIG. 131.

Dispositions de la culasse par rapport aux orifices d'admission.

On a représenté sur les figures 132 et 133 les déplacements des orifices de *A* et *B* en fonction du temps, par rapport à l'orifice *A'B'* du cylindre et au bord inférieur *H* de la culasse. Les grandeurs qui représentent ces orifices ont été prises en vraie grandeur sur le moteur des tracteurs Panhard (35 HP), en service pendant la guerre (mesures faites au centre automobiles de Fontainebleau).

1^o Admission (fig. 132). — Au début du premier temps, les orifices d'admission de *A* (trait plein) et de *B* (trait pointillé) ne

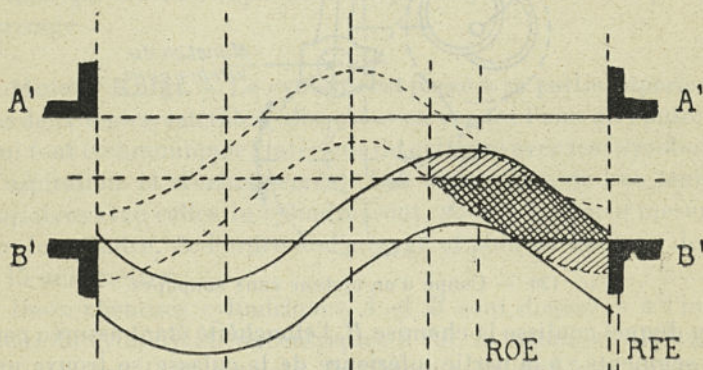


FIG. 132. — Diagramme d'admission.

sont pas en face l'un de l'autre. L'admission ne peut donc pas se faire encore et ne commence que lorsque le bord inférieur de

l'orifice CD (de A) vient en regard du bord supérieur de l'orifice EF (de B).

Elle dure aussi longtemps que cet orifice n'est pas masqué par la culasse. On voit qu'il y a retard à l'ouverture de l'admission, et retard à la fermeture assez considérable. Nous savons que ce sont les conditions ordinaires d'un bon remplissage.

2° *Échappement* (fig. 133). — L'échappement commence avec

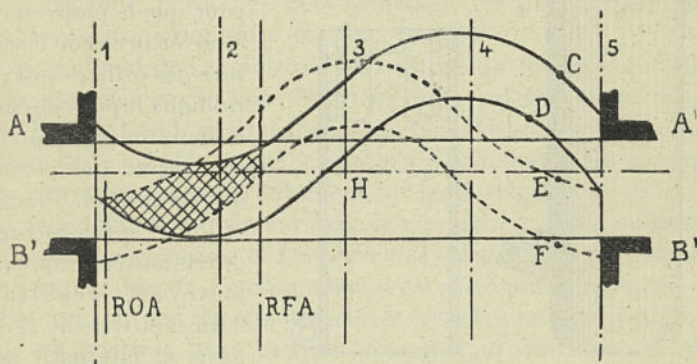


FIG. 133. — Diagramme d'échappement.

une avance assez importante, dès que l'orifice EF n'est plus complètement masqué par la culasse, et se termine lorsque l'orifice CD est complètement masqué par le cylindre.

Dans la plupart des moteurs sans soupapes, le retard à la fermeture de l'échappement est un peu supérieur au retard à l'ouverture de l'admission.

Perfectionnements : La maison Panhard fabrique actuellement des chemises en acier réglées, pour remplacer les chemises en fonte, plus lourdes, jusque là toujours employées sur les moteurs type Knight. Il en résulte une amélioration de l'équilibrage et du graissage.

D'autre part, les orifices du cylindre ont actuellement une hauteur beaucoup plus grande : ils sont constitués par une série de fentes dans lesquelles coulisent des *peignes* solidaires de la culasse, qui exécutent un véritable grattage évitant l'encrassement (fig. 134).

Moteurs divers. — Il existe d'autres moteurs sans soupapes que le Knight ayant également fait leurs preuves, mais aucun

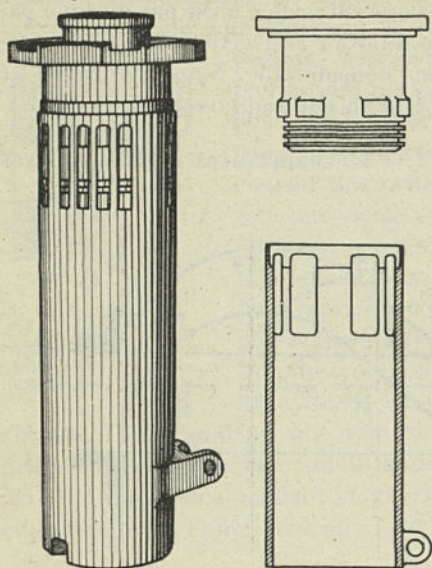


FIG. 134.

d'eux n'est monté sur un véhicule militaire. La distribution, au lieu d'être assurée par le mouvement de deux chemises, peut l'être par une seule. Il faut alors, pour que le mouvement d'ouverture et de fermeture des orifices soit périodique, la période étant de deux tours du moteur, réaliser un mouvement que la maison Piccard et Pictet, qui construisit de tels moteurs, appelait louvoyant, résultant d'un mouvement rectiligne et alternatif suivant l'axe du cylindre et

d'un mouvement de rotation alternatif autour de cet axe.

La commande du fourreau était d'abord réalisée par une sorte de barillet animé d'un mouvement de rotation, et qui portait un trou excentré dans lequel s'engageait une broche fixée à la partie inférieure du fourreau.

Elle le fut ensuite par l'intermédiaire de deux arbres *A* parallèles au vilebrequin et tournant à demi-vitesse de ce dernier (fig. 135). Chacun de ces arbres porte un maneton *m*; les deux manetons sont reliés par une bielle *B* qui entraîne le fourreau par l'inter-

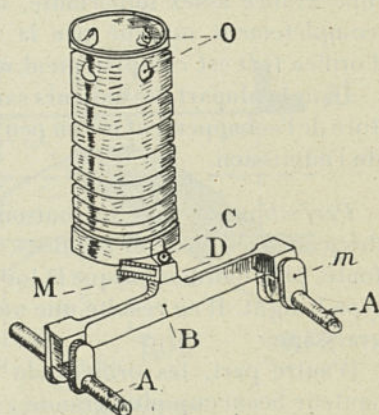


FIG. 135.

Schéma de la commande d'un fourreau unique (Piccard et Pictet).

médiaire d'un dé D et d'un axe C . Le dé peut coulisser sur une embase portée par le fourreau.

Il a existé également des moteurs sans soupapes ne comportant pas de fourreau. Les cylindres sont munis d'un orifice qu'un boisseau horizontal (Mors) ou vertical (Itala, qui emploie un boisseau par deux cylindres) met tour à tour en communication avec la tuyauterie d'admission ou celle d'échappement.

Avantages des moteurs sans soupapes Knight. — Ces moteurs sont, parmi les sans soupapes, les plus fréquemment employés, exception faite des deux temps.

Au moment de l'explosion, les orifices du fourreau intérieur sont masqués par le bord inférieur de la culasse. Il en résulte que les gaz brûlés ne sont pas en contact avec ces orifices et que l'étanchéité est très bonne, ce qui n'a pas lieu avec les soupapes qui ne reposent pas parfaitement sur leurs sièges.

Les échanges de chaleur avec la circulation d'eau, se faisant à travers les chemises et les *pellicules d'huile*, sont plus faibles. La température de fonctionnement est donc plus élevée, ce qui laisse prévoir des rendements élevés, que la pratique justifie.

Il est possible, avec ce type de moteur, d'avoir une chambre de combustion parfaitement sphérique, ou du moins se rapprochant davantage de cette forme que si le cylindre est muni de soupapes. Le moteur peut donc avoir un meilleur rendement.

La culasse rapportée peut être parfaitement usinée, ce qui permet, sans risquer les auto-allumages, d'augmenter le taux de compression (les premiers moteurs Panhard S. S. atteignaient des taux de compression supérieurs à 5, alors qu'on dépassait rarement 4 à cette époque, dans les moteurs ordinaires).

L'ouverture et la fermeture des orifices d'admission et d'échappement sont commandées par le moteur lui-même, et se font par conséquent toujours au même moment, quelle que soit la vitesse de rotation du moteur. Le remplissage se fera donc mieux, aux grandes vitesses de rotation, qu'avec des soupapes. On peut d'ailleurs améliorer cette alimentation en donnant de grandes dimensions aux orifices.

La bougie peut être placée au centre de la chambre, ce qui diminue le temps de combustion.

Les moteurs sans soupapes sont plus silencieux que les moteurs à soupapes, au moins quand ils sont neufs ou en très bon état.

On peut équilibrer ces moteurs plus parfaitement, le mouvement des fourreaux pouvant équilibrer celui des pistons, car c'est, comme lui, un mouvement rectiligne alternatif.

Inconvénients des moteurs sans soupapes. — 1° On reproche surtout aux moteurs sans soupapes les difficultés de graissage qu'ils présentent.

Ce graissage est généralement assuré par barbotage, les fourreaux portant des rainures dans lesquelles vient d'abord se loger l'huile, qui assure ensuite le graissage. Cette huile peut pénétrer entre les fourreaux grâce à des trous percés à la partie inférieure.

La maison Voisin a réalisé pourtant un graissage des fourreaux sous pression. Mais, quel que soit le mode de graissage adopté, il faut employer une huile fluide, qui n'était autrefois pas celle dont on se sert dans les moteurs ordinaires. Le mélange d'huile et de pétrole ne doit pas être employé, comme il le fut souvent pendant la guerre, non sans dommage.

2° Les accidents des chemises ou de leur commandes sont rares, mais très graves.

3° Le laminage des gaz n'est pas évité : il est pourtant diminué.

Conclusion. — Les moteurs sans soupapes sont des moteurs à haut rendement et d'un excellent fonctionnement. On peut cependant construire des moteurs pourvus de soupapes ayant même puissance spécifique, mais cela exige, en général, une distribution plus compliquée (soupapes à ressorts multiples) et souvent plus bruyante.

Même, on n'a pu obtenir des sans soupapes les mieux étudiés des puissances spécifiques égales à celles des moteurs de course pourvus de soupape (55 HP au litre sans compresseur), ce qui semble prouver la supériorité des distributions par soupapes en matière de puissance spécifique.

CHAPITRE XIII

TUYAUTERIES

Tuyauteries d'admission. — Une tuyauterie d'admission doit répondre aux conditions suivantes :

1° Elle doit permettre une alimentation égale de tous les cylindres, aussi bien qualitativement que quantitativement ; cette condition est la plus importante, car les suivantes n'en sont que que les conséquences plus ou moins directes ;

2° La vitesse moyenne des gaz dans les parties droites de la tuyauterie ne doit pas dépasser 100 mètres par seconde. Dans les moteurs actuels, elle est de l'ordre de 80 m/sec ;

3° La vitesse moyenne dans les coudes et au passage des soupâpes ne doit pas dépasser 80 m/sec. Dans les moteurs actuels, elle est de l'ordre de 60 mètres.

4° Elle ne doit permettre que le moins possible les condensations d'essence, c'est-à-dire que la longueur exposée à l'air doit être aussi faible que possible (*fig. 136*).

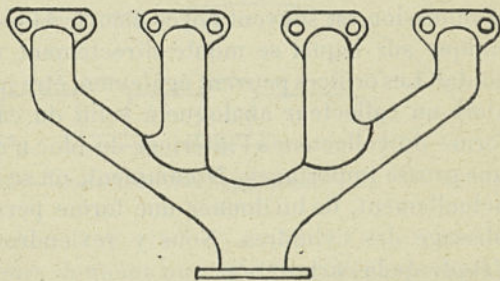


FIG. 136. — Collecteur d'admission.

5° Elle doit être aussi simple que possible en raison des obstacles à la circulation des gaz que constituent les coudes et de leur influence sur les condensations (*fig. 137*).

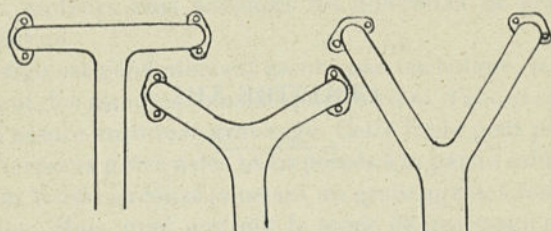


FIG. 137. — Collecteurs d'admission.

Le diamètre généralement adopté est de 35 à 40 % de l'alésage.

La forme, la longueur et l'usinage des tuyauteries d'admission dépendent essentiellement de la forme et de l'usinage des cylindres, du type et de l'emplacement du carburateur. Cet emplacement est d'ailleurs souvent déterminé par le mode d'alimentation : il est aussi bas que possible dans le cas de l'alimentation en charge, et assez élevé pour être facilement accessible dans le cas de l'alimentation sous pression.

Quand les cylindres étaient venus de fonte séparément, la tuyauterie d'admission était entièrement rapportée.

Actuellement les cylindres sont venus d'un bloc. La tuyauterie d'admission est souvent noyée dans le bloc et aboutit à un orifice unique sur lequel se monte directement un carburateur horizontal. Les orifices peuvent également être jumelés et l'on emploie alors un collecteur analogue à celui du cas précédent. Mais la forme du collecteur à l'intérieur du bloc n'en conserve pas moins une grosse importance. Notamment, on se préoccupe beaucoup, actuellement, de lui donner une forme permettant un égal remplissage des cylindres. Nous y reviendrons longuement dans l'étude de la carburation.

La fonderie est une opération particulièrement délicate, dans le cas où les tuyauteries sont noyées. Cette solution présente l'avantage de réchauffer la tuyauterie d'admission, facilitant ainsi la vaporisation de l'essence.

Mais elle contraint à réaliser un système de refroidissement efficace.

Le collecteur d'admission doit être fixé au carburateur et au cylindre par des joints étanches. La fixation s'opère directement par boulons ou vis, les joints étant des joints à bride (*fig. 138*).

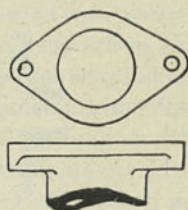


FIG. 138.
Bride de fixation.

Tuyauterie d'échappement. — La tuyauterie d'échappement répond à des conditions moins nombreuses que celles d'admission. Les vitesses permises au gaz, dans les parties droites ou dans les coudes, sont un peu supérieures à celles qui leur sont permises au moment de l'admission.

Il est inutile ici d'éviter le rayonnement : on a même intérêt à faciliter le refroidissement du collecteur d'échappement qui tend à s'échauffer.

Il sera donc en fonte non polie, généralement malléable.

Il peut être venu de fonte avec les cylindres, mais alors il sera moins noyé dans le bloc que la tuyauterie d'admission.

Fréquemment, il comporte, dans les moteurs modernes, des nervures longitudinales qui en facilitent le refroidissement.

Il doit offrir le moins de résistance possible à l'expansion des gaz, et il n'y a pas intérêt à jumeler les orifices, en raison de la possibilité de phénomènes de contre-pression.

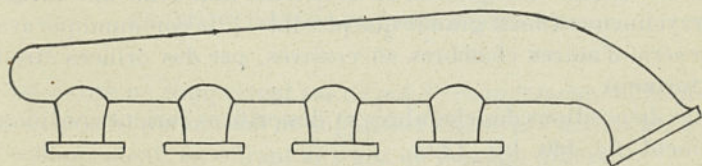


FIG. 139. — Collecteur d'échappement.

Certains constructeurs donnent au collecteur d'échappement un diamètre croissant du premier au dernier cylindre (*fig. 139*) ou bien lui font présenter un renflement.

Le collecteur doit être fixé aux cylindres par des joints et il peut être nécessaire que ces joints permettent la dilatation, puisque le

collecteur est quelquefois porté en rouge sur les moteurs qui tournent vite.

Il n'y a pas intérêt à ce que la tuyauterie d'échappement soit courte. En effet, les gaz souvent encore enflammés doivent être rejetés dans l'atmosphère en un lieu tel qu'ils ne puissent atteindre une partie quelconque du véhicule. D'autre part on a constaté que l'échappement se fait mieux lorsque la tuyauterie a une longueur suffisante (analogie avec l'écoulement d'un liquide par un orifice débouchant sur un tuyau plus ou moins long).

La tuyauterie d'échappement évacue donc les gaz à l'arrière et en dessous du véhicule, du moins en général.

Mais les gaz, débouchant dans l'atmosphère, s'y détendraient bruyamment, s'ils y arrivaient sous la pression qu'ils ont dans le collecteur. C'est pourquoi on place (et ceci est une obligation pour les véhicules circulant en ville) un organe chargé de refroidir et détendre graduellement les gaz, ou plus exactement éviter le bruit.

Cet organe est le pot d'échappement, ou silencieux.

Pots d'échappement. — Les premiers pots d'échappement étaient des cylindres compartimentés en chicanes ; il a paru que ces dispositifs ne laissent pas une liberté de passage suffisante aux gaz pour éviter les phénomènes de contre-pression.

Pour que la détente soit suffisante, on admet que le volume total du tuyau d'échappement et du compartiment où débouchent les gaz dans le silencieux ne doit pas être inférieur à 6 cylindrées.

Cette chambre d'explosion ou de détente doit avoir une surface de rayonnement aussi grande que possible. Elle communique avec une série d'autres chambres successives, par des orifices étroits ou tortueux.

Les dispositions des chambres et des orifices varient considérablement (*fig.* 140, 141, 142).

Le silencieux doit être usiné de façon à être nettoyé aisément, car l'obstruction des orifices par des dépôts gras ou charbonneux peut diminuer le rendement du moteur, en créant une résistance importante au passage des gaz et même peut être la cause d'un arrêt du moteur.

Les parois du silencieux ne doivent pas être sonores : on les double fréquemment d'un carton d'amiante.

Un bon silencieux ne doit pas absorber plus de 5 % de la puissance du véhicule.

Il existe pourtant de nombreux appareils qui prélèvent au moins 10 % de cette puissance.

Quelques véhicules (course ou sport) ont l'échappement libre,

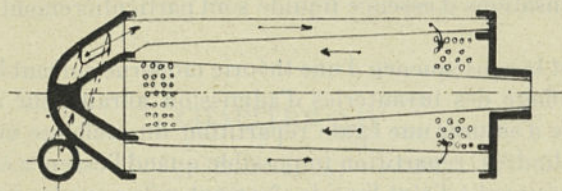


FIG. 140. — Pot d'échappement à corps concentriques.

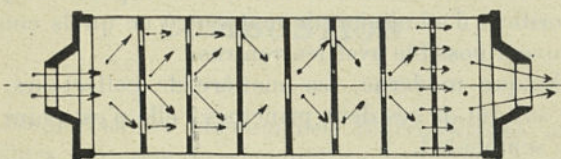


FIG. 141. — Pot d'échappement à cloisons planes.

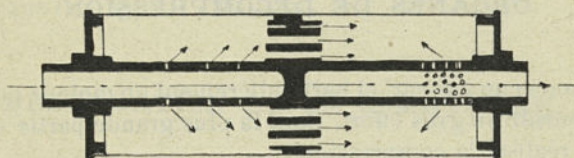


FIG. 142. — Pot d'échappement à petits tubes.

c'est-à-dire ne comportent pas de pot d'échappement, ou bien ont un dispositif permettant de supprimer aisément l'action de ce pot d'échappement, en offrant aux gaz un passage différent.

Il existe des appareils divers, dont le rôle est d'accélérer l'échappement : Steigboy, Johest, etc... On imagine aisément de tels dispositifs, turbines ou injecteurs. Leur usage, jusqu'ici, ne paraît pas devoir se généraliser.

REMARQUE. — De nombreux moteurs modernes, très récents, comportent des collecteurs d'admission et d'échappement extérieurs au bloc, en fonte, nervurés pour l'échappement, et à peu près parallèles. Même, dans certains cas (6 cylindres Talbot par

exemple) le collecteur d'échappement est en contact avec le collecteur d'admission sur une surface assez grande. Ces dispositifs ont pour but d'améliorer la vaporisation, le réchauffage par points chauds (hot spot) étant exécuté dans les régions où les condensations d'essence liquide sont particulièrement importantes.

Ceci est la conséquence d'une théorie moderne suivant laquelle le réchauffage des tuyauteries d'admission aurait pour mission principale d'assurer une égale répartition du mélange entre les divers cylindres, répartition impossible quand l'essence est presque entièrement à l'état liquide, formant gaine sur les parois.

Enfin, le mélange étant, dans le collecteur, soumis à un véritable mouvement vibratoire, il faut arriver à placer empiriquement les orifices d'admission de manière à ce qu'ils coïncident le plus souvent possible avec les ventres.

La technique moderne, en matière de collecteurs, paraît s'inspirer surtout de ces deux principes : elle n'est point encore définitive, semble-t-il.

ORGANES DE DÉCOMPRESSION

Pour lancer un moteur, et particulièrement un moteur puissant, il faut fournir un gros effort, dont la plus grande partie est employée à réaliser la compression.

Afin de faciliter la mise en route, les moteurs sont fréquemment munis d'organes de décompression.

Ces organes peuvent être des robinets placés dans la culasse des cylindres, et dont l'ouverture permet de réduire la compression dans la mesure où on le désire.

Les robinets de décompression sont fréquemment utilisés pour injecter du pétrole dans les cylindres afin de dégommer les segments ou les soupapes,

Dans les cas de mise en route trop difficile, en hiver surtout, on les utilise également pour injecter de l'essence légèrement chauffée, ou de l'éther. Mais l'emploi de l'éther, qui donne lieu à des explosions très brisantes, doit être très limité et très surveillé, en raison de la mise hors service rapide des moteurs où on l'utiliserait.

CHAPITRE XIV

COMBUSTION

Nous étudierons les phénomènes de combustion avant les combustibles, car nous verrons qu'il est impossible de comparer les divers combustibles sans avoir déjà des idées précises sur les régimes de combustion, et surtout sans connaître le régime anormal que l'on appelle *détonation*.

PROPAGATION DE LA COMBUSTION

La combustion dans les cylindres d'un moteur n'est pas un phénomène simple. D'abord, dans un vase clos, même si le milieu combustible est parfaitement isotrope et au repos, la propagation de la flamme ne se fait pas uniformément.

La flamme est le signe extérieur de la combustion qui n'est elle-même qu'une réaction chimique particulière, action de l'oxygène sur une substance avec formation de vapeur d'eau et de gaz carbonique. Signalons en passant que le volume spécifique des produits de la combustion a une importance sur la propagation de la flamme (1).

Nous pouvons imaginer la marche de la combustion de la manière suivante : une étincelle éclate dans le milieu combustible

(1) Voir *Technique Moderne* du 15 Février 1924.

et enflamme les portions du mélange qui sont à son contact immédiat. Les premières portions ainsi enflammées mettent en liberté une quantité de chaleur suffisante pour élever la température de la couche qui les entoure immédiatement, au point que cette couche s'enflamme. Le phénomène se propage ainsi de proche en proche, mais la combustion des premières portions détermine une augmentation de pression du mélange non encore brûlé. Or nous verrons que la propagation de la flamme dans un milieu de composition déterminée est d'autant plus rapide que la pression dans ce milieu est plus grande. Il est donc naturel que la vitesse de la propagation de la flamme soit constamment croissante.

De nombreuses expériences ont été faites pour mesurer les vitesses de propagation de la combustion, par MM. *Witz*, *Hopkinson*, *Dugald Clark*, etc... mais dans un milieu combustible au repos. Plus récemment, M. *Ricardo* a étudié ces vitesses, dans des milieux combustibles soumis à la turbulence. (On appelle *turbulence* le mouvement des gaz à l'intérieur du cylindre).

Propagation de la combustion dans un milieu au repos. —

M. *Ricardo* a étudié cette propagation dans un tube fermé à l'une

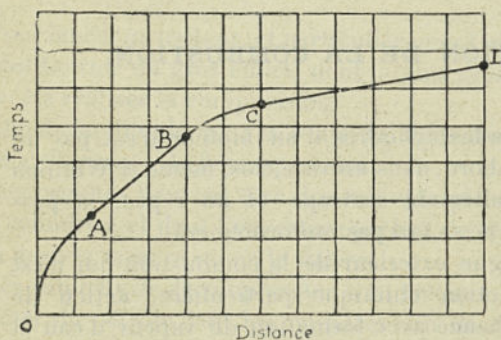


FIG. 143.

Courbe représentant la propagation de la flamme en fonction de la distance dans un tube fermé à une extrémité.

des extrémités, l'allumage étant effectué à l'autre. L'observation de la combustion était réalisée par la photographie.

Les résultats sont donnés par la fig. 143.

On voit que la combustion peut être divisée en quatre phases successives.

De l'origine au point A, la vitesse croit ;

De A en B elle est uniforme ;

De B en C elle recommence à croître ;

De C en D elle redevient uniforme, mais est considérable.

Le régime correspondant à l'intervalle C D est dit régime de

détonation, c'est-à-dire que la combustion s'opère alors avec une telle vitesse qu'elle est devenue une véritable explosion : sa durée est pratiquement négligeable. Ceci s'explique facilement, puisque la compression des éléments non brûlés, réalisée par la combustion des premières portions du mélange, les a portés à une température pour laquelle ils s'enflamment spontanément.

Auto-Allumages. — Nous considérons donc la détonation comme un auto-allumage du mélange gazeux. En réalité, ainsi que le montrent les expériences de M. *Ricardo*, la combustion n'est pas alors rigoureusement instantanée, mais l'onde explosive qui se produit, partant des régions brûlées, vient heurter les parois du cylindre à la manière d'un marteau, occasionnant un bruit qui a reçu le nom de cognement, que l'on appelle aussi, actuellement, cliquetis (on dit que le moteur cliquette).

Ce phénomène détermine un échauffement anormal du moteur. En effet, la brusque augmentation de pression déterminée par cette combustion rapide, entraîne une élévation de température du mélange un peu anormale, puisque les pertes par les parois sont plus faibles qu'elles ne le sont pendant une combustion ordinaire.

Si on emploie un moteur de manière à réaliser constamment la détonation, il va donc chauffer. Les bougies, en particulier, pourront être portées au rouge, déterminant à leur tour des allumages anticipés qui sont une raison suffisante aux détonations. A défaut des bougies (celle-ci peuvent être refroidies), certains points de la culasse pourront subir cet échauffement anormal, et déterminer l'allumage prématuré du mélange. Même, un réchauffage exagéré provenant des parois trop chaudes peut, en augmentant la température et la pression du mélange combustible, déterminer un auto-allumage, origine de détonation.

En résumé, les cognements sont produits par des combustions utilisant les régimes de détonation. Il convient d'employer un moteur de manière à éviter ces régimes de détonation : l'expérience montre en effet que la puissance et le rendement diminuent dès l'apparition du cognement. Mais il convient de faire remarquer que la détonation, à son début, est difficile à découvrir : le fonctionnement du moteur est seulement un peu trop bruyant.

L'utilisation d'un moteur à ce régime de détonation amène des

auto-allumages ou des allumages anticipés. Inversement, auto-allumages et allumages prématurés déterminent des détonations. En particulier une trop grande avance à l'allumage détermine le cognement.

La raison la plus importante susceptible de déterminer la détonation est l'emploi d'un moteur à taux de compression trop élevé pour le combustible utilisé.

En effet, si le taux de remplissage est satisfaisant, la compression détermine un échauffement et une pression d'autant plus élevés que le taux de compression est lui-même plus élevé. Il peut donc se produire un auto-allumage, sinon de tout le mélange, du moins d'une portion voisine d'un point de la chambre dont la température est particulièrement élevée : pointes de bougies, têtes ou sièges de soupapes, etc...

D'autres éléments que le taux de la compression et la nature du combustible ont une influence sur la détonation, par exemple la richesse du mélange, la forme de la chambre, la position de la bougie, la turbulence, la vitesse de rotation, la température des gaz admis, etc... Ces éléments sont d'ailleurs tous ceux qui influent sur la vitesse de combustion.

Auto-allumage par compression. — Si l'on comprime adiabatiquement un mélange combustible, la température peut s'élever assez pour que l'inflammation spontanée se produise.

Ce mode d'auto-allumage ne peut pas se produire sur les moteurs actuels, en raison de leur faible taux de compression. Il est employé dans les moteurs Diésel.

Régime optimum de combustion. — Nous verrons plus tard que, pour tirer d'un moteur le meilleur rendement possible, il convient d'obtenir des vitesses de combustion élevées. Mais l'expérience nous montre qu'il faut éviter les régimes de détonation, c'est-à-dire qu'il conviendra d'utiliser les vitesses correspondant à la deuxième phase de la combustion (région A B C de la courbe) pour laquelle la vitesse est uniforme. La couleur de la flamme est alors verte, alors qu'elle est bleue dans la phase O A, et qu'elle va du jaune au blanc de B en D. Nous verrons que la turbulence nous offre un moyen d'augmenter les vitesses de combustion, sans risquer les régimes de détonation.

Vitesses de combustion. — Nous admettrons avec M. Ricardo, que la vitesse de combustion des mélanges combustibles dépend, par ordre d'importance, des éléments suivants :

- Nature du combustible ;
- Température du mélange ;
- Pression de ce mélange ;
- Turbulence ;
- Dosage du mélange ;
- Forme de la chambre d'explosion ;
- Position et nombre des bougies ;
- Qualités de l'étincelle ;
- Ondes explosives se produisant dans le mélange.

L'avance à l'allumage dépend évidemment de la durée de la combustion. La connaissance des éléments qui font varier la vitesse de combustion permettra donc de prévoir les modifications qu'il faut donner à cette avance.

Nature du combustible. — Nous admettons ici qu'il s'agit seulement de mélanges homogènes, car l'homogénéité du mélange a une importance au moins égale à la nature du combustible.

L'essence brûle plus vite que l'alcool, qui lui-même brûle plus vite que le benzol. Mais les tendances à la détonation ne varient pas dans le même sens. En effet, l'essence supporte difficilement des taux de compression supérieurs à 5,2, tandis que le benzol supporte des taux voisins de 8 et l'alcool des taux supérieurs à 10.

Température du mélange. — Un mélange brûle d'autant plus vite que sa température est plus élevée. La température qui nous intéresse est celle du mélange au moment où il est allumé. Elle dépend donc de la température des gaz admis, de l'influence des parois et de la compression.

La vitesse de combustion est d'autant plus grande que les gaz admis sont plus chauds et que les parois sont plus chaudes. Nous savons que l'élévation de ces températures diminue le taux de remplissage, c'est-à-dire la puissance maximum du moteur.

Pression du mélange. — La vitesse de combustion augmente avec la pression du mélange combustible. Il y a donc intérêt à avoir des taux de compression aussi élevés que possible et un bon remplissage. Remarquons que l'amélioration du remplissage, à une vitesse de rotation déterminée du moteur, peut déterminer

la détonation. C'est une des raisons pour lesquelles il convient de diminuer l'avance à l'allumage quand le moteur se remplit mieux.

Dosage du mélange. — La vitesse de combustion est d'autant plus grande que la composition du mélange se rapproche davantage de la composition optimum que nous définirons dans la carburation.

Si l'on admet qu'un carburateur bien réglé ne donne jamais de mélanges riches, nous sommes fondés à dire que la vitesse de combustion est d'autant plus petite que le mélange est plus pauvre.

D'ailleurs les mélanges pauvres brûlent beaucoup plus lentement que les mélanges riches. C'est la raison pour laquelle ils font beaucoup plus facilement chauffer un moteur ; la combustion trop longue laisse trop longtemps en contact les gaz enflammés avec les parois auxquelles il est ainsi cédé plus de chaleur.

Un mélange riche peut faire chauffer un moteur, mais peu. Il ne détermine pas de retours au carburateur, mais peut être l'origine d'explosions dans le pot d'échappement.

Remarquons qu'un mélange ne reste combustible que dans des proportions déterminées : un mélange comportant moins de 1 gramme d'essence pour 25 grammes d'air, n'est plus combustible s'il est homogène et il ne l'est pas non plus s'il comporte plus de 1 gramme d'essence pour 8 grammes d'air.

Qualités de l'étincelle. — La combustion est d'autant plus rapide que l'étincelle est plus chaude et plus longue. Il y a donc intérêt à l'obtenir au moyen d'un courant à haut voltage.

Plus généralement, on peut dire que dans un moteur quelconque, la combustion est d'autant plus rapide que la température et la surface de l'organe allumeur sont plus élevées. Ceci s'applique aux boules d'allumages, parois non refroidies, etc. des moteurs type Semi-Diesel.

Position et nombre des bougies. — Si l'on n'emploie qu'une seule bougie par cylindre — et c'est le cas le plus fréquent — il y a intérêt à la mettre le mieux possible au centre de la chambre d'explosion, sous réserve que l'étincelle qu'elle produit soit suffisante pour enflammer aisément le mélange. Avec des étincelles un peu faibles, ou des mélanges mal dosés, il peut être

utile de placer autrement la bougie. Souvent aussi il est utile de la refroidir : il est alors avantageux qu'elle soit placée au voisinage immédiat de l'orifice d'admission, puisque les gaz admis sont frais et qu'elle est ainsi au milieu d'un mélange plus riche, puisque privé de gaz brûlés.

Naturellement deux ou plusieurs bougies valent mieux qu'une seule, au point de vue vitesse de combustion. Mais alors le système d'allumage devient assez compliqué et il est nécessaire d'obtenir un réglage suffisamment précis des divers systèmes pour que les bougies fonctionnent simultanément.

TURBULENCE ET FORME DE LA CHAMBRE D'EXPLOSION

Nous sommes conduits à ne pas séparer ces deux éléments, car la turbulence est déterminée dans une large mesure par la forme du cylindre.

Dans une chambre où les gaz combustibles seraient au repos, la combustion se propage d'autant plus vite que la forme de la chambre est plus compacte, c'est-à-dire se rapproche davantage de la forme sphérique. Ceci s'explique aisément, puisque c'est cette forme qui diminue le plus les pertes par les parois, et que c'est aussi celle qui permet à la surface de la flamme de croître constamment, puisqu'elle se propage également dans toutes les directions.

La turbulence augmente la vitesse de combustion dans des proportions considérables. Déjà les expériences du professeur *Hopkinson* et celles de *Sir Dugald Clark*, leur avaient permis d'affirmer cette influence, qui mieux étudiée par *M. Ricardo*, paraît être susceptible d'augmenter jusqu'à 20 fois la vitesse de combustion.

Elle agit par plusieurs moyens différents. D'abord elle augmente évidemment l'homogénéité du mélange admis, puisqu'elle réalise le brassage de ce mélange.

Surtout, elle réalise un effet analogue à la multiplication des points d'allumage. Nous pouvons admettre que les meilleures conditions de la combustion sont les suivantes : la chambre serait remplie d'un grand nombre de petits volumes dans

lesquels se produiraient simultanément les mêmes stades de la combustion. Ceci suppose une homogénéité parfaite, non seulement au point de vue brassage, mais encore au point de vue température, pression, état chimique etc.. On obtiendra ainsi une combustion totale rapide sans utiliser les régimes de détonation. Il est évident que le déplacement rapide des portions enflammées équivaut, dans une certaine mesure, à leur multiplication.

La turbulence déplace la couche de gaz refroidis qui se trouve au contact des parois et facilite sa combustion en la mélangeant aux gaz enflammés. Cette couche est minimum dans une chambre sphérique, mais peut prendre une grosse importance dans les moteurs en *T*.

La turbulence apporte une aide, en quelque sorte physique, à la réaction chimique qu'est la combustion. La combustion est un phénomène de surface. Les conceptions modernes de l'atome conduisent à penser que c'est la couche superficielle d'électrons qui donne à la molécule ses propriétés chimiques. L'augmentation la plus rapide possible de la surface balayée par la flamme est donc d'accord avec la loi fondamentale de la chimie : développer la surface de réaction.

Enfin la turbulence permet d'éviter les auto-allumages produits par l'échauffement des parois. Les portions de la chambre qui s'échauffent le plus sont le piston, les soupapes d'échappement et leurs sièges, les pointes des bougies. La turbulence, en déplaçant constamment les gaz en contact avec ces points, évite l'inflammation. Elle doit être telle que ces points soient balayés le plus vivement possible. Il y a intérêt particulièrement à ce que la bougie soit placée, non seulement au centre de la chambre, mais encore à l'endroit où les gaz ont leur vitesse maximum : la propagation de la flamme se fait alors plus vite. Incidemment, la turbulence permet de créer, au voisinage de la bougie, un courant de gaz riches alors que des portions plus pauvres ne s'allumeraient pas. Ceci permet des économies importantes, en rendant possible l'emploi de mélanges très pauvres.

Moyens de produire la turbulence. — La turbulence est produite par le passage des gaz à travers les orifices d'admission, et par la remontée du piston au temps de la compression.

Il est évident que la turbulence dépend de la vitesse d'entrée

des gaz dans le cylindre, mais le remplissage est d'autant plus médiocre que cette vitesse est plus grande, puisque les accroissements de vitesse des gaz à l'admission ne peuvent être obtenus que par l'étranglement de l'orifice d'admission, sauf surcompression.

La turbulence ainsi produite est généralement diminuée par la remontée du piston, au temps de la compression. Sa persistance dépend surtout de la forme de la chambre : le mouvement des gaz doit être rapide et symétrique après la fermeture de la soupape, pour toutes les positions du piston (*fig. 144*). La turbulence est surtout importante au moment de l'allumage : il faut donc l'entretenir jusqu'à ce moment et ceci est bien rarement réalisé.

La deuxième méthode, particulièrement recommandée par M. *Ricardo*, est de réaliser la turbulence en utilisant convenablement le mouvement du piston

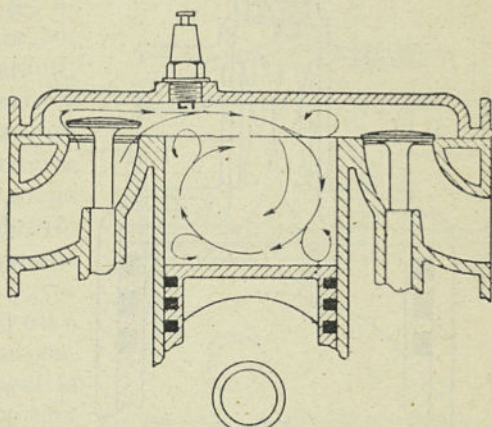


FIG. 144.

Turbulence dans un cylindre en T ordinaire.

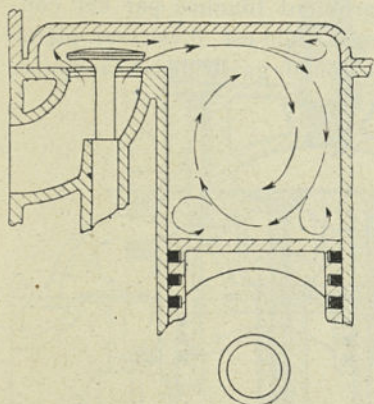


FIG. 145.

Turbulence dans un cylindre en L ordinaire.

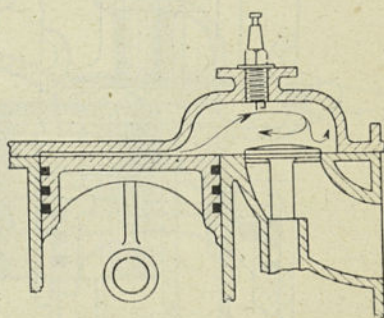


FIG. 146.

Turbulence ordinaire.

(fig. 145, 146). Il fut amené à étudier cette influence sur un

moteur type *Duesenberg*, d'après lequel furent construits le moteur *Ricardo*, pour "tank" et le moteur d'aviation *Bugatti*. Ce moteur fut utilisé avec des carbures de la série des paraffines (éthyléniques) et donna d'excellents résultats avec une très faible avance, malgré la tendance au cognement de ces carbures (fig. 147).

Dans les moteurs en L et en T ordinaires, la turbulence est faible. On a indiqué sur les figures 144 et 145, le schéma des courants gazeux : on voit se produire des courants secondaires de faible vitesse. La chapelle d'é-

chappement des moteurs en T est rarement touchée par ces courants ; elle est, il est vrai, pleine surtout de gaz brûlés. Néanmoins,

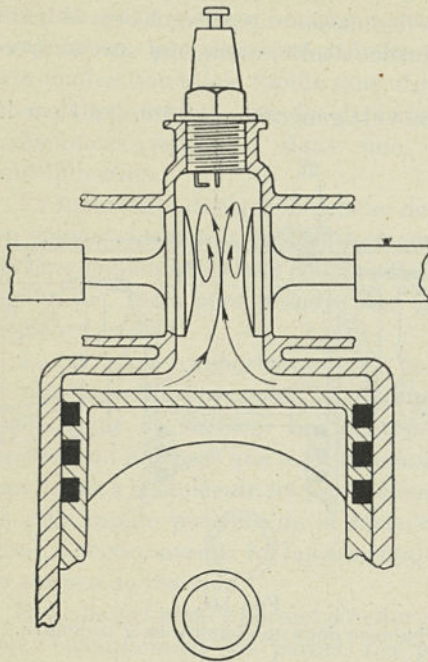


FIG. 147. — Cylindre de tank Ricardo.

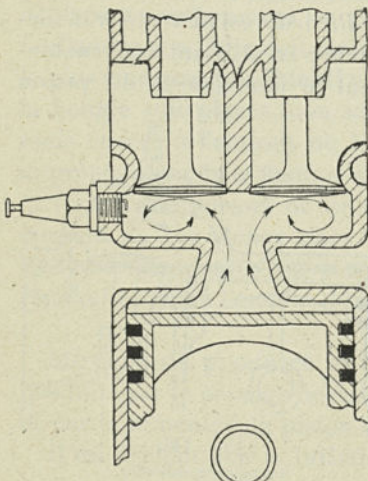


FIG. 148.

Turbulence produite par la compression.

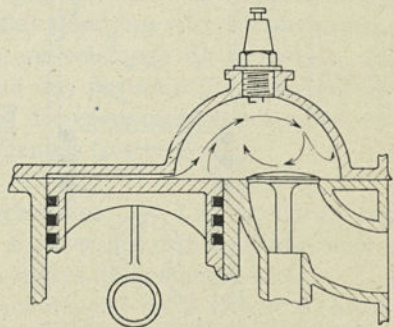


FIG. 149.

Forme de chambre produisant une turbulence élevée.

la stagnation des gaz dans un espace où se trouvent des portions très chaudes de parois (sièges et bouchons de soupapes, têtes des soupapes) favorise les détonations.

Les meilleurs moteurs, au point de vue turbulence, sont ceux que représentent les figures 146, 147, 148, 149, et 150.

Plusieurs constructeurs utilisent maintenant des culasses dont le dessin a été réalisé d'après ces principes. On verra plus haut, d'ailleurs la coupe des moteurs Renault (fig. 16) et à contre (fig. 151) la coupe du moteur Ruby.

Un résultat important est à retenir : le moteur en I ne constitue pas nécessairement la meilleure solution permettant d'obtenir la vitesse maximum de combustion. La forme d'un cylindre doit donc dépendre de la

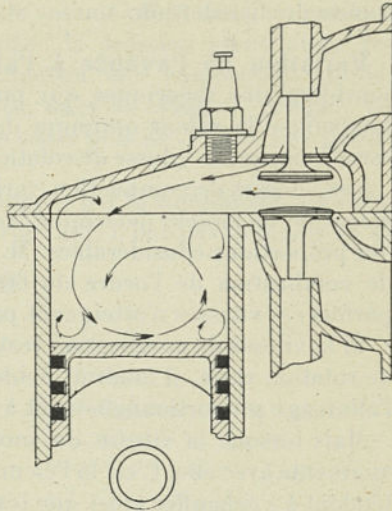


FIG. 150. — Chan. bre à turbulence élevée.

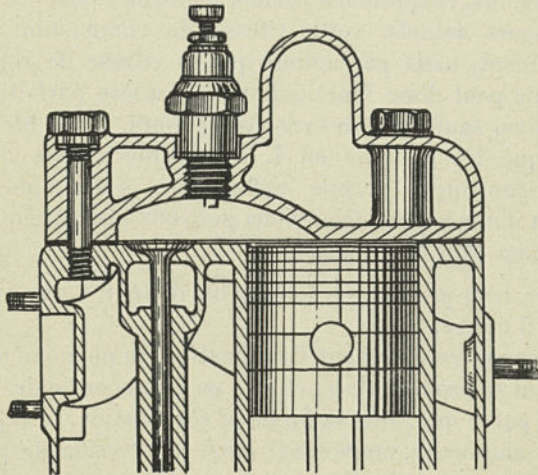


FIG. 151. — Coupe du Moteur Ruby.

turbulence que l'on veut obtenir, la dimension des soupapes étant déterminée par le remplissage que l'on veut obtenir (c'est-à-dire la vitesse maximum de rotation) et la simplicité de la commande de distribution.

Variation de l'avance à l'allumage. — Il n'est pas de considérations théoriques qui puissent permettre à priori de déterminer la valeur optimum de l'avance à l'allumage ni ses variations avec la vitesse de rotation.

Les vitesses de combustion varient d'un moteur à l'autre, ou même sur un moteur déterminé avec les vitesses de rotation, dans des proportions considérables. M. *Ricardo* a mesuré des vitesses de combustion de l'ordre du 60^m par seconde (180 pieds), et parfois ces vitesses n'atteignent pas 20 mètres.

Si la vitesse de combustion restait constante lorsque la vitesse de rotation varie, il faudrait évidemment faire varier l'avance à l'allumage proportionnellement à cette vitesse de rotation.

Mais lorsque la vitesse du moteur augmente, la turbulence augmente avec elle. C'est là l'élément principal. De plus les parois tendent à s'échauffer ainsi que les bougies. L'étincelle est généralement plus efficace.

Enfin le taux de remplissage commence par augmenter, puis diminue ce qui ne permet pas d'affirmer que la vitesse de combustion croît constamment.

Néanmoins, l'expérience permet d'affirmer que, sur la plupart des moteurs actuels, cette vitesse de combustion augmente constamment, mais pas autant que la vitesse de rotation. Un moteur ne peut donc fonctionner de manière parfaite avec une avance fixe, sauf dans des cas particuliers. Il semble, en particulier, que les moteurs en L et à faible vitesse de rotation (petites soupapes, grande turbulence) s'accommodent plus aisément d'une avance fixe. Nous pouvons admettre que l'avance à l'allumage doit être variable.

Avance trop grande. — Lorsqu'un moteur a une avance trop grande, il cogne.

Nous avons vu plus haut l'explication du phénomène de détonation qui se produit alors, et qui, en temps ordinaire ne se produit pas parce que, vers la fin de la combustion, le volume offert aux gaz augmente, empêchant ainsi la pression de prendre les valeurs qui causent la détonation.

Avance trop faible. — Le moteur ne donne pas toute sa puissance, et chauffe. Il peut même arriver que l'échauffement excessif détermine des cognements.

Ceci s'explique par le fait que le volume offert aux gaz, pendant la combustion, s'accroît trop vite : la pression prend alors des valeurs trop faibles pour permettre une combustion rapide. La présence des gaz enflammés, dans le cylindre, pendant un temps trop long, leur permet de céder plus de chaleur aux parois qui s'échauffent.

Une partie de la chaleur développée par la combustion est donc mal utilisée et les gaz, brûlés trop tard, n'ont pas le temps de se détendre.

CHAPITRE XV

COMBUSTIBLES

Mélanges combustibles. — Le rôle du moteur est de transformer en énergie mécanique, par la combustion et la détente, l'énergie interne d'un mélange combustible.

Les mélanges combustibles utilisés actuellement dans les moteurs à explosion sont toujours composés d'un combustible quelconque et d'air chargé de fournir l'oxygène nécessaire à la combustion.

L'air atmosphérique, s'il est pur et sec, contient, en poids, 77 parties d'azote pour 23 d'oxygène. Dans le phénomène de la combustion, l'oxygène seul est utilisé, c'est-à-dire que l'azote est inerte. Ceci n'est peut être pas rigoureusement vrai, puisqu'il se forme parfois des traces d'acide cyanhydrique HCN , mais nous pouvons tenir cette hypothèse de l'inertie de l'azote pour exacte. Nous ne tiendrons pas compte non plus du rôle possible des gaz rares contenus dans l'air, ni de la vapeur d'eau qui existe toujours dans l'atmosphère en quantité notable. Les modalités exactes de la combustion sont par trop variables, au point de vue vitesse de combustion, températures atteintes, c'est-à-dire aussi phénomènes de dissociation possibles, pour qu'il soit possible d'affirmer avec certitude des résultats rigoureux en matière de combustion des mélanges dans les moteurs. Ceci ne veut pas dire que par exemple, une étude sérieuse de l'influence de l'hygrométrie ne soit pas possible et même utile.

Les perturbations du régime normal de combustion et l'emploi des combustibles. — Nous savons que le régime normal de combustion doit être tel que la vitesse de combustion soit aussi grande que possible, sans atteindre toutefois les valeurs qui correspondent au régime de la détonation.

Les vitesses normales ne dépassent pas quelques dizaines de mètres par seconde, tandis que la combustion détonante se propage avec une vitesse qui est de l'ordre du kilomètre par seconde.

Nous avons signalé, sur ce sujet, au chapitre précédent, les travaux de M. Ricardo et de ses collaborateurs : Tizart, Pye, Dixon, etc.... Signalons toutefois que la combustion détonante a été découverte par Marcelin Berthelot et Vieille, puis étudiée, en France également, par MM. Sarraut, Sébert, Le Chatelier, Laffitte, Jouguet. Des expériences récentes entreprises par MM. Laffitte et Dumanois paraissent plus précises encore que celles de Ricardo : celui-ci conserve néanmoins le mérite d'avoir eu à ce sujet, le premier, donné des résultats précis et définitifs sur la valeur des carburants, compte tenu des régimes de combustion.

Le fait important que nous devons retenir est que, parmi les caractéristiques d'un combustible, la tendance à la détonation aura une importance prépondérante. En effet, nous savons déjà, et nous démontrerons plus loin (voir rendement) que le rendement d'un moteur à explosion est d'autant plus élevé que le taux de compression en est plus élevé.

Or, il est incontestable que la détonation se produit d'autant plus facilement, avec un combustible déterminé, que la compression subie par le mélange est plus grande.

Ceci s'explique facilement : il résulte de la compression une élévation de température d'autant plus grande que cette compression est plus poussée. Or, nous savons que la combustion est d'autant plus rapide que la température du mélange est plus élevée : on conçoit que le mélange ayant été enflammé en un de ses points, la combustion se propage d'abord en régime normal jusqu'au moment où les portions non encore brûlées se trouvent portées à leur température d'inflammation spontanée ; ceci est possible, car ces portions s'échauffent par la compression normale qu'elles subissent du fait du mouvement du piston, par la compression que leur font subir les tranches déjà brûlées et par conduction.

On peut admettre, étant donnée l'existence du retard d'inflammation (1) que le phénomène est déclenché par la décomposition exothermique de peroxydes instables (dont la formation a été mise en évidence par les travaux de MM. Moureu et Dufraigne). Mais, quel que soit le mécanisme de la détonation, il est incontestable qu'elle se produit toujours au delà d'une certaine compression, variable avec les combustibles.

On pourrait être tenté de faire disparaître la détonation en diminuant la vitesse de combustion du régime normal, en modifiant la qualité ou la quantité du mélange combustible admis.

Or, d'une part, la diminution de la quantité admise — mauvais remplissage — diminue notablement le rendement : le remède serait pire que le mal.

D'autre part les modifications qualitatives ne permettent que de reculer très peu le phénomène de la détonation.

Par exemple, avec une essence ordinaire, le dosage du mélange combustible étant celui qui permet la plus grande vitesse normale de combustion, la détonation se produit dès que le taux de compression dépasse 4,9.

En appauvrissant à l'extrême ce mélange, le taux de compression limite peut être porté à 5,4. Un résultat analogue peut être obtenu en enrichissant à l'extrême le mélange, et aussi, partiellement, en diminuant l'avance à l'allumage. Mais ces procédés diminuent généralement le rendement.

On peut donc dire que le taux de 4,9 est le taux de compression limite usuel de l'essence Standard et, plus généralement, nous appellerons taux de compression usuel d'un combustible, le taux de compression le plus élevé du moteur dans lequel il peut être utilisé sans détonation, le dosage du mélange et l'avance à l'allumage étant optimums.

M. Ricardo, avec un moteur à compression variable (Voir *Technique Automobile et Aérienne*, 1923, page 109), a déterminé le taux de compression usuel de la plupart des combustibles liquides. Nous donnons plus loin le tableau des résultats obtenus, en même temps que de quelques éléments caractéristiques de ces combustibles.

(1) Voir Conférence de M. Dumanois sur les Combustibles liquides faite au Conservatoire des Arts et Métiers, le 11 Février 1927.

Catégories diverses de combustibles. — Actuellement, on peut considérer que l'emploi des combustibles les plus divers est techniquement possible. Une étude, même sommaire, des combustibles, ne peut donc plus se résumer à un bref examen des combustibles liquides, bien que ceux-ci restent et paraissent devoir rester longtemps les plus pratiques et les plus communément employés.

Nous étudierons donc, successivement, les combustibles liquides, les combustibles solides, et les combustibles gazeux.

COMBUSTIBLES LIQUIDES

Carbures d'hydrogène. — Tous les combustibles liquides autres que l'alcool et l'acétone (qui n'a jamais été employée de façon courante) sont exclusivement composés de carbures d'hydrogène, c'est-à-dire de corps dans la composition desquels il n'entre que du carbone et de l'hydrogène.

La combustion n'est pas autre chose qu'une réaction chimique, exothermique, de l'oxygène de l'air sur ces carbures ; les produits formés sont du gaz carbonique CO_2 , et de la vapeur d'eau H_2O , si nous faisons abstraction des phénomènes de dissociation au cours desquels peut se former de l'oxyde de carbone, et des combustions incomplètes dans lesquelles une partie du carbone peut rester à l'état libre, ou passer à l'état d'oxyde de carbone.

L'étude chimique des carbures d'hydrogène a conduit à les classer en groupes, les carbures d'un même groupe ayant des propriétés très voisines.

Les carbures qui entrent dans la composition des combustibles usuels appartiennent à quatre groupes :

1° Les carbures *forméniques*, ou *saturés*, ou *paraffinés*, de formule générale $\text{C}^n\text{H}^{2n+2}$.

A ce groupe appartiennent en particulier :

Le méthane ou formène : CH_4 pour $n = 1$.

L'hexane C^6H^{14} pour $n = 6$.

L'heptane C^7H^{16} pour $n = 7$.

ces deux derniers étant ceux que l'on rencontre le plus communément dans les essences.

2° Les *naphlènes* ou carbures *saturés cycliques* de formule générale C^nH^{2n} .

Citons parmi eux :

Le Cyclohexane C^6H^{12} , l'hexahydrotoluène, l'hexahydroxylène que l'on rencontre le plus souvent.

3° Les carbures *éthyléniques* ou *oléfines*.

4° Les carbures *benzéniques* ou *aromatiques* de formule C^nH^{2n-6} , parmi lesquels on rencontre le plus souvent :

Le benzène C^6H^6 , le toluène C^7H^8 , le xylène C^8H^{10} .

Les carbures de cette dernière série n'existent qu'en petite quantité dans les pétroles, mais constituent presque exclusivement les produits que l'on retire de la distillation des goudrons de houille, et qui ont pris le nom de benzol.

Ils ont une importance assez grande, néanmoins, par la propriété commune qu'ils possèdent de détoner difficilement, particulièrement le toluène.

PÉTROLES

Les pétroles bruts n'ont d'intérêt, en matière automobile, que par les produits obtenus dans leur distillation. On n'a pas encore réussi, en effet, à les utiliser directement pour faire fonctionner les moteurs d'automobile. Même les moteurs Diésel et semi-Diésel ne peuvent les employer, à cause de l'encrassement rapide des moteurs et surtout des injecteurs.

Produits de distillation des pétroles. — Ces produits sont extrêmement nombreux. Ils sont généralement classés d'après les températures de distillation, c'est-à-dire d'après leur volatilité, mais leur composition diffère beaucoup suivant l'origine des pétroles. On sait, en effet, que la composition des huiles brutes est extrêmement variable, celles du Caucase étant par exemple très différentes de celles de Pensylvanie.

La qualité et la quantité des produits obtenus dépend d'ailleurs beaucoup du procédé de distillation adopté : le phénomène du cracking, surtout sous pression, peut doubler la quantité d'essence obtenue, ainsi qu'il arrive pour certains pétroles du Texas

donnant 40 % d'essence par distillation à la pression atmosphérique et 80 % par cracking sous pression (1).

Nous verrons plus loin, en étudiant et comparant les divers combustibles qu'il est nécessaire de caractériser les dérivés du pétrole par de nombreuses données précises.

Citons parmi les produits de distillation :

1° Les produits légers :

a) Éthers de pétrole, gazoline, cymogène, etc... passant au-dessous de 70°, de densité comprise entre 0,62 et 0,69.

b) Les essences légères (essence, pétroléum spirit, benzin (terme allemand) moto naphtha, moto spirit) passant de 60° à 140°, de densité comprise entre 0,69 et 0,73.

c) Les essences lourdes (Ligroïne, white spirit, festbenzin) passant de 65 à 200°, de densité 0,73 à 0,77. Le White spirit notamment est un produit très homogène, distillant entre 130 et 180°.

2° Les produits moyens :

a) Pétrole lampant, kérosène, etc... passant de 150 à 300°, de densité 0,77 à 0,83.

b) Huile solaire, gaz oïl, passant de 200 à 300°, de densité 0,83 à 0,89.

3° Les produits lourds :

a) Huiles lourdes, Fuel oïl, etc... passant de 250 à 400°, de densité 0,85 à 0,95.

b) Huiles à machines, huiles de graissage, oléonaphte, etc... ayant seulement un point d'éclair plus élevé que les huiles du groupe *a*, supérieur à 150° au lieu de 90°.

4° Les produits solides ou pâteux à la température ordinaire. vaseline, paraffine, graisse, goudron, poix, brai, asphalte, coke.

Pratiquement, au point de vue automobile, sont seules intéressantes, jusqu'ici, les huiles les plus légères, qui distillent au-dessous de 150°, c'est-à-dire de volatilité relativement grande. Ce sont ces huiles qui constituent les essences du commerce, plus

(1) Voir : *Les Moteurs à combustion interne*, par P. DUMANOIS.

légères et plus volatiles pour les touristes, plus lourdes pour la qualité dite Poids lourds.

Pourtant les pétroles lampants et même les *gaz oil* ont pu être utilisés. Les difficultés d'emploi sont telles que leur utilisation ne paraît pas pouvoir se généraliser.

D'une manière générale, tous les produits moyens et lourds n'ont pu être utilisés couramment que dans les moteurs Diesel ou Semi-Diesel. Et encore, les combustibles les plus lourds, *fuel-oil*, *mazout* (huiles lourdes de pétroles russes) doivent-ils subir un réchauffage, pour que leur fluidité permette le bon fonctionnement des pompes d'alimentation.

ESSENCES

Les essences elles-mêmes sont de composition très variable suivant leur provenance et leur qualité, même à densité égale. Nous donnerons d'abord à titre d'exemple, la spécification légale de l'essence tourisme.

Essence dite touriste. — “ L'essence vendue sous la dénomination essence tourisme doit être limpide, incolore et neutre, ne pas contenir de composés sulfureux décelables par l'essai au plombite de soude et soufre, ne donner lieu à aucun dépôt, et répondre aux conditions ci-après, basées sur l'essai de distillation au moyen de l'appareil de Luynes-Bordas.

1° Plus de 25 % en volume de l'essence doivent passer avant 100° centigrades.

2° Le résidu à 175° C, doit être au plus égal à 5 % en volume du volume initial.

3° A 205° C, le résidu doit devenir au plus égal à 1 % du volume initial et rester liquide à la température de 15° C. ”

Les essences peuvent parfaitement ne pas être les produits directs d'une distillation de pétrole brut, mais être obtenues par mélange de liquides obtenus par distillation fractionnée. Ce procédé permet en effet d'obtenir, à partir de pétroles différents des essences de propriétés bien déterminées, et l'on ne saurait trop insister sur le fait qu'un combustible liquide ne saurait être défini seulement par sa volatilité, même complétée par la densité.

Au point de vue inflammabilité et tendance à la détonation, en particulier, les mélanges peuvent avoir les plus heureux effets.

Le pouvoir calorifique moyen des essences est voisin de 10.500 calories au kilogramme. Le taux limite usuel de compression est voisin de 5, mais peut varier notablement avec la composition, certaines essences spéciales, utilisées en course, ayant un taux supérieur à 8, mais... valant plus de 20 fr. le litre.

BENZOL

Le benzol est obtenu par distillation des goudrons de houille. Sa composition dépend de la température de distillation et de la houille employée. Mais, une fois rectifié, il contient surtout du benzène (80 à 85 %), une notable quantité de toluène (10 à 15 %), du xylène et quelques traces d'autres carbures. La qualité de benzol dite à 50 % ne contient que 50 % de benzène et 40 % de toluène.

La densité moyenne du benzol est de 0,880. Sa volatilité est toujours inférieure à celle des essences. Son pouvoir calorifique est voisin de 9.000 calories. Il n'a que peu de tendances à la détonation.

ALCOOLS

On n'a longtemps envisagé que l'utilisation de l'alcool éthylique, que l'on sait obtenir industriellement sous un état de pureté satisfaisant.

Sa densité est de 0,8. Son pouvoir calorifique est de 5.500 calories environ. Sa volatilité est extrêmement faible, comparée à celle des essences. Pratiquement il ne détonne pas.

Actuellement, on commence à envisager l'utilisation de l'alcool méthylique, d'autant plus que sa synthèse industrielle paraît pouvoir être réalisée dans des conditions favorables.

Il a une tension de vapeur à peu près double de l'alcool éthylique, rendant ainsi possibles les mises en route à froid, sauf par temps très froid. Son pouvoir calorifique est faible, 4.800 calories environ. Il ne détonne pas, mais détermine des auto-allumages

par points chauds pour des compressions égales à celles qui font détonner l'essence.

Liquides divers. — Divers liquides, mélanges d'huiles de pétrole allant jusqu'au gaz oil, Kétol, etc..., ont été proposés. Nul ne paraît, actuellement, susceptible d'une production industrielle rendant son emploi intéressant.

Nous y reviendrons plus loin en étudiant le problème des carburants nationaux.

Éléments caractéristiques des combustibles liquides. — Il est évidemment intéressant, pour comparer les divers combustibles, de savoir quelle *puissance* et quel *rendement maximum* ils permettent d'obtenir, soit dans les moteurs usuels actuels, soit dans des moteurs spécialement construits pour l'utilisation de chacun d'eux.

Leur *pouvoir calorifique* paraît a priori un élément important. Ceci est beaucoup moins exact qu'on n'est tenté de le croire : ce pouvoir définit seulement, pour un rendement déterminé, le poids de combustible à brûler pour obtenir une puissance déterminée : nous verrons plus loin que sur les moteurs usuels, le rendement de tous les combustibles usuels convenablement employés, est sensiblement le même. Il est évident que la question la plus importante est *le prix de revient*, lié au rendement et au prix du combustible.

La *densité* n'est pas non plus un élément important, bien que figurant presque toujours en bonne place dans les cahiers des charges. En effet, par exemple, si dans une distillation fractionnée, on mélange les produits de tête et de queue, on obtient une essence de même densité que les produits moyens, et ceux-ci constituent cependant un combustible nettement meilleur.

La *température d'inflammation* est un élément plus important. Les facilités d'emploi : bonne combustion et départ à froid, en particulier, en dépendent grandement. Il ne faut pas croire que les produits les plus volatils ou les plus légers soient toujours les plus inflammables : par exemple le gaz oil ou le pétrole lampant s'enflamment plus facilement que l'essence.

La *volatilité*, définie plus exactement par les tensions de vapeur, est un élément extrêmement important. En effet, on cherche toujours, en carburation, à obtenir des mélanges dans lesquels

au moment de l'allumage, tout le combustible soit vaporisé. De plus, nous verrons que de la vaporisation du combustible dépend en partie l'homogénéité du mélange. Il est évident, d'autre part, que la facilité du départ à froid dépend de la tension de vapeur.

La *tension superficielle* et la *viscosité* ont également une influence, puisque les carburateurs en service préparent la vaporisation par une pulvérisation. Le débit des gicleurs dépend évidemment, en faible partie il est vrai, de ces deux éléments.

Enfin la *tendance à la détonation*, ou à l'auto-allumage par point chaud (qui dépend de l'inflammabilité) est un élément important, que l'on paraît devoir considérer beaucoup plus dans l'avenir qu'il n'a été fait jusqu'ici.

En effet cette tendance définit le taux usuel de compression que l'on peut adopter dans les moteurs. Or nous savons que le rendement augmente avec ce taux de compression. Les combustibles qui ont le taux usuel le plus élevé permettraient donc des rendements d'autant plus élevés que leur tendance à la détonation est plus faible, s'ils étaient employés dans des moteurs ayant des taux de compression optimums.

Tous les combustibles dont nous avons parlé sont généralement liquides, mais leur *point de congélation* peut être assez voisin de zéro pour que leur emploi, par temps froid ou dans des climats froids, soit impossible.

Une comparaison des divers combustibles, pour être complète, doit donc porter sur ces différents points et même tenir compte de certains points secondaires tels que l'odeur, l'action sur les vernis, peintures, émaux, sur les vêtements même.

COMPARAISON DES COMBUSTIBLES LIQUIDES

Puissance et rendement. — Des expériences très complètes effectuées en 1921, en Angleterre, par M. Ricardo, ont confirmé les résultats établis théoriquement à l'avance par ses collaborateurs MM. Tizard et Pye.

Parmi ces résultats, nous retiendrons les suivants :

1° Il a été prouvé, de *façon indiscutable*, que la tendance à la détonation d'un combustible est le facteur primordial déter-

minant sa valeur au point de vue usage dans les moteurs à explosion. Toutes les autres considérations sont d'importance très secondaire.

2° Sauf exceptions produites par la détonation, la *puissance et le rendement maximums* que l'on peut obtenir de tous les combustibles autres que ceux du groupe de l'alcool (alcools éthylique et méthylique, acétone, etc...), *pour un même taux de compression*, sont les mêmes, à moins de deux pour cent près. Ceci suppose que chaque combustible est utilisé dans les conditions les plus favorables, et non pas avec un même système de carburation.

3° Le rendement et la puissance maximums que l'on obtient des combustibles du groupe de l'alcool sont un peu plus élevés.

4° *Aucune augmentation de puissance ou rendement, n'a été obtenue par l'emploi de « dopings », sur un moteur déterminé.*

Il résulte de ceci que, sur nos moteurs actuels, tous les combustibles se valent théoriquement. Pratiquement, pour obtenir la même puissance et le même rendement qu'avec l'essence, l'emploi des autres combustibles exige quelques modifications, soit du système de carburation, soit de la distribution ou de l'allumage. Un réchauffage énergique peut en particulier être nécessaire : ceci revient à dire que, dans la pratique, l'essence reste supérieure aux autres combustibles liquides aussi bien au point de vue puissance que rendement.

Mais, si l'on veut obtenir des rendements ou des puissances plus élevés, il suffit d'utiliser des combustibles dont le taux usuel de compression soit plus élevé, c'est-à-dire alcool éthylique, acétone, benzol, toluène, xylène, etc..., dans des moteurs spécialement construits.

Remarquons que l'on peut diminuer la tendance à la détonation des essences usuelles en leur adjoignant des produits anti-détonants. Les combustibles tels que l'alcool et les carbures aromatiques peuvent jouer ce rôle, mais l'on a découvert, récemment, les propriétés remarquables, à ce point de vue, de certains corps dits « antidétonants », qui paraissent agir comme retardateurs d'inflammation (1).

(1) Notes de M. Dumanois à l'Académie des Sciences 16 Juin 1924 et 11 Mai 1925.

Par exemple, on peut reculer le taux usuel de l'essence au delà de 6, en lui adjoignant les corps suivants :

Iodure d'éthyle dans la proportion de	1,5 %.
Étain tétraéthyle » » »	2 %.
Sélénium diéthyle » » »	0,4 %.
Plomb tétraéthyle » » »	0,04 %.

Le plomb tétraéthyle est donc notamment un antidétonant extrêmement énergique. Malheureusement, son emploi paraît entraîner la formation de composés de plomb, extrêmement toxiques, et ceci a entraîné son interdiction aux États-Unis et en Suisse.

Il n'en reste pas moins acquis que l'on pourrait envisager, pour l'avenir, la construction de moteurs à taux de compression supérieurs à ceux qui sont actuellement employés, soit que l'on emploie des essences ayant subi une addition d'antidétonant, soit que l'on emploie des combustibles de taux usuels plus élevé.

Facilités d'emplois. — L'essence étant le combustible le plus usuel, les moteurs et leurs accessoires, particulièrement les carburateurs, collecteurs d'admission, systèmes de réchauffage, etc... sont réalisés pour utiliser au mieux ce combustible usuel.

Grace à leurs moindres tendances à la détonation le benzol et davantage encore l'alcool éthylique peuvent être employés sur des moteurs usagés qui cliquètent à l'essence.

Il est donc naturel que le benzol et l'alcool soient d'un emploi moins facile. En particulier, pour en obtenir le même rendement, il faut modifier légèrement le réglage du carburateur et surtout accentuer le réchauffage.

Les départs à froid deviennent difficiles, en raison de la faible tension de vapeur de ces combustibles. Ils sont même pratiquement impossibles à l'alcool éthylique pur.

Les mélanges à base de benzol et d'alcool sont moins homogènes que les mélanges air-essence, en raison de la moindre vaporisation et de la viscosité plus grande. Il n'en résulte pas seulement une perte de rendement, mais encore un encrassement du moteur consécutif aux mauvaises combustions.

Le benzol et l'alcool détériorent beaucoup plus facilement que l'essence les vernis et peintures des carrosseries. Même, l'émail ne peut être employé si l'on brûle de l'alcool ou du carburant national.

Le benzol pur gèle à -4° . Son emploi dans les pays froids est donc impossible.

L'alcool s'hydrate facilement.

Les huiles moyennes et lourdes tachent les vêtements.

Enfin l'essence est le seul combustible dont le ravitaillement soit partout assuré : ceci seulement suffirait à lui assurer une immense supériorité.

Prix de revient. — Il serait intéressant de comparer les divers combustibles au point de vue de leur prix de revient sur les moteurs usuels. Malheureusement, cette comparaison est en quelque sorte une spéculation intellectuelle car, seule, l'essence, le benzol et l'alcool ont des prix bien définis. Encore le benzol et l'alcool sont de prix extrêmement variable et toujours trop élevé pour pouvoir être employés, à moins que l'État, servant d'intermédiaire, n'assure une charge suffisante pour les céder au commerce à un prix acceptable.

Une comparaison impartiale devrait porter sur le prix de revient du cheval-heure, ou de la tonne kilomètre, avec les divers combustibles, chacun d'eux étant employé dans un moteur de taux usuel convenable et dans les conditions les plus favorables (turbulence, allumage, réchauffage, etc...). Or ceci est impossible, puisque tous les moteurs actuels sont faits pour l'essence.

D'ailleurs, étant donnés les prix pratiqués actuellement pour les divers combustibles et leurs rendements optimaux, il faut convenir que les essences restent les plus économiques des combustibles liquides.

COMBUSTIBLE	Densité à 15°	Taux de compression usuel	Pouvoir calorifique au Kilogramme	Consommation minimum en grammes par cheval-heure 5	Rendement théorique % correspondant à la consommation minimum 5	Consommation minimum (max.)	Poids d'air nécessaire pour brûler 1 gr. de combustible
Essence Standard.	0,718	4,85	10,600		32,1	192	15,05
A	0,782	6,	10,230	197	31,9	178	14,3
B	0,723	5,7	10,500	192	31,9	178	14,7
C	0,727	5,25	10,580	191	31,8	186	14,8
D	0,760	5,35	10,420	192	32,1	184	14,6
E	0,719	4,7	10,550		31,9	197	14,9
F	0,704	5,05	10,620	188	32,1	187	15
G	0,750	4,55					
H	0,767	5,9	10,450	193	31,9	176	14,7
Lourd aromatique	0,885	6,5	9,950	232	27,8 ⁽²⁾	203	13,8
Pétrole lampant.	0,813	4,2	10,580		25,6 ⁽²⁾	264	15
Hexane 80 %	0,685	5,1	10,700	187	32,2	184	15,2
Heptane pur	0,691	3,75	10,750	186	32,1	223	15,1
Benzine 98 %	0,884	6,9 ⁽¹⁾	9,600	207	32,1	178	13,2
Toluène 99 %	0,870	7	9,750	206	31,9	174	13,4
Xylène 91 %	0,862	7	9,900	205	31,6	173	13,6
Cyclohexane 93 %	0,786	5,9 ⁽¹⁾	10,500	191	32,1	174	14,7
Hexahydrotoluène 78 %	0,780	5,8	10,450	193	31,9	179	14,7
Hexahydroxylène 60 %	0,744	4,9	10,400	192	32	194	14,8
Alcool éthylique	0,798	7,5	6,500	302	33,5	242	8,9
Alcool méthylique	0,829	5,2	4,700	352	34	329	6,5
Esprit de bois	0,821	6,5		336	33,7	233	8
Acétone.	0,798	7					

(1) L'auto allumage s'est produit avant la détonation.
(2) Consommations anormales paraissant provenir de ce qu'une partie du combustible n'a pas été brûlé.

COMBUSTIBLES GAZEUX

Depuis longtemps on sait utiliser les gaz combustibles pour la marche des moteurs et même des véhicules automobiles. Des camions ont roulé, alimentés par le gaz de ville, et ceci constituait, on le sait, un combustible assez économique, puisque le prix de la calorie gaz de ville est toujours inférieur de 50 % au moins au prix de la calorie essence.

Malheureusement, on se heurtait jusqu'à une époque très récente à un obstacle presque insurmontable : le poids des tubes métalliques dans lesquels était comprimé le gaz, pour son transport et son utilisation, n'était pas inférieur à onze kilogs pour le mètre cube détendu. Si l'on songe qu'il fallait à peu près deux mètres de gaz pour remplacer un litre d'essence, ceci représentait un poids mort de 22 kilogs pour une quantité de combustible équivalente au litre d'essence. Même sur les poids lourds, ceci était inadmissible.

Aujourd'hui avec les tubes frettés récemment mis en service, on peut transporter les gaz sous un poids à peine supérieur à 4 kilogs par mètre cube détendu, la pression de compression étant de cent cinquante atmosphères au moins.

Il existe des gaz beaucoup moins coûteux que le gaz de ville et de pouvoir calorifique supérieur : notamment le méthane. Celui-ci est un produit accessoire de la fabrication de l'ammoniaque synthétique, de celle de l'essence synthétique ou de l'alcool méthylique à partir du gaz à l'eau. Plus exactement, le méthane domine dans les produits résiduels de ces fabrications, de telle manière qu'une rectification convenable peut fournir un gaz contenant assez de méthane pour que son pouvoir calorifique soit voisin de 9.000 calories au mètre cube, c'est-à-dire voisin de celui du litre d'essence.

Près des hauts fourneaux et houillères, il serait facile de récupérer des gaz combustibles de prix de revient très faible, l'expérience des " Rallyes des carburants nationaux " (1926-1927) organisés par l'Automobile Club de France, montre que la marche au méthane est possible dans d'excellentes conditions.

Peut-être la fabrication accessoire du méthane pourra-t-elle abaisser le prix de revient de l'essence synthétique au point de permettre la concurrence des huiles minérales.

Parmi les combustibles gazeux dont l'emploi semble particulièrement intéressant, il faut noter les gaz pauvres obtenus par combustion, dans des gazogènes convenables, des combustibles solides les plus divers.

L'alimentation du moteur se fait de manière analogue, que le gaz soit fourni par des tubes où il est comprimé, ou par un gazogène. Un mélangeur remplace le carburateur ; ce mélangeur est un organe alimenté d'une part en gaz combustible, d'autre part en air, et où se forme le mélange combustible. Dans le cas où le gaz est débité sous pression, le mélangeur doit être précédé d'un détenteur dans lequel le gaz est ramené à la pression atmosphérique.

Si le gaz est fourni par un gazogène, le mélangeur doit être précédé de systèmes épurateurs efficaces, pour le débarrasser de nombreuses impuretés qu'il contient toujours.

Tous les combustibles gazeux utilisés, comprimés ou produits par des gazogènes, ont des taux usuels de compression largement supérieurs à celui de l'essence. C'est pourquoi les constructeurs qui les emploient ont fabriqué des moteurs dont le taux de compression atteint souvent et dépasse même 7. Ces moteurs sont alors, il est vrai, impropres à l'usage de l'essence.

Les gazogènes. — La fabrication d'un gaz pauvre à partir d'un combustible solide se fait sur le véhicule même au moyen d'un gazogène. Ce gaz doit ses propriétés calorifiques surtout à l'oxyde de carbone que l'on peut considérer comme produit d'une combustion incomplète du carbone ; il peut contenir, il est vrai, de notables quantités d'hydrogène et de méthane. Sa composition exacte dépend beaucoup d'abord du combustible utilisé, ensuite et surtout même des températures réalisées dans le foyer que constitue le gazogène.

On peut admettre que les gazogènes actuels sont dès maintenant suffisamment au point pour que l'utilisation des combustibles solides puisse être considérée comme susceptible d'entrer dans le domaine courant. Plusieurs milliers de véhicules à gazogènes fonctionnent déjà, tant dans l'industrie que dans l'armée, et de manière satisfaisante.

Il serait audacieux d'admettre qu'ils ont atteint leur forme définitive, en raison de l'incertitude qui règne encore sur les moyens pratiques d'obtenir les meilleurs régimes de combustion à tous les régimes, et avec tous les combustibles.

Schématiquement, on peut se représenter un gazogène comme une sorte de cheminée en tôle ou terre réfractaire, remplie de combustible. A la partie inférieure, le combustible brûle, grâce à un ou plusieurs orifices d'entrée d'air, débitant dans des tuyères dont la disposition reste un élément important de bon fonctionnement. Un orifice met le gazogène en communication avec la tuyauterie d'aspiration, et c'est la dépression ainsi réalisée qui aspire l'air au travers du gazogène, et entretient la combustion.

Le gaz combustible sortant du gazogène doit passer dans un système épurateur, avant d'arriver au mélangeur.

On a l'habitude de nommer ce type d'appareils les gazogènes *aspirés*, par opposition avec d'autres appareils dits soufflés où l'air est envoyé par une pompe.

Les gazogènes aspirés, les plus répandus, se classent eux-mêmes en :

1° Appareils à tirage direct, où l'air pénètre par la partie inférieure, le gaz combustible sortant à la partie supérieure.

2° Appareils à tirage renversé, où l'air pénètre par la partie supérieure, le gaz pauvre s'échappant à la partie inférieure.

Ce dernier mode est préférable, lorsqu'on utilise des combustibles donnant lieu à une importante production de goudron.

Épurateurs. — Depuis longtemps, des moteurs fixes fonctionnent alimentés au gaz pauvre produit par un gazogène et l'on sait que la principale difficulté de fonctionnement est l'épuration du gaz.

Dans les installations fixes, le problème est plus facilement soluble, car si on n'a guère à se préoccuper du poids et de l'encombrement, éléments prépondérants des systèmes destinés à fonctionner sur des véhicules automobiles.

Les dispositifs employés comportent d'abord une épuration chimique, puis une épuration physique. Celle-ci, notamment, est double d'abord, mécanique par tambours tournants, puis terminée par lavage (pluie ou barbotage). La quantité d'eau fraîche dont on dispose est un élément important dans la perfection de l'épuration.

Sur un véhicule automobile, on ne peut disposer d'une quantité d'eau considérable; néanmoins, le lavage a été souvent utilisé. Le dispositif « Autogaz », par exemple, refroidit le gaz produit en lui faisant chauffer une chaudière dans laquelle l'air admis au mélangeur se charge de vapeur d'eau.

Les gaz ainsi refroidis passent dans un dépoussiéreur épurateur comportant d'abord un barbotage dans l'eau, puis un filtrage sur les copeaux de liège, et enfin un barbotage dans un mélange de pétrole et d'huile, surmonté de spires épuratrices.

Dans le gazogène Panhard, un système refroidisseur, sans eau, est disposé entre gazogène et épurateur. L'épuration se fait

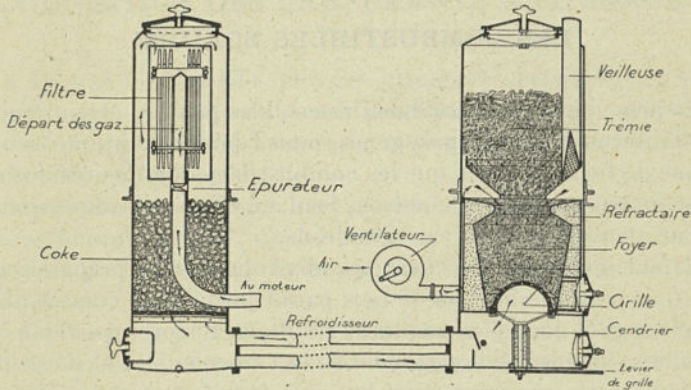


FIG. 152. — Schéma du gazogène Panhard.

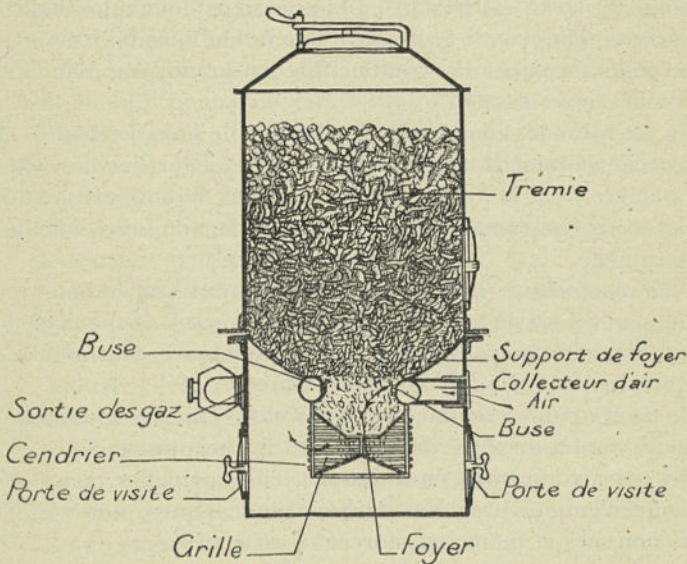


FIG. 153. — Schéma du Gazogène Berliet.

par filtrage sur une colonne montante de coke, puis filtrage par une toile de coton (*fig.* 152).

Dans le gazogène Berliet (*fig.* 153), le gaz traverse des cylindres épurateurs qui ne contiennent que des plaques perforées arrêtant par choc les impuretés et la vapeur d'eau qui se condense; un robinet permet la vidange.

LES COMBUSTIBLES SOLIDES

En principe tous les combustibles solides peuvent être utilisés, par l'intermédiaire de gazogènes, mais, dans la pratique, n'ont donné de bons résultats que les combustibles dont les résidus ne contiennent que peu de goudron. Seul, en effet, un lavage intense paraît pouvoir arrêter ces goudrons.

Il faut donc que les charbons aient subis une préparation; pratiquement le charbon de bois paraît jusqu'ici le combustible dont l'emploi donne les meilleurs résultats. Encore, pour que les résultats donnés par le gazogène soient constants — et il est important que le gaz produit ait toujours la même composition — faut-il que le charbon soit mis sous une forme suffisamment homogène. Or il est friable, et la poussière donne des résultats médiocres. De plus, le charbon a une faible densité. c'est-à-dire que l'encombrement du combustible est grand, son maniement est incommode et sale.

On a réalisé des comprimés de charbon de bois (carbonite) qui apportent un remède au moins partiel à ces divers inconvénients. La manière dont la production du charbon de bois est conduite paraît avoir également un rôle important dans le fonctionnement du gazogène.

Plus récemment, la maison Berliet a pu utiliser le bois, mais seulement s'il est de bonne qualité (bois blancs et résineux exclus) sec, et découpé en petits morceaux de quelques centimètres de côté.

Ce combustible a donné de bons résultats, bien que les moteurs ainsi alimentés aient perdu 30 à 35 % de leur puissance.

Des essais récents, chez Berliet en particulier, paraissent présager l'emploi prochain de bois quelconques, non résineux mais non secs et même en morceaux assez gros.

A la rigueur on pourrait classer la naphthaline parmi les combus-

tibles solides. En réalité, on commence — comme pour le mazout, fuel oil, et autres combustibles pâteux — par la réchauffer pour l'amener à être liquide et fluide, C'est donc un véritable combustible liquide comparable aux autres carbures d'hydrogène.

LA QUESTION DES CARBURANTS NATIONAUX

La France ne possède que des gisements pétrolifères trop infimes pour qu'il lui soit jamais possible d'espérer se suffire à elle même en matière d'essences minérales obtenues par distillation des pétroles bruts.

La question se pose donc avec urgence, pour elle, de disposer d'un carburant national, c'est-à-dire que l'on puisse produire en France, à partir de produits français et ceci pour deux raisons différentes.

1° En temps de guerre, si elle n'a pas la liberté des mers, il lui sera impossible de se ravitailler en essence. Dans une guerre future l'importance des moyens automobiles sera telle que l'on ne peut s'en passer.

2° En temps de paix, actuellement surtout, les questions monétaires ont pris une acuité telle qu'il importe grandement que la balance commerciale de la France soit favorable. Or elle importait en 1926 pour plus d'un milliard d'essence, exactement 1.200.000.000 francs. Il serait extrêmement avantageux de pouvoir réduire, ou même supprimer, cette importation, en utilisant un carburant national.

Plusieurs solutions peuvent être actuellement envisagées :

1° Les essences synthétiques.

Divers procédés ont été imaginés (Bergius, Mialhe, etc...) permettant la synthèse d'essences de composition comparable à celle de l'essence touriste. Aucun d'eux n'a encore reçu d'applications industrielles. Il paraît d'ailleurs difficile, actuellement, d'obtenir une essence synthétique d'un prix de revient tel qu'elle puisse avantageusement entrer en concurrence avec les essences minérales. Il est donc difficile à moins d'intervention financière de l'Etat, de réaliser des usines capables de produire le carburant nécessaire au pays.

2° Benzol.

On a longtemps parlé du benzol. Certes, il est peut être un carburant national. Mais la France n'en peut produire de quantités suffisantes. Il semble que d'autres applications industrielles du traitement des goudrons de houille soient plus intéressantes au point de vue financier et enfin, en temps de guerre, le benzol disponible serait utilisé pour la fabrication des explosifs.

3° Alcool.

L'alcool est un produit français, mais, actuellement, on n'en peut produire de quantités suffisantes, En temps de guerre, la production entière serait utilisée par le service des poudres. Seule, la fabrication d'alcool synthétique peut donc rendre possible l'utilisation de ce carburant, que la technique actuelle rendrait possible, mais sur des moteurs spécialement traités.

4° Combustibles relais.

On a préconisé l'emploi de combustibles brûlant facilement, comme l'acétylène ou le mélange de tels combustibles (naphtaline dans la cosmoline) pour permettre la combustion de liquides lourds, allant jusqu'aux huiles végétales. Sans nier leur intérêt, il faut reconnaître que le public ne s'y intéresse pas. Il veut des combustibles tout préparés et que l'on trouve partout.

5° Combustibles gazeux et solides.

Un avenir plus grand paraît réservé à ces deux catégories, qui, dès maintenant ont fait leurs preuves.

Les gazogènes à charbon et même à bois restent néanmoins difficiles à utiliser, car ils se heurtent à la répugnance des chauffeurs de qui ils exigent des travaux supplémentaires, généralement sales : mise en route, remplissage et nettoyage des foyers, vérification et nettoyage des épurateurs.

Comme l'alcool, ces combustibles ne donnent un rendement satisfaisant que sur des moteurs spéciaux, à taux de compression élevé, qui ne sont pas encore construits de façon courante.

Surtout, le ravitaillement en combustible ne peut être effectué facilement en toute région; l'essence bénéficie donc, et sans doute pour longtemps, de l'organisation du ravitaillement actuellement réalisée. Aussi longtemps que l'on ne pourra partout se procurer de l'alcool ou du charbon de bois, le client se refusera — à juste titre — à les utiliser, sauf dans des cas bien particuliers.

Un pas immense serait fait si l'on trouvait le gazogène capable d'alimenter une voiture automobile à partir du bois quelconque,

même humide et vert, que l'on peut trouver à peu près en tous endroits.

Jusque là, nous pensons qu'il faut considérer comme étroitement liés les trois problèmes suivants :

1° Fabrication industrielle d'un carburant, avec un prix de revient inférieur à celui de l'essence.

2° Organisation commerciale du ravitaillement dans le pays.

3° Mise au point des moteurs les plus convenables et des véhicules correspondants.

L'ensemble ne peut être résolu, sans le concours de l'État, que par des organisations financières très puissantes, et la solution d'un seul de ces problèmes ne peut suffire, le premier étant évidemment le plus difficile, puisque le troisième est certainement le plus facile et que le second n'est qu'une question d'argent.

CHAPITRE XVI

ALIMENTATION

L'organe qui fournit directement au moteur le mélange gazeux est le *carburateur*, relié au cylindre par la tuyauterie d'aspiration ou d'admission.

Cet organe a pour rôle de composer et de doser le mélange, aspiré ensuite par le cylindre.

Ce mélange est composé d'essence et d'air. L'air est pris dans l'atmosphère environnante. L'essence est envoyée au carburateur à l'état liquide :

Il faut donc :

- 1° Un réservoir susceptible de contenir l'essence ;
- 2° Une tuyauterie pour conduire l'essence du réservoir au carburateur ;
- 3° Des organes pour envoyer l'essence du réservoir au carburateur : les organes d'alimentation.

Réservoir. — Le réservoir est un récipient métallique susceptible de contenir une quantité d'essence suffisante pour alimenter la voiture pendant 200 ou 300 kilomètres. Il est rare que la capacité du réservoir soit supérieure à 60 litres, aussi bien en raison de l'encombrement qui résulterait d'une capacité supérieure, que de la résistance qu'il faudrait donner aux parois pour supporter une charge plus élevée.

Les réservoirs sont souvent cloisonnés pour éviter les coups

de béliers produits par un déplacement trop important de la masse d'essence qu'ils contiennent.

Le réservoir peut être en *charge*, c'est-à-dire être placé plus haut que le carburateur, de manière que l'essence s'écoule sous l'action de la pesanteur seule. Ceci suppose que la pression atmosphérique règne toujours à l'intérieur du réservoir. Pour cela, le bouchon est percé d'un petit trou qui doit être maintenu toujours ouvert.

Les réservoirs en charge sont souvent fixés au tablier de la voiture.

Si le réservoir n'est pas en charge, il faut un système d'alimentation, c'est-à-dire que l'envoi de l'essence au carburateur doit être assuré par des organes spéciaux, dits organes d'alimentation. Le réservoir est alors placé soit au-dessous de la caisse, soit plutôt à l'arrière du châssis.

Il est ainsi plus facile à loger, moins encombrant, indépendant de la carrosserie, et les risques d'incendie sont plus faibles.

Alimentation sous pression. — Le réservoir est alors *hermétiquement clos* et on y fait régner une pression suffisante pour que l'essence coule vers le carburateur. Cette pression est donc nécessairement supérieure à la pression atmosphérique.

L'essence peut être envoyée directement au carburateur ou bien d'abord dans un petit réservoir placé en charge appelé *nourrice*.

Au départ, la pression est donnée à l'aide d'une pompe à main qui envoie de l'air comprimé dans le réservoir.

En marche, la pression est donnée à l'aide d'une pompe à air

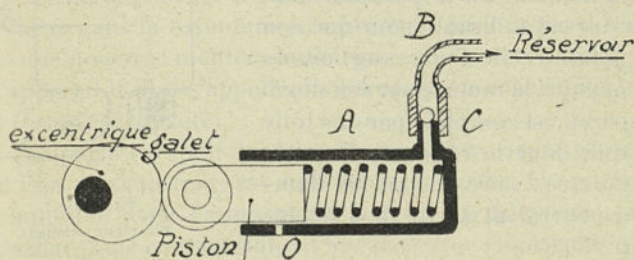


FIG. 154. — Pompe à air.

ou bien en utilisant les gaz de l'échappement, au moyen d'un pulsateur.

La pompe à air (fig. 161) est commandée par le moteur; par exemple (pompe Panhard), elle se compose d'un corps de pompe *A* communiquant avec le réservoir à essence par un tuyau *B*. L'aspiration se fait par un orifice *O* ménagé dans la paroi du corps de pompe. Dans ce corps de pompe, cylindrique, se meut un piston dont les déplacements sont commandés par un excentrique calé sur l'arbre à cames. Ce piston comprime un ressort qui le maintient en contact avec l'excentrique et, dans ses courses, il ouvre et ferme l'orifice d'aspiration.

Supposons le piston à fond de course à gauche. L'orifice *O* est ouvert, et la pression atmosphérique règne en *A*.

Le piston, se déplaçant, ferme l'orifice *O* et comprime cet air.

Quand la pression est devenue suffisante, la bille *C* est soulevée et l'air comprimé s'en va dans le réservoir.

Pulsateur (fig. 155). — Les gaz d'échappement ont à la sortie du cylindre une pression voisine de 4 atmosphères. Une partie de ces gaz est dirigée par la tuyauterie *E* vers un pulsateur, récipient divisé en deux parties par une cloison *C* percée d'un orifice *O* qui est fermé par une soupape.

La tuyauterie *E* aboutit dans la partie *A*; la partie *B* communique avec la tuyauterie *R* qui va au réservoir.

Les gaz de l'échappement passent dans l'orifice *O* en soulevant la soupape, jusqu'au moment où la pression dans le réservoir est suffisante pour que son action, jointe à celle d'un ressort monté sur la soupape, la ramène sur son siège.

L'appareil est complété par une toile métallique dont le rôle est d'arrêter les impuretés, voire même les flammes qui pourraient sortir de l'échappement.

Il comporte généralement une soupape de sûreté (exemple : pulsateur Saurer) (fig. 156).

Ce genre d'appareil donne souvent des ennuis dus au mauvais fonctionnement de la soupape, collée par l'huile et les résidus

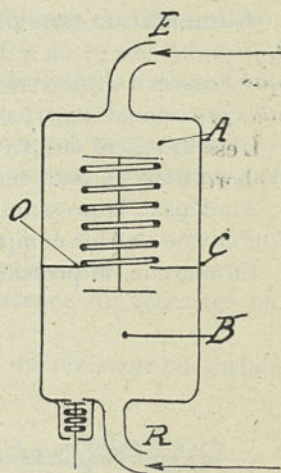


FIG. 155.
Pulsateur (schéma).

charbonneux entraînés ; on leur préfère les pompes à air malgré qu'elles empruntent au moteur la puissance nécessaire à leur

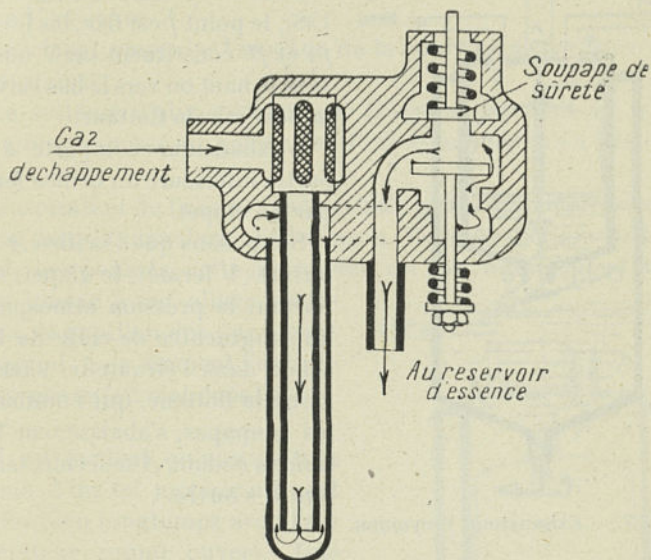


FIG. 156. — Pulsateur Saurer.

fonctionnement ; on utilise d'ailleurs bien plus encore les élévateurs.

Alimentation par aspiration. — Au lieu d'envoyer l'essence au carburateur par excès de pression, on peut utiliser la dépression qui règne dans la tuyauterie d'admission pour aspirer l'essence dans une nourrice montée en charge.

L'appareil utilisé s'appelle un élévateur ou exhausteur (ce dernier terme est breveté).

Il comporte l'emploi de deux réservoirs à corps cylindriques dont l'un, l'exhausteur, est emboîté dans l'autre, la nourrice, qui communique avec l'atmosphère par un ou plusieurs orifices.

L'exhausteur communique d'une part avec l'atmosphère par un orifice *A*, d'autre part avec le réservoir à essence par une tuyauterie *E* et avec la tuyauterie d'admission par un orifice *V* (fig. 157). Le réservoir doit communiquer avec l'air.

Les orifices *A* et *D* peuvent être fermés par deux soupapes,

fonctionnant en sens inverse et commandées par un flotteur *F* au moyen d'un tringlage.

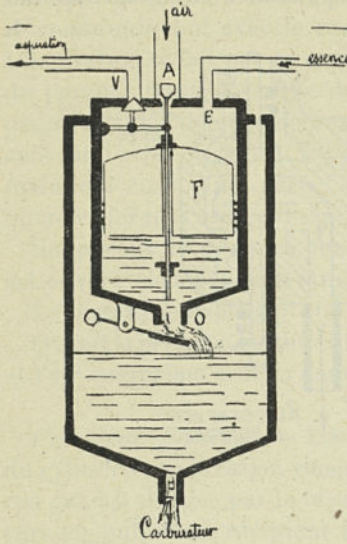


Fig. 157. — Exhausteur Weymann.

Dans le système Stewart (fig. 158), le point *f* est fixe, les leviers *fa* et *fb* constituent un *V* ouvert vers le haut ou vers le bas suivant la position du flotteur.

L'exhausteur comporte à sa partie inférieure un orifice fermé par un clapet.

Supposons que l'orifice *A* soit ouvert (*V* fermé), le clapet, supportant la pression atmosphérique augmentée de celle de l'essence dans l'élévateur, s'ouvre. Donc le flotteur, qui commande les soupapes, s'abaisse, car l'essence s'écoule, *A* se ferme, tandis que *V* s'ouvre.

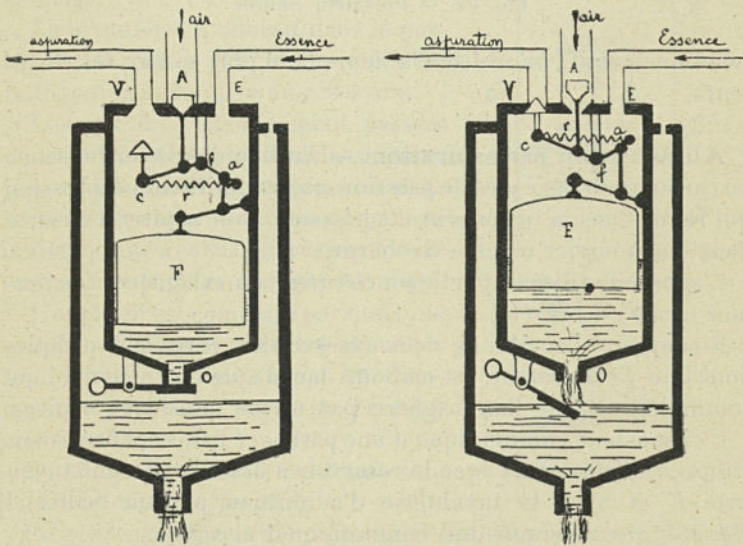


Fig. 158. — Élévateur Stewart.

V étant ouvert, la dépression qui règne dans la tuyauterie d'admission se fait sentir dans l'élévateur. L'essence y est aspirée et son niveau monte, c'est-à-dire que le flotteur ferme la soupape V et ouvre A.

Le clapet empêche l'essence de la nourrice d'être aspirée par l'élévateur.

Le système d'alimentation par élévateur équipait 73 % des véhicules exposés au Salon, dès 1922. Son succès n'a pas diminué.

L'aspiration de l'essence est réalisée grâce à la dépression qui règne dans la tuyauterie d'admission. Mais sur certains moteurs modernes poussés, cette dépression est très faible quand le moteur tourne à son allure maximum, le papillon des gaz ouvert en grand. A ce moment l'arrivée d'essence se fait mal dans l'élévateur.

Il est évident qu'une voiture munie d'un tel moteur ne peut rouler bien longtemps avec l'accélérateur grand ouvert. Une première solution, pour éviter la panne d'alimentation, est d'employer une nourrice suffisamment grande (quelques litres) qui se remplira pendant les périodes où l'on roule avec admission réduite. Mais il faut aussi permettre à la nourrice de se remplir aussi rapidement que possible.

Il est difficile d'accélérer le remplissage de l'élévateur lui-même, mais il se videra d'autant plus vite que l'orifice de communication avec la nourrice sera plus grand et que l'orifice d'entrée d'air sera plus grand.

C'est la raison pour laquelle la maison Weyman a construit un nouvel appareil (fig. 159).

Si la soupape qui commande l'entrée d'air est elle-même com-

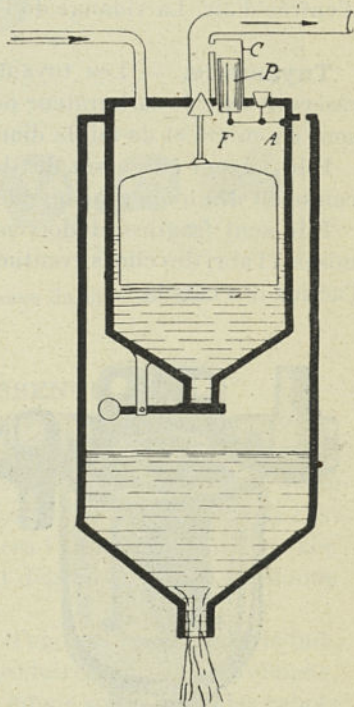


FIG. 159. — Exhausteur Weymann (nouveau modèle.)

mandée par le flotteur, sa section est limitée, car la pression atmosphérique la « colle » sur son siège : dans le nouvel appareil, c'est l'action de la dépression qui ouvre la soupape, laquelle peut être ainsi de dimensions bien supérieures.

Le flotteur est muni d'un pointeau qui, si l'élévateur est plein, ferme l'orifice de communication avec la tuyauterie d'aspiration.

Un petit cylindre *C* est en communication constante avec cette tuyauterie. Dans ce cylindre se meut un piston *P* qui commande la soupape d'entrée d'air par un levier *T* articulé en *A*.

Le poids du piston suffit à appliquer la soupape sur son siège. Si le pointeau est fermé, la dépression agit sur le piston seul et le soulève, entraînant l'ouverture immédiate de la soupape d'entrée d'air. La vidange de l'exhausteur est instantanée.

Tuyauterie. — Les tuyauteries qui font communiquer le réservoir avec le carburateur ou la nourrice avec le carburateur, sont en cuivre et de faible diamètre, 8 à 10 millimètres.

Elle doivent être assez flexibles pour épouser les contours de la caisse ou des longerons qu'elles suivent.

Elle sont fragiles et doivent être placées de manière à être mises à l'abri des chocs éventuels, et à résister le mieux possible à l'action des cahots.

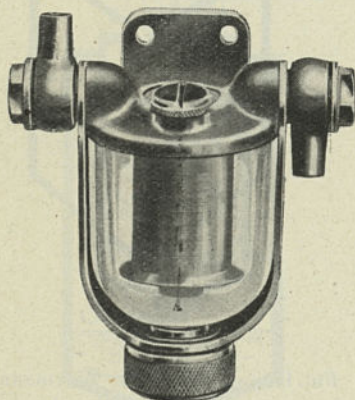


FIG. 166. — Filtre à essence Zenith.

Filtres à essence. — L'usage paraît devoir se généraliser de munir les tuyauteries de filtres, avant l'arrivée au carburateur, le filtre étant parfois fixé au carburateur lui-même.

Nous donnons ci-contre, à titre d'exemple, le filtre à essence Zenith (fig. 160) et ses divers organes (fig. 161).

Il est évident qu'un filtre, pour être satisfaisant, doit être d'accès facile et très aisé à démonter. Il doit naturellement être efficace sans ris-

quer d'arrêter l'essence, sauf en cas d'encrassement exagéré.

Il doit donc être nettoyé assez souvent.

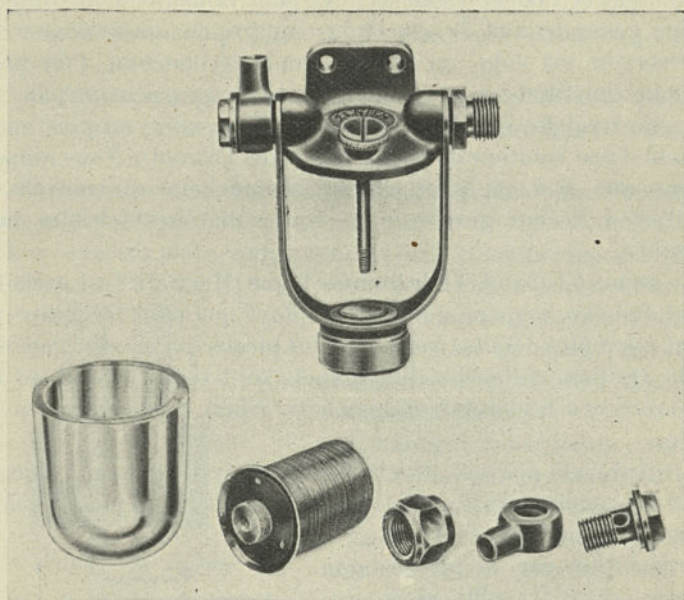


FIG. 161. — Les divers organes du filtre Zénith.

FUITES D'ESSENCE

Il est parfois délicat, surtout par temps chaud, de déceler une fuite d'essence. L'évaporation est en effet assez rapide pour qu'on ne puisse remarquer nulle trace d'humidité. Mais l'odeur de l'essence est assez nette et l'on discernera l'endroit par où l'essence a coulé à ce qu'il est complètement dégraissé, ce qui lui donne un aspect assez caractéristique.

Par temps froid, l'essence mouille l'endroit par lequel elle fuit.

Les fuites d'essence peuvent se produire soit par les robinets, soit par les joints des raccords, soit même sous l'effet des cahots par l'orifice dont est pourvu le bouchon du réservoir.

Robinets. — On examinera d'abord le bouchon de vidange du réservoir, comme un robinet. Il est garni d'un joint en fibre ou en cuivre, et très solidement bloqué sur son siège (à la clef).

Il est bon de vérifier souvent que les parties du réservoir voisines de ce bouchon sont sèches : pour remédier à une fuite, il suffira généralement de serrer plus énergiquement le boulon. Si le réservoir est vide, on pourra munir le bouchon d'un joint étanche constitué par une rondelle de bon cuir pas trop épais, ou par une rondelle de fibre enduite de savon noir (ou plus exactement d'une solution de savon noir dans l'alcool). Nous rappellerons que l'on ne peut obtenir l'étanchéité au moyen de chatteringon, cêruse, graisse, etc... toutes matières solubles dans l'essence.

Le vernis à l'alcool et à la gomme laque (Hermétic) est parfaitement étanche, mais ne doit être employé que pour les joints qui n'ont pas à être défaits, car il colle les pièces qui en sont garnies.

On vérifiera d'abord si les robinets sont vissés à fond sur les réservoirs et si les joints sont bien faits. Sinon, la réparation en est aisée,

Les robinets peuvent être à boisseau ou à pointeau, ceux-ci étant bien supérieurs. En effet, ces robinets ne fuient jamais quand ils sont fermés. Ouverts, ils peuvent fuir par le presse-étoupe, dont il suffit alors de serrer l'écrou; dans les cas

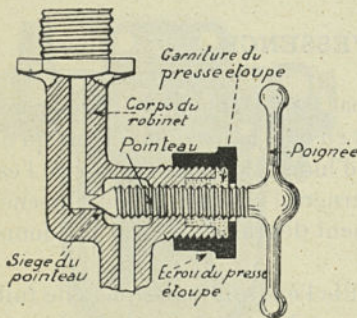


Fig. 162. — Robinet à pointeau.

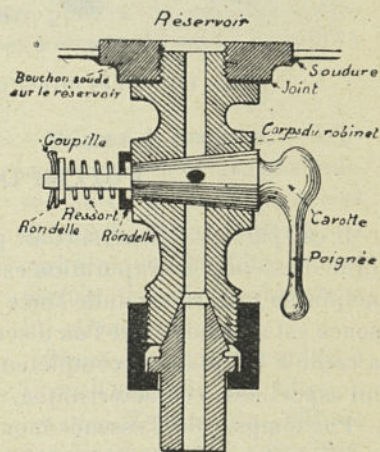


Fig. 163. — Robinet à boisseau.

graves, on refera un presse-étoupe avec des rondelles de cuir trempées dans la solution alcoolique de savon noir (fig. 162).

Le robinet à boisseau (fig. 163) présente au contraire assez souvent des fuites. On doit alors roder la carotte dans le boisseau, à

la polée d'émeri comme une soupape sur son siège. On peut être conduit à changer la carotte. En route, on se contente de la graisser au savon noir : l'étanchéité ainsi réalisée durera quelques jours.

La carotte comporte un ressort. Ce ressort ne doit pas être trop dur sous peine de faire gripper la carotte dans le boisseau.

Raccords. — Les raccords peuvent être plats (fig. 164) ou coniques (fig. 165).

Les raccords plats comportent un joint constitué par une mince rondelle de fibre pure. Cette rondelle sera avantageusement enduite de savon noir ou même de vernis Hermétique si le raccord doit être rarement démonté.

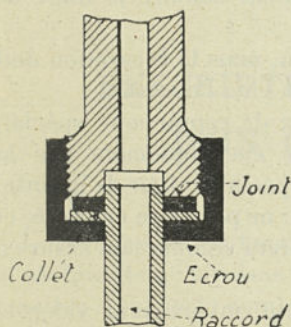


FIG. 164.

L'étanchéité des joints coniques est obtenue par pression du cône mâle sur le cône femelle.

Lorsqu'un raccord fuit, il suffit généralement de serrer l'écrou. Le joint conique peut avoir besoin d'un rodage, mais ceci est exceptionnel : il est plus simple de le changer.

Les raccords sont soudés sur les tuyaux. L'assemblage est généralement fait par brasure : on doit se rappeler que le raccord est en laiton, c'est-à-dire qu'il fond aisément. Il faut donc employer de la brasure très douce, brasure à l'argent par exemple.

Si l'on emploie une simple soudure à l'étain il faut s'assurer que le tuyau et le raccord ont une longueur commune de 15 mil-

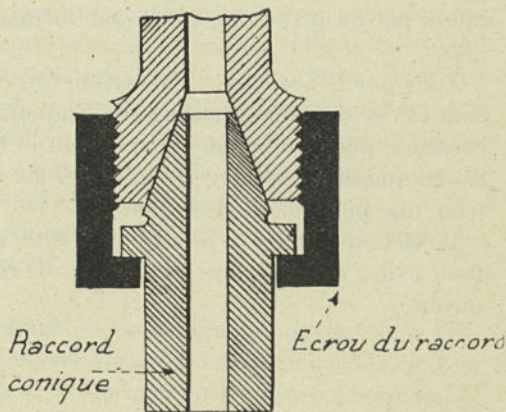


FIG. 165.

limètres au moins et que la soudure a bien pris sur toute la longueur d'emboîtement.

Fissures des tuyauteries. — Le cuivre rouge avec lequel on fabrique les tuyauteries s'érouit peu à peu. Il convient donc de le recuire de temps en temps (tous les ans par exemple). Il suffit de le porter au rouge avec une lampe à souder.

Si un tuyau vient à fuir sur la route, on aveuglera la fuite en enroulant sur la fissure un chiffon fin enduit de vernis à la gomme laque, et en serrant le chiffon, après séchage, au moyen d'une ficelle à tours jointifs. On peut également enduire le linge de savon noir.

On peut encore se servir de chattering, mais la réparation doit être refaite plus sérieusement dès qu'on en a l'occasion.

Il est commode d'utiliser des tuyaux de caoutchouc spécial, entoilé, dit « *durite* », qu'on ligature énergiquement sur la tuyauterie en cuivre préalablement coupée à hauteur de la fuite.

Fissure du réservoir. — Si le réservoir ne peut être ceinturé, et si la fissure est importante, on la réparera comme une fissure à la tuyauterie.

Sinon, si la fuite est plus importante, mieux vaut vider le réservoir et marcher avec la nourrice qu'on remplit fréquemment avec un bidon.

A défaut de nourrice, on marchera avec un réservoir auxiliaire (réservoir de marchepied ou simple bidon) relié au carburateur par un tuyau de caoutchouc formant siphon.

Fuite par le bouchon. — Si le réservoir est monté en charge, ou dans le cas de l'alimentation par élévateur, et qu'il soit très plein, l'essence peut jaillir par le trou dont le bouchon est pourvu. Il est commode de souder à l'intérieur du bouchon, en regard du trou, une petite lame de laiton.

Il est bon de fixer le bouchon de réservoir par une chaînette, pour éviter de le perdre, c'est-à-dire de rouler avec un réservoir ouvert.

CHAPITRE XVII

DESCRIPTION SCHÉMATIQUE D'UN CARBURATEUR

Le carburateur est l'appareil qui recevant l'essence du réservoir et prélevant de l'air dans l'atmosphère, doit doser le mélange de manière à ce que la combustion soit aussi complète que possible sans excès d'air. Nous verrons qu'il doit être automatique, c'est-à-dire doser automatiquement ce mélange, quelle que soit la dépression qui agit, appelant l'essence et l'air.

Cette dépression augmente avec la vitesse de rotation du moteur, mais, pour pouvoir corriger automatiquement avec précision ses variations, il faut que la pression de l'essence et celle de l'air soient constantes. Nous pouvons admettre que la pression atmosphérique est constante, bien qu'elle varie de façon appréciable avec l'état hygrométrique. Mais, pour que la pression de l'essence soit constante, il faut que l'orifice qui débite cette essence dans le carburateur soit alimenté par un réservoir à niveau constant.

A tout carburateur sera par conséquent accolée une cuve spéciale dite à niveau constant.

Cuve à niveau constant. — Un flotteur plongeant dans l'essence ferme automatiquement l'arrivée d'essence dans la cuve en commandant un pointeau, qui ferme l'entrée d'essence quand le niveau dans la cuve est suffisant et l'ouvre quand le niveau a baissé.

Le flotteur est généralement en laiton très mince sur les carburateurs européens, et en feuilles minces de liège, collées, puis recouvertes d'un vernis spécial sur les carburateurs américains.

Le type le plus employé est celui de la figure 166. Un contre-poids équilibre le poids du pointeau, une collerette de réglage permet de faire varier la hauteur du niveau constant, en la vissant plus ou moins sur le pointeau.

Le pointeau guide le flotteur : on peut noyer le carburateur en agissant directement sur ce pointeau. Mais le choc du pointeau sur son siège peut le détériorer.

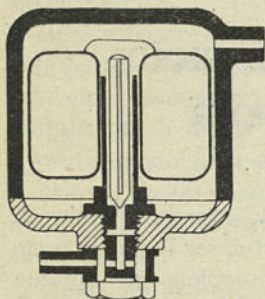


FIG. 166.

Type à contre-poids.

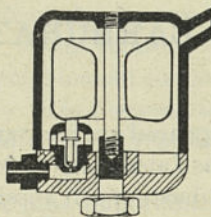


FIG. 167.

Type à action directe excentrée.

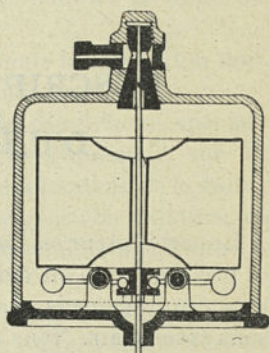


FIG. 168.

Type à action directe centrale.

Le flotteur pourra être à action directe centrale (*fig. 167*), ou excentrée (*fig. 168*). Il existe d'ailleurs plusieurs autres dispositifs moins employés.

Chambre de carburation. — La partie essentielle du carburateur est l'espace dans lequel se forme le mélange combustible, c'est-à-dire dans lequel débouchent les orifices d'air et d'essence.

L'essence est débitée par un orifice calibré avec une grande précision, dont le diamètre, exprimé en centièmes de millimètre, varie généralement de 65 à 140 (sauf pour certains moteurs d'aviation où il peut dépasser 300). Cet orifice s'appelle le gicleur ; mais il est généralement situé à l'extrémité d'un tube long et mince appelé lui-même gicleur.

La chambre de carburation est de forme très variable, suivant les constructeurs. La forme la plus simple est cylindrique, la

tuyauterie d'admission prolongeant alors la chambre de carburation (*fig. 169*).

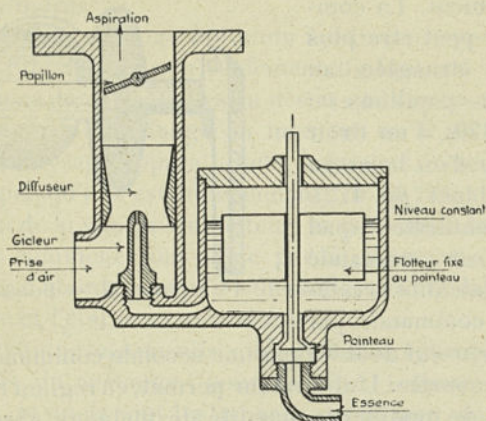


FIG. 169. — Schéma d'un carburateur.

Cette chambre comporte toujours, au delà du gicleur, un étranglement appelé diffuseur, et constitué généralement par une pièce

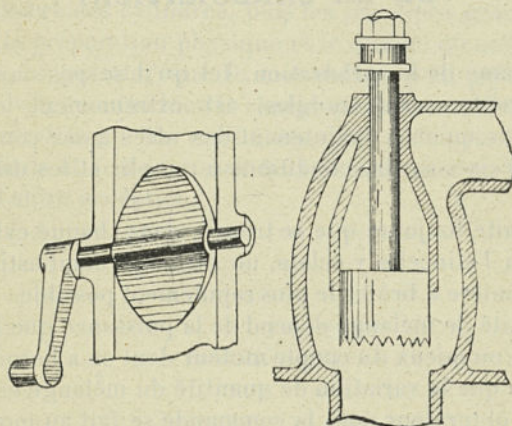


FIG. 170. — Papillon.

FIG. 171. — Tiroir.

rapportée appelée « buse ». Ce diffuseur est destiné à accélérer le courant d'air introduit dans la chambre, de manière à diviser le jet d'essence débité par le gicleur.

La chambre de carburation est reliée au collecteur d'admission sur laquelle le carburateur est fixé directement. La communication peut être plus ou moins étranglée au moyen d'un « papillon » ou volet (*fig. 170*), d'un tiroir (*fig. 171*) ou d'un boisseau formant robinet (*fig. 172*). Cet organe obturateur, quel qu'il soit, est commandé par une pédale dite accélérateur. La commande par pédale est souvent doublée par une seconde commande, aboutissant à une manette. L'obturateur permet, en réglant l'action de la dépression, de modifier la quantité de mélange gazeux aspirée par le moteur.

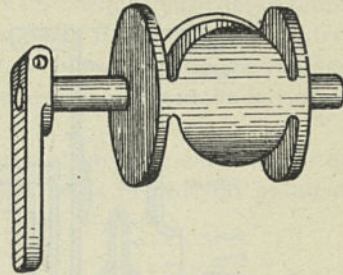


FIG. 172. — Boisseau.

LES ASPECTS DU PROBLÈME DE LA CARBURATION

Le problème de la carburation, tel qu'il se pose aujourd'hui aux constructeurs automobiles, est extrêmement complexe, d'autant plus qu'on a maintenant des idées assez complètes et souvent précises sur les conditions à remplir et les difficultés à surmonter.

On souhaite toujours que se trouve, dans chaque cylindre, au moment où l'étincelle y éclate, un mélange combustible constitué de manière à brûler le plus rapidement possible.

La quantité de mélange dépend de la puissance que l'on exige du moteur, ou mieux du couple moteur dont on a besoin — nous savons déjà que la variation de quantité du mélange est réalisée grâce à un obturateur dont la commande se fait au moyen de la pédale dite accélérateur, ou d'une manette (parfois les deux). L'obturateur, papillon ou boisseau, fait partie du carburateur et joue un rôle important dans son fonctionnement — Nous aurons donc à étudier ce rôle. Mais l'égalité répartition du mélange entre les cylindres, d'importance énorme, retiendra également notre

attention. Elle est fonction de la forme des tuyauteries et de la préparation physique subie par le mélange avant son introduction dans les cylindres.

La quantité du mélange optimum à introduire peut n'être pas constante. Elle dépend non seulement du moteur, mais encore des conditions dans lesquelles on désire utiliser ce moteur, et de l'état physique du mélange au moment où il est allumé. Le problème du dosage apparaît donc, à lui seul, comme déjà très complexe puisqu'il n'est indépendant, ni de l'état physique du mélange, ni de la charge du moteur, ni du remplissage.

a) Nous commencerons donc par étudier ces éléments, le remplissage d'abord, puisqu'il a une influence sur la constitution du mélange et l'état des constituants.

b) Nous étudierons ensuite quel doit être l'état physique des constituants du mélange, pour en tirer toujours le meilleur rendement, et quels sont les moyens qu'on peut employer pour réaliser cet état.

c) Nous terminerons enfin par le problème du dosage : nous tenterons de préciser ce qu'il doit être et les moyens qu'on peut employer pour le réaliser.

En résumé, nous étudierons les relations du carburateur avec le remplissage des cylindres, puis les principes grâce auxquels il réalise la préparation physique et le dosage du mélange.

Notons en passant, que le mot charge peut prêter à ambiguïté ; il désigne aussi bien la charge du moteur (effort résistant) que le remplissage. En réalité ces deux éléments ne sont pas indépendants et l'on peut sans faux sens donner au mot charge l'une ou l'autre acception.

CHAPITRE XVIII

REPLISSAGE OU CHARGE DÉPRESSIONS

Il est évident que le remplissage d'un cylindre de forme et de volume déterminés dépend de deux éléments : la vitesse de rotation du moteur et la position de l'obturateur, si nous admettons que les orifices de ce cylindre et la forme du carburateur et du collecteur d'admission sont également déterminés.

S'il est difficile et même à peu près impossible de mesurer la charge avec une exactitude suffisante pour en tirer des conclusions précises, il est commode et facile de connaître le couple moteur. Or, si le rendement était constant, le couple et le remplissage seraient proportionnels ; on comparerait donc couple et dépression. Mais il est compliqué de mesurer le rendement.

La dépression en un point peut être mesurée à l'aide de tubes manométriques : il règne toutefois une certaine incertitude sur la valeur des résultats obtenus en raison de la complication des phénomènes.

Par exemple on ne peut mesurer qu'une pression moyenne, alors que la tuyauterie et le carburateur sont soumis à de véritables pulsations. Le courant d'air ou le mélange n'est pas uniforme dans toute la surface d'une section. D'autre part, les tubes destinés à mesurer la dépression engendrent, autour de l'extrémité qui débouche dans le collecteur des tourbillons qui troublent les courants et faussent les résultats obtenus.

Obturateur et diffuseur. — Deux organes jouent un rôle prépondérant dans l'écoulement de l'air et par suite dans celui du mélange combustible : l'obturateur et le diffuseur. La plupart des carburateurs utilisent actuellement, comme obturateur, un papillon, section plane du cylindre constitué par la tuyauterie, qui s'ouvre par rotation autour d'un axe : on abandonne de plus en plus boisseaux et tiroirs.

Généralement, pour la marche du moteur dit au ralenti, à vide, la tuyauterie est presque complètement obturée par le papillon : les entrées d'air dans le collecteur et les cylindres, en aval du papillon, sont si réduites que la pression est inférieure alors à une demi-atmosphère (500 grammes environ) et descend même à moins de 300 grammes.

Les expériences de M. Moch paraissent montrer que, pour des dépressions égales ou supérieures à 500 grammes, la vitesse d'écoulement de l'air est à peu près constante

Ceci peut avoir une influence non seulement sur le ralenti à vide, mais encore au moment où, au début de la reprise, le papillon commence à s'ouvrir, puisque la quantité d'air admise se trouve ainsi limitée.

Au fur et à mesure que s'ouvre le papillon, les deux éléments importants : vitesse du moteur et dépression, vont varier.

À partir de ce moment, d'ailleurs, la valeur absolue des dépressions dans le collecteur d'admission ne nous intéresse plus autant, en raison du rôle de la buse. Certes l'état physique de l'essence en dépend, mais d'autres éléments interviendront dont l'importance sera plus grande.

Il faut avouer cependant que le fonctionnement de divers appareils : élévateur d'essence, prise d'air additionnelle, essuie-glaces, etc.... peut dépendre de cette dépression.

Rôle du diffuseur. — Nous admettons que l'élément le plus important est alors la dépression qui règne au niveau du gicleur, ou plus exactement, dans le col du diffuseur ou tube de Venturi.

On sait que l'on appelle tube de Venturi, ou simplement Venturi, un ajutage convergent-divergent : les diffuseurs des carburateurs ne sont donc qu'un cas particulier de cet ajutage, dont les propriétés générales sont plus spécialement étudiées en hydraulique.

Lorsqu'un liquide s'écoule par un orifice en paroi mince, la

veine liquide subit d'abord une contraction : la partie conver-

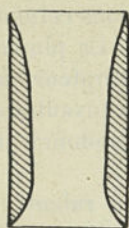


FIG. 173.

Coupe d'un ajustage de Venturi dans le cas des carburateurs.

gente d'un Venturi suit le profil de cette contraction, la partie divergente est un cône de révolution d'angle au sommet très faible : les expériences du physicien Venturi montrent que le débit maximum est assuré pour l'eau lorsque cet angle est de 5° . Pour l'air, il est actuellement certain que l'angle optimum est de 7° (fig. 173).

Naturellement, le débit se fait sous l'influence de la différence des pressions qui règnent dans l'atmosphère d'une part, et dans le collecteur d'autre part. Mais celle-ci dépend à son tour de la vitesse de rotation du moteur et de la position du papillon.

Le débit est certainement accru grâce à l'augmentation de la vitesse d'écoulement réalisée par le diffuseur ou Venturi. Ce résultat n'est qu'un cas particulier du fait général qu'un ajustage quelconque, cylindrique même, modifie la pression au niveau de la contraction (1) d'où accroissement de vitesse dans la section la plus contractée et augmentation du débit. Le Venturi est le plus favorable de ces ajustages.

La modification des pressions nous intéresse autant que l'accroissement du débit, puisque l'orifice d'écoulement de l'essence est généralement disposé dans la zone de dépression accrue, ou du moins débite sous l'influence de cette dépression (fréquemment en effet les gicleurs sont en dérivation et c'est une émulsion qui est débitée dans le Venturi.)

Signalons en passant les expériences que rapporte M. BOUASSE dans l'ouvrage intitulé *Jets, Tubes et Canaux*, qui éclairent le rôle des diffuseurs, bien que s'appliquant sur tout à l'hydraulique.

Il semble que le centre de dépression soit placé de telle façon, dans un Venturi, que la position la plus favorable pour le gicleur (orifice de sortie) soit à une hauteur au-dessus de la section la plus contractée égale au tiers de la hauteur de la portion convergente. Nous entendons par position la plus favorable celle où la dépression est maximum, mais fréquemment l'orifice de sortie n'aura pas cette position, car d'autres considérations peuvent intervenir.

(1) Cf. BOUASSE, *Jets, Tubes et Canaux*.

Nous donnons ci-dessous, d'après M. LAMY, le résultat des mesures de dépression faites sur un moteur à quatre cylindres au niveau de l'étranglement du diffuseur, l'obturateur étant grand ouvert, et les variations de vitesse obtenues en freinant plus ou moins le moteur.

Vitesse de rotation en tours-minute	Dépression en mill. d'eau
850.	205
1080.	340
1300.	460
1550.	600
1830.	720
2040.	790
2250.	840
2380.	890
2500.	920

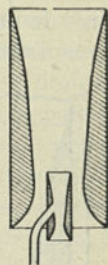


FIG. 174.

Schéma de la disposition d'un deuxième Venturi dans le premier. Ce deuxième Venturi doit communiquer par une tuyauterie avec l'orifice qui débite l'essence, à moins que le gicleur ne soit disposé dans ce deuxième diffuseur.

Si, au lieu d'un gicleur, on place au centre de dépression un nouveau diffuseur plus petit, la dépression sera encore augmentée au niveau de l'étranglement du nouveau diffuseur, qui sera placé comme le montre la figure ci-contre (fig. 174).

La maison Zénith emploie ainsi jusqu'à trois diffuseurs étagés qui multiplient la dépression (fig. 175).

Nous indiquons ci-dessous les résultats d'essais, au point de vue dépression, avec un triple diffuseur (1).

DÉPRESSION au niveau de la bride	DÉPRESSION dans le 1 ^{er} diffuseur	DÉPRESSION dans le 2 ^e diffuseur	DÉPRESSION au niveau du gicleur
100	204	370	420
200	500	780	850
300	703	1130	1310
400	985	1530	1770
500	1280	1030	2240
600	1440	2100	2480
700	1765	2420	3050
800	1970	2600	3400
900	2450	3000	3800
1000	2650	3260	4080

(1) LAMY : *Les carburateurs.*

dépansions exprimées en millimètres d'eau. L'essai a été exécuté à une température ambiante de 24° et une pression de 732 millimètres de mercure (9.975 millimètres d'eau.)

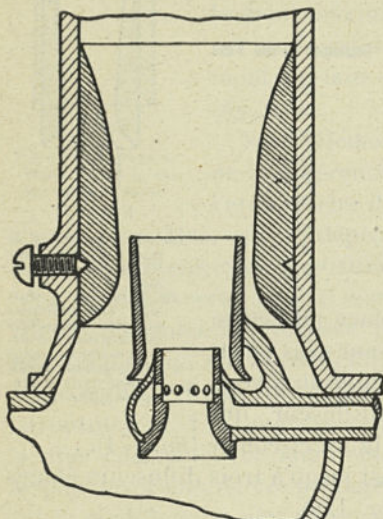


FIG. 175. — Triple diffuseur Zénith.

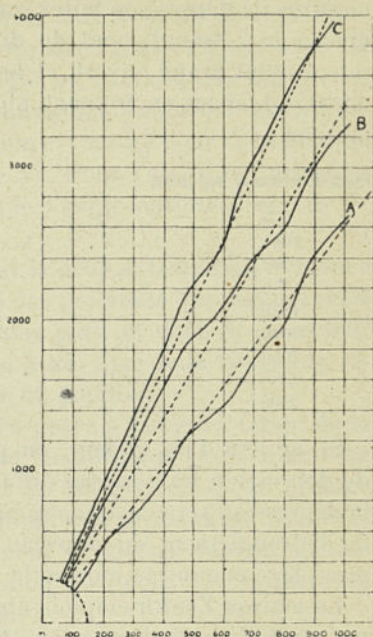


FIG. 176.

Nous pouvons admettre que ces résultats numériques nous fixent sur ce qui se passe au niveau du diffuseur, si nous connaissons les dépansions dans le collecteur; il ne faut toutefois pas perdre de vue que ces chiffres représentent de larges approximations, en raison de la difficulté des mesures; l'état tourbillonnaire les modifie constamment; le graphique ci-contre (*fig. 176*), qui interprète ce tableau, montre qu'on peut néanmoins admettre que la loi de variation est représentée par une droite pour chaque diffuseur.

Restent donc à préciser, dans la mesure du possible, les régimes qui s'établissent dans le collecteur.

Dépansions dans le collecteur. — Les mesures sont ici extrêmement difficiles à exécuter, au moins pour obtenir des résultats certainement valables.

En effet, l'écoulement du fluide dans la tuyauterie ne se fait pas

suivant une loi simple, régime de POISEUILLE par exemple, c'est-à-dire caractérisé par des tubes concentriques se déplaçant en bloc avec une vitesse qui décroît du centre jusqu'à la paroi, il s'agit bien plutôt d'un écoulement tourbillonnaire, ou régime de Venturi, caractérisé par l'existence de vitesses transversales. On sait que les tourbillons sont déterminés par les moindres irrégularités de forme, par exemple les « grains » de la paroi (et l'on sait que l'intérieur des collecteurs d'admission n'est presque jamais poli) par le papillon lui-même, et même par les poussières en suspension ou les éléments liquides. Soulignons incidemment l'intérêt auxiliaire qui s'attache ainsi à l'épuration de l'air. Les tubes manométriques qui peuvent servir aux mesures déterminent de véritables tourbillons, au niveau de leur orifice, rendant leurs indications imprécises.

On admet pourtant que le régime de POISEUILLE subsiste jusqu'à une vitesse critique, dite vitesse de REYNOLDS, qui dépend non seulement du fluide, mais de la forme et de l'état de la tuyauterie.

On conçoit que l'état tourbillonnaire puisse déterminer de notables variations de pression et de vitesse en un même point, pour un régime déterminé et à plus forte raison quand les vitesses varient.

Pourtant, on peut considérer comme certains quelques résultats

a) *Pour une ouverture déterminée du papillon des gaz, la dépression est d'autant plus forte que le moteur tourne plus vite, et ceci pour tous les points de la tuyauterie, carburateur compris.*

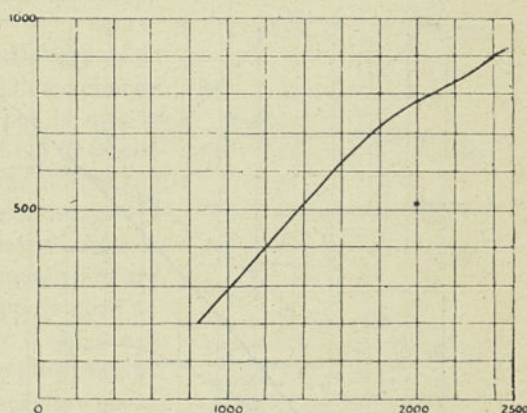


FIG. 177.

La figure qui interprète le tableau de la page 197 montre que la loi d'accroissement des dépressions au niveau du gicleur — en fonction de la vitesse — est voisine d'une droite (fig. 177).

Mais le tableau suivant (page 197) qui donne les variations de la pression au niveau du gicleur en fonctions des dépressions à la bride montre que les deux lois de variations sont voisines.

b) A une vitesse déterminée du moteur, la position du papillon influe sur la dépression : il est certain en tout cas que le franchissement du papillon entraîne une variation de pression, c'est-à-dire que la pression n'est pas la même en amont qu'en aval. On peut en effet comparer le rôle du papillon à celui d'un diaphragme, qui entraîne toujours une perte de charge. Il est à peu près vain de chercher à la calculer, même en appliquant les théorèmes de BERNOUILLI et de BORDA qui ne tiennent pas compte des conditions pratiques de l'écoulement.

c) *La dépression est d'autant plus grande en aval du papillon et la charge d'autant plus faible, que ce papillon est moins ouvert.*

Mais, lorsque la vitesse d'un moteur augmente; c'est le plus souvent parce que, par appui sur l'accélérateur, on ouvre le papillon des gaz et non pas parce que, pour une ouverture constante, l'effort résultant que doit vaincre le moteur diminue, ce dernier cas étant, par exemple, celui d'une route en descente.

Il en résulte que d'une part la dépression tend à diminuer, en

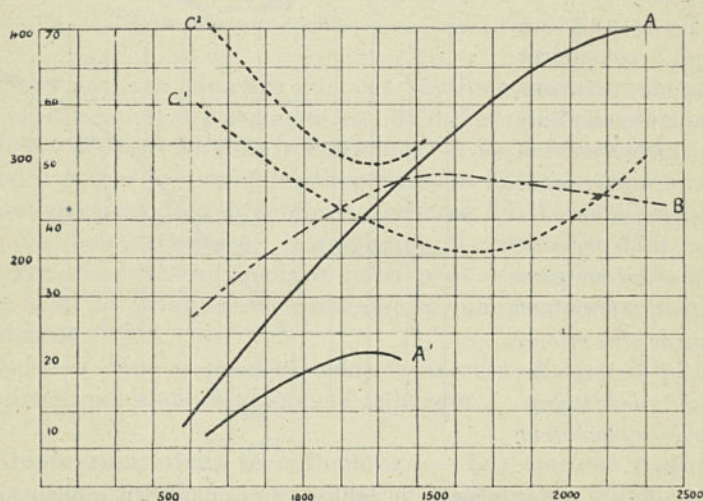


FIG. 178.

Caractéristique à pleine charge et demi-charge du moteur X... 107 x 140.

aval du papillon, parce le papillon s'ouvre et d'autre part elle tend à augmenter parce que le moteur tourne plus vite.

On ne peut donc prévoir d'une façon certaine les résultats.

Pourtant, il est possible d'avoir une idée de l'ordre de grandeur des phénomènes, par l'étude des caractéristiques des moteurs. Par exemple nous considérerons un graphique donnant (1) les caractéristiques d'un moteur 107×140 (fig. 178) et en particulier les consommations spécifiques (consommation par cheval-heure) à pleine charge et demi-charge, qui nous permettent de déterminer le rendement, lequel est essentiellement fonction de la compression.

On y voit qu'à une vitesse de rotation déterminée, la quantité d'essence aspirée est d'autant plus grande que le papillon est moins ouvert.

La figure 179 représente d'ailleurs, sur ce même moteur, la variation de consommation, avec l'ouverture du papillon, à une vitesse donnée : 1.300 tours. Certes les dépressions n'augmentent pas comme la consommation spécifique, car le rendement diminue : il faudrait avoir les valeurs des couples, pour les différentes positions du papillon, afin de conclure de façon certaine quand aux dépressions.

Considérons la courbe caractéristique des puissances à demi-charge, la puissance fournie par le moteur tournant à 1.300 tours est de 20 chevaux environ; la consommation spécifique étant de 315 grammes environ, la consommation d'essence serait de 6.300 grammes à l'heure. Imaginons que l'on appuie sur l'accélérateur, de manière à obtenir du moteur une puissance plus grande : même si le moteur n'accélère pas, la puissance augmente beaucoup plus vite que la consommation spécifique ne diminue : donc la consom-

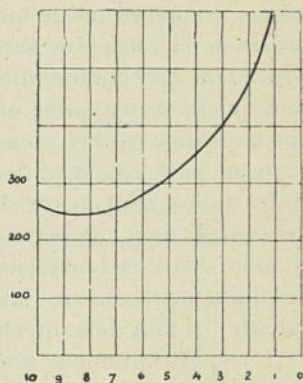


FIG. 179.

Variation de la consommation spécifique de ce moteur, à 1.300 tours, avec l'ouverture du papillon (on a admis que la pleine ouverture était graduée 10 et la fermeture 0).

(1) D'après LAMY.

mation à l'heure augmente, c'est-à-dire les dépressions qui agissent sur le gicleur.

Ceci ne serait plus vrai, si l'on parlait d'ouvertures du papillon si faibles que la consommation spécifique soit alors considérable : on sait que c'est le cas des ralentis à vide, par exemple.

A plus forte raison les dépressions augmenteraient-elles si le moteur accélérât en même temps qu'on appuie sur l'accélérateur, puisqu'il s'ajoute une autre raison d'augmentation de la dépression. *Notre démonstration graphique ne s'applique qu'à un cas particulier* : le résultat ne peut être tenu pour général.

On peut donc admettre que la dépression augmente au fur et à mesure que la vitesse du moteur augmente, sous la seule réserve que le papillon ne soit pas à ce moment complètement fermé, *mais il ne s'agit que de la dépression au niveau du gicleur*.

On peut toutefois imaginer que la dépression soit la même pour deux vitesses différentes du moteur, avec des ouvertures de papillon très différentes. Ceci est une conception à peu près théorique, c'est-à-dire sans grand intérêt pratique, car même en admettant que le moteur donne dans les deux cas la même puissance, il n'aurait pas le même couple, c'est-à-dire que les possibilités de la voiture ne seraient pas les mêmes. Mais ceci prouve cependant que l'automatisme des carburateurs sera imparfaite, tant qu'elle sera assurée uniquement par l'action des dépressions sur un orifice calibré ou gicleur simple.

On ne peut conclure des dépressions au niveau du gicleur à celles qui règnent en aval de l'obturateur, car, plus cet obturateur est ouvert, moins la perte de charge due à la diaphragmation est grande. Avec les boisseaux, elle est nulle lorsque le boisseau est complètement ouvert. Mais elle est toujours considérable au ralenti : il faut donc qu'elle commence par diminuer.

Il est parfaitement normal que les dépressions au gicleur (étranglement du Venturi) croissent, tandis que les dépressions dans le collecteur diminuent.

Ceci explique, par exemple, qu'aux grandes allures la dépression dans le collecteur devienne assez faible pour ne plus permettre d'alimenter le moteur au moyen d'un élévateur. Cet appareil fonctionne, à la vérité, mais ne débite pas assez. Il peut même arriver que l'élévateur cesse de fonctionner.

Nous admettrons donc, en résumé, que lorsque la vitesse de rotation du moteur et l'ouverture augmentent, la dépression au

niveau de l'étranglement du Venturi augmente également, tandis que la dépression dans le collecteur, en aval de l'obturateur, diminue. Ce dernier résultat, toutefois, ne pouvant être tenu pour absolument général.

CHAPITRE XIX

PRÉPARATION PHYSIQUE DU MÉLANGE

Dans toutes les circonstances, on souhaite tirer du mélange combustible admis le plus haut rendement possible : ceci ne veut pas dire que le moteur ait alors lui-même son meilleur rendement. Nous verrons au contraire que, fréquemment, on demande au système de carburation de fournir des mélanges tels que le rendement du moteur ne puisse être maximum, mais, néanmoins, on cherchera toujours à tirer, du mélange admis, toute la puissance qu'il peut fournir.

L'expérience et la théorie sont d'accord pour prouver que cette utilisation optimum d'un mélange déterminé exige, *au moment où l'étincelle éclate, pour un combustible déterminé* :

- 1° Que le mélange soit aussi homogène que possible.
- 2° Que l'essence soit aussi complètement vaporisée que possible.
- 3° Que la température du mélange soit aussi élevée que possible.

Ces trois conditions ne sont nullement indépendantes.

Nous entendrons sous le nom de *Préparation Physique du Mélange* l'ensemble des phénomènes qui tendent à satisfaire ces trois conditions, qu'ils soient naturels ou provoqués

Ceci ne signifie nullement que le problème du *dosage du mélange* soit distinct du précédent : nous cherchons seulement en les séparant, à ordonner l'exposition du problème complexe de la carburation, pour faciliter la tâche du lecteur.

HOMOGENÉITÉ

L'homogénéité du mélange combustible, au moment où l'étincelle éclate, dépend surtout de deux éléments : l'état de l'essence et les brassages auxquels le mélange a été soumis.

État de l'essence. — Cet état dépend essentiellement de ce qui se passe dans les cylindres. On peut admettre que, sur un moteur chaud, à turbulence même moyenne, l'essence peut être à peu près complètement vaporisée par le réchauffage produit par les parois, par les gaz résiduels, et par la combustion des premières tranches brûlées.

Toutefois, ce résultat est loin d'être général. Il suppose d'abord une certaine turbulence, mais surtout il admet implicitement que l'excès d'essence n'est pas trop grand.

Il serait cependant exagéré d'admettre que les cylindres sont seuls appelés à jouer un rôle dans la détermination de l'état physique du mélange combustible au moment de la combustion.

Il est probable que la vaporisation complète sera d'autant plus facile qu'elle est plus avancée dans le collecteur ; il est donc utile de vaporiser l'essence dès qu'elle est débitée, dans le carburateur ou le collecteur. Il est également utile que la température du mélange admis soit aussi élevée que possible, dans la limite cependant où ceci ne risque pas de diminuer trop le remplissage.

Les lois de l'évaporation des liquides (Dalton) conduisent à admettre qu'une forte pulvérisation préalable favorise la vaporisation, de sorte qu'on a longtemps admis sans réserves que, pour favoriser la vaporisation préalable, à l'entrée dans les cylindres, les carburateurs devaient pulvériser aussi complètement que possible l'essence débitée par les gicleurs, simples ou à émulsion.

Récemment, cette théorie a été vivement combattue, non sans raisons, semble-t-il. Il est certain que la viscosité de l'essence est telle que le liquide, même pulvérisé, se condense en grande partie sur les parois, formant une gaine liquide, c'est-à-dire que dans le collecteur circule d'une part cette gaine au contact des parois, d'autre part une colonne centrale d'air plus ou moins chargé de vapeurs d'essence, et sans doute tenant encore en suspension un brouillard d'essence.

L'expérience montre que la gaine ne permet pas une égale répartition du liquide entre les cylindres et que, seule une vaporisation énergique, par réchauffage, permet une alimentation satisfaisante de tous les cylindres.

En conséquence, certains constructeurs, et non des moindres, en viennent à nier complètement l'utilité de la pulvérisation.

A notre avis, cette théorie est trop absolue. En effet, la vaporisation au niveau du diffuseur est d'autant plus énergique que la pulvérisation est meilleure. Il y aura donc certainement, avant tout réchauffage, une quantité d'essence vaporisée, dans le collecteur, d'autant plus grande que cette première vaporisation a été plus complète.

Il est incontestable que la vaporisation au niveau du gicleur, par le courant d'air, est très forte : il suffit, pour s'en rendre compte, de couper un carburateur horizontal au niveau de l'étranglement (expérience faite au Centre automobile de Fontainebleau).

Nous nous refusons à croire que la vaporisation consécutive soit complètement inutile, c'est-à-dire que toute l'essence ainsi vaporisée se condense sur les parois du collecteur.

Et nous pensons que certaines expériences viennent à l'appui de notre thèse : dans certains cas, les plus faibles consommations et les meilleures reprises ont été obtenues, toutes choses égales par ailleurs, au moyen de dispositifs assurant la pulvérisation optimum. D'autres éléments interviennent, il est vrai, qui ne permettent pas d'affirmer sans restrictions ce résultat.

Nous relierons que la pulvérisation a perdu une partie de l'intérêt qu'on lui accordait jusqu'ici; nous l'étudierons néanmoins un peu plus loin, ne fut-ce que pour connaître les dispositifs actuels, mais aussi parce que nous croyons qu'elle conserve une utilité.

Le réchauffage est certainement avantageux, lui, soit qu'il commence la préparation du mélange qui sera terminé dans les cylindres, soit qu'il facilite la bonne alimentation de ces cylindres.

Brassage. — Le brassage est réalisé grâce au tourbillonnement du mélange dans les tuyauteries et les cylindres.

Nous avons dit que l'écoulement se faisait généralement dans la tuyauterie d'admission suivant un régime tourbillonnaire d'autant plus prononcé que la vitesse moyenne d'écoulement est plus grande, que le polissage intérieur du collecteur est moins

parfait et que les matières en suspension, poussière, essence, sont plus nombreuses.

Au passage des orifices d'admission, suivant leur profil, et dans les cylindres suivant la forme des chambres et la vitesse linéaire des pistons, le brassage est plus ou moins prononcé : il prend alors le nom de turbulence et détermine pour une large part la vitesse de combustion aussi bien par l'amélioration de l'homogénéité que par la propagation de la flamme. La turbulence dépend aussi de la vitesse de passage des gaz aux orifices d'admission : elle croît dans le même sens et très vite.

Malheureusement, si les brassages favorisent l'homogénéité, ils diminuent la charge ; par conséquent, ils diminueront la puissance du moteur et pourront même diminuer le rendement, si l'influence du mauvais remplissage l'emporte sur celle de la grande homogénéité.

On ne peut donc améliorer librement l'homogénéité en augmentant le tourbillonnement dans les tuyauteries et la turbulence dans les cylindres.

Même, nous verrons plus loin que dans la pratique, pour améliorer le remplissage, on cherche à réaliser des tuyauteries larges, courtes et simples, sans coudes, les vitesses de circulation restant cependant inférieures à la vitesse de Reynolds.

Vaporisation. — Une première raison de vaporiser l'essence avant les cylindres est, nous venons de le voir, d'augmenter l'homogénéité du mélange.

La principale raison de vaporiser l'essence est d'augmenter sa vitesse de combustion : une gouttelette d'essence ne brûle que peu à peu, au fur et à mesure qu'elle se vaporise. Or, le rendement d'un moteur est d'autant meilleur que la combustion est plus rapide, à moins que la combustion ralentie ne permette l'emploi d'un taux de compression plus élevé, et que le gain réalisé ainsi dépasse la perte résultant du ralentissement de la combustion.

D'autre part, le rendement est d'autant meilleur que la température du mélange est plus élevée, *dans la limite où ne se produisent pas des auto-allumages ou bien la détonation*. Naturellement, l'essence sera d'autant plus complètement vaporisée que la température du mélange sera plus élevée.

Il est certain que, parmi les raisons de vaporiser l'essence

avant les cylindres, *la plus importante* est que, seule, une vaporisation à peu près complète permet une égale répartition du mélange entre les différents cylindres. En particulier, c'est l'emploi habilement mis au point du réchauffage qui a permis d'alimenter de façon à peu près parfaite des moteurs à six cylindres avec un carburateur unique à simple corps.

Pratiquement, on cherchera donc à vaporiser l'essence aussi complètement que possible.

Les lois de l'évaporation d'un liquide nous montrent que cette évaporation est d'autant plus rapide que :

1° La surface de contact du liquide et de l'air est plus grande.

2° La pression du milieu est plus faible.

3° Que la température est plus élevée, aussi bien du liquide que de l'air.

Pulvérisation. — Pour que la surface de contact soit maximum, il est évidemment avantageux de diviser l'essence en parcelles aussi fines que possible, c'est-à-dire de la pulvériser. Il est donc utile qu'un système de carburation comporte des dispositifs chargés d'assurer une pulvérisation aussi parfaite que possible : nous les étudierons plus loin dans un chapitre spécial, sans affirmer l'importance de leur rôle, puisque certains constructeurs, très sérieux, le nient formellement.

Influence de la dépression. — Il est naturellement utile à la vaporisation que la dépression soit aussi grande que possible, puisque l'évaporation est d'autant plus grande et plus rapide que la pression qui règne dans le collecteur est plus faible : elle dépend, en effet, de la tension de vapeur.

Malheureusement, on ne peut guère songer à augmenter les dépressions dans l'ensemble du collecteur, puisqu'elles dépendent de la vitesse du moteur et de la position du papillon : on modifierait puissance et couple moteur.

Pourtant, l'action du diffuseur est incontestable, puisque le gicleur est placé au centre de dépression, l'évaporation de l'essence est maximum. A défaut de gicleur, c'est un orifice d'émulsion débitant à la fois l'air et l'essence qui est placé en ce centre. Donc le diffuseur ne joue pas seulement un rôle sur la pulvérisation, mais bien aussi sur l'évaporation qu'il favorise. En particulier, les diffuseurs multiples utilisés par la Maison ZENITH

ont, à ce point de vue, une action très marquée, puisqu'ils augmentent beaucoup la valeur de la dépression au niveau du gicleur ou plutôt des orifices d'émulsion : on sait que la dépression dans un triple diffuseur est au moins deux fois plus grande, au niveau du gicleur, qu'elle ne serait dans un diffuseur unique de même diamètre d'entrée.

L'influence de la dépression qui règne dans la tuyauterie explique un certain nombre de phénomènes de la carburation.

Il est évident que, pour une température déterminée de l'air admis, il existe une dépression a pour laquelle l'essence pourra être complètement vaporisée dans la tuyauterie. Elle le serait également pour toutes les dépressions plus faibles, c'est-à-dire toutes les fois que le couple est inférieur à une limite bien déterminée : la valeur du couple pour la dépression a .

A une ouverture plus grande du papillon correspondra un couple plus grand, mais non dans le rapport où la dépression a diminué, car la vaporisation est alors incomplète : même si elle se termine dans les cylindres, le mélange ne pourra être aussi homogène. Par suite, on sera conduit à enrichir le mélange pour obtenir une plus grande quantité de vapeurs d'essence, provenant des éléments les plus légers de l'essence employée. On peut aussi, il est vrai, améliorer la forme de la tubulure d'admission. Mais ceci n'est pas à la portée du chauffeur.

A chaque changement de température de l'air admis doit correspondre un changement dans la richesse du mélange pour obtenir la puissance maximum.

La dépression qui règne dans les tuyauteries explique l'influence prépondérante des rentrées d'air au départ et au ralenti : c'est à ce moment que la dépression est maximum.

Par suite, les rentrées d'air sont également maximum : leur adjonction à une faible quantité de mélange modifie donc considérablement le dosage.

Enfin, la connaissance des dépressions dans les collecteurs explique le médiocre succès des économiseurs, prises d'air montées sur la tuyauterie et souvent automatiques. Leur effet était maximum quand le papillon des gaz était fermé, c'est-à-dire précisément au moment où, en général, on n'avait pas besoin d'eux, à moins que ce ne soit dans les descentes. Leur emploi reposait sur une confusion entre les dépressions au niveau du gicleur, constamment croissantes avec la vitesse et la charge,

et les dépressions dans le collecteur, en aval du papillon, constamment décroissantes.

RÉCHAUFFAGE

Si la pulvérisation et les dépressions ont une influence sur la vaporisation, il est toutefois évident que la température du mélange est prépondérante. On est donc tout naturellement conduit à augmenter cette température, pour accroître l'évaporation, c'est-à-dire à *réchauffer*.

Température minimum de carburation. — C'est ainsi que l'on a coutume de nommer la température minimum que doit avoir l'air admis pour que la vaporisation puisse être complète avant l'entrée dans les cylindres.

Il faut évidemment que l'air admis puisse céder à l'essence sa chaleur de vaporisation, et que, après l'abaissement de température résultant de cette cession, la température du mélange soit encore suffisante pour que ne se produise aucune condensation.

En prenant une valeur moyenne pour la composition du mélange, on démontre que cette température est de 15° environ si le combustible est l'essence, et de 25° si c'est le benzol, en admettant en outre que la pression qui règne dans le collecteur est la pression atmosphérique.

Cette notion de température minimum de carburation, souvent invoquée autrefois, n'a qu'une importance bien relative.

En effet, elle suppose que toute l'essence doit être vaporisée avant l'introduction du mélange dans les cylindres. On sait, en réalité, que l'on peut largement compter sur les parois du cylindre, leur rayonnement, et l'échauffement par compression, pour terminer la vaporisation.

De plus, le calcul suppose qu'il n'y a pas de condensation sur les parois et cependant il y en a, soit mécaniquement à cause des remous, soit que ces parois soient elles-même trop froides.

Il suppose enfin que le temps pendant lequel essence et air sont en contact, entre le diffuseur et les cylindres, est suffisant pour que l'équilibre des températures de l'air et de l'essence soit parfait.

Pourtant, nous retiendrons ceci comme une justification théo-

rique du fait expérimental que l'air admis doit avoir, sans réchauffage ultérieur, une température minimum, pour que la carburation soit bonne.

Tous les chauffeurs savent d'ailleurs l'influence fâcheuse de l'air froid et ont éprouvé, en hiver, des difficultés pour faire partir leur moteur, ou du moins pour le faire fonctionner avec une puissance et un rendement convenables.

Les constructeurs modernes, en améliorant les tubulures, ont notablement réduit ces inconvénients.

Nécessité du réchauffage. — Le réchauffage est d'autant plus nécessaire que la vaporisation de l'essence produit un abaissement notable de température dans le collecteur, suffisant pour interdire la vaporisation totale.

De plus, la circulation du mélange est rapide et l'équilibre des températures n'a pas le temps de se faire, de sorte qu'il pourra, en certains points où la vaporisation est particulièrement active, se produire un gros abaissement de température. Par exemple, ceci se produira toujours au voisinage du gicleur, dans le Venturi : à tel point que dans un air humide se produira parfois le phénomène dit « *gel ou givrage du carburateur* ». La vapeur d'eau, en se condensant, dépose un véritable givre obstruant plus ou moins le passage de l'air ou du carburant. Le plus souvent, c'est l'arrivée d'air qui est diminuée : il en résulte donc une chute de puissance, enrichissement du mélange avec les signes caractéristiques : flammes et violents claquements à l'échappement.

Ce phénomène du givrage est d'autant plus désagréable qu'il est plus difficile à diagnostiquer, car le givre disparaît dès que le moteur s'arrête. Il ne se produit que sur les moteurs d'aviation, ou en montagne, ou dans les pays froids, à la rigueur par des températures très basses.

Le givre peut se former quand le papillon des gaz est presque fermé, sur une tranche où débite le gicleur de ralenti : les glaçons peuvent être suffisants pour empêcher la manœuvre de ce papillon. Un boisseau peut même être littéralement soudé dans son logement.

En dehors des raisons déjà dites de réchauffer, pour assurer l'homogénéité et accélérer la combustion, on voit que le réchauffage peut être nécessaire pour permettre la vaporisation totale ou éviter les phénomènes parasites du givrage.

Sources de chaleur. — Sur un moteur en marche, il existe deux sources de chaleur en quelque sorte gratuites : l'eau de circulation et les gaz d'échappement.

Eau de circulation. — Cette première source a deux gros inconvénients.

D'abord elle est froide au moment de la mise en route et ce n'est guère qu'après quinze à vingt minutes de fonctionnement qu'elle atteint sa température d'équilibre. Or, c'est précisément la période pendant laquelle le réchauffage est le plus nécessaire, en raison du rôle des parois du cylindre. Froides, d'abord, elles produisent des condensations au lieu de vaporiser.

Ensuite, l'eau n'est jamais assez chaude pour constituer un système de réchauffage énergique. Qu'elle baigne extérieurement la cuve à niveau constant, qu'elle circule dans une double paroi autour de la chambre de carburation ou de la tuyauterie, la durée du contact n'est jamais suffisante pour que la quantité de chaleur cédée soit bien grande, d'autant plus que la cession se fait par l'intermédiaire d'une paroi, et que la vitesse de passage du mélange est relativement considérable (90 mètres par seconde et souvent plus).

Ce mode de réchauffage a toutefois des avantages : la température de l'eau reste à peu près constante quel que soit le régime du moteur. Son utilisation n'exige que des tuyauteries simples et légères, puisqu'elles ne sont soumises qu'à de faibles efforts. Pratiquement, ce système n'est plus utilisé sur les voitures modernes.

Gaz d'échappement. — Les gaz d'échappement constituent, au contraire, une source de chaleur énergique et immédiatement utilisable dès que le moteur tourne par ses propres moyens. Mais leur température varie dans des proportions assez larges suivant la charge : il est évident surtout que la quantité de chaleur dont on dispose au ralenti est bien plus faible qu'en marche normale. Pourtant, c'est au ralenti qu'on a davantage besoin de réchauffer.

Les tuyauteries permettant l'utilisation des gaz d'échappement n'ont pas besoin d'être très résistantes, la preuve en est qu'on utilise des flexibles ; il est nécessaire que leur étanchéité soit parfaite pour éviter que ces gaz ne viennent enflammer les vapeurs d'essence qui se trouvent fréquemment autour du carburateur.

Autres sources de chaleur. — On peut imaginer d'autres sources de chaleur, non gratuites. Par exemple, on utilisera une petite portion du combustible que l'on brûlera dans des appareils spéciaux pour chauffer certains points de la tuyauterie (hot spot manifold) ou pour obtenir une faible quantité de gaz chauds à mélanger aux gaz admis (fuelizer Packard, fuel converter du carburateur Ensign, etc...).

Notons que certains économiseurs utilisaient une prise de gaz d'échappement de manière à, simultanément, appauvrir et réchauffer le mélange admis.

Réchauffage de l'essence. — On peut imaginer de tels systèmes : le fait qu'ils ne soient jamais employés témoigne de la médiocrité des solutions actuellement proposées.

Le réchauffage après giclage est impossible sans importantes complications dans la structure du carburateur. Nous ne parlons pas naturellement du réchauffage de tout le mélange, mais seulement de l'essence, à la rigueur avec une faible quantité d'air.

Le réchauffage avant giclage serait à la rigueur possible : il est facile de réchauffer la cuve à niveau constant, par exemple, ou mieux l'ajutage qui unit le gicleur à cette cuve. Mais ce procédé ne peut être efficace. En effet, un réchauffage trop énergique, même local, produira des bulles de vapeurs d'essence dont le passage, dans les canaux étroits et le gicleur, modifiera la loi d'écoulement du combustible et ceci de façon non uniforme : il faut donc installer des purgeurs qui ramènent ces bulles dans la cuve, car on ne peut songer à laisser les vapeurs d'essence se perdre, aussi bien par économie que par sécurité, (dangers d'incendie).

De plus, la chaleur de vaporisation de l'essence est considérable, par rapport à sa chaleur spécifique : on ne peut donc fournir ainsi à l'essence qu'une faible portion de la chaleur nécessaire pour la vaporiser complètement.

On pourrait imaginer, il est vrai, que l'essence soit vaporisée dans un réservoir auxiliaire, où règnerait constamment la pression atmosphérique ; le système entraînerait des complications telles, par la difficulté du réchauffage, la nécessité de l'étanchéité, l'obligation où l'on se trouverait d'employer des mélangeurs au lieu de carburateurs, que jusqu'ici, il n'a pas été utilisé.

Dans la pratique, par conséquent, on peut admettre que les seuls systèmes de réchauffage employés sont :

- 1° Le réchauffage de l'air avant admission.
- 2° Le réchauffage du mélange admis.
- 3° Le réchauffage local.

Réchauffage de l'air. — Ce système a l'avantage d'être facile à réaliser, et même de permettre une commande aisée de l'intensité du réchauffage de l'air avant son admission.

On imagine aisément les systèmes possibles, soit que l'arrivée d'air dans le carburateur se fasse par une tuyauterie réchauffée extérieurement, soit que la tuyauterie d'aspiration aboutisse à un

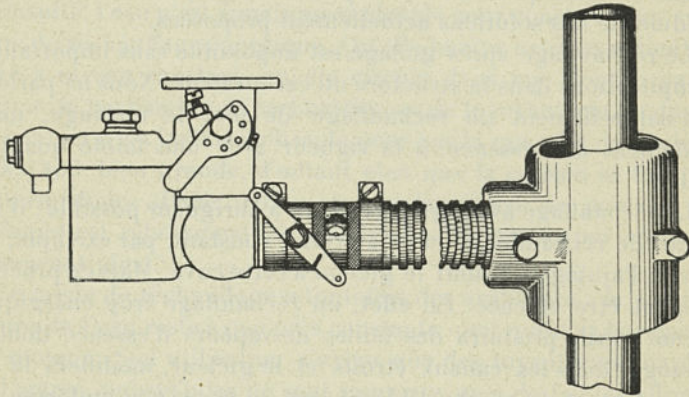


FIG. 180. — Montage d'un système de réchauffage.

manchon entourant une dérivation des gaz d'échappement et dans lequel l'air est réchauffé.

Le premier système est dit à circulation et le second à l'échappement (fig. 180 et 181).

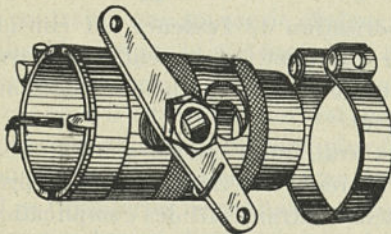


FIG. 181. — Détail du montage du volet.

On peut aussi imaginer un système permettant de faire circuler dans le réchauffeur, quel qu'il soit, une partie seulement de l'air admis : un volet obturera plus ou moins l'entrée d'air froid.

Les réchauffeurs doivent avoir des dimensions assez considérables pour qu'il y ait cession de chaleur en quantité suffisante : ils sont donc toujours encombrants. Cet inconvénient est naturel, si l'on songe d'abord que l'air est un isolant, médiocre agent de transport de la chaleur, et qu'il est réchauffé à travers une paroi.

Le pire inconvénient du réchauffage est de diminuer la quantité d'air admise, et, par suite, de diminuer la puissance du moteur : il est vrai que ceci peut être compensé par une augmentation du diffuseur. Cette solution présente l'inconvénient de fournir soit un mélange trop riche à chaud, soit trop pauvre à froid, et de diminuer la nervosité des reprises.

Réchauffage du mélange admis. — Le réchauffage du mélange paraît a priori plus logique.

Jadis on utilisait des carburateurs comportant une chemise dans laquelle circulait une dérivation de l'eau de circulation.

Actuellement, le plus souvent, le réchauffage des gaz admis est indépendant de l'action du conducteur. Le collecteur d'admission est par exemple noyé dans le bloc des cylindres, contigu par suite aux chemises et participe au réchauffage de tout le bloc.

Fréquemment même, solution très moderne, le collecteur d'échappement est assez rapproché du collecteur d'admission, (et, comme lui, extérieur au bloc) pour pouvoir exercer une action énergique par conduction.

Il est certain que le réchauffage par les gaz d'échappement est très efficace : naturellement, un réchauffage exagéré diminue le remplissage.

Réchauffage local. Condensation dans la tuyauterie. — Il est certain que, dans la tuyauterie, malgré la pulvérisation et la vaporisation, circulent des portions liquides assez importantes. En particulier, on peut tenir pour certain que, en marche normale, se forme une sorte de gaine d'essence au contact des parois, gaine d'épaisseur variable suivant les points et qui se déplace d'un mouvement qui lui est propre, moins rapide que celui de l'air chargé de vapeurs d'essence.

Il était donc logique de chercher, d'abord à réduire ces condensations, et ensuite à en diminuer l'effet par un réchauffage convenablement réalisé.

En particulier, on eut l'idée, en Amérique, de déterminer

expérimentalement les portions du collecteur où les condensations étaient particulièrement abondantes, et de chauffer fortement ces parois. Ce procédé fut même amélioré en dessinant des tuyauteries telles que les condensations soient faciles à localiser; nous citerons, comme exemple caractéristique, les tuyauteries de la nouvelle six cylindres Talbot (1926), dessinées sur les conseils de « Solex », et où le collecteur d'échappement est au contact de celui d'admission au point précis où celui-ci se raccorde avec la portion verticale qui porte la bride du carburateur.

Ce procédé est très intéressant, car ce réchauffage par point chaud (hot spot) est le plus mesuré qui soit; on peut ainsi obtenir une vaporisation à peu près complète de l'essence et même des combustibles plus lourds, sans perdre de puissance, comme il arrive dans tous les autres procédés.

C'est ainsi que l'on envisage actuellement l'utilisation du pétrole et surtout de l'essence dite poids lourd.

Nous pensons donc que le réchauffage local par l'échappement est le procédé appelé au plus grand avenir.

PULVÉRISATION

Nous avons vu que dans tous les cas, quelle que soit la carburation que l'on souhaite réaliser, il est toujours avantageux de chercher à pulvériser l'essence le plus complètement possible. La pulvérisation favorise l'homogénéité du mélange, d'abord par son rôle propre, ensuite parce qu'elle accélère la vaporisation.

Signalons incidemment que, malgré sa faible dimension, le gicleur débite un jet assez violent. En effet, la consommation d'un moteur est couramment de l'ordre d'un centimètre cube par seconde (3 litres 600 à l'heure). Or, la section du gicleur est inférieure à un millimètre carré : pour la consommation indiquée et un gicleur de 1 millimètre carré de section, la vitesse du jet d'essence est de 1 mètre par seconde.

a) La vitesse du jet est une première cause de pulvérisation. En effet, il se brise toujours, plus ou moins vite, contre une paroi et la pulvérisation ainsi réalisée sera d'autant plus parfaite que cette paroi est plus rapprochée du gicleur et que sa direction est plus normale à celle du jet.

C'est ainsi que tous les carburateurs horizontaux constituent, par leur organisation même, un premier dispositif de pulvérisation. En effet, le gicleur est toujours vertical (ou presque vertical), tandis que l'axe de la chambre de carburation est horizontal. Les gicleurs débouchent à la hauteur de la buse dont les parois ne sont pas horizontales puisqu'elles forment étranglement. Le cas le plus favorable à la pulvérisation sera donc celui où le gicleur débouchera exactement à la hauteur de l'étranglement maximum.

Dans les carburateurs munis d'un papillon, il est possible que ce papillon brise un peu le jet d'essence non encore divisé.

b) Diffuseur. — Le diffuseur que comportent presque tous les carburateurs modernes n'est pas autre chose qu'un système de pulvérisation. Certes, il a également une influence sur le débit d'essence au point de vue quantitatif, car il modifie la pression au niveau du gicleur, mais il faut le considérer, avant tout, comme remplissant le rôle de pulvérisateur, bien que la chute de pression déterminée par lui et l'accélération du courant d'air favorisent également la vaporisation.

L'étranglement appelé diffuseur a pour premier effet d'augmenter la vitesse du courant d'air aspiré dans la chambre de carburation. Le choc du courant d'air sur le jet d'essence divisera ce jet de manière d'autant plus parfaite que ce choc sera plus violent, c'est-à-dire que la vitesse sera grande. Au point de vue de la pulvérisation, il y a donc certainement avantage à employer un diffuseur aussi petit que possible. Comme la chute de pression qui en résulte est plus grande, il y a également amélioration dans la vaporisation.

Malheureusement, ceci a un grand inconvénient. On ne peut, en effet, accentuer l'étranglement sans diminuer la quantité d'air admise. Il est donc certain qu'au-delà d'un certain étranglement, quelque parfait que soit le dosage du mélange, la puissance du moteur diminuera. Expérimentalement, on constate que le diamètre du diffuseur ne doit pas descendre au-dessous de 60 % du diamètre de la tuyauterie principale, ce dernier diamètre étant pris au niveau de la chambre de carburation, ou du raccord du carburateur avec le collecteur.

Diffuseurs multiples. — Il semble donc qu'on soit acculé à une impasse : ou améliorer la pulvérisation et diminuer la puis-

sance, ou bien se contenter, avec une puissance élevée, d'une pulvérisation médiocre, c'est-à-dire d'un rendement médiocre.

Rappelons d'abord qu'il existe d'autres modes de pulvérisation dont l'emploi peut se superposer à celui de diffuseur.

Toutefois, il existe un type de carburateur dans lequel le constructeur a trouvé un moyen élégant de tourner la difficulté c'est le Zénith à triple diffuseur (Zénith T. D.) que l'on appelle aussi multiplicateur de dépression, puisque le diffuseur ne remplit son rôle qu'en augmentant la dépression au niveau du gicleur.

Dans le Zénith T. D. il existe trois diffuseurs étagés. Le premier B¹ est constitué par la buse ordinaire. Le second B² plus petit que B¹ est placé de manière que sa partie supérieure soit à peu près au niveau de l'étranglement maximum de B¹. De même le troisième B³ est placé de manière que sa partie supérieure soit à peu près au niveau de l'étranglement de B². On conçoit que la pulvérisation soit alors déterminée par la vitesse du courant d'air qui traverse B³, mais que la quantité totale d'air admise dépende surtout de la buse B¹. (fig. 175).

Il y a même une raison nouvelle d'amélioration du brassage du mélange combustible et de la vaporisation. Dans le choc d'un courant d'air sur une veine liquide, il y a en effet brassage en même temps que pulvérisation. Le diffuseur B³ va donc réaliser un premier mélange pulvérisant l'essence comme nous venons de l'expliquer, mieux que ne l'aurait fait B¹. Mais le mélange débité par B³ est heurté par le courant d'air débité par B²; de même le mélange débité par B² est heurté par le courant principal qui traverse B¹: chaque fois il y a amélioration du brassage et pulvérisation.

Ajoutons enfin que dans les nouveaux carburateurs Zénith ce n'est pas un gicleur qui débouche au niveau de l'étranglement de B³, mais, ainsi que le montre la figure, une série d'orifices qui débitent une émulsion.

c) **Gicleurs pulvérisateurs.** — Nous entendrons par là les dispositifs variés où l'organisation du gicleur facilite la pulvérisation.

I. — Par exemple, on peut imaginer un dispositif analogue aux pulvérisateurs employés sur les moteurs Diésel, rainures disposées suivant les génératrices d'un tronc de cône. Ceci fut réalisé, en particulier, sur les premiers carburateurs Longuemare.

II. — Le gicleur peut se terminer par une sorte de pomme d'arrosoir, c'est-à-dire être constitué par plusieurs tout petits orifices, au lieu d'un seul. C'est le cas, par exemple, du gicleur de ralenti du carburateur Claudel (ancien).

III. — Le gicleur peut débiter une lame très mince d'essence, si l'orifice est une longue fente étroite; c'est le cas du carburateur Vapor par exemple, des anciens carburateurs Sténos, etc...

IV. — Dans les anciens carburateurs Brasier, deux gicleurs étaient disposés de manière à ce que leurs jets se brisent respectivement.

d) Gicleurs à émulsion. — On sait que l'on appelle émulsion un mélange de liquide et de gaz. On imagine que, si la proportion de gaz est suffisante, et le mélange convenablement brassé, le liquide n'existe plus qu'à l'état de bulles à parois plus ou moins minces, et dont la pulvérisation complète sera extrêmement facile.

L'émulsion qui, dans les carburateurs, sera un mélange d'air et d'essence, aura une densité bien plus voisine de celle de l'air que l'essence. En admettant même que cette émulsion ne soit pas pulvérisée, elle constitue avec l'air un mélange plus homogène que l'essence.

Pour réaliser une émulsion, on fera passer simultanément dans un canal étroit le jet d'essence — pulvérisé si possible — et de l'air.

Cette solution, réalisée de multiples façons, est actuellement extrêmement répandue et peut être considérée comme jouant un rôle prépondérant en matière de préparation des mélanges combustibles.

CHAPITRE XX

DOSAGE ET AUTOMATICITÉ

Le problème du dosage du mélange combustible est double :

1° Déterminer, pour des conditions bien définies, quel doit être le dosage du mélange, quelles que soient ces conditions.

2° Réaliser pratiquement, dans la mesure du possible, grâce à des systèmes de carburation convenables, les dosages optimums lorsque varient les conditions d'emploi du moteur.

Nous verrons, en étudiant le problème, que les appareils qui réalisent le dosage doivent être automatiques, et c'est pourquoi nous appellerons *automaticité* cette deuxième partie du problème, en réservant le mot de *dosage* pour la première.

DOSAGE

Qualités du mélange optimum. — Contrairement à une opinion jadis répandue le mélange combustible à fournir aux cylindres n'est pas nécessairement un mélange constant, si commode que soit l'hypothèse.

Pour fixer les idées et rendre les explications plus faciles nous commencerons par définir le mélange parfait, point de comparaison qui nous permettra de parler clairement de la richesse ou de la pauvreté d'un mélange.

Mélange parfait. — Nous appellerons mélange parfait un mélange tel qu'il soit susceptible de brûler complètement sans

résidu d'essence ni d'air. Pour simplifier, nous supposons d'ailleurs, par la suite, que le combustible employé est l'essence.

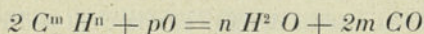
Un tel mélange est parfaitement déterminé si nous admettons que la combustion se fasse suivant la formule théorique, d'après laquelle les produits brûlés ne contiendraient, en outre des gaz inertes de l'air, que du gaz carbonique et de l'eau.

On écrit souvent l'équation de la combustion en supposant que le combustible ne contient que de la benzine $C^6 H^6$. Il n'y a là qu'une approximation grossière, car nous savons que la composition des essences usuelles est à la fois compliquée et variable. Pourtant, on ne s'écartera jamais beaucoup de la vérité en admettant que le mélange théoriquement parfait comporte 1 gramme d'essence pour 15 grammes d'air.

Mélanges pratiques. — L'expérience montre qu'il n'y a pas de combustion complète possible de l'essence, sans un léger excès d'air. Ceci s'explique aisément par l'imperfection de l'homogénéité des mélanges : pour que l'essence brûle complètement dans le temps très court dont on dispose, il faut que chaque molécule de carbone trouve, à son contact immédiat, l'oxygène nécessaire. Ceci n'est possible que s'il y a un excès d'oxygène, c'est-à-dire d'air.

Ce premier résultat nous permet de prévoir que les mélanges économiques seront probablement pauvres par rapport au mélange parfait : il faut évidemment tenter avant tout d'utiliser toute l'essence consommée, sous réserve que d'autres facteurs n'interviennent pas pour diminuer le rendement, c'est-à-dire, en fin de compte, l'économie. Mais il n'est nullement certain que cette combustion complète soit possible.

Influence de la dissociation. — L'expérience montre d'autre part que la combustion ne se fait jamais suivant l'équation simplifiée :



Où m , n , p sont des nombres entiers ($p = 2m + n$) c'est-à-dire où la combustion ne forme que du gaz carbonique et de l'eau.

Des phénomènes de dissociation, de combustion incomplète, et même de synthèse, interviennent, puisque, dans les produits on trouve toujours de l'oxyde de carbone CO , fréquemment du

carbone *C*, parfois de l'oxygène et de l'hydrogène, et même de l'acide cyanhydrique *HCAZ*. Ces phénomènes entraînent toujours une perte de puissance et une diminution du rendement : il paraît établi que les dissociations sont d'autant plus grandes que la pression de compression est plus faible, c'est-à-dire sur un moteur déterminé que le remplissage est plus médiocre.

Influence de la durée de la combustion. — D'autre part, la durée de la combustion a une influence prépondérante sur la puissance et le rendement. Il est toujours avantageux qu'un mélange déterminé brûle le plus rapidement possible, mais une variation du dosage entraîne presque toujours une variation de puissance et une variation de rendement, ces variations étant, dans la limite des dosages ordinaires, de même sens que celle de la richesse du mélange.

Un mélange d'air et d'essence, même parfaitement homogène, n'est combustible que dans des limites bien déterminées ; il faut qu'à 1 gramme d'essence corresponde une quantité d'air comprise entre 8 et 28 grammes d'air. Dans ces limites, on peut admettre que la vitesse de combustion augmente tant que la richesse n'est pas supérieure à 20 % (1 gramme pour 12 gr. 5 d'air), puis qu'elle diminue. Ceci suppose, bien entendu, que chaque mélange est employé avec l'avance à l'allumage qui lui convient le mieux, la préparation physique étant également parfaite.

Mais, quand la richesse augmente, puissance et rendement n'augmentent pas proportionnellement à cette richesse : donc, s'il est toujours préférable, pour obtenir à un régime du moteur la puissance maximum, d'avoir la durée de combustion minimum, c'est-à-dire un mélange riche à 20 % environ, il est tout à fait normal que les mélanges les plus économiques soient moins riches.

Influence de la turbulence. — On sait que la turbulence améliore l'homogénéité et la vitesse de combustion. Or cette turbulence varie avec la vitesse des gaz admis c'est-à-dire surtout avec la vitesse du moteur et aussi avec l'ouverture du papillon.

Il est donc normal que ces éléments interviennent dans la détermination du mélange optimum.

En résumé le nombre et l'influence contradictoire des divers éléments qui peuvent définir, dans chaque cas, le mélange opti-

imum rendent extrêmement difficile de préciser quelle doit en être alors la composition.

Toutefois, nous pouvons affirmer qu'il existe toujours deux solutions extrêmes du problème du dosage, entre lesquelles il faut se maintenir : *la richesse de puissance maximum* et *la richesse de consommation minimum* (rendement maximum).

Richesse de puissance maximum. — Il semble établi de façon à peu près indiscutable, par des expériences récentes effectuées et interprétées en Angleterre par MM. TIZARD et PYE, en Amérique par MM. GOODENOUGH et FELBECK, que le mélange donnant la puissance maximum est riche d'environ 20 % par rapport au mélange théorique, et ceci, *quelles que soient la vitesse et la charge du moteur*. Mais il est également certain que cette puissance maximum subsiste pour un enrichissement de 15 % environ, portant à 35 % la richesse du mélange.

Il y a longtemps d'ailleurs que l'on avait remarqué que ce mélange riche à 20 %, était celui qui brûlait le plus vite.

Certes, il serait hardi de conclure que ce mélange est le mélange de puissance maximum pour tous les moteurs, mais on peut considérer comme pratiquement établi que, *sur un moteur déterminé, le mélange optimum* (de puissance maximum) *a une composition constante, caractérisée par une richesse voisine de 20 %*.

Il est incontestable que le mélange combustible susceptible de fournir la puissance maximum est aussi celui qui procure à l'automobiliste moyen les plus grands agréments, aussi bien parce qu'il permet d'obtenir des vitesses plus élevées que parce que, à chaque allure, la souplesse est plus grande (en admettant l'automaticité des carburateurs).

Certes, il n'est pas le plus économique, mais la consommation d'essence n'entre souvent dans le budget d'une voiture que pour une petite part, et l'on conçoit qu'entre les faibles économies rendues possibles par un mélange économique, et les avantages certains du mélange de puissance maximum, le choix se porte en général sur ce dernier.

Il est donc, en somme, à peu près exact de dire que le rôle du carburateur est de fournir au moteur un mélange de dosage constant. Ceci est même rigoureusement vrai toutes les fois que le réglage du carburateur est dirigé de manière à tirer du moteur sa puissance maximum : c'est précisément ce que réalisent les constructeurs, presque toujours.

MÉLANGES ÉCONOMIQUES

Utilité. — En réalité, le mélange de puissance maximum n'est indiqué que dans le cas où l'on marche à pleine charge, c'est-à-dire où l'on souhaite, à un régime déterminé, tirer du moteur sa puissance maximum.

Il faut reconnaître que c'est là une circonstance assez exceptionnelle, car les circonstances où l'on peut, avec les voitures modernes, donner tous les gaz, sont relativement rares, sauf en côte.

Or, dans tous les autres cas, il serait beaucoup plus naturel d'obtenir des mélanges économiques.

De plus, il existe mainte catégorie de véhicules pour lesquels l'agrément de conduite est tout à fait secondaire : ce sont en particulier tous les véhicules industriels. Fréquemment même, dans un service courant, le propriétaire d'une voiture de tourisme est disposé à faire quelques sacrifices sur les facilités de conduite, afin de réaliser des économies. Il est donc tout naturel que l'on soit conduit à chercher des carburateurs susceptibles de fournir, avec un réglage convenable, des mélanges plus économiques que le mélange de puissance maximum, dans la limite pourtant où l'utilisation fréquente des vitesses intermédiaires n'augmente pas la consommation.

Difficultés d'emploi. — Il faut toutefois se garder de l'excès dans la recherche des mélanges économiques qui présentent de sérieux inconvénients.

D'abord, ils rendent la conduite plus difficile.

Le moteur est plus bruyant, et cogne facilement.

Ensuite, en obligeant à utiliser plus souvent et plus longuement les vitesses intermédiaires, ils peuvent en réalité ne permettre aucune économie, et parfois même seront l'origine d'une augmentation de la consommation.

Enfin, ils font aisément chauffer les moteurs : ils peuvent donc être l'origine d'inconvénients très sérieux et de réparations qui supprimeront l'effet des économies réalisées sur le combustible.

Richesse du mélange le plus économique. — Contrairement au mélange de puissance maximum, le mélange le plus

économique est de composition extrêmement variable. Non seulement il varie un peu d'un moteur à l'autre, mais sur un moteur déterminé, il varie avec la température et surtout avec la vitesse et le remplissage.

Richesse en fonction du remplissage. — Imaginons qu'un véhicule roule à vitesse constante sur une route présentant une pente constamment croissante. En palier, si cette vitesse est assez faible, le papillon des gaz est peu ouvert et le mélange économique doit être assez riche, en raison du mauvais remplissage, pour que le rendement soit satisfaisant.

Au fur et à mesure que la pente augmente, on ouvre davantage le papillon pour maintenir la vitesse constante. L'amélioration du remplissage entraîne l'appauvrissement du mélange le plus économique jusqu'à un maximum qui correspond à peu près au remplissage maximum.

Il est rare que le mélange le plus économique ainsi défini soit pauvre de plus de 15 %, alors que, pour la position du papillon correspondant au mauvais remplissage, le mélange le plus économique est généralement riche, à peine différent du mélange de puissance maximum.

A partir du moment où le remplissage est devenu maximum, si la pente continue à augmenter, la puissance du moteur sera insuffisante à moins que le mélange ne s'enrichisse suivant une loi convenable, puisque l'on ne peut augmenter la charge. Ce moment est généralement tel que l'ouverture du papillon (angle de rotation) est comprise entre huit et neuf dixièmes de son ouverture maximum.

La courbe idéale de fonctionnement d'un carburateur à vitesse constante du moteur, aurait donc la forme ci-contre (*fig. 182*).

Si nous admettons que la dépression varie avec l'ouverture du papillon et dans le même sens, on voit que le mélange convenable ne pourra être obtenu, si pour les grandes ouvertures du papillon, l'essence n'est pas débitée sous une influence autre que celle de la dépression : *le mélange devrait alors être contrôlé par un organe dépendant de l'obturateur.*

Richesse à charge constante. — Nous dirons que la charge est constante lorsque la position du papillon des gaz est fixe. En réalité la charge est alors variable.

Pour qu'elle soit rigoureusement constante, il faudrait que la position de ce papillon fut convenablement modifiée au fur et à mesure que la vitesse varie. Mais alors, il faudrait que la richesse du mélange le plus économique croisse constamment avec la vitesse du moteur, jusqu'à se rapprocher beaucoup de la richesse de puissance maximum pour les grandes vitesses.

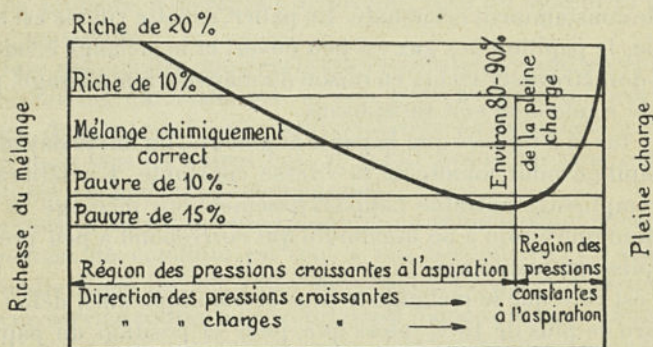


FIG. 182. — Richesse idéale du mélange économique.

Si le papillon reste immobile, la charge décroît quand la vitesse croît. Elle devient faible aux grandes vitesses, si le papillon n'est pas largement ouvert, au point qu'il faut encore une richesse voisine de celle de puissance maximum pour obtenir alors un fonctionnement convenable seulement.

Mélanges vapeur. — Nous avons déjà exposé que les mélanges pauvres pouvaient sans inconvénients être fortement réchauffés et même qu'il n'y avait intérêt à les réchauffer le plus énergiquement possible. L'essence sera donc presque complètement vaporisée : d'où le nom de mélanges *vapeur* qu'on leur donne parfois, et qui tend à disparaître.

Dosage idéal du carburateur. — Il est généralement inutile, quand on n'exige pas du moteur sa puissance maximum, d'avoir un mélange autre que le plus économique. Il apparaît donc souhaitable qu'un appareil nous donne de tels mélanges toutes les fois que l'on n'appuie pas à fond sur l'accélérateur, c'est-à-dire qu'on ne cherche pas la puissance maximum.

Le reste du temps — obturateur grand ouvert — le carburateur devrait donner le mélange de puissance maximum.

Nous avons vu qu'il suffirait de commander alors le débit d'essence par un mécanisme dépendant de l'obturateur.

Pour séduisante que soit une telle conception du carburateur idéal, elle n'en est pas moins une utopie. En effet, nous avons dit que les mélanges économiques n'étaient pas sans inconvénients : ils font chauffer les moteurs, diminuent la souplesse des voitures et celle des moteurs, rendent difficiles, voire même impossibles, les départs à froid, et ne permettent que des reprises molles.

C'est pourquoi l'on ne peut imaginer comme pratique un appareil qui donnerait le maximum d'économie pour les ouvertures incomplètes du papillon et le maximum de puissance pour les grandes ouvertures (pleine charge). Le réchauffage sagement réalisé peut être toutefois un remède à ces divers inconvénients.

Pour exposer la nécessité de l'automatisme, et même les principes de fonctionnement des divers carburateurs, *nous admettrons que le but à atteindre est de réaliser un dosage de mélange constant.*

Entre cette solution et la solution définie plus haut, il y a évidemment une infinité de choix possibles. Une solution moderne permet au conducteur de corriger les mélanges fournis par le carburateur, dans le sens de l'appauvrissement, quand il ne souhaite pas la puissance maximum, le carburateur seul donnant automatiquement un mélange de dosage sensiblement constant. Cette solution ne paraît pas devoir se généraliser ainsi que tout ce qui exige l'intervention du conducteur, quelle que soit sa valeur théorique.

Certains constructeurs toutefois ont tenté de se rapprocher de la caractéristique idéale (Viel, Griffon, etc...).

FONCTIONNEMENT DU CARBURATEUR AUTOMATICITÉ

Insuffisance du carburateur schématique. — Nous savons à peu près exactement à quelles conditions doit satisfaire un carburateur, au point de vue dosage du mélange combustible.

L'expérience, à elle seule, suffirait à prouver que le carburateur schématique composé d'un orifice calibré simple débitant dans un venturi ne peut assurer au mélange une composition convenable, *dans tous les cas*. Elle montre en effet de façon indiscutable, que, si pour un régime déterminé le dosage est satisfaisant, le mélange s'enrichit au fur et à mesure que la vitesse augmente. Ceci n'est que la vérification élémentaire, pratique, d'un fait que nous préciserons plus loin : les lois d'écoulement à travers le diffuseur de l'air et de l'essence débitée par le gicleur ne sont pas les mêmes.

Quel que soit le but que l'on cherche à atteindre, mélange constant de puissance maximum ou mélange économique à dosage variable, un carburateur doit donc comporter des organes supplémentaires, par rapport à l'appareil schématique, organes permettant de corriger le mélange.

Nécessité de l'automatisme. — On a d'abord imaginé que ces organes de correction soient commandés par le conducteur. Nous verrons en étudiant les lois de variation des débits d'air et d'essence avec la pression que la correction devrait être continue, au fur et à mesure que la dépression varie, et nous savons que cette dépression dépend de la vitesse du moteur et de l'ouverture de l'obturateur. Il faudrait donc que le conducteur sut à chaque instant corriger le mélange quand l'un de ces éléments varie, et, pratiquement, ils ne sont que rarement constants. Encore ne faisons-nous pas intervenir la température du moteur (au départ), celle de l'air ambiant, la valeur de l'avance à l'allumage, etc..., qui peuvent faire varier la composition du mélange optimum.

Le seul énoncé du problème compliqué que devrait, à chaque instant, résoudre le chauffeur, montre la nécessité d'employer un autre système; c'est pourquoi les carburateurs modernes sont tous des appareils réalisant *automatiquement* le dosage du mélange, c'est-à-dire sans intervention du chauffeur et sous la seule influence des variations de la dépression.

Certains carburateurs enrichissent le mélange aux grandes allures au moyen d'un dispositif commandé par le papillon : mais ceci ne peut être considéré comme parfait car le moteur peut tourner à des régimes différents pour une même ouverture.

Parfois, les carburateurs automatiques sont pourvus d'un dispositif supplémentaire permettant au chauffeur de modifier la

composition du mélange : mais ce dispositif, appelé correcteur, est prévu pour n'être utilisé que temporairement, dans des circonstances assez bien déterminées.

On peut donc dire, simplement, que tous les carburateurs modernes sont automatiques.

Fonctionnement du carburateur. — Nous avons dit que l'expérience montrait l'impossibilité de se contenter d'un carburateur qui ne comporterait pas de dispositif d'automatisme : une étude précise de son fonctionnement expliquera sans discussion possible ce résultat pratique.

ÉCOULEMENT DE L'AIR A TRAVERS LE DIFFUSEUR

Il est difficile de fixer ici une loi très précise, en raison des difficultés presque insurmontables que présente la mesure exacte des quantités d'air débitées, et en tous cas pas encore vaincues.

En général, on admet que cet écoulement satisfait à la loi de Bernouilli :

$$Q = k s \sqrt{h}$$

où k est un coefficient constant qui ne dépend que de la densité de l'air.

Le débit d'air en fonction de la dépression serait donc une parabole si l'on ne faisait, en appliquant la loi de Bernouilli, deux approximations : on admet d'abord que le fluide qui s'écoule est *incompressible* et ensuite que le régime de débit est *permanent* tandis qu'au contraire l'aspiration est une suite de pulsations.

Il est bien difficile de tenir compte de cette dernière difficulté car les meilleurs auteurs, actuellement, ne sont pas d'accord pour savoir si les écarts maximums avec la dépression moyenne croissent ou non avec la vitesse et la valeur de cette dépression moyenne. Remarquons, d'ailleurs, que les pulsations agissent sur le débit d'essence comme sur le débit d'air, mais, que l'inertie de l'essence étant plus grande, l'effet des pulsations doit être moindre sur le débit d'essence. Si l'on admet que le régime pul-

satoire diminue les débits, il est donc une cause d'enrichissement du mélange quand la vitesse augmente.

Si l'on tient compte de la compressibilité de l'air, même sans connaître la loi de détente, il est certain que le débit réel est plus faible que le débit de Bernouilli, que l'on calcule la vitesse de passage par la loi de Zeuner (détente adiabatique) ou de Navier (détente isothermique).

La loi de Bernouilli ne s'applique qu'à un filet dont la pression serait constante. En réalité, l'air qui passe dans la tuyauterie est soumis à des effets variés qui ne peuvent que freiner son écoulement : frottement des parois, chocs sur les coudes, mouvements tourbillonnaires, etc.

En résumé, nous considérons la parabole comme une approximation de la loi de débit de l'air; la loi réelle s'en écarte un peu, par défaut et d'autant plus que la dépression est plus forte : elle serait donc représentée, pour un orifice déterminé, par une courbe dont la courbure est constamment plus grande que celle de la parabole et dont les ordonnées sont constamment plus faibles (pour une même abscisse).

ÉCOULEMENT DE L'ESSENCE

La loi de Bernouilli — parabolique — paraît à priori s'appliquer davantage à l'essence qu'à l'air, puisque l'hypothèse de l'incompressibilité du fluide est plus exacte.

Mais cette loi sur l'écoulement des fluides ne s'applique qu'à des orifices en paroi mince, hypothèse qui n'est à peu près jamais réalisée dans les carburateurs modernes.

En effet, pour que le dosage du mélange soit satisfaisant, il faut à moins d'artifices rares et compliqués, que l'essence soit débitée par un très petit orifice, dont les dimensions sont telles que la capillarité jouera un rôle important dans le débit. C'est ainsi que Poiseuille fut amené à énoncer la loi qui porte son nom, d'après laquelle l'écoulement d'un liquide par un orifice capillaire serait proportionnel à la dépression sous l'influence de laquelle il se produit : il serait donc représenté par une droite.

Influence de la forme des gicleurs. — Il est impossible de donner ici une loi générale, en raison de l'extrême diversité des dispositifs actuellement employés comme gicleurs.

Le plus commun est un orifice calibré, placé à l'extrémité d'un tube de faibles dimensions, mais non capillaire, ce tube communiquant lui-même avec la cuve à niveau constant par une brève tuyauterie quelconque.

La portion calibrée a une épaisseur variable. Mais, de toute façon, il semble que l'on puisse admettre que de tels gicleurs ont un débit qui s'écarte autant de la loi de Poiseuille que de la loi de Bernouilli : ce débit est donc représenté par une courbe qui est intermédiaire entre la droite de Poiseuille et la parabole de Bernouilli, mais variable avec la forme du gicleur (loi de Delemer).

La longueur de la portion capillaire calibrée paraît notamment avoir une influence assez considérable. Nous empruntons à une étude publiée par M. FINLAYSON, dans *The Automobil Engineer* les figures ci-contre représentant :

1° Un gicleur Amac, avant et après raccourcissement de cette portion (fig. 183), et un gicleur Zénith n° 110 à titre de comparaison.

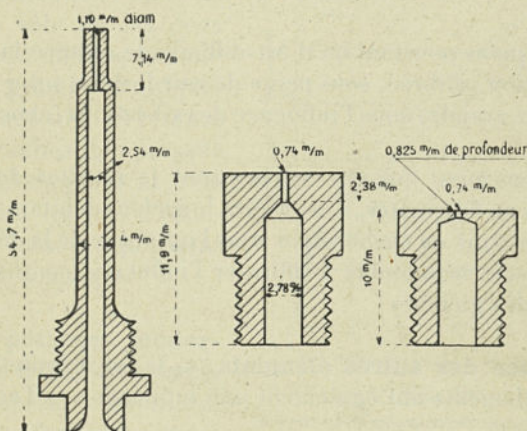


FIG. 183. — Gicleur Zénith 110 et gicleurs Amac (avant et après raccourcissement).

2° Les débits correspondants des gicleurs Amac (fig. 184).

Ces graphiques mettent nettement en évidence la courbure variable des lignes représentant le débit d'essence en fonction de la dépression lorsque le gicleur varie, tout en gardant une forme voisine de celle qui fut longtemps traditionnelle.

A plus forte raison, ces courbes peuvent-elles varier lorsque le dispositif gicleur s'écarte des données classiques, au point qu'elles se rapprochent alors beaucoup de la droite de Poiseuille ou de la parabole de Bernouilli.

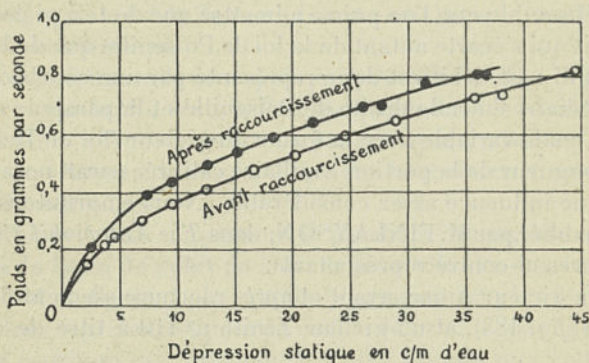


FIG. 184. — Débit des gicleurs Amac.

Remarquons pourtant qu'il est difficile de réduire la longueur de la portion calibrée, sous peine de voir le débit subir des variations assez grandes sous l'influence des vibrations (chocs, cahots, etc...).

Signalons aussi que ces courbes sont le résultat de mesures effectuées au flowmeter, c'est-à-dire le gicleur débitant en charge et non pas dans un carburateur sous l'influence de la dépression : elles suffisent néanmoins à affirmer l'influence considérable de la forme des gicleurs.

Influence des autres éléments. — Il est incontestable que d'autres éléments ont également une influence sur l'écoulement d'essence.

La forme de la canalisation qui amène l'essence au gicleur a une influence suffisante pour que certains carburateurs (Sthénos, Dunlop) aient pu modifier la loi de débit par l'interposition d'obstacles dans cette canalisation.

Surtout, la température ambiante, que l'on peut admettre être celle de l'essence, et la viscosité du combustible — elle même fonction de la température et de la nature du combustible — ont une influence.

L'influence de la température sur l'écoulement d'un combustible donné est assez singulière, car elle est en relation avec la forme du gicleur. Il paraît certain, notamment, que le régime d'écoulement des gicleurs en forme de tubes allongés augmente quand la température s'élève, augmentation assez faible quand il s'agit de l'essence, mais qui ne peut être négligée avec l'alcool ou les solutions alcooliques puisqu'elle atteint 30 % quand la température passe de 0 à 40°.

Les gicleurs à paroi mince paraissent donc plus avantageux pour combattre l'enrichissement des mélanges quand la température augmente, enrichissement produit par la diminution de la densité de l'air admis.

Nous trouvons ainsi une nouvelle preuve que la forme du gicleur a son importance dans l'automatisme du carburateur.

La nature du combustible est naturellement un élément important du débit, aussi bien par sa densité, que par sa viscosité (fig. 185). On sait actuellement prévoir le rôle de ces deux facteurs avec une approximation assez grande. Pratiquement, d'ailleurs, l'essence reste le combustible presque uniquement employé et c'est donc surtout les lois d'écoulement de l'essence qu'il nous importe de connaître.

Les hypothèses modernes sur le débit d'essence.

— De nombreux auteurs ont proposé des formules variées pour représenter les lois d'écoulement du combustible liquide : il est difficile de choisir parmi eux, quelque confiance que l'on ait dans la valeur des expériences ou des considérations sur lesquelles ils s'appuient, tant les éléments du problème sont variables et, par suite délicats à préciser.

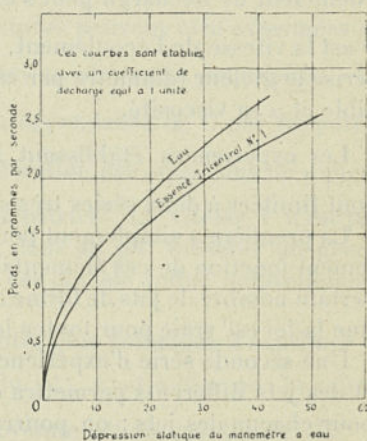


FIG. 185.

Influence de la nature du combustible sur le débit.

L'écoulement des liquides en hydraulique est donné généralement par la formule :

$$Q = CA \sqrt{2gh}$$

où A est la surface de la section contractée, g l'accélération de la pesanteur, h la pression sous laquelle se fait le débit et le C le coefficient de décharge.

Le coefficient de décharge varie largement d'un jet à l'autre. Il n'est même pas constant, pour un jet donné, lorsque le régime d'écoulement varie.

Nous savons aussi que, lorsque l'orifice est un gicleur de carburateur ce coefficient C varie avec la dépression puisque la loi de Bernouilli n'est pas exacte.

Il est généralement peu connu et il est facile d'établir que ce coefficient de décharge peut s'exprimer en fonction de $\frac{vd\rho}{\mu}$, où v est la vitesse de l'écoulement, d un élément linéaire qui caractérise le gicleur (diamètre par exemple), ρ la densité du combustible et μ sa viscosité.

Les expériences établissant la dépendance entre C et $v \frac{d\rho}{\mu}$ sont limitées à deux séries très simples.

La première a simplement pour but de montrer que C est seulement fonction de ces éléments. Lorsque ceci est établi pour un certain nombre de jets de forme caractéristique, on peut admettre que la loi est vraie pour toutes les formes.

Une seconde série d'expériences, faites avec un même liquide et des jets différents permettra de déterminer la forme de la loi pour chacun des jets ; on pourra calculer rapidement, ensuite, l'effet des changements de combustible, de la variation des régimes d'écoulement, de la température, etc...

Par exemple, sur une même figure, on trace les courbes représentant l'écoulement mesuré de liquides déterminés (eau, benzol, essence) en fonction de la dépression, avec un jet déterminé. Dans les expériences rapportées par M. FINLAYSON, (1) les dépressions statiques étaient produites par un ventilateur. On trace d'autre part les courbes théoriques d'écoulement avec un

(1) *The Automobil Engineer.*

coefficient de décharge égal à l'unité, courbes tirées de l'équation

$$W = A \sqrt{2g\sigma\varphi H}$$

où σ est la densité de l'eau (1), H la dépression, φ la densité par rapport à l'eau du liquide employé.

Équation qui se réduit après remplacement de A , g , σ par leurs valeurs connues à

$$W_1 = 0,421 \sqrt{H\varphi}$$

Le rapport des ordonnées des deux courbes donne les valeurs de C , qui peuvent d'ailleurs être calculées directement par la formule :

$$C = \frac{W}{W_1} = \frac{W}{0,421 \sqrt{H\varphi}}$$

Les valeurs de C ainsi déterminées peuvent être exprimées en fonction de $\frac{v d \varphi}{\mu}$ ou d'une fonction de cette expression. La démonstration rigoureuse de la dépendance de C par rapport à $\frac{v d \varphi}{\mu}$ s'effectuerait par la considération des équations de dimension (Kegerreis : Automotive Industries). La vitesse V n'est pas explicitement définie : on peut, dans un jet, mesurer un grand nombre de vitesses et celle qui est choisie influe naturellement sur la forme de la fonction.

Dans la pratique, il est par suite, plus commode d'exprimer C en fonction de $\frac{W}{d\mu}$ (d diamètre du jet), c'est-à-dire que la valeur de v utilisée serait la vitesse moyenne définie par $Q = C A v$.

$$\frac{W}{d\mu} = C \times \frac{\pi d^2}{4} \times v \times \frac{\varphi}{d\mu} = \frac{\pi}{4} C \frac{v d \varphi}{\mu}$$

Le facteur $\frac{\pi}{4}$ ne fait que modifier l'échelle tandis que l'introduction de C modifie la forme de la loi.

Nous donnons ci-contre, d'après M. FINLAYSON les cour-

(1) Si l'on n'emploie pas le système métrique, la densité de l'eau n'est pas égale à 1 et cette formule est proposée par un anglais.

bes représentant ce coefficient de décharge en fonction de $\frac{W}{d\mu}$ dans quelques cas particuliers : les deux gicleurs Amac dont

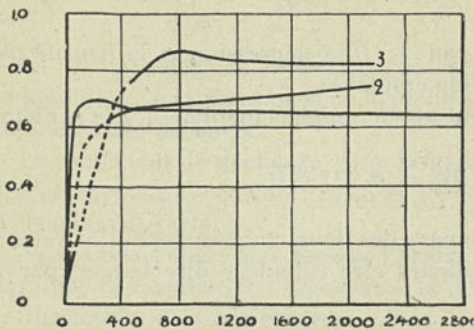


FIG. 186.

nous avons donné déjà les courbes de débit (1).

La caractéristique d'un orifice en paroi mince de 146/100 dans une plaque ayant 75/1000 de millimètre d'épaisseur. (Expérience de M. W. N. BOND) est une courbe tout autre représentée ici en trait constamment plein.

On voit que chaque jet a sa caractéristique, mais que, pourtant toutes les caractéristiques tendent à se rapprocher d'une horizontale, pour des valeurs de W suffisamment grandes, c'est-à-dire en somme pour les valeurs élevées de la dépression (2).

C'est dire que les courbes représentatives tendent à se rapprocher des droites de Poiseuille, mais que, aux faibles allures qui correspondent aux faibles dépressions, le régime de débit peut obéir à des lois assez fantaisistes, puisque C passe parfois par un maximum. Ceci suffirait à expliquer que, au ralenti, il soit généralement nécessaire de faire appel à un dispositif différent de celui qui assure la marche normale.

Cette conception de la représentation graphique du débit, par la caractéristique, ou coefficient de décharge, permet également de déterminer l'influence de la viscosité μ .

(1) M. FINLAYSON lui-même rapporte les travaux de MM. TIZARD et PYE (Angleterre) GOODENOUGH, FELBECK, KEGEREISS (Amérique).

(2) La caractéristique du Zénith 110 ne présente pas de maximum, mais tend vers une valeur constante, comme les autres.

Formules représentant le débit. — Nous citerons parmi les formules proposées la formule dont nous venons de parler :

$$W = C A \sqrt{2 g \sigma \rho (H - e)}$$

où : $h = \sigma \rho (H - e)$;
 σ = densité de l'eau ;
 ρ = densité du combustible ;
 H = dépression mesurée en centimètres d'eau ;
 e = hauteur du gicleur au-dessus du niveau constant.
 Citons encore la formule de Browne :

$$W = m A \sqrt{2 g \sigma \rho (H - e - f)}$$

où m et f sont des constantes convenablement choisies. On admet donc que le coefficient de décharge est constant, et l'on fait intervenir une constante f dite charge de frottement. L'expérience paraît justifier ceci avec une exactitude suffisante : un gicleur Zénith de 115 débiterait avec une charge de frottement $f = 1,86$ centimètre d'eau. Cette charge de frottement devient pratiquement nulle pour les orifices en paroi mince, nous retrouvons les résultats de la formule de Finlayson.

Citons enfin la représentation de Morgan et Wood :

$$W + M = N \sqrt{H}$$

où M et N sont des constantes expérimentales.

Elle représente pratiquement assez bien les faits, bien que sans se confondre avec la représentation de Browne : elle explique également que le débit n'a lieu que pour des valeurs de la dépression supérieures à un minimum :

$$\frac{M^2}{N^2}$$

On démontrerait que la charge de frottement est proportionnelle aux carrés de la viscosité du combustible, et inversement proportionnelle au diamètre du gicleur, que le coefficient constant m de décharge est la valeur minimum constante vers laquelle tend le coefficient variable C de Finlayson.

L'interprétation des coefficients de Morgan conduit aussi à un

résultat simple : le terme additif M est proportionnel aux carrés de la viscosité et du diamètre du gicleur et N à la valeur limite du coefficient de Finlayson.

Conclusion. — Cherchant avant tout une conclusion générale, nous admettrons que la courbe représentative d'un gicleur qui n'est pas en paroi mince est, comme le représente la figure 187, une courbe A intermédiaire entre une parabole et une droite, dont la courbure tend à devenir constante pour les valeurs élevées de la dépression, et qui ne passe pas par l'origine.

La courbe représentative du débit d'air d'un Venturi est une courbe B voisine d'une parabole, à courbure un peu plus grande toutefois. Elle ne se rapproche pas des courbes de débit d'essence.

L'examen des deux types de courbes, tracées sur la même figure, prouve clairement que le carburateur schématic ne peut

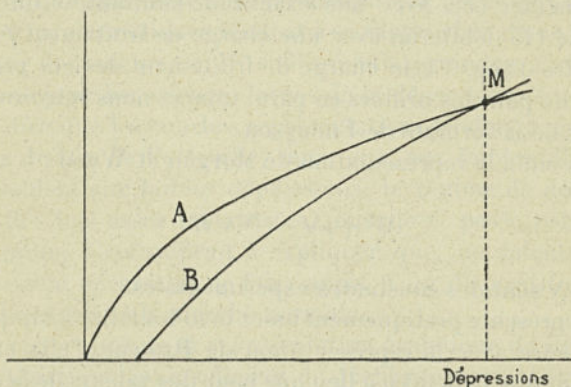


FIG. 187. — Débits d'air et d'essence.

nous fournir un mélange de dosage constant, tel que celui qui correspond à peu près à la puissance maximum. Tout au plus un tel carburateur sera-t-il satisfaisant au voisinage d'une valeur donnée de la dépression, c'est-à-dire pour un régime déterminé du moteur. Les moteurs modernes, avec la souplesse qu'on en exige, ne peuvent s'en contenter.

CHAPITRE XXI

LES CARBURATEURS ET L'AUTOMATICITÉ

Nous avons dit plus haut ce qu'il fallait entendre par automaticité des carburateurs : le carburateur automatique idéal réaliserait à tout instant, sans intervention du conducteur, le mélange désiré.

On conçoit aisément que cette automaticité parfaite soit irréalisable, pour plusieurs raisons :

D'abord, le mélange désiré n'est pas constant : nous avons vu qu'une infinité de solutions sont possibles entre les deux extrêmes : mélange de puissance maximum, et mélange économique. On pourrait imaginer, à la rigueur, qu'un réglage convenable permette d'obtenir à son gré l'un ou l'autre, mais il est permis, et même conseillé, au chauffeur moyen, de désirer tantôt des mélanges économiques, tantôt le mélange de puissance maximum, suivant qu'il se contente d'aller lentement, ou bien au contraire, veut rouler vite : évidemment l'appareil le plus parfaitement automatique ne peut obéir au seul désir du conducteur.

Ensuite, alors même que les causes agissant sur le carburateur sont les mêmes : position du papillon et vitesse du moteur, les conditions de fonctionnement peuvent n'être pas identiques, par exemple parce que la température du moteur, ou celle de l'air ambiant ont varié, ou bien parce que l'on utilise une vitesse intermédiaire et non la prise directe.

Dans la plupart des carburateurs, le dosage du mélange varie avec l'écoulement d'air ou la position de l'obturateur. Il peut être réglé par la dépression dans le collecteur.

Mais, à un régime déterminé d'écoulement de l'air, dans un diffuseur, peuvent correspondre de nombreuses combinaisons de vitesse et de charge du moteur : la richesse du mélange ne peut être correcte que pour une seule de ces combinaisons.

Si le dosage est réglé par l'obturateur, le résultat ne peut être parfait, puisque pour une ouverture donnée, le poids de la charge, donc aussi sa richesse, dépend de la vitesse.

Si enfin la dépression détermine la richesse, peut être est-il possible d'obtenir le mélange économique correct, mais non le mélange de puissance maximum ou réciproquement.

Il est donc non seulement naturel que les appareils actuels ne soient pas parfaitement automatiques, mais encore impossible qu'il en soit autrement.

Représentation graphique. — Nous avons expliqué que l'on pouvait avec une approximation suffisante admettre que l'écoulement d'air dans un venturi était représenté par une courbe *A* et le débit d'un gicleur par la courbe *B* (*fig.* 187).

Supposons que nous voulions réaliser un dosage constant de richesse bien déterminé, la richesse d'un mélange étant le rapport du poids d'essence à 1 gramme d'air. Si l'on employait un carburateur schématique, on sait que la richesse ne pourrait être constante. Il faut donc employer des artifices tels que la courbe obtenue en multipliant les débits d'essence par 12,5 coïncide avec la courbe des débits d'air, pour obtenir le mélange de puissance maximum puisque le mélange optimum est 25 % plus riche que le mélange parfait.

En réalité, nous savons que la caractéristique du carburateur idéal, c'est-à-dire la courbe représentant la richesse du mélange économique n'est pas une droite horizontale.

Si nous représentons cette caractéristique en fonction de la dépression, nous aurons une courbe telle que la courbe *C* de la figure (courbe des rapports économiques (*fig.* 188)). Cette caractéristique même est imparfaite : le carburateur idéal permet un enrichissement du mélange pour les charges maximums imposées au moteur, de sorte que la caractéristique idéale serait une courbe telle que celle de la figure 182.

Pour juger de la perfection d'un carburateur, au point de vue automaticité, il faut donc déterminer sa caractéristique et la comparer à celle du carburateur idéal.

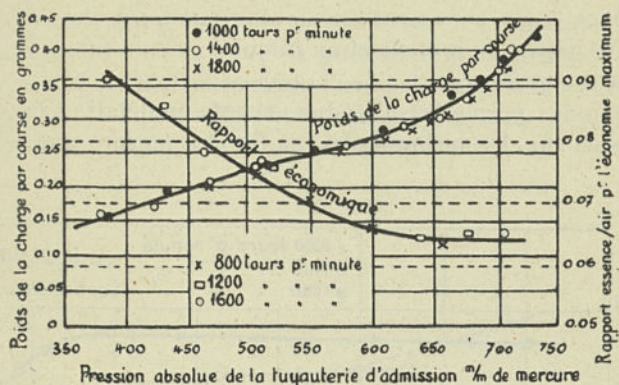


FIG. 188.

Jamais encore on n'a obtenu de caractéristique parfaite : la comparaison donne pourtant des résultats remarquables pour certains carburateurs modernes... peu nombreux d'ailleurs.

Les figures 189 et 190 donnent les caractéristiques obtenues

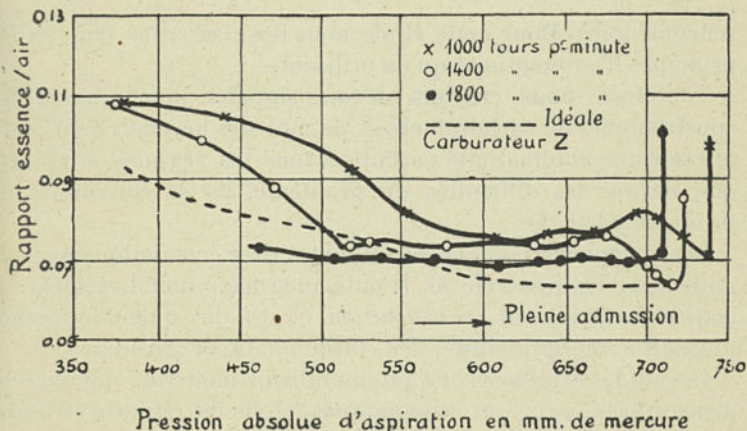


FIG. 189.

au cours d'expériences faites en Angleterre : on a tracé en même temps la caractéristique idéale.

Avant d'étudier les divers principes de construction des carburateurs, qui leur permettent une automaticité plus ou moins satisfaisante, nous étudierons les problèmes particuliers qui se posent :

1° Au départ du moteur et au ralenti.

2° Aux reprises.

Ceci nous permettra d'étudier ensuite en détail, à ces divers points de vue, les carburateurs, au fur et à mesure que nous les

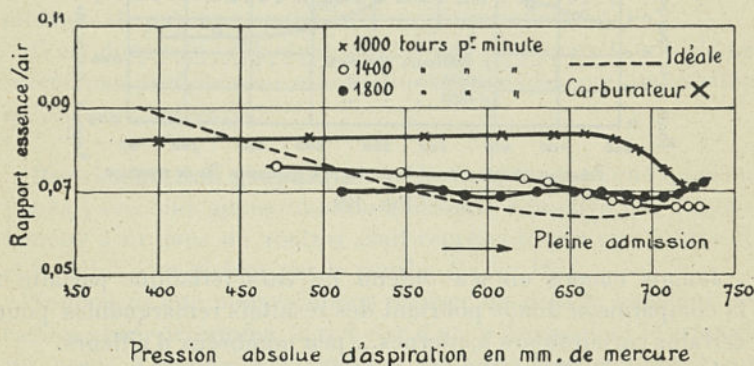


FIG. 190.

rencontrerons. Pour cette étude nous les classerons d'après les principes d'automaticité qu'ils utilisent.

Toutefois, nous croyons devoir signaler que souvent les constructeurs de carburateurs et de moteurs ne cherchent pas à réaliser une automaticité parfaite à tous les régimes, ou plutôt que devant les difficultés du problème, ils se contentent de solutions partielles.

Longtemps on a cherché, avant tout, à tirer économiquement du moteur, aux régimes élevés, la puissance maximum. Les appareils construits donnaient, *en utilisation*, c'est-à-dire quand le moteur tournait à charge réduite, des consommations considérables.

Devant les exigences de l'automobilisme moderne, qui cherche des voitures souples et économiques à tous les régimes et toutes les charges, on est conduit à construire et régler moteurs et

carburateurs de manière à avoir des couples élevés aux faibles régimes, des consommations acceptables à charge réduite, dut-on sacrifier des chevaux aux régimes élevés.

Nous préciserons d'ailleurs cette question en étudiant le réglage des carburateurs.

Mais il convient d'être bien persuadé que les occasions où l'on peut exiger du moteur toute sa puissance étant presque exceptionnelles, il est plus important d'avoir des consommations spécifiques faibles « en utilisation » qu'aux régimes de puissance maximum.

CHAPITRE XXII

DÉPART ET RALENTI

Au moment où un moteur doit être mis en route, le problème de la carburation se pose avec des difficultés toutes spéciales, dans tous les cas où le moteur n'est pas chaud, c'est-à-dire, en somme, n'a pas tourné depuis un certain temps.

Nous savons qu'en période normale les parois des cylindres ont une influence considérable sur la vaporisation, et même les parois du collecteur d'admission. Sur le moteur froid, il est évident que la basse température des parois risque de déterminer la condensation des fractions d'essence qui sont vaporisées sous l'influence de la dépression, surtout en hiver où cette température peut descendre au-dessous de zéro.

Donc, sans préciser exactement la proportion, on peut admettre qu'une notable quantité d'essence est alors à l'état liquide dans les cylindres. La tension de vapeur est faible, c'est-à-dire que le mélange qui entoure la bougie, au moment où éclate l'étincelle, peut être si pauvre qu'il n'est pas combustible. Le moteur ne peut partir.

Pour que le mélange devienne combustible, il faut donc introduire beaucoup plus d'essence que le mélange parfait n'en comporte, afin que le mélange contienne assez de vapeur d'essence pour être combustible.

On conçoit qu'il soit même impossible d'avoir un mélange assez riche, si la vaporisation est trop difficile, c'est-à-dire si le moteur est trop froid. Mais alors, si l'on continue à tourner le moteur,

l'essence s'accumule peu à peu dans les cylindres, bien qu'une partie soit expulsée à chaque échappement, et un moment vient où la tension de vapeur est suffisante pour assurer la combustibilité du mélange. A ce moment, une explosion se produit. Il est possible qu'elle soit seule (une par cylindre) et que le moteur s'arrête, la résistance du moteur étant très grande à froid (huile épaisse, pistons gommés), mais ces premières explosions ont élevé la température intérieure et la situation est ainsi plus favorable qu'au départ : les gaz brûlés résiduels réchauffent le mélange admis, et les parois sont moins froides. En continuant à tourner, on obtiendra plus aisément de nouvelles explosions, jusqu'au moment où, ayant atteint une température suffisante, le moteur partira.

Nécessité de dispositifs spéciaux pour le départ et le ralenti. — Remarquons que la fermeture de l'obturateur, en diminuant la pression qui règne dans le collecteur d'admission, favorise la vaporisation de l'essence qui est presque entièrement vaporisée dans le collecteur ; cet accroissement de la vaporisation facilite la combustion du mélange, malgré les condensations qui se produisent dans les cylindres.

On sait que la dépression est d'autant plus faible que le moteur tourne moins vite. Il est donc naturel, quelle que soit la théorie admise sur l'écoulement de l'essence, qu'il soit utile, sinon nécessaire, d'utiliser des dispositifs spéciaux. En effet, si l'on accepte la loi de Delemer, l'essence ne s'écoule que pour une certaine valeur de la dépression. Pour les valeurs plus petites et même un peu plus grandes, on conçoit que les mélanges soient pauvres s'ils deviennent convenables pour des vitesses bien supérieures, c'est-à-dire des dépressions plus grandes.

Même si l'on accepte la théorie de Finlayson, l'examen des caractéristiques, c'est-à-dire des courbes représentant le coefficient C , montre quelles anomalies présente l'écoulement d'essence aux faibles allures.

Enfin, il faut toujours, en matière automobile, accorder une grosse importance à l'expérience : or, l'étude des carburateurs modernes nous montrera que la très grosse majorité utilise deux dispositifs différents, l'un pour la marche normale, l'autre pour le départ et le ralenti.

De plus, pour le départ, le dispositif qui paraît actuellement

le plus général est d'obstruer complètement l'entrée d'air au carburateur, afin que la dépression sur les gicleurs soit maximum, la position de l'obturateur étant réglée de manière que la dépression se fasse légèrement sentir sur le gicleur principal, ou du moins dans le venturi.

Incompatibilité du réglage de départ et d'un réglage satisfaisant au ralenti, à chaud. — Nous avons expliqué plus haut qu'il était utile, à froid, d'obtenir des mélanges riches : on diminue ainsi la difficulté du départ. Même si l'on dispose d'un démarreur on ne peut lui imposer la nécessité d'avoir à fournir un travail prolongé, qui, répété, décharge rapidement la batterie d'accumulateurs.

Mais, quand le moteur est chaud, il doit être alimenté avec des mélanges corrects se rapprochant par leur dosage du mélange parfait.

Cependant les dépressions, à ce moment, sont les mêmes qu'à froid ; donc, si nul dispositif spécial n'intervient, nous nous heurtons à un dilemme.

1° Ou bien avoir un réglage rendant faciles les départs à froid mais entraînant à chaud un gaspillage d'essence et un mauvais fonctionnement (galop, échauffement et encrassement du moteur).

2° Ou bien avoir un dispositif satisfaisant en temps ordinaire, mais rendant la mise en route pénible, quasi impossible sur un moteur très froid.

Pratiquement, on utilise le plus souvent des dispositifs de ralenti débitant constamment des mélanges riches.

Correcteurs pour le départ. — Pourtant, certains carburateurs modernes ont tourné la difficulté par l'adoption de dispositifs spéciaux : les uns permettent d'enrichir le mélange au moment du départ, si l'on estime la chose nécessaire. Les autres au contraire, permettent d'appauvrir le mélange fourni au ralenti, quand le moteur est chaud.

Ces derniers dispositifs sont connus sous le nom de correcteurs ; ils ne constituent que des cas particuliers d'une catégorie d'appareils, beaucoup plus générale, utilisés sur certains carburateurs modernes et qui utilisent une entrée d'air secondaire.

Les carburateurs actuels tendent plutôt à utiliser le premier système, comme nous l'avons dit plus haut.

Sur les premiers carburateurs Cozette, on avait même prévu dans les appareils trois dispositifs différents :

Un pour la marche normale.

Un pour le ralenti.

Un pour le départ.

La solution, théoriquement et pratiquement excellente, a dû être abandonnée à cause de son prix de revient trop élevé.

CHAPITRE XXIII

LES REPRISES

On entend par reprise, en automobile, l'accélération du moteur lorsqu'on appuie plus ou moins brusquement sur l'accélérateur, c'est-à-dire lorsqu'on ouvre le papillon des gaz.

Nous avons vu combien il était difficile, dans un carburateur, de conserver toujours au mélange, quelles que soient la charge et la vitesse, la richesse la plus convenable ; encore n'avons nous pas envisagé quelles conditions nouvelles allaient être créées par un brusque changement.

Nous avons vu, au chapitre précédent, qu'il était généralement nécessaire d'avoir un dispositif spécial pour le départ et le ralenti.

Tant que l'on n'appuie pas sur l'accélérateur, le papillon des gaz est fermé, c'est-à-dire que la dépression, importante en aval du papillon ne se fait pas sentir en amont, ou peu. Au moment où on ouvre l'obturateur, la dépression agit brusquement, appelant air et essence. Mais l'essence a une inertie plus grande : il faudra donc, pour que le débit normal d'essence s'installe, un temps plus grand que pour le débit d'air, c'est-à-dire que le mélange aura tendance à être pauvre.

Une autre raison existe pour que le mélange soit pauvre au moment de la reprise. Quand on marche au ralenti, c'est-à-dire le papillon des gaz fermé, la dépression dans la tuyauterie, au-dessus (en aval) du papillon, est très grande : la pression absolue tombe souvent à 20 ou 30 centimètres de mercure, en raison du très faible remplissage. Or, en raison de cette faible pression, l'essence s'évapore très facilement, c'est-à-dire qu'elle arrivera

dans les cylindres presque complètement vaporisée, sous réserve naturellement que des parois froides n'aient pas agi sur la vaporisation en sens inverse de la dépression, c'est-à-dire sous réserve que le moteur ait atteint sa température normale de fonctionnement.

Au contraire, en marche normale, le papillon des gaz ouvert, une grosse partie du combustible subsiste dans la tuyauterie à l'état liquide. Même, les condensations sont si importantes qu'il se forme — tous les auteurs actuels sont d'accord sur ce point — une véritable gaine liquide sur les parois, gaine qui se déplace jusqu'aux cylindres. Au moment de la reprise, une partie de l'essence débitée est employée à constituer cette gaine, c'est-à-dire qu'il manque au mélange une partie de son approvisionnement en combustible : il est donc pauvre.

Le temps pendant lequel le mélange sera pauvre dépend surtout de la longueur de la tuyauterie : c'est une des raisons pour lesquelles actuellement on cherche à réaliser des tuyauteries simples et courtes.

Pour faciliter les reprises, les carburateurs modernes disposent généralement d'une petite réserve d'essence, facile à aspirer, qui, le plus tôt possible après l'ouverture du papillon, viendra compenser la pauvreté certaine du mélange.

Néanmoins, sur certains moteurs, les reprises ne seront jamais tout à fait satisfaisantes : il faut en accuser le dessin de la tuyauterie, ou son réchauffage insuffisant... ou même les carburateurs employés.

Dans une bonne reprise, on doit pouvoir appuyer à fond et brusquement sur l'accélérateur sans que le moteur, dans son accélération, témoigne de défaillance. Une irrégularité de fonctionnement, des ratés, des retours au carburateurs sont les indices les plus fréquents de la mauvaise reprise.

Naturellement il faut aussi que la puissance fournie par le moteur augmente immédiatement.

Brusque ralentissement. — Un changement de régime inverse de la reprise, c'est-à-dire la brusque fermeture du papillon, entraîne souvent aussi une marche défectueuse du moteur, momentanément. Cette fois, le mélange est trop riche, mais ceci est impossible à éviter. Pourtant, des inconvénients trop sérieux : ratés, galop, doivent alors faire penser à la nécessité d'un réglage du carburateur.

CHAPITRE XXIV

MISE EN DÉRIVATION

Avant d'étudier les divers principes d'automatisme et le détail des carburateurs qui les utilisent, il convient de connaître les effets de la mise en dérivation, très employée actuellement sur les appareils de carburation les plus divers.

On dit qu'un gicleur est placé en dérivation lorsque la dépression ne se fait pas sentir directement sur lui. Le schéma ci-contre (fig. 191) donne un exemple de gicleur en dérivation.

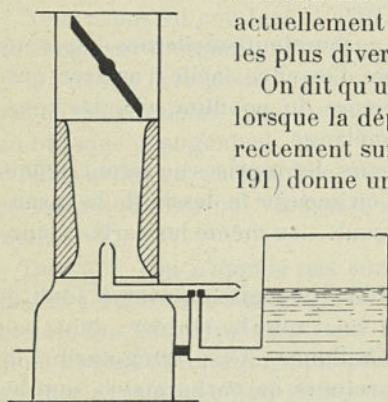


FIG. 191. - Schéma de mise en dérivation.

Nous admettrons que le gicleur se trouve dans une chambre qui communique avec la chambre de carburation par un orifice de surface s et avec l'atmosphère par un autre orifice de surface S .

Dans ces conditions, on peut démontrer que la dépression d qui agit sur le gicleur est à la dépression δ qui agit sur l'orifice s dans le rapport :

$$\frac{d}{\delta} = \frac{S^2}{s^2 + S^2}$$

c'est-à-dire toujours plus petite.

Il semble donc que la mise en dérivation ne constitue pas un principe d'automatisme. Elle permet seulement d'obtenir un

même débit d'essence avec un gicleur de dimensions plus grandes : la loi du débit d'un tel gicleur est d'autant moins voisine de la loi de Poiseuille, et d'autant plus de celle de Bernouilli que l'orifice est moins capillaire. Il sera donc plus facile de réaliser une automaticité parfaite, si l'on admet qu'il y a automaticité parfaite quand les courbes du débit de l'air et du débit d'essence (multiplié par un coefficient convenable) coïncident.

La longueur des portions capillaires doit être assez grande pour diminuer l'influence des pulsations (et celle des cahots) ; elle peut être réduite pour le gicleur en dérivation. La loi de débit d'un orifice en paroi mince est rigoureusement celle de Bernouilli.

Au point de vue de la préparation physique du mélange, la mise en dérivation joue toujours un rôle, sinon prépondérant, du moins très important. En effet, la chambre de dérivation est toujours une sorte de canal assez étroit pour que le passage simultané de l'air et de l'essence forme une émulsion, plus ou moins riche, mais beaucoup plus facile à pulvériser et à vaporiser que le jet liquide débité par un gicleur. Il est évident, par suite, que l'action du diffuseur se produisant sur une émulsion, et non sur le jet, se trouvera considérablement améliorée.

D'autre part, il est certain que la mise en dérivation du gicleur le soustrait dans une large mesure aux pulsations. Ces pulsations, nous l'avons dit, paraissent être une raison de l'enrichissement du mélange fourni par le carburateur schématique. En en supprimant l'effet, on se rapproche donc de l'automaticité.

En réalité, dans le calcul de la dépression d en fonction de δ on ne tient pas compte du débit du combustible, débit qui n'est pas négligeable en raison des faibles dimensions de la chambre de dérivation. Si l'on en tient compte, on peut démontrer (cf. Poincaré : carburation et carburateurs, page 171) que le rapport $\frac{d}{\delta}$ n'est pas constant, mais qu'il décroît lorsque la dépression au col du Venturi augmente. Ceci prouve que la mise en dérivation est bien un principe d'automaticité.

Toutefois, jusqu'ici, aucun carburateur n'a été construit qui n'utilise pas un autre principe.

Au point de vue matériel, la mise en dérivation des gicleurs a permis de rendre plus pratique le démontage des carburateurs, en particulier d'avoir des gicleurs qu'on peut enlever et remonter immédiatement sans toucher à une autre pièce.

CHAPITRE XXV

CARBURATEURS MODERNES

APPAREILS A ADMISSION D'AIR SECONDAIRE OU A AIR ADDITIONNEL

Le mélange débité par le carburateur schématique ayant tendance à devenir trop riche au fur et à mesure que la dépression augmente, il pouvait paraître naturel de l'appauvrir en même temps par une entrée d'air supplémentaire : ce serait le principe d'un carburateur *à air additionnel*.

Mais l'orifice qui permettrait une entrée d'air supplémentaire est généralement ménagé en amont de l'obturateur. Or, la quantité totale d'air admis est déterminée surtout par l'ouverture de cet obturateur, quel qu'il soit, et par son action sur la dépression, car le rapport de la dépression en amont à la dépression en aval dépend de l'étranglement réalisé.

On peut donc admettre que la forme et la dimension des orifices débitant l'air supplémentaire n'ont qu'une faible influence sur la quantité totale admise, qui reste à peu près constante pour une position déterminée de l'obturateur.

Néanmoins, il existe depuis longtemps de tels carburateurs dont l'automatisme est incontestable : le premier carburateur automatique fut le carburateur Krebs, actuellement abandonné, et qui était dit à air additionnel.

Il paraît beaucoup plus logique de penser que l'air qui entre par les orifices supplémentaires, arrivant dans la chambre de carburation, y modifie la dépression, de telle sorte que le débit du gicleur se trouve réduit.

On conçoit que si l'entrée d'air, que nous appellerons secondaire, est elle-même commandée par la dépression dans la tuyauterie, en amont du papillon, mais en aval du Venturi, les modifications de la dépression au niveau du gicleur pourront se trouver réduites de manière que la richesse du mélange reste constante.

Le problème de l'automatisme sera donc résolu si l'on trouve une loi convenable de débit de l'air secondaire en fonction de la dépression.

CARBURATEUR RENAULT

Le plus répandu des appareils à air secondaire est le carburateur Renault.

L'ancien modèle est un appareil à gicleur unique, c'est-à-dire sans dispositif spécial pour le ralenti. Il comporte en outre un obturateur spécial, du type tiroir.

L'organe chargé d'assurer l'automatisme est une sorte de cylindre, accolé au carburateur, communiquant avec la cuve à niveau constant, et appelé dashpot, (*fig. 192*).

Ce dashpot est un cylindre percé d'orifices, à sa partie moyenne, pour le passage de l'air. Il est divisé en deux parties par une soupape *A*, reposant sur des sièges *B*, convenablement disposés : la partie inférieure contient de l'essence et il y règne la pression atmosphérique. La partie supérieure communique avec la chambre de carburation.

La soupape *A* est montée sur une tige à l'extrémité inférieure de laquelle est calé un piston, de faible hauteur et de diamètre légèrement plus petit que celui du dashpot. Sur les modèles anciens, ce piston, mieux ajusté, était percé de trous (*fig. 193*).

Les orifices d'entrée d'air du dashpot sont séparés de l'essence par un tambour fixe qui sert de guide à la tige de la soupape et empêche l'essence de s'écouler, sous l'influence des cahots ou de l'aspiration quand la soupape s'ouvre.

Lorsque la dépression, dans la partie supérieure, est devenue supérieure au poids de la soupape (diminuée du poids de l'essence

déplacée), cette soupape se soulève, laissant passer l'air. Elle se soulève d'autant plus que la dépression sera plus forte, puisque

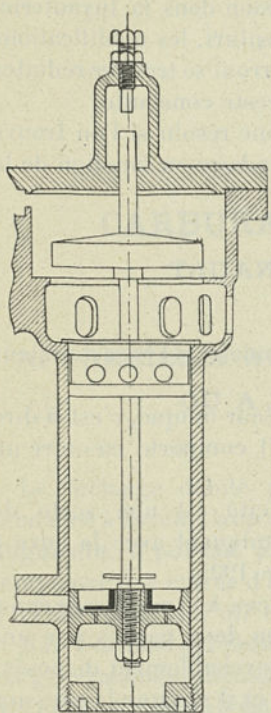


FIG. 192. — Dashpot.

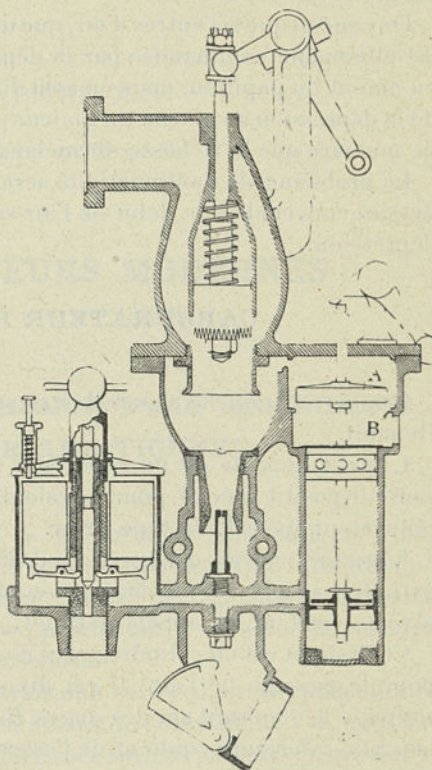


FIG. 193. - Carburateur Renault (anc. modèle).

le poids à soulever augmente, en raison de la diminution de l'essence déplacée.

Le piston calé sur la tige est un véritable frein hydraulique. La soupape ne peut en effet se soulever sans que l'essence passe du dessus au dessous, dans le mince espace qui lui est ménagé. Le dispositif est donc un véritable amortisseur qui supprime les vibrations qui soulèveraient la soupape sous l'influence des chocs ou des variations de pression.

De plus, il y a avantage, au moment des reprises, pour

combattre la tendance à l'appauvrissement, à éviter l'entrée d'air secondaire : elle agit trop tard pour modifier la dépression au niveau du gicleur et l'aspiration d'essence est par suite aussi énergique que possible.

Réglage. — Une vis sert de butée à la soupape d'air secondaire permettant d'en régler la hauteur maximum de levée.

NOUVEAU CARBURATEUR RENAULT

La maison Renault sort actuellement un nouveau carburateur différant, par quelques points importants, du type ancien que nous venons de décrire. Il a été normalement monté sur les 15 CV Type N. O. d'abord, puis sur tous les modèles Renault.

D'abord il comporte un gicleur de débit normal et un gicleur de ralenti, ainsi que la plupart des carburateurs modernes.

L'obturateur à tiroir a été remplacé par un boisseau, qui permet non seulement de régler la charge comme tous les obturateurs, mais aussi de déterminer l'intervention du dispositif de ralenti en ouvrant un conduit spécial (*fig. 194*).

Le principe d'automatisme subsiste, ainsi que sa réalisation pratique. Un obturateur spécial appelé *étrangleur mobile*, permet d'en supprimer l'effet afin d'enrichir le mélange quand on le désire (départ, vitesse maximum),

Enfin le montage et l'accessibilité ont été améliorés : la chambre de carburation avec son diffuseur et l'obturateur font partie du collecteur d'admission fixé au moteur : cuve à niveau constant, gicleurs et dashpot peuvent s'enlever en desserrant un étrier et retirant une goupille.

Une vis de butée réglable permet de régler la fermeture du boisseau pour obtenir un ralenti satisfaisant.

CARBURATEUR SAGA

Dans le carburateur Jarnac (Société Grouvelle et Arquembourg) l'admission d'air secondaire se fait par une série de trous obturés aux bas régimes par des billes en laiton, et ménagés à la base

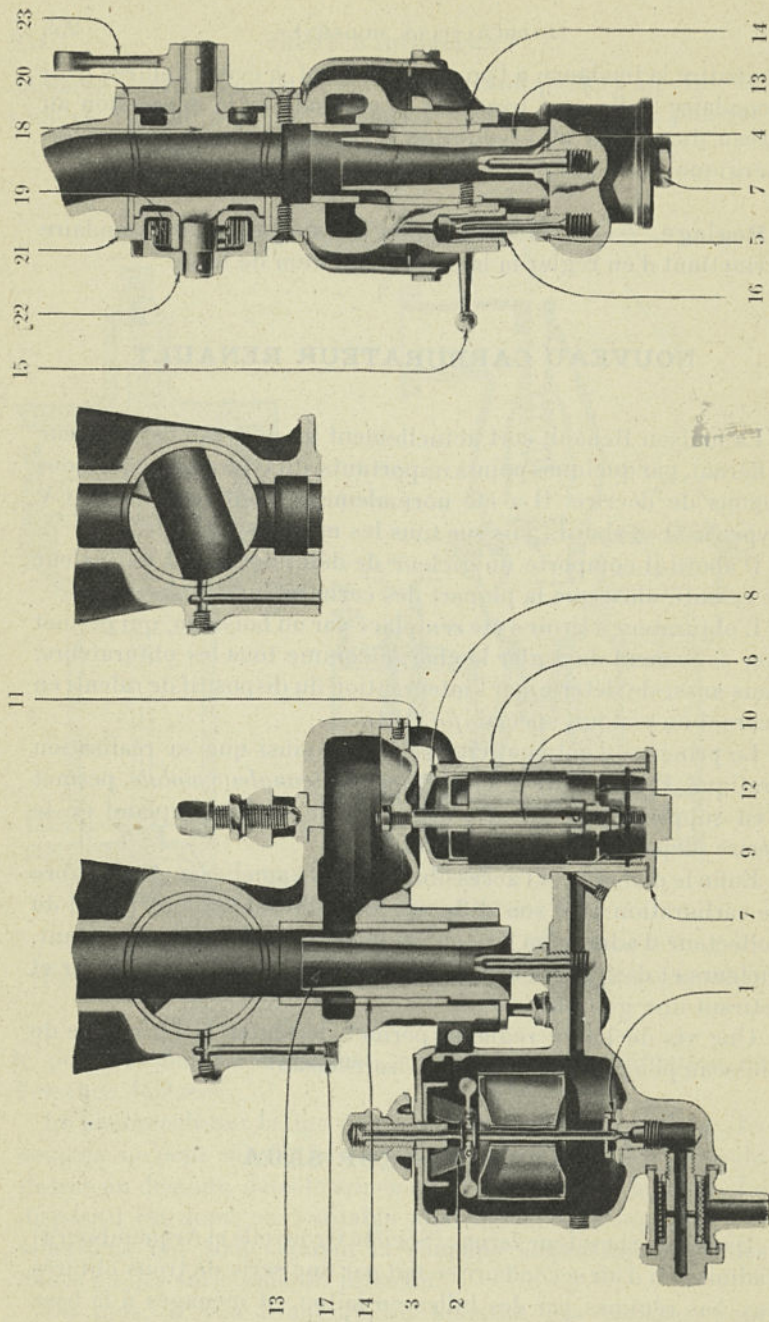


Fig. 194. — Nouveau Carburateur Renault.

L'étrangleur à la position « marche ».

Bolsseau à la position du ralenti.

L'étrangleur à la position « départ ».

d'un espace annulaire réglable compris entre le diffuseur et un autre diffuseur concentrique au premier et appelé contre-diffuseur (fig. 195).

Le carburateur revendique entre autres avantages celui d'offrir à l'air une section de passage supérieure à celle qui existe sur les autres carburateurs et prétend augmenter ainsi la puissance. De plus, l'admission d'air secondaire, s'opérant annulairement, tend à isoler des parois le mélange riche débité par le diffuseur principal et à éviter ainsi les condensations d'essence.

Il est très facilement démontable.

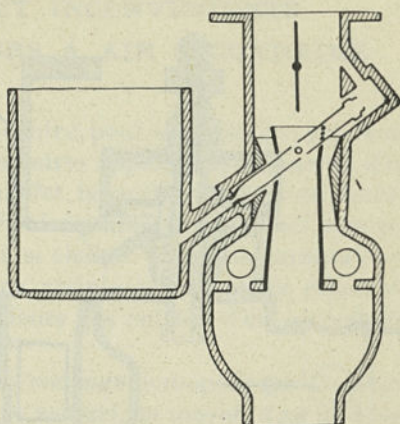


Fig. 195. — Schéma du carburateur Saga.

AUTRES CARBURATEURS

Divers carburateurs existent encore dont l'automatisme est assurée par une entrée d'air secondaire.

Citons entre autres le Stromberg (monté sur les tracteurs Jeffery) et le Pierce Arrow.

Fig. 194. — Nouveau Carburateur Renault.

- | | |
|---|---|
| 1. Siège du pointeau. | 13. Diffuseur. |
| 2. Support des leviers à bascule. | 14. Etrangleur. |
| 3. Etrier de fixation du couvercle. | 15. Bouton de commande de l'étrangleur. |
| 4. Gicleur de grand débit. | 16. Orifice annulaire du ralenti. |
| 5. Gicleur de ralenti. | 17. Conduit de ralenti. |
| 6. Corps de prise d'air additionnel. | 18. Boisseau d'accélérateur. |
| 7. Bouchon inférieur du corps de prise d'air additionnel. | 19. Ressort spirale de rappel du boisseau d'accélérateur. |
| 8. Guide de soupape d'air additionnel. | 20. Couvercle de collecteur d'admission portant vis de réglage. |
| 9. Piston amortisseur de soupape d'air additionnel. | 21. Couvercle de collecteur côté moteur. |
| 10. Tige de soupape d'air additionnel. | 22. Plateau de réglage du ressort de rappel de boisseau. |
| 11. Fenêtre de passage d'air additionnel. | 23. Levier de commande d'accélérateur. |
| 12. Rondelle-clapet du piston amortisseur. | |

Dans le premier (*fig. 196*), l'orifice d'entrée est commandé

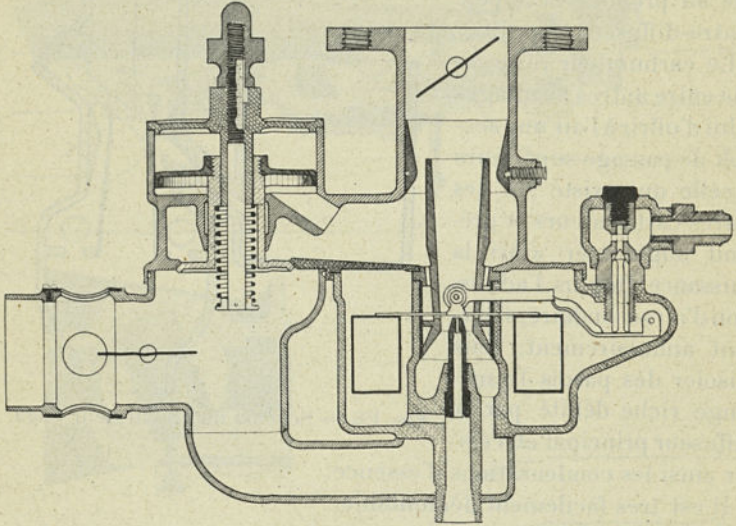


Fig. 196. — Carburateur Stromberg (ancien modèle).

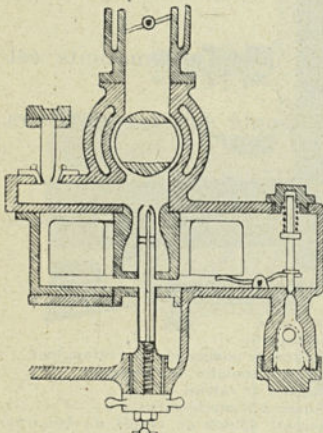


Fig. 197.
Carburateur Pierce-Arrow.

par une soupape double, maintenue par un ressort : les actions de la dépression sur les deux champignons s'effectuent en sens contraire, ce qui tend à freiner les déplacements de cette soupape.

L'orifice d'air secondaire du Pierce Arrow (*fig. 197*) est commandé par des lames métalliques dont l'élasticité joue le rôle du dispositif de freinage des autres carburateurs.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES CARBURATEURS A AIR SECONDAIRE

1° Il semble que l'air y rencontre, pour son passage, une résistance plus faible que dans les autres appareils à admission d'air unique. Dans ces derniers, en effet, la section rétrécie du venturi doit être assez faible pour que pulvérisation et vaporisation soient satisfaisants, même au ralenti en charge. Dans les carburateurs à air additionnel on peut sans crainte accentuer cet étranglement, si l'on ménage par ailleurs des entrées d'air secondaire suffisantes.

2° On réalisera aisément un mélange homogène par brassage du mélange riche débité par le venturi, au moyen d'un courant d'air secondaire.

3° Au moment d'une reprise, la dépression au niveau du gicleur est seulement celle qui résulte de la multiplication du venturi, puisque l'inertie du dispositif d'air secondaire est telle qu'il n'a pas le temps d'agir. Ceci corrige donc, dans une certaine mesure la tendance à l'appauvrissement : sur les autres carburateurs automatiques, le principe d'automaticité agit toujours.

Malheureusement, les organes mécaniques qui commandent les orifices d'air secondaire sont parfois compliqués, ou difficiles à régler et surtout sont susceptibles de ne pas fonctionner, par encrassement ou gommage, par exemple. Les ressorts, s'il y en a, peuvent s'affaiblir. Les frottements à vaincre ne sont pas constants et les pièces s'usent rapidement.

Pratiquement, il semble que les reprises soient généralement molles, et les consommations un peu supérieures à celles qui sont permises par certains autres carburateurs.

CORRECTEURS ET ÉCONOMISEURS

Nous pouvons considérer ces deux types d'appareils comme des admissions d'air secondaire commandées par le conducteur, mais avec cette différence que le correcteur est une véritable prise d'air secondaire débitant dans la chambre de carburation,

en amont de l'obturateur et en aval du venturi, tandis que l'économiseur débite dans le collecteur d'admission.

Commandés par le conducteur, ces appareils permettent donc d'appauvrir le mélange quand on le désire, c'est-à-dire à tous les instants où, ne cherchant pas à tirer du moteur sa puissance maximum, leur emploi permet de régler, sans arrière-pensée, un carburateur, de manière à réaliser le mélange riche qui donne la puissance maximum, puisque l'on pourra l'appauvrir à volonté pour marcher plus économiquement. On conçoit qu'un conducteur habile et méthodique puisse tirer de cet appareil les plus grands avantages, sans toutefois espérer obtenir ainsi le maximum d'économie, qui exige un réglage différent du carburateur.

Pourtant, il y a lieu de les considérer différemment. Le correcteur conserve au carburateur son automaticité, au moins de manière approchée : la dépression qui agit sur lui augmente avec la dépression au niveau du gicleur et réciproquement. Il nécessite une commande spéciale.

L'économiseur, lui, peut agir en sens contraire. En effet, nous savons qu'il est possible que la dépression dans le collecteur d'admission diminue quand augmente la vitesse de rotation du moteur et l'ouverture du papillon, c'est-à-dire la dépression au niveau du gicleur. Dans ce cas, l'économiseur agit en sens contraire du sens souhaité, d'autant moins efficace que le mélange a plus de tendance à s'enrichir.

Il possède, il est vrai, un avantage incontestable sur le correcteur : c'est d'être utilisable dans les descentes, évitant la dépense excessive d'essence, et les remontées d'huile, inévitables quand l'obturateur est fermé et que néanmoins le moteur tourne vite.

Mais n'est-il pas plus simple d'arrêter le moteur en passant au point mort? Au point de vue fonctionnement du moteur, et économie, ceci est certainement préférable; on se prive ainsi, il est vrai, de l'effort utile du moteur pendant le freinage (voir : *frein moteur*).

CARBURATEUR ZÉNITH

PRINCIPE DU COMPENSATEUR

Supposons que nous voulions obtenir un mélange constant de richesse r , c'est-à-dire que pour un gramme d'essence le mélange contient :

$$15(1-r)$$

grammes d'air.

Ceci suppose que le mélange théorique a pour richesse 1 et que r définit la quantité d'essence supplémentaire que contient

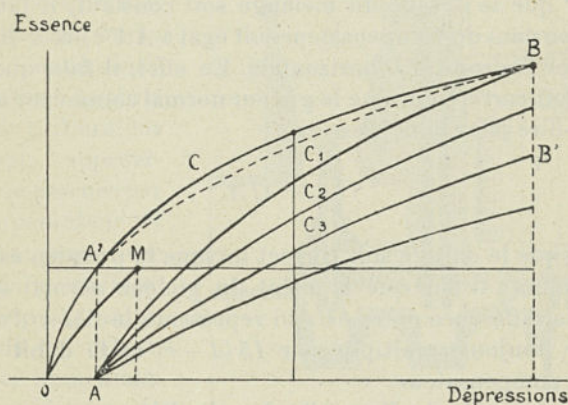


FIG. 198.

le mélange souhaité par rapport à ce mélange théorique. Par exemple un mélange riche à 20 % ne contient que les 80 centièmes de 15 grammes d'air pour 1 gramme d'essence.

Traçons sur un graphique la courbe représentant le débit d'air d'un venturi en fonction de la dépression dans le collecteur d'admission. Admettons pour simplifier que ce soit une parabole (loi de Bernouilli) (*fig. 198*).

Traçons sur ce même graphique les courbes représentatives des débits d'essence d'une série de gicleurs de diamètres différents, ces débits étant multipliés par le nombre de grammes d'air qui,

dans le mélange constant que nous voulons obtenir, correspondent à 1 gramme d'essence, soit

$$15(1 - r).$$

Nous savons que ces courbes passent par un point A différent de l'origine et qu'elles ont une courbure différente de celle qui représente les débits d'air.

Le principe du compensateur imaginé par M. Bayeray en 1905 est le suivant : au gicleur normal on adjoint un autre gicleur, dit *compensateur*, dont le débit est à peu près constant à tous les régimes du moteur.

Soit h la dépression maximum qui puisse exister dans le collecteur, correspondant à un débit d'air représenté par hB .

Pour que le dosage du mélange soit constant, il faut que le débit constant du compensateur soit égal à AA' c'est-à-dire représenté par la droite $A'D$ horizontale. En effet, il faut que ce mélange soit correct dès que le gicleur normal commence à débiter, c'est-à-dire pour la dépression

$$h_1 = OA.$$

Pour que le dosage soit correct lorsque la pression est égale à h maximum), il faut que le débit du gicleur normal soit alors égal à la différence entre hB qui représente le débit d'essence à réaliser (toujours multiplié par $15(1 - r)$ et le débit constant AA' du compensateur.

Donc, à partir de B , sur l'ordonnée Bh , nous porterons une longueur BB' égale à AA' et le gicleur normal du carburateur sera celui dont le débit est représenté par la courbe AB' . On voit que, lorsqu'on se donne la courbe des débits d'air, la dépression maximum dans le collecteur et la dépression à partir de laquelle se produit le débit d'essence, le gicleur normal et le compensateur sont déterminés. Mais cette courbe et ces dépressions sont eux-mêmes déterminés par les dimensions du venturi, le dessin du collecteur et la forme des gicleurs employés.

CARBURATEURS ZÉNITH ANCIEN MODÈLE

Dans le diffuseur débouche un double gicleur. Le premier, gicleur principal ou central, est aussi le gicleur normal dont nous venons de préciser rôle et dimensions.

Le deuxième est annulaire, concentrique au premier, et chargé de débiter l'essence qui lui est fournie par le compensateur, émulsionnée par une petite quantité d'air venant du dispositif de ralenti (*fig. 199*).

Le carburateur Zénith comporte un dispositif spécial pour le ralenti. Ce dispositif est une sorte de puits accolé au carburateur principal, approvisionné en essence par le compensateur et communiquant avec le gicleur annulaire. Dans ce puits, un gicleur dit de ralenti est placé immédiatement au-dessus du niveau de l'essence,

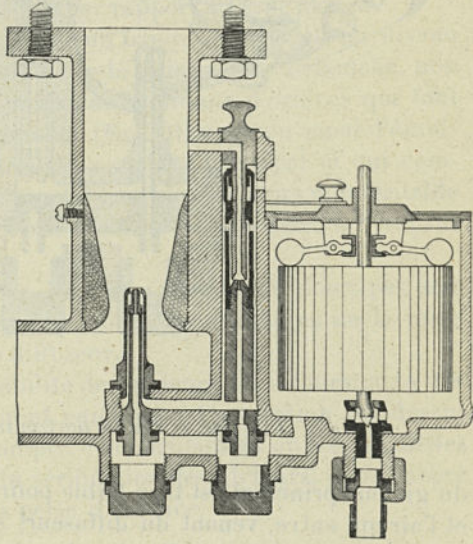


FIG. 199. — Zénith vertical (ancien).

et vissé sur un bâti spécial (*fig. 200*). Immédiatement au-dessus du gicleur débouche une étroite canalisation qui s'en va d'autre part déboucher dans la chambre de carburation immédiatement au-dessus du papillon des gaz quand il est fermé. Des orifices d'entrée d'air — réglables sur la plupart des modèles anciens — permettent à l'air d'entrer dans le puits et de former avec l'essence débitée par le gicleur une émulsion riche dans la canalisation. Sur certains types de Zénith la hauteur relative de la canalisation et du gicleur était réglable.

Au ralenti le papillon des gaz étant fermé, la dépression qui règne dans le collecteur, très grande, ne peut se faire sentir que

dans le dispositif de ralenti. Même si le papillon n'est pas complètement fermé, et ceci est fréquent (une vis de butée réglable interdisant alors la fermeture complète) la dépression au niveau

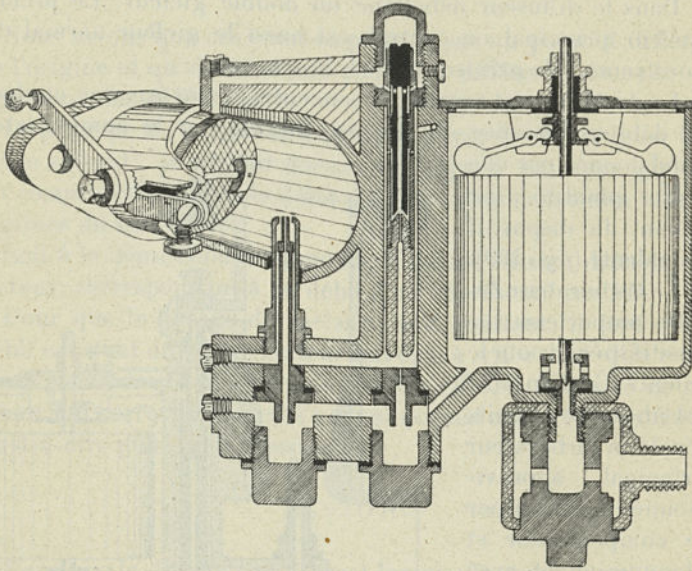


FIG. 200. — Zénith horizontal (ancien).

du gicleur principal est trop faible pour lui permettre de débiter et l'air qui entre, venant du diffuseur, se mélange à l'émulsion riche débitée par la canalisation de ralenti.

Reprise. — Au moment de la reprise, la dépression se fait brusquement sentir sur le gicleur principal et l'on sait que, sans artifices spéciaux, le mélange débité est alors trop pauvre, aussi longtemps que l'essence n'a pas atteint son régime normal d'écoulement. Mais ici nous disposons d'une réserve d'essence facile à débiter, celle qui est contenue dans le puits, le gicleur annulaire et la canalisation qui les réunit. Cette réserve, aspirée dès le début de la reprise assurera au mélange, à ce moment, une composition satisfaisante au moins, sinon optimum.

En marche normale enfin, au débit du gicleur normal s'ajoute le débit du gicleur annulaire qui amène l'essence du compensa-

teur avec un peu d'air venant du puits où il pénètre par les orifices ménagés à la partie supérieure. Nous avons vu que ceci permet de réaliser un dosage constant, automatiquement.

NOUVEAU CARBURATEUR ZÉNITH OU ZÉNITH T. D. A GRANDE DIFFUSION

La société Zénith livre actuellement des carburateurs présentant de notables modifications par rapport au type ancien.

Le diffuseur est remplacé par un triple venturi; et, au niveau de l'étranglement du troisième — le plus petit — débouche, non plus le gicleur annulaire, mais une couronne d'orifices qui font communiquer cet étranglement (*fig. 201*) avec un canal d'émulsion, au fond duquel se trouve le gicleur principal et qui communique avec le puits. Ce canal d'émulsion est alors une véritable dérivation avec double arrivée d'essence et arrivée d'air (venant des orifices du puits).

Le nouveau carburateur Zénith n'abandonne donc pas son principe d'automatisme, mais y ajoute les avantages de la mise en dérivation et du triple diffuseur.

Au point de vue accessibilité des gicleurs, ce carburateur a été également très notablement amélioré : l'inspection du dessin suffit pour s'en rendre compte. Non seulement on a simplifié les opérations nécessaires à la vérification des gicleurs, mais encore on peut les effectuer sans perte d'essence.

CORRECTEUR

Les carburateurs Zénith modernes peuvent être livrés avec un correcteur, et même le sont toujours, le correcteur n'étant supprimé que sur la demande des clients.

Le correcteur commande deux entrées d'air, une pour la marche normale et une pour le ralenti, le ralenti comporte d'ailleurs naturellement une autre entrée d'air réglable.

Le fonctionnement de ce correcteur est le suivant :

A la position *départ*, les deux orifices : ralenti et marche normale, sont fermés.

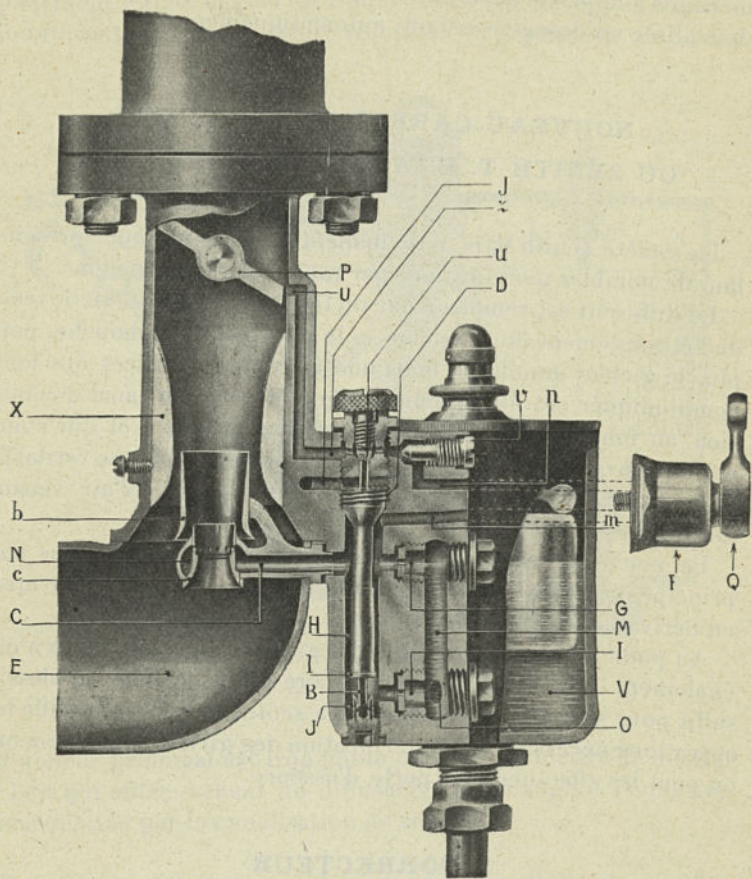


Fig. 201. — Nouveau carburateur Zénith.

V Cuve à niveau constant.
 I Compensateur.
 G Jet.
 J Puits.
 j Trou.
 H Espace annulaire.
 c Cône de diffusion.

C Canal.
 F Correcteur.
 Q Levier de commande du correcteur.
 B Tube de ralenti.
 v Vis de réglage.
 U Tranchée du papillon.
 u Portion calibrée du cube D.

A la position *normal*, l'orifice du correcteur destiné au ralenti est ouvert, celui qui est destiné à la marche normale étant fermé.

A la position *pauvre*, les deux orifices sont ouverts : ainsi une nouvelle entrée d'air se produit dans la canalisation d'émulsion, diminuant le débit du gicleur normal, mais ne modifiant pas l'automatisme. Le ralenti reste en communication avec l'air.

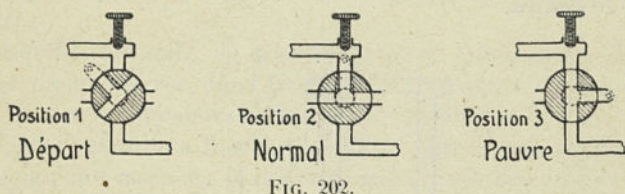


FIG. 202.

Le correcteur n'est en somme qu'un robinet à trois voies dont le fonctionnement est schématisé par la figure 202.

Prise d'air. — Il a été prévu en outre par la maison Zénith des prises d'air à obturation pouvant se substituer aux prises d'air livrées normalement.

Ces organes sont utilisés pour obtenir une mise en route facile par grands froids, ou bien lorsqu'on utilise un combustible lourd.

Le volet ou la bague de fermeture peuvent être conjugués avec le levier de commande du correcteur (*fig. 203*).

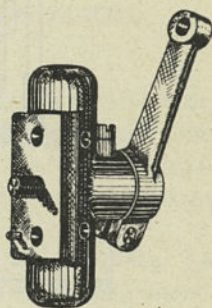


FIG. 203.

CARBURATEURS A PUITIS

Il ne faut pas confondre avec le carburateur Zénith certains carburateurs dont le schéma paraît, à première vue, à peu près identique, comme les appareils Panhard et Lacharnay.

CARBURATEUR PANHARD

Le carburateur Panhard comporte un puits dans lequel un gicleur de ralenti débite dans la canalisation d'émulsion qui débouche au-dessus du papillon fermé. Mais ce puits n'est pas alimenté par un compensateur : là, réside la grosse différence avec le Zénith.

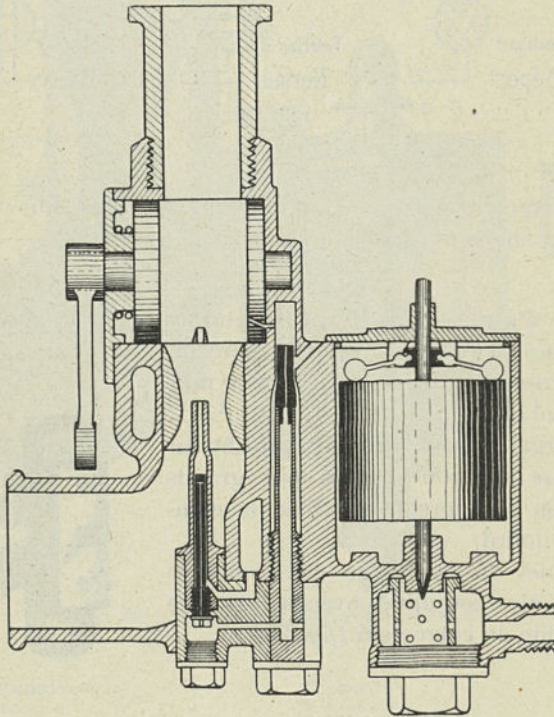


FIG. 204. — Schéma du carburateur Panhard.

Le gicleur est encore double, mais ici c'est le gicleur annulaire qui est principal. Plus exactement ce gicleur annulaire n'est pas autre chose qu'un puits approvisionné par un gicleur noyé, c'est-à-dire placé au-dessous du niveau de la cuve à niveau constant.

Le gicleur central, est un tube fermé à son extrémité et qui comporte une couronne d'orifices très petits par lesquels il est rempli d'essence, car le niveau d'essence dans le gicleur annulaire est supérieur à la hauteur de ces orifices. Par une canalisation spéciale, ce gicleur annulaire communique avec le puits (*fig. 204*) qui est donc approvisionné en essence, par ce trajet compliqué en apparence, à partir d'un gicleur normal noyé.

Aux reprises, l'essence du puits et du gicleur annulaire est débitée.

En marche normale, le gicleur central débite une faible quantité d'air, aspirée dans le puits qui comporte à sa partie supérieure un ou plusieurs orifices d'entrée d'air.

Peut être est-il bien hardi d'admettre que cet air détermine un freinage de l'essence : plus exactement, c'est une entrée d'air secondaire qui assure ainsi l'automatisme qui, pour une large part, est due au noyage du gicleur.

Ce noyage, nous le verrons plus loin, est un principe d'automatisme qui, à lui seul, peut permettre à un carburateur d'assurer un dosage constant.

NOUVEAU CARBURATEUR PANHARD

Dans ce carburateur, monté en particulier sur la 16 CV 1925, (type SK4E3 — SB¹P. E. S.), le puits du ralenti est alimenté directement par la cuve à niveau constant. Un gicleur de ralenti noyé débite alors l'essence : une réserve d'essence existe ainsi au départ, au-dessus du gicleur facilitent la mise en route.

Un correcteur règle l'unique entrée d'air dans le puits. Le gicleur annulaire et le gicleur central subsistent sans changement. Rien n'est changé à la reprise.

Mais, en marche normale, le gicleur central débite non seulement une certaine quantité d'air, venant du puits, et réglable par le correcteur, mais encore l'essence qui s'écoule dans le puits par le gicleur de ralenti qui est noyé. Ce gicleur de ralenti fonctionne donc alors comme un véritable compensateur, de sorte que l'automatisme est assurée aussi bien par compensation que par noyage du gicleur.

A ce carburateur est accolé un deuxième carburateur, qui

n'intervient, grâce à une commande convenable de l'obturateur, que lorsque l'on désire obtenir une puissance plus grande. Les deux carburateurs sont réunis sur un même corps principal, avec un flotteur unique.

CARBURATEUR LACHARNAY

Le puits du ralenti est alimenté à partir du gicleur principal, par une canalisation qui le réunit au puits de marche normale.

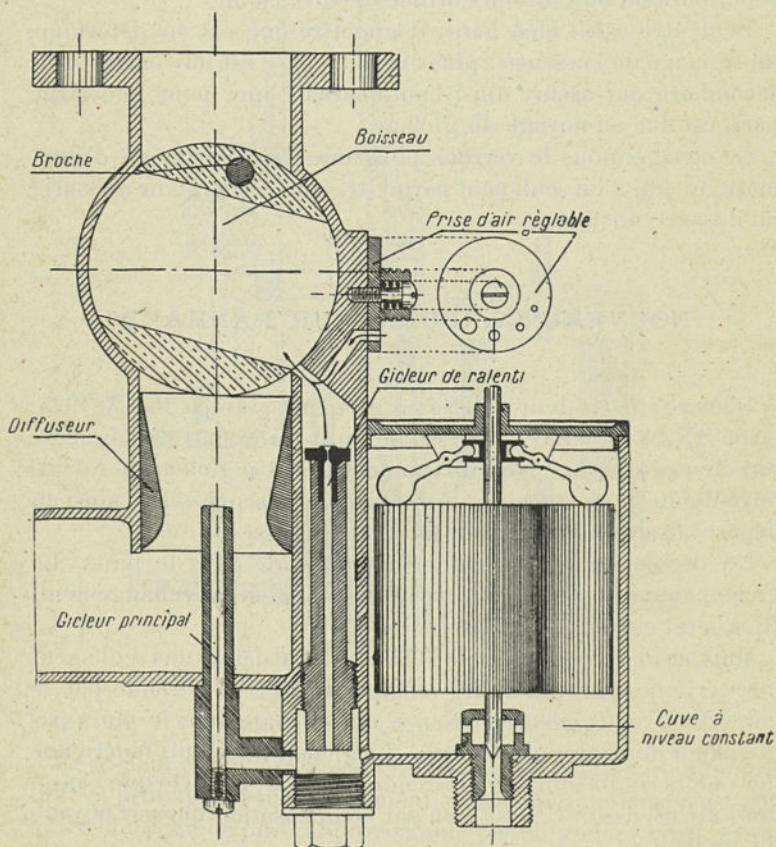


FIG. 205. — Schéma du carburateur Lacharnay.

Le gicleur normal est noyé : c'est là sans doute le principe d'automatisme du Lacharnay (*fig. 205*).

La reprise est assurée grâce à l'essence qui remplit les puits au-dessus du gicleur.

En marche normale, le dispositif de ralenti débite dans le puits de marche normale un peu d'air qui évidemment, joue un double rôle : il en résulte une sorte de mise en dérivation du gicleur et il y a émulsion de l'essence.

ÉPURATEURS D'AIR

On commence actuellement à comprendre l'intérêt qui s'attache à l'épuration de l'air, réalisée d'abord en Amérique. Des expériences scientifiquement conduites paraissent avoir prouvé que l'épuration de l'air diminuait notablement l'usure d'un moteur, en le soustrayant à l'action nocive des poussières en suspension dans l'air admis.

On sait, par ailleurs, que la suppression des poussières ne peut être que fort avantageuse au point de vue alimentation et particulièrement remplissage, en réduisant les tourbillons. Donc l'épuration d'air présente des avantages : les épurateurs, malgré l'obstacle qu'ils apportent au passage de l'air, ne diminuent pas la puissance de moteurs bien établis, ou seulement dans des proportions très faibles. On n'en peut dire autant, en général, de la consommation qui se trouve nettement augmentée, sauf par quelques rares appareils.

Les épurateurs employés jusqu'ici sont de trois catégories différentes : les filtres, les épurateurs humides et les épurateurs mécaniques.

Le filtrage obtenu par les appareils de la première catégorie est naturellement excellent ; on peut employer des dispositifs filtrants très efficaces, mais on ne peut éviter leur encrassement qui entraîne une notable réduction de la puissance du moteur. Il est vrai que les filtres supprimant à peu près complètement les bruits de carburateurs (suction) sur lesquels les autres catégories d'épurateurs sont sans effet.

Les épurateurs humides, dans lesquels l'air admis doit barboter dans un liquide, sont généralement efficaces, mais exigent le fréquent remplacement du liquide employé, vite chargé d'impuretés.

Les épurateurs mécaniques, très employés dans l'industrie des moteurs fixes à gaz pauvres, gaz de hauts fourneaux, etc... (en même temps que les épurateurs humides) contraignent l'air à prendre des mouvements plus ou moins compliqués, mouvements de rotation en général. Les poussières se trouvent alors rejetées dans les zones calmes où elles s'amoncellent (*fig. 206*).

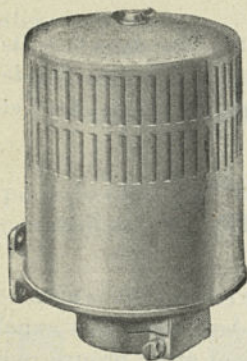


FIG. 206. — Filtre Zénith.

Ces épurateurs mécaniques sont en général très simples et d'un entretien facile. Ils sont les plus nombreux.

L'épurateur Zénith, que nous décrivons à titre d'exemple est à la fois un filtre et un dispositif mécanique.

Une double enveloppe extérieure, avec ajutages d'admission convenablement tracés, donne à l'air admis un mouvement de rotation et le débarrasse ainsi d'une grande partie des impuretés qu'il con-

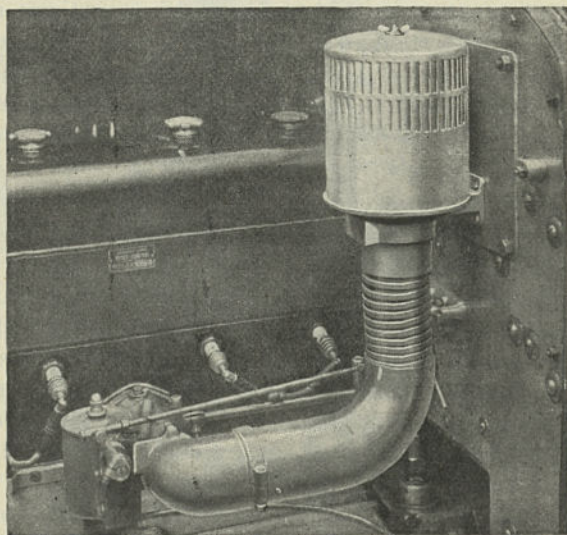


FIG. 207. — Exemple de montage d'un filtre Zénith.

tient et notamment des poussières lourdes, grasses, humides qui encrassent le filtre.

A l'intérieur de la seconde enveloppe sont disposés des tubes de feutre, maintenus chacun par une petite hélice métallique et fixés à une seule de leurs extrémités. Ces tubes vibrent et grâce à ces vibrations, laissent tomber la poussière que laisse sur eux l'air qui les traverse. La surface de filtrage constituée par l'ensemble des tubes est assez considérable pour ne constituer qu'un faible obstacle, c'est-à-dire n'entraîner qu'une faible perte de charge (*fig. 207, 208*).

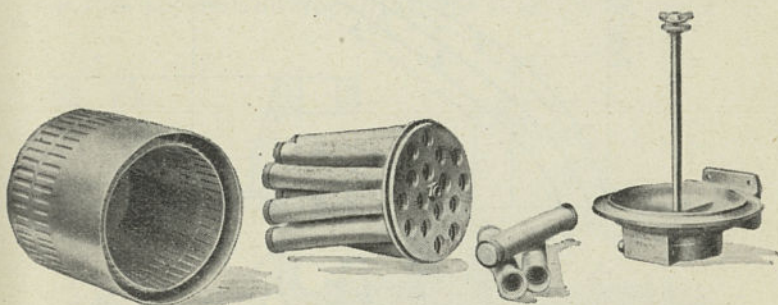


FIG. 208. — Les éléments d'un filtre Zénith.

A notre avis, la question des filtres n'est pas parfaitement au point : la plupart des dispositifs actuels entraînent une véritable augmentation de la consommation bien que, toutefois, certains — rares — ne présentent pas cet inconvénient.

CARBURATEUR SOLEX

PRINCIPE DU GICLEUR NOYÉ

Revenons au graphique du carburateur schématique : soit la courbe *A* des débits d'air, parabolique, et la courbe *B* représentant le débit d'essence multiplié par 12, d'un gicleur *G* qui donnerait un mélange convenable pour la dépression *OH* maximum.

Imaginons que ce gicleur soit noyé d'une certaine hauteur *Z* : on obtiendra la courbe représentant son débit après noyage en déplaçant la courbe *B*, parallèlement à l'axe des dépressions, d'une distance égale à *Z* : c'est un simple changement d'origine (*fig. 209*).

On conçoit alors que l'on puisse trouver un gicleur plus petit que G soit g qui, noyé d'une certaine hauteur h , fournira un débit d'essence correct pour deux valeurs de la dépression et voisin du débit correct pour toutes les valeurs usuelles. La courbe

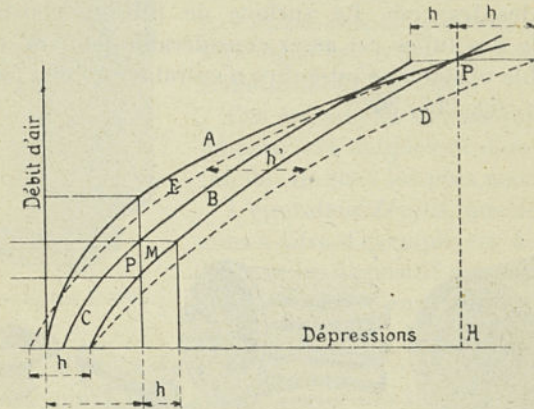


FIG. 209.

représentant le débit de ce gicleur avant noyage serait C et la courbe réelle du gicleur noyé se déduit de C par translation parallèlement à OH d'une grandeur égale à h .

On a longtemps considéré comme une application de ce principe qui paraît théoriquement suffisant pour assurer l'automatisme, le carburateur Solex. Nous allons décrire ce carburateur, mais nous verrons en réalité que, imitant presque tous ceux qui emploient un gicleur noyé — à moins qu'il ne soit imité par eux — cet appareil utilise en même temps la mise en dérivation du gicleur.

Ceci est obligatoire : le gicleur doit être au fond d'un puits ou d'un canal approvisionnant ce puits, sans quoi l'essence s'écoulerait constamment à l'arrêt.

Mais il faut pour que le gicleur fonctionne en marche normale que le puits puisse se dénoyer. Ceci n'est possible que si une rentrée d'air y est ménagée au-dessus de l'orifice calibré. Cette rentrée d'air constitue une dérivation dont le constructeur peut d'ailleurs jouer pour améliorer l'automatisme que le gicleur noyé seul assurerait difficilement à toutes les allures.

Le carburateur Solex comporte deux dispositifs distincts, dont l'un assure le départ et le ralenti et l'autre les reprises et la marche normale.

La plupart des véhicules militaires et plus généralement les véhicules de fabrication ancienne (antérieure à 1920) sont munis du carburateur type *C*, alors que la firme Solex ne construit plus actuellement que le type *M* vertical ou horizontal, après avoir fabriqué un type *D*.

Ces divers types ne diffèrent que par le dispositif de ralenti et l'obturateur.

Dans les appareils du type *D*, (*fig.* 210) le gicleur de ralenti est

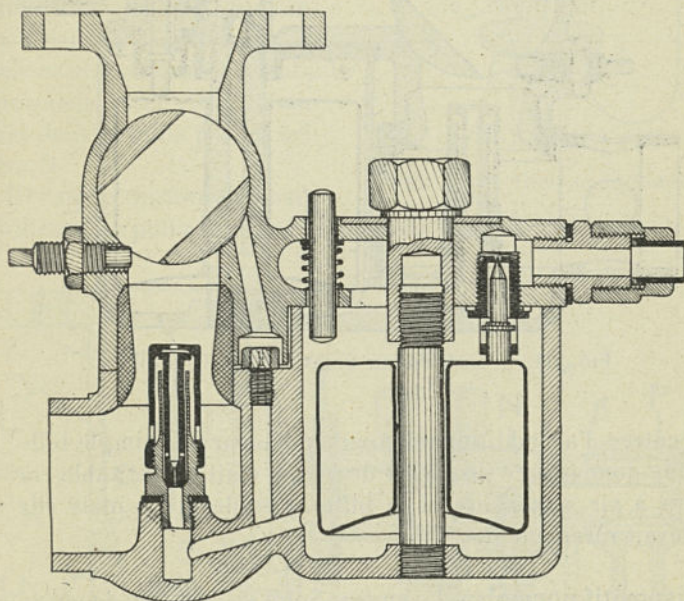


FIG. 210. — Carburateur Solex. - Type D.

disposé dans un puits accolé à la cuve à niveau constant, et qui communique avec le gicleur principal par l'intermédiaire de la canalisation qui les approvisionne tous deux. Ce dispositif est indépendant du dispositif normal, et réciproquement (*fig.* 211).

Dans les appareils du type *C*, le gicleur de ralenti était dans l'axe de la cuve à niveau constant et débouchait dans une chambre

située au dessus de cette cuve. Une canalisation spéciale mettait cette chambre en communication avec le collecteur : l'orifice était ouvert ou fermé par le boisseau obturateur. L'entrée d'air normale dans cette chambre était assez faible. Mais il existait

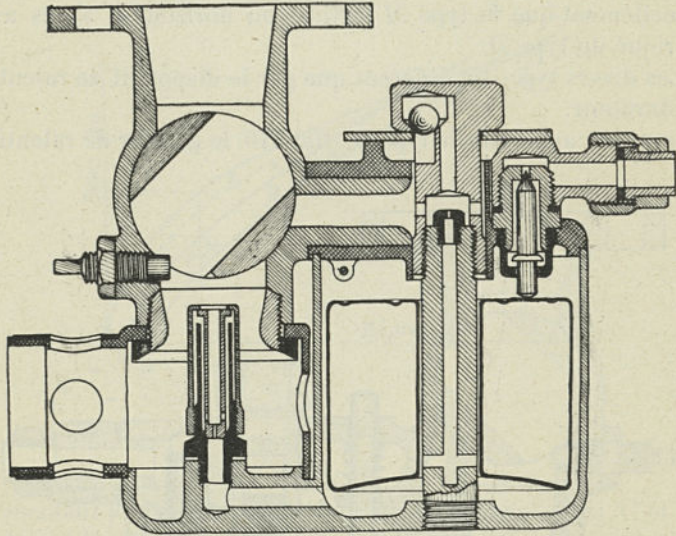


FIG. 211. — Carburateur Solex. - Type C (à billes).

une entrée d'air additionnel commandée par une simple bille. Il semble donc que ce dispositif de ralenti était un véritable carburateur à air secondaire si la bille se soulevait... mais elle se soulevait rarement.

Dispositif normal. — Le *gicleur* Solex se compose de plusieurs tubes cylindriques et concentriques, disposés ainsi que le montre la figure 212. Un tube central appelé puits est alimenté en essence par un orifice calibré *O* qui est le véritable gicleur, et qui est *au-dessous du niveau constant* de la cuve. Ce puits comporte en outre à sa base, une série d'orifices *O*.

Invariablement fixé à ce puits, un deuxième tube porte deux pas de vis, dont l'un sert à fixer l'ensemble sur le carburateur, et l'autre, à rapporter un troisième et dernier tube qui est le

chapeau. Ce chapeau, qui peut ainsi être changé indépendamment du gicleur, porte à sa base une série d'orifices *S*.

Au moment de la reprise la dépression se fait sentir dans le puits et aspire l'essence qui emplit ce puits et le tube concentrique jusqu'à hauteur du niveau constant. Cette essence, facile à aspirer, est ainsi utilisée dans la période critique de la reprise et elle est émulsionnée par l'air qui, entrant dans le chapeau par les orifices *S*, contourne le tube intermédiaire et vient déboucher dans le puits par les orifices *O*.

Presque instantanément, d'ailleurs, le puits se vide et l'on passe à la marche normale.

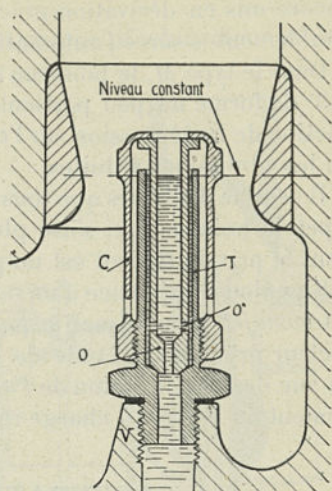


FIG. 212. — Gicleur du Solex.

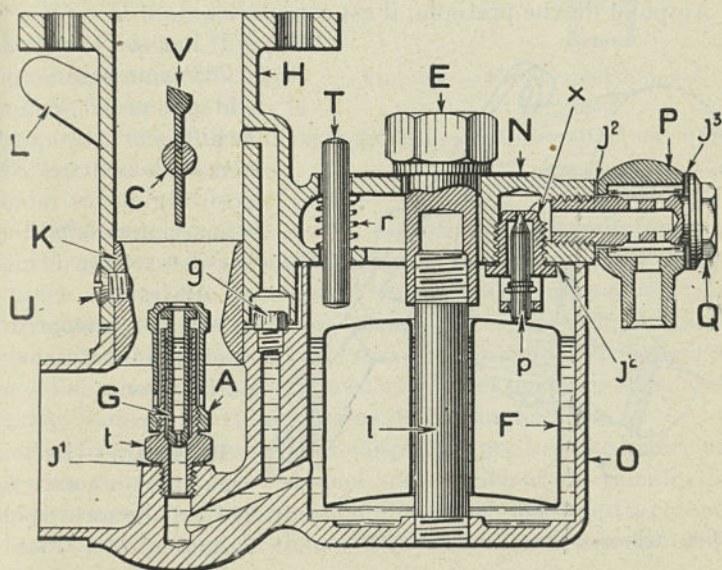


FIG. 213. — Solex type M.

Extrait de la notice où l'on pourra trouver la nomenclature, cliché fourni par la maison Solex.

Remarquons que le gicleur n'est pas seulement noyé, mais encore mis en dérivation grâce aux orifices *O* : ainsi se trouve doublement assurée l'automatisme de cet appareil.

Dans le type *M*, le boisseau a été remplacé par un papillon (*fig.* 213) de forme un peu particulière : un épanouissement modifie l'action de la dépression sur l'orifice de ralenti pendant la reprise ou les admissions réduites.

Il semble d'ailleurs que tous les carburateurs abandonnent peu à peu le boisseau qui s'use plus vite, qui grippe plus souvent et dont le prix de revient est un peu plus élevé.

Signalons l'existence d'un nouveau type de carburateur Solex, dit *monojet*, dans lequel le puits de ralenti est alimenté par le gicleur principal. L'étude de ce carburateur a été faite surtout en vue de l'amélioration de l'utilisation, c'est-à-dire du fonctionnement du moteur à charge réduite.

CARBURATEUR CLAUDEL

Le carburateur Claudel utilise la mise en dérivation et le noyage du gicleur.

Au point de vue pratique, il est caractérisé :

1° Par son boisseau.

2° Par un organe spécial qui prend le nom de diffuseur et comporte non seulement les dispositifs gicleurs (ralenti en marche normale) mais aussi le système de mise en dérivation.

3° Par la disposition relative du diffuseur et du boisseau.

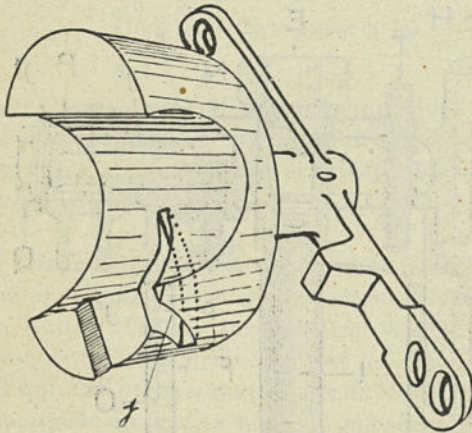


FIG. 214.

Boisseau spécial du Carburateur Claudel.

Boisseau. — Le boisseau figuré ci-contre (*fig.* 214) est une sorte de clef à double effet dont la

section supérieure constitue un étranglement et forme diffuseur.

Sa section inférieure détermine l'entrée d'air dans la chambre de carburation.

Il constitue donc à la fois un dispositif obturateur et une chambre de carburation variable, qui, à pleine admission, ne présente aucun obstacle à l'écoulement des gaz. Ceci est, on le sait, un avantage des boisseaux sur les papillons.

Le gicleur de ralenti fait partie du diffuseur (fig. 215) et débouche à l'intérieur du boisseau qui est muni d'une rainure permettant le passage de ce gicleur lorsque le boisseau tourne.

Sur le plus récent modèle, la portion du tube de ralenti extérieure au diffuseur est élastique et tourne avec le boisseau, venant s'appliquer devant un orifice spécialement ménagé dans la paroi pour le mettre en communication avec le collecteur, quand l'obturation est réalisée.

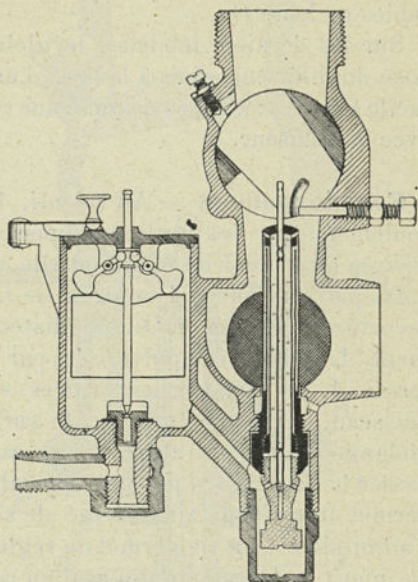


FIG. 215. — Carburateur Claudel.

Diffuseur (fig. 216). — Le dispositif appelé diffuseur comporte quatre tubes concentriques. Au centre un tube long et mince *A* constitue le gicleur de ralenti : il comporte, aux $2/3$ de sa hauteur, un étranglement calibré qui est le véritable gicleur de ralenti. Il est fermé en haut, mais une couronne d'orifices *O* permet l'alimentation de ce tube en essence et une série d'orifices *O'* existe immédiatement au-dessus de l'étranglement.

Les trois autres tubes sont concentriques. Le tube extérieur *D* est un cylindre fermé, duquel sort le gicleur de ralenti. Il est pourvu à sa base d'une couronne d'orifices *S* d'entrée d'air (comme le chapeau de Solex) et en haut d'une série d'orifices *s* dits orifices d'émulsion.

Le cylindre *B* se raccorde avec le cylindre *D* : il est traversé par les canaux *s* d'émulsion. *B* est pourvu sur toute sa hauteur d'orifices qui permettent d'alimenter en essence le tube *C*. Lui-même est alimenté par un ou deux gicleurs calibrés, qui sont les véritables gicleurs *G*.

Sur les derniers modèles, le gicleur principal n'est plus à la base du diffuseur, mais à la base d'un tube centré sur la cuve et facile à retirer : il approvisionne une canalisation qui communique avec le diffuseur.

Fonctionnement — Au ralenti, la dépression se fait sentir seulement par les orifices supérieurs de *A*. L'essence est aspirée au gicleur de ralenti et elle est émulsionnée par l'air qui entre par les orifices d'émulsion de *D* et *B* et pénètre dans *A* par les orifices ménagés en *O'* immédiatement au-dessus de l'étranglement. L'essence est pulvérisée par choc contre la calotte qui ferme *A*, et sort par les orifices supérieurs. A l'intérieur du boisseau, qui forme chambre de carburation, cette émulsion se mélange à l'air qui entre par la rainure ménagée pour laisser passer le tube *A*. Un passage spécial, visible en *F* sur la figure, permet au mélange ainsi formé de s'en aller dans la tuyauterie d'admission. Une vis permet de régler le passage de ce mélange, ou mieux la dépression qui agit au ralenti.

La reprise, comme celle du Solex, s'effectue grâce à l'essence contenue au-dessus du gicleur, dans l'ensemble des tubes *A*, *B*, *C* qui forme puits. De l'air rentre par les orifices disposés à la base de *D* et pénètre dans *B* par les orifices disposés du haut en bas suivant une hélice : c'est la dérivation d'air qui se trouve ainsi fractionnée et progressive. Le mélange se trouve alors parfaitement émulsionné avant de sortir du diffuseur : le courant d'air qu'il rencontre à ce moment améliore la pulvérisation commencée.

Correcteurs altimétriques. — Les carburateurs Claudel ont été fréquemment employés dans l'aviation et comportent alors un correcteur altimétrique.

On sait en effet qu'en raison de la diminution de la pression atmosphérique avec l'altitude, le dosage d'un mélange ne pourrait rester satisfaisant quand l'altitude augmente sans dispositif spécial.

Deux dispositifs sont employés.

1° *Correcteur sur l'admission d'air.* — Un obturateur *E* peut monter et descendre le long du diffuseur, faisant varier l'orifice d'entrée d'air entre cet obturateur et la buse *H* : c'est donc une sorte de diffuseur variable.

Pour le fonctionnement au sol, on place l'obturateur aussi haut que possible ; il entre moins d'air, c'est-à-dire que le mélange est plus riche, ainsi qu'il convient, puisque moteur et carburateur sont froids. Le taux de remplissage est moindre, ce qui est précieux en raison du taux de compression élevé ($\rho = 5,8$) des moteurs d'aviation, qui entraînerait des cognements, au sol, si les cylindrées étaient complètes, c'est-à-dire si le taux de remplissage était voisin de 1.

Le moteur s'échauffant et l'appareil s'élevant, on descend l'obturateur.

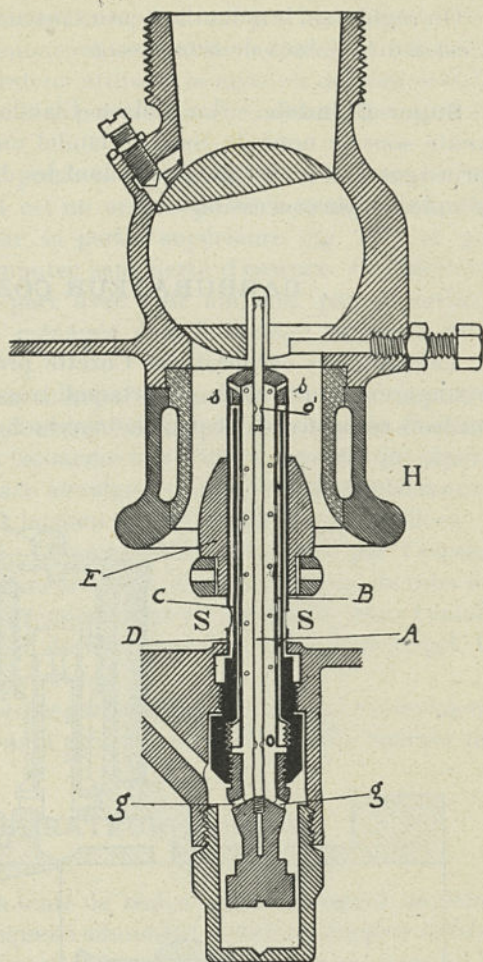


FIG. 216.

Diffuseur Claudel avec correcteur altimétrique sur l'air.

2° *Correcteur sur l'émulsion.* — Le dispositif précédent ne donne pas la pleine puissance au sol, ce qui est généralement sans importance. Mais, pour parer à cette objection, on a établi un

autre correcteur coulissant comme le précédent sur le diffuseur, mais obturant plus ou moins les orifices de sortie de l'émulsion.

On règle ainsi le débit d'essence sans modifier la quantité d'air, c'est-à-dire le taux de remplissage.

Super Claudel. — La maison Claudel met actuellement en vente sous le nom de Super Claudel un carburateur dont les principes sont les mêmes, mais dont les divers organes sont plus simples et plus accessibles.

CARBURATEUR COZETTE

Les premiers carburateurs Cozette présentaient une caractéristique unique : ils comportaient trois dispositifs différents, utilisés respectivement pour la marche normale, le ralenti et le

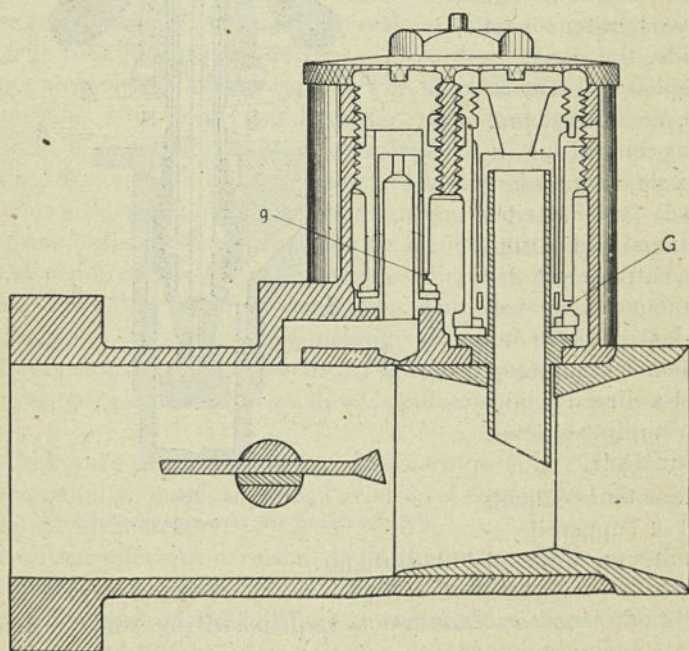


FIG. 217. — Carburateur Cozette.

départ. En séparant ainsi départ et ralenti, on pouvait obtenir un réglage de ralenti plus économique, et des départs faciles.

Pour des raisons diverses, complication, prix de revient, etc, la maison Cozette a renoncé à ce premier appareil et construit actuellement un carburateur utilisant la mise en dérivation et le noyage du gicleur aussi bien pour la marche normale que pour le ralenti.

Remarquons à quel point la dérivation est ici poussée. Le gicleur proprement dit est un orifice percé à la base d'un tube dit calibreur, vissé par sa partie supérieure (*fig. 217*) et qui peut, par suite, se démonter sans perte d'essence. Ce calibreur communique d'autre part avec l'air ambiant par un orifice, percé dans une gorge ménagée dans le filetage servant à fixer le calibreur.

Le calibreur est concentrique à un tube dit émulsionneur, légèrement divergent, formant Venturi avec une entrée d'air au-dessus de lui, dans un troisième tube dit *de capacité* qui sépare en deux portions l'espace annulaire compris entre émulsionneur et calibreur, tout en les laissant communiquer par des orifices.

Le gicleur est noyé. Le combustible est aspiré par l'espace ménagé entre l'émulsionneur *E* et le cône convergent du tube de capacité. Il y a là une première mise en dérivation. Mais l'émulsionneur est lui-même en dérivation sur le Venturi principal. Il y a donc une double dérivation.

Les reprises sont assurées par l'essence contenue entre émulsionneur et calibreur, formant puits, et grâce à la faible hauteur de noyage.

CARBURATEUR GRIFFON

La maison Griffon a tenté de réaliser un carburateur donnant des mélanges économiques à admission réduite, mais plus riches, c'est-à-dire aptes à permettre la puissance maximum, lorsque le papillon des gaz est grand ouvert. Et pour cela elle a utilisé une méthode nouvelle pour faire varier le débit d'essence : agir sur la pression dans la cuve à niveau constant.

On conçoit, en effet, que si l'automatisme peut être assurée en diminuant la pression au niveau du gicleur, au fur et à mesure que la dépression augmente, par une admission d'air secondaire, ou puisse également agir en diminuant la pression exercée par la

colonne d'essence, c'est-à-dire la somme de la pression atmosphérique et de la pression due à la différence des niveaux de la cuve avec l'orifice du gicleur (positive ou négative).

La cuve à niveau constant est étanche, dans la partie située au-dessus du niveau, et communique avec une chambre dite de dépression, qui est elle-même reliée au diffuseur par un canal et à l'atmosphère par un orifice *calibré* percé dans un bouchon dit *appauvrisseur* (fig. 218).

La dépression se fait donc sentir dans la cuve et l'on conçoit

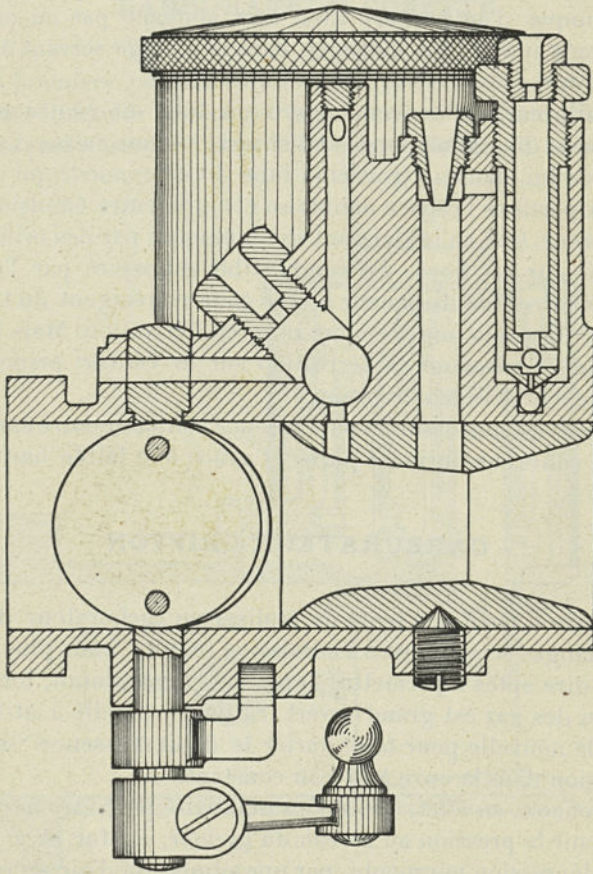


FIG. 218. — Carburateur Griffon.

qu'un choix convenable des orifices et canaux assure l'automatisme avec réalisation de mélanges économiques.

Quand le papillon des gaz s'approche de sa position d'ouverture maximum, une butée dont il est solidaire vient appuyer sur un poussoir lequel vient obturer le canal. Parfois c'est l'axe lui-même qui réalise cette obturation. La pression atmosphérique s'établit alors dans la cuve et le débit d'essence se trouve augmenté, permettant d'obtenir la puissance maximum.

Le gicleur normal est en outre légèrement noyé, et il est surmonté d'un dispositif pulvérisateur.

Les premiers carburateurs Griffon construits pour utiliser le principe de la variation de pression dans la cuve comportait en outre une cellule de Vidi, dont les déformations commandaient l'automatisme. Ce dispositif, plus coûteux et moins sûr que le dispositif actuel, est abandonné.

CHAPITRE XXVI

BUDGET D'UNE VOITURE

Il est fréquent de voir accorder aux questions de consommation une importance à notre avis tout à fait disproportionnée avec la place que prend, dans le budget total d'une voiture, le chapitre de la consommation, au moins tel que le conçoit le chauffeur moyen.

Pour défendre cet avis, nous croyons utile de montrer ici ce qu'est en réalité le budget complet d'une voiture. Le lecteur pourra en discuter les différents chapitres : les connaissant, il sera en tout cas mieux armé pour chercher à réaliser des économies, quelle que soit son opinion sur chacun de ces chapitres.

Pour fixer les idées et permettre des chiffres précis, nous chercherons à prévoir exactement le budget d'une voiture moderne, achetée en 1927 au prix de 25.000 francs, type Citroën par exemple, et faisant 12.000 kilomètres par an.

Des méthodes employées par nous, le lecteur pourra aisément déduire la façon de calculer le budget d'une voiture quelconque. D'ailleurs, puisque nous serons souvent contraints de nous contenter d'approximations, il pourra tout aussi bien admettre que le budget est proportionnel au prix d'achat. Insistons pourtant bien sur le fait qu'il n'est point ici de règle générale : chaque cas doit être traité séparément.

Amortissement. — Les auteurs qui ont écrit sur l'automobile ne sont pas tous d'accord sur la manière de calculer l'amortis-

sement. La manière la plus exacte est, sans conteste, d'apprécier la valeur de la voiture : la dépense d'une année est, évidemment, la différence entre les estimations de la voiture à une année d'intervalle.

Nous admettrons comme loi de valorisation d'une voiture la formule :

$$V = A \times 0,75$$

où V est la valeur actuelle, A le prix d'achat et n son âge exprimé en années.

En langage ordinaire, ceci signifie qu'une voiture perd chaque année un quart de la valeur qu'elle avait au début de cette année.

Ceci est évidemment discutable, car de nombreux facteurs interviennent qui ne peuvent entrer dans une formule. Par exemple la marque de la voiture définit dans une large mesure les facilités de vente, c'est-à-dire la valeur actuelle. La manière dont la voiture a été conduite et entretenue intervient, comme aussi le prix des voitures de même type au moment où on fait l'estimation.

Un deuxième procédé de calcul existe, employé dans nombre d'entreprises industrielles : admettre l'amortissement complet de la voiture en cinq ans, à raison de 20 % par an. Ce procédé, simple, a l'inconvénient de ne pas tenir compte des grosses réparations presque toujours nécessaires dans ce délai, qui peuvent être, il est vrai, compensées par la valeur réelle de la voiture au bout des cinq années.

C'est pourquoi, depuis quelque temps, on trouve plus exact d'amortir un véhicule en *trois ans*, le prix des réparations étant compris dans cet amortissement.

Il est enfin un chapitre que l'on oublie généralement dans le calcul de l'amortissement et que nous conseillons pourtant au particulier de ne pas négliger : c'est l'intérêt qu'aurait produit l'argent consacré à l'achat de la voiture.

Le tableau suivant donne les amortissements, dans ses trois premières années, de la voiture définie plus haut :

1° En employant la formule (1) et calculant l'intérêt simple (et non composé) à 6 % ce qui est actuellement modeste ;

2° En admettant l'amortissement simple en cinq ans.

AMORTISSEMENT D'UNE VOITURE DE 25.000 francs

PREMIÈRE ANNÉE	DEUXIÈME ANNÉE	TROISIÈME ANNÉE
7.800 fr.	6.200 fr.	5.000 fr.
5.000 fr.	5.000 fr.	5.000 fr.

Après la troisième année, le premier procédé de calcul conduirait à des chiffres plus faibles que le chiffre constant donné par le deuxième.

Impôts. — Cette voiture paie actuellement 800 francs d'impôts, non compris les suppléments que perçoivent certaines villes et qui s'élèvent, à Paris, à 40 % du total.

Garage. — Le plus souvent, et même presque toujours dans les villes, le chauffeur ne dispose pas d'un garage chez lui : il lui faut donc payer — et parfois très cher — le droit d'abriter sa voiture.

Le prix du garage est très variable avec les localités. Nous pensons être optimiste en fixant un chiffre moyen de 1.000 francs par an, toujours dépassé dans les villes. Remarquons que, si la voiture est dans un garage, le chapitre entretien sera plus lourdement grevé, car le chauffeur, presque toujours, sera moralement contraint d'y faire laver sa voiture et même d'en faire effectuer tout l'entretien.

Assurances. — Il est impossible de ne pas être assuré, en raison surtout de l'ampleur des risques courus par les tiers et dont on est pécuniairement responsable, qu'il s'agisse d'accidents aux individus, aux véhicules ou même aux immeubles du fait de l'incendie.

Certes, en se fiant à son habileté, on peut réduire le chiffre à verser à l'assurance... sans perdre de vue que l'on devient ainsi

son propre assureur. Nous pensons quand même que l'assurance dite « tous risques » est à recommander au chauffeur moyen et même l'affiliation à la D. A. S. qui prend en main toutes les formalités judiciaires.

Nous fixerons à 1.500 francs le chiffre global, variable évidemment avec les localités, nature du garage, etc...

REMARQUE. — *Toutes les dépenses que nous venons d'énumérer courent dès que l'on est possesseur d'une voiture qui roule.*

Dépenses d'utilisation. — Nous classerons au contraire dans cette rubrique les dépenses qui ne sont à effectuer que si la voiture est utilisée, par contraste avec les premières qui sont nécessaires simplement pour avoir la possibilité de faire rouler cette voiture.

Essence. — La consommation de la voiture étudiée est voisine de 10 litres aux 100 kilomètres, tombant bien difficilement au-dessous de 8, et ne risquant guère de dépasser 12 litres aux 100 kilomètres; c'est donc 1.200 litres pour les 12.000 kilomètres prévus. A 11 francs les cinq litres, le prix d'achat de l'essence est de 2.600 francs environ.

On voit que le plus mauvais conducteur ne risque pas, en mettant les choses au pire, de dépenser plus de 4.000 francs.

Huile. — Il est difficile d'apprécier exactement la dépense d'huile, variable non seulement avec la voiture utilisée, mais avec l'état du véhicule, son entretien et la manière dont il est conduit. Tel véhicule qui neuf dépensait moins d'un quart de litre d'huile aux 100 kilomètres en peut exiger un litre au moment où une révision s'impose. De même tel véhicule qui consomme 0 litres 2 aux cent kilomètres à 50 à l'heure consomme 0 litres 8 à 85. Il faut compter une dépense de 600 francs au moins — et ne jamais économiser sur ce chapitre.

Bandages. — Nous admettrons — et ceci n'est pas optimiste — qu'on use un train de pneus en 12.000 kilomètres. On peut faire beaucoup plus : nous savons des bandages qui ont atteint 20.000 kilomètres, mais nous savons aussi des cas ou des enveloppes n'ont fait que quelques milliers de kilomètres.

Admettons une dépense moyenne de 2.000 francs : un conducteur brutal, et qui entretient mal ses pneus, peut aisément doubler cette dépense.

Réparations. — C'est là sans doute que la maîtrise du conducteur a le plus d'influence sur le budget, si nous admettons que le chauffeur vraiment bon conduit de manière à éviter toute usure anormale et aussi qu'il entretient parfaitement sa voiture.

Nous comptons un chiffre moyen de 1.000 francs par an, à titre d'indication, car il est souvent largement dépassé.

Les tableaux ci-dessous récapitulent tout ce que nous venons d'énumérer.

	PREMIÈRE ANNÉE	DEUXIÈME ANNÉE	TROISIÈME ANNÉE
Amortissement	7.800	6.200	5.000
Impôts	800	800	800
Garage	1.000	1.000	1.000
Assurance.	1.500	1.500	1.500
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	11.100	9.500	8.300
Essence.	2.600	2.600	2.600
Huile	600	600	600
Bandages	2.000	2.000	2.000
Réparations.	500	1.000	1.500
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	16.800	15.700	15.000
	<hr/>	<hr/>	<hr/>

Il est aisé de voir comment le calcul simplifié de l'amortissement d'une part, les manœuvres défectueuses du chauffeur d'autre part risquent de modifier ce budget.

Certes les économies réalisées par une conduite prudente et sage ne sont pas à dédaigner. Toutefois nous conseillons toujours de ne pas perdre de vue l'importance réelle qu'elles présentent dans le budget total.

En particulier, quand il s'agit des économies possibles sur la consommation proprement dite, c'est-à-dire sur les dépenses d'essence, on voit qu'elles ne sauraient, dans les cas les plus caractéristiques, dépasser le dixième du budget total. Et l'on sait que pour réaliser les plus grandes économies sur ce chapitre, il faut se priver des qualités de souplesse qui font le plus grand charme de la conduite d'une voiture.

Remarquons aussi que les impôts n'atteignent dans ce total qu'une fraction très restreinte. Certes, ils sont lourds, si on les compare à ce que l'État prélève pour l'utilisation de tout autre objet, plus lourds encore si l'on ajoute au chiffre apparent la taxe de luxe, l'impôt sur le chiffre d'affaires et les droits sur l'essence. Néanmoins, leur augmentation, située à sa juste valeur, ne mérite

peut-être pas les protestations véhémentes soulevées, sinon par la situation très favorable où elle place nos constructeurs et par répercussion leur personnel.

Voitures usagées ou voitures d'occasion. — Il y aurait beaucoup à dire sur le budget des voitures usagées. Il est modifié par deux éléments principaux : le prix d'achat, c'est-à-dire que l'amortissement en est faible, et d'autre part le chiffre annuel des réparations qui est largement majoré. Il faut tenir compte des révisions générales nécessaires et dont le prix peut dépasser 4.000 francs.

Il faut donc, lorsqu'on achète une telle voiture ou lorsqu'on veut pousser un véhicule jusqu'à usure complète tenir compte de ces différents éléments, sur lesquels il ne peut rien être dit de général.

Disons seulement que les véhicules de types anciens peuvent être, en fin de compte, d'un emploi très onéreux, aussi bien parce que les démontages en sont beaucoup plus coûteux que par le prix de revient des pièces de rechange.

Il ne faut pas oublier, en effet, le tarif élevé des heures d'ouvrier (8 fr. 50 l'heure, tarif syndical de la Chambre des Réparations d'Automobile en 1926), qui se multiplie facilement, ni le prix, invraisemblable souvent, d'une pièce, lorsqu'elle doit être usinée seule. Or, les véhicules récents, témoignent d'un heureux effort pour simplifier les démontages et leurs réchanges existent.

CHAPITRE XXVII

RÉGLAGE DES CARBURATEURS

Les carburateurs modernes ne se dérèglent pas à l'usage. On doit admettre que le carburateur monté sur une voiture neuve, livrée par le constructeur, est bien réglé, à la condition que l'on admette que le bon réglage est celui qui permet d'obtenir du moteur la puissance maximum, c'est-à-dire de la voiture la vitesse maximum.

Mais il est possible que l'on soit amené à changer le carburateur qui équipe une voiture ancienne. Il est possible que le moteur soit assez usagé pour exiger une modification du réglage, soit que, encrassé, il ait de fortes tendances à cogner, tendances qu'un appauvrissement du mélange fera disparaître, soit qu'une ovalisation un peu accentuée appauvrisse les mélanges, défaut particulièrement sensible au ralenti. Remarquons que le réglage d'un carburateur, même destiné à tirer du moteur sa puissance maximum, n'est pas invariable, puisque le mélange optimum varie avec la température et l'état hygrométrique de l'air.

Enfin, le conducteur peut se proposer un autre but que de pouvoir rouler à la vitesse maximum que permettent voiture et moteur. L'expérience et la théorie sont d'accord pour montrer que l'on peut abaisser la consommation en utilisant les mélanges pauvres : on diminue alors, il est vrai, la vitesse maximum et la souplesse du véhicule, mais on peut préférer, à ces qualités, l'économie réalisée par l'emploi de mélanges pauvres.

Notons enfin que le réglage optimum varie avec la qualité du

combustible employé : ceci peut donc encore déterminer le conducteur à modifier le réglage du carburateur.

CARACTÉRISTIQUES D'UN CARBURATEUR MAL RÉGLÉ

Rappelons, brièvement, les inconvénients qui témoignent de la nécessité de régler un carburateur.

D'abord, et surtout, une *consommation exagérée* : elle peut provenir de raisons bien différentes, par exemple d'un défaut d'allumage (avance mal choisie, étincelle médiocre, etc...), d'un défaut d'entretien de la voiture, du mauvais état d'un organe tel que l'embrayage qui patine ou qui broute, le pot d'échappement obstrué, ou d'un frein mal réglé. Il convient donc, en cas de consommation exagérée, d'éliminer ces divers cas possibles. On doit penser ensuite à un mélange trop riche.

La vitesse de la voiture peut être inférieure à ce qu'elle devrait être. On dit alors que le moteur ne tire pas et c'est généralement par suite de la pauvreté du mélange, si l'on élimine toutes les raisons que nous venons d'énoncer. Naturellement, il faut que la vitesse de la voiture soit mesurée au chronomètre et non au compteur.

La mise en route peut être difficile : ceci témoigne, si le moteur est froid, d'un mélange pauvre au ralenti. Si la mise en route est difficile à chaud, c'est au contraire que le mélange correspondant au ralenti est trop riche. Dans ce cas, le moteur tournant au ralenti est affligé d'un « galop » caractéristique. Ce même galop peut se produire en marche normale ; avec un mélange trop riche, ceci n'est pas rare.

Les reprises peuvent être mauvaises. Il convient toutefois de n'incriminer le carburateur que s'il s'agit des reprises du moteur et non de celles de la voiture qui dépendent de la puissance du moteur, de la démultiplication employée et du poids de la voiture.

Enfin un encrassement trop rapide des culasses, ou la couleur trop foncée des bougies doivent faire craindre que le carburateur ne débite un excès d'essence.

MÉLANGES RICHES

La caractéristique essentielle d'un mélange riche est d'entraîner une consommation trop forte.

De plus, les culasses et fonds de piston s'encrassent facilement. Le moteur peut prendre un mouvement de galop, mais seulement si le mélange est beaucoup trop riche.

Les bougies deviennent rapidement noires, alors que leur couleur normale est le brun foncé d'une pipe d'écume culottée.

Les gaz d'échappement sont noirs : ce caractère est assez difficile à percevoir, et peut être déterminé, comme l'encrassement des fonds de cylindre, par la présence d'une quantité d'huile anormale dans les cylindres (excès de graissage, segments gommés ou cassés, ovalisation, etc...).

Enfin ces mêmes gaz ont une odeur caractéristique. Mais tout le monde n'a pas l'odorat assez développé pour percevoir avec certitude cette indication.

Il y a quelquefois des explosions au pot d'échappement.

MÉLANGES PAUVRES

La caractéristique essentielle en est que le moteur ne tire pas, c'est-à-dire que la vitesse de la voiture est inférieure à la vitesse maximum réalisable.

Le moteur peut caler facilement.

Les bougies restent plus claires qu'elles ne devraient être et les électrodes portées à haute température produisent le réallumage : on dit que le moteur rallume.

Le moteur chauffe : il faut donc se garder d'appauvrir à l'excès sous prétexte d'économie, le mélange fourni par le carburateur, car on risque des pannes graves. Recommandons en passant, d'accentuer le refroidissement, à mesure que l'on appauvrit, en accélérant si c'est possible la circulation d'air au travers du radiateur, par une tension convenable de la courroie de commande du ventilateur.

La pauvreté d'un mélange peut être due à des causes étrangères au carburateur. Par exemple, des soupapes mal réglées, dont les

tiges sont trop longues, ou qui reposent mal sur leurs sièges, parce qu'elles sont encrassées, appauvrissent le mélange. Il en est de même de bougies dont l'étanchéité est médiocre, de joints mal faits, de cylindres ovalisés, de segments cassés ou gommés, etc....

Ajoutons enfin qu'un mélange trop pauvre peut entraîner une consommation exagérée. Le défaut est alors moins accentué que dans le cas des mélanges riches, mais peut exister.

MESURES DE CONSOMMATION

Nous savons qu'une consommation anormale peut lémoigner de la nécessité de régler le carburateur. En tous cas, elle est un indice certain qu'il y a, dans la voiture « quelque chose qui ne va pas ». Il est donc élémentaire de « surveiller sa consommation ».

A ce point de vue, nous estimons précieux les indicateurs kilométriques qui équipent actuellement de nombreuses voitures et qui, seuls, permettent de connaître exactement les distances parcourues, en ville surtout. Leurs indications peuvent n'être pas exactes, en valeur absolue, mais il est bien facile d'étalonner l'appareil; un jour où l'on roule sur une grande route kilométrée.

Il ne peut être question de mesurer exactement la consommation, mais le chauffeur doit noter soigneusement tous ses achats d'essence sur un petit carnet. La comparaison de ce tableau avec celui des indications du compteur donnera une valeur suffisamment approchée de la consommation. Signalons pourtant le truc suivant. On monte en charge un réservoir auxiliaire qui peut être constitué par un simple bidon de cinq litres, muni extérieurement d'un tube en verre formant siphon et sur lequel on a inscrit une graduation. Ce réservoir est branché sur la tuyauterie d'admission d'essence, avec laquelle il sera mis en communication par un robinet à trois voies qui permet aussi de marcher avec l'alimentation normale. Des expériences personnelles me permettent d'affirmer que l'on peut, avec un tel dispositif, mesurer des consommations avec une erreur inférieure à 10 centimètres cubes, et même, avec beaucoup de soin, à 5.

RÉGLAGE PROPREMENT DIT

La plupart des carburateurs modernes comportent un dispositif de ralenti distinct du dispositif de marche normale. On commencera par effectuer un premier réglage de ce dispositif, sur le moteur froid, permettant surtout de mettre en route.

Ralenti. — On sait que, pour partir, un moteur exige un mélange relativement riche, puisque l'essence tend à se condenser sur les parois froides.

D'autre part le dispositif de ralenti ne sert pas seulement à la mise en route, mais surtout quand on cesse d'appuyer sur l'accélérateur. On est donc conduit à régler riche pour avoir des départs faciles mais en songeant que l'excès entraînera de fortes consommations au ralenti, particulièrement sensibles sur les voitures utilisées pour un service en ville.

Le réglage est donc variable suivant le procédé de mise en route. On réglera plus riche, nécessairement, si l'on n'a pas de démarreur, c'est-à-dire si les difficultés de départ se traduisent par de longs efforts pour tourner le moteur froid, et d'autant plus que dans ce cas, par prudence, on diminue l'avance, ce qui ne facilite pas la mise en route.

Suivant les carburateurs, il faudra changer le gicleur, modifier l'entrée d'air spéciale au ralenti, modifier la position du gicleur.

Le moteur étant mis en route, on le laissera tourner. S'il cale, ou même fait entendre des ratés, on pensera que le mélange est trop pauvre. Si le moteur galope, le mélange est trop riche, mais ceci ne se manifeste que sur le moteur chaud. Il est donc nécessaire de vérifier le réglage du ralenti après que le moteur s'est échauffé en tournant 15 ou 20 minutes. Répétons qu'un mélange trop riche peut même rendre impossible la mise en route du moteur chaud (tracteurs).

Insistons enfin sur le fait que le réglage du ralenti est le moins durable sur un carburateur. En effet, le mélange n'est pas constitué seulement par ce qui est débité par le carburateur : une notable quantité d'air pénètre par tous les joints imparfaits, soit dans les tuyauteries d'admission, soit dans les cylindres. En particulier, les jeux aux guides des soupapes et l'étanchéité des segments peuvent varier très vite.

Utilité d'un correcteur de ralenti. — La solution la plus correcte consiste, évidemment, à munir le moteur d'un carburateur avec correcteur de ralenti, permettant de corriger le mélange fourni suivant la température du moteur et même selon la température ambiante. Ceci permet de régler riche pour avoir des départs faciles à froid, et d'appauvrir ensuite.

Ceci restera évidemment vrai dans le cas de la marche normale. D'ailleurs actuellement, de nombreux carburateurs modernes, ont un correcteur, dispositif auquel on ne peut reprocher que... l'incompétence de ceux qui ont à s'en servir.

MARCHE NORMALE

Le réglage du dispositif de marche normale est naturellement le plus important. Nous admettrons que le conducteur désire avant tout que sa voiture soit capable d'atteindre la vitesse maximum pour laquelle elle a été construite, mais naturellement, qu'il désire ainsi dépenser le moins possible pour obtenir ce résultat. En même temps que la vitesse maximum, ceci permettra à la voiture d'avoir une souplesse très satisfaisante, en général la plus grande possible.

Nous poserons d'abord un principe absolu : *on ne modifie jamais le calibre d'un gicleur, lorsqu'il est trop grand ou trop petit, on le change.*

Nous admettrons donc qu'avant de régler un carburateur, on s'est muni d'un jeu complet de gicleurs et de buses.

Le réglage d'un carburateur peut être en général effectué au moyen d'essais de vitesses, sans mesure précise de la consommation.

Éléments approchés. — Si le carburateur est celui qui a été monté par le constructeur, on peut admettre que ses éléments sont très approchés, il suffira, en général, de se munir des gicleurs et des buses de numéros voisins de ceux qui sont montés.

Les gicleurs varient de cinq en cinq centièmes de millimètre, et les buses de millimètre en millimètre.

Si le carburateur est nouveau, on peut demander au constructeur du moteur, ou du carburateur, quel est le réglage moyen et partir de ce réglage.

Essais. — Pour effectuer un essai, il faut que le moteur et la transmission soient chauds, c'est-à-dire que la voiture ait déjà roulé au moins un quart d'heure, afin que le rendement soit maximum. On sait, en effet, qu'un moteur froid « ne tire pas » et il est évident que les divers organes de transmission n'ont leur meilleur rendement que si le lubrifiant qui les graisse n'est pas froid, car il est alors très visqueux et augmente l'adhérence des surfaces.

Si l'on a un indicateur de vitesse, on peut s'en contenter, malgré que ses indications soient presque toujours fausses en valeur absolue. Elles sont en effet comparable entre elles, et nous allons voir que c'est seulement la valeur relative des vitesses atteintes qui nous intéresse au cours des essais. On lira la plus grande vitesse atteinte.

A défaut d'indicateur de vitesse, on utilisera un bon chronomètre et l'on mesurera la vitesse moyenne sur 500 mètres par exemple.

Une mesure effectuée sur une distance plus faible risque d'être entachée d'une erreur assez grande par les erreurs de lectures et surtout de la mise en route et de l'arrêt du chronomètre, qui peuvent ne pas coïncider avec le passage de la voiture devant les bornes.

Il faut disposer d'une route bien roulante, plate, droite, peu fréquentée, sans routes transversales, et avoir au moins 1.500 mètres pour se lancer avant l'essai.

RÉGLAGE DU GICLEUR

On note la plus grande vitesse atteinte avec les éléments employés. Puis on change ce gicleur (1) pour le gicleur (2) de calibre immédiatement inférieur et on recommence les essais.

a) Ou bien la vitesse atteinte est plus grande et le premier gicleur est à éliminer momentanément ainsi que tous ceux de calibre supérieur.

b) Ou bien la vitesse atteinte est égale, et le premier gicleur est à éliminer, ainsi que tous ceux de calibre supérieur.

c) Ou bien la vitesse est plus faible, et le nouveau gicleur est à éliminer ainsi que tous ceux de calibre inférieur,

Dans les deux premiers cas, on remplace le gicleur (2) par le gicleur (3) de calibre immédiatement inférieur.

Dans le troisième cas, on remplace le gicleur (2) par le gicleur (4) de calibre immédiatement supérieur.

Et l'on recommence l'essai. Les conclusions peuvent être les mêmes et ainsi de suite.

On arrive ainsi, nécessairement, à trouver *au moins* un gicleur permettant une vitesse plus grande que tous les autres. En général, il y aura deux ou trois gicleurs permettant cette vitesse maximum ; *le gicleur qui convient est le plus petit de ces gicleurs.*

Réglage de la buse. — On procédera à des essais en côte. La côte devra être choisie de telle manière que le moteur tourne lentement, à pleine charge, mais sans cogner, la pente étant uniforme sur une distance aussi grande que possible, suffisante pour permettre une mesure exacte de la vitesse. Il suffit de 200 à 300 mètres puisque cette vitesse est plus faible qu'en palier.

On effectue la même série d'essais qu'en palier. Si l'on trouve le même gicleur, c'est que la buse est bien choisie, et que le gicleur est bon... mais il arrive fréquemment que l'on arrive à un autre gicleur.

Si l'on trouve un gicleur différent c'est qu'il n'y a pas correspondance entre ces gicleurs et la buse, autrement dit que, avec cette buse, il est impossible d'arriver à un réglage satisfaisant. Elle est donc à rejeter.

Si ce deuxième gicleur est plus grand que le premier, c'est que la buse est trop grande.

S'il est plus petit, c'est que la buse est trop petite.

Dans l'un et l'autre des cas on changera donc la buse, dans le sens convenable de un numéro.

Il est en général inutile de reprendre toute la série des essais en palier. En effet on peut admettre que gicleurs et buses se correspondent de telle façon qu'à une variation de un numéro de la buse (1 millimètre de diamètre) correspond une variation de même sens du gicleur de un numéro ($5/100^e$ de millimètres), en marche normale.

On admettra donc que les essais en palier restent valables, le numéro du gicleur devant être modifié de une unité dans le sens convenable. Certes il ne peut être nuisible de recommencer ces essais mais c'est presque un luxe.

On recommencera donc seulement les essais au ralenti en charge jusqu'à ce que les deux séries d'essais conduisent au même résultat ce qui ne saurait tarder... si cela est possible.

Il est possible en effet que l'on y arrive jamais : il se peut qu'il y ait, dans le carburateur, un autre organe susceptible d'être réglé, comme par exemple le compensateur du Zénith dont l'influence est particulièrement grande sur le ralenti en charge, c'est-à-dire dans l'essai en côte.

Dans ce cas, il faut modifier cet organe dans le sens convenable. Si l'on était conduit à un gicleur plus petit, on augmente le compensateur ; si l'on était conduit à un gicleur plus grand en côte qu'en palier, on diminue le compensateur. Et l'on recommence les essais.

Ceci ne saurait multiplier outre mesure les essais, car il est bien exceptionnel que le compensateur moyen ait besoin d'être modifié de plus d'un numéro.

Il peut arriver ainsi qu'il soit impossible de concilier les deux réglages : vitesse maximum et ralenti en charge. Ceci arrivera même assez souvent sur les véhicules nouveaux où l'on se préoccupe plus qu'autrefois des allures moyennes, en sacrifiant la vitesse maximum, à la manière américaine.

REMARQUE. — Il existe une autre méthode simple de réglage.

S'appuyant sur le fait que des mélanges même beaucoup trop riches (40 % au lieu de 20 % par rapport au mélange théorique) donnent encore la vitesse maximum, on monte un gicleur certainement trop grand et l'on essaie les diverses buses. La bonne est celle qui donne la vitesse maximum.

Ensuite on diminue le gicleur jusqu'à ce qu'on ait trouvé le plus petit qui donne la vitesse maximum.

Cette méthode, souvent préconisée par les constructeurs est moins rigoureuse que la première.

Les reprises. — Un dernier réglage reste à opérer, qui est plutôt une vérification, c'est le réglage des reprises du moteur.

Pour cela, la voiture étant arrêtée, on exécutera des reprises du moteur, c'est-à-dire qu'on appuiera brusquement et à fond sur l'accélérateur, en partant du ralenti.

Le moteur doit emballer progressivement, sans à coups, sans galop ni ratés, c'est-à-dire « sans bafouiller », en un temps très bref, moins de cinq ou six secondes. S'il n'en est pas ainsi, la reprise est mauvaise. Il faut alors incriminer la buse ou le compensateur.

La reprise est généralement d'autant meilleure que la buse est plus petite. Si la reprise est lente et si elle est accompagnée de ratés : il faut diminuer la buse. On effectuera la diminution correspondante sur le gicleur principal et l'on fera un essai en palier. Si la vitesse maximum atteinte est plus faible, il y a lieu de revenir à la buse et au gicleur primitif.

Il se peut alors que ce soit le compensateur qui soit trop petit : on augmente d'un numéro et on fera l'essai de la reprise. Si elle est améliorée, on diminuera le gicleur principal de un numéro. On vérifiera par un essai que la vitesse maximum reste la même, ce qui est le cas général.

Si l'on ne peut améliorer la reprise ni par changement de buse qui maintienne la vitesse maximum, ni par changement de compensateur (cas du Zénith), on songera qu'un réchauffage peut être nécessaire.

Ceci revient à dire que, avec le carburateur et le moteur employés, il n'est pas de réglage parfait. Ceci n'est pas une chose exceptionnelle : on sait en effet, qu'il est des moteurs dont les reprises sont toujours médiocres. Seule une modification du dessin des tuyauteries d'admission, ou l'emploi d'un autre carburateur, peut en améliorer l'emploi.

Un excellent carburateur peut ne pas convenir parfaitement à un moteur déterminé : il donne toujours, néanmoins, des résultats largement satisfaisants.

Dans le cas où l'on n'a pu obtenir un réglage parfait, on choisira parmi les diverses solutions possibles celle qui conduit à employer le gicleur principal le plus petit.

RÉGLAGE SIMPLIFIÉ : CAS DES CORRECTEURS

Le rôle d'un correcteur, sur un carburateur bien réglé, doit être tel que, lorsqu'on l'ouvre à fond, la vitesse maximum soit diminuée de un dixième, et qu'elle reste égale au maximum quand la manette de commande est aux environs du tiers de sa course.

On fera donc un essai avec le correcteur fermé (toujours avec le moteur chaud). On fera un second essai avec le correcteur ouvert au tiers ou au quart. Si la vitesse diminue, c'est que le gicleur est trop petit. Si elle augmente, c'est que le gicleur est trop grand. Ceci évite donc les changements de gicleurs. La suite des essais se poursuit dans le même ordre.

RÉGLAGES ÉCONOMIQUES

Nous avons dit que pour consommer moins, on pouvait rechercher des réglages ne permettant pas la vitesse maximum.

Insistons d'abord sur le fait qu'il est toujours utile, pour obtenir de faibles consommations, de réchauffer énergiquement le mélange combustible dans la tuyauterie d'admission, si la chose est possible. Le procédé le plus simple est de réchauffer au moyen d'une prise de gaz brûlés faite sur le collecteur d'échappement. On peut aussi aspirer de l'air chaud dans un manchon entourant ce collecteur.

Nous avons dit plus haut, déjà, qu'un procédé particulièrement en honneur, actuellement, consistait à réaliser des collecteurs d'admission et d'échappement parallèles avec une portion en contact située juste au-dessus du carburateur. Ainsi le mélange débité par ce carburateur se précipite sur une paroi chaude (hot spot) où l'essence est vaporisée (*fig. 219*).

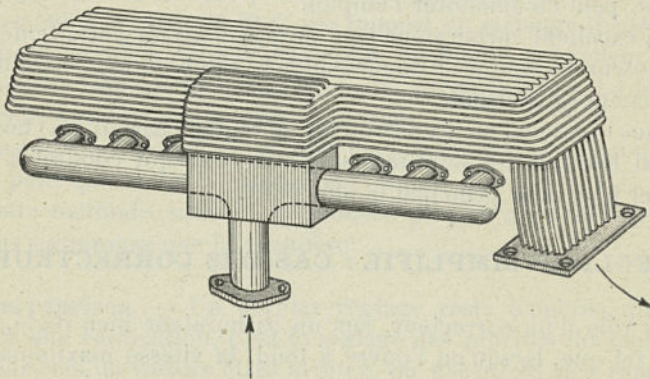


FIG. 219. — Dessin moderne de collecteurs (6 cylindres).

Le réchauffage diminue, en général, la puissance maximum que l'on peut obtenir du moteur. Il permet l'emploi de mélanges plus pauvres et améliore le rendement, c'est-à-dire abaisse la consommation.

Mais il facilite ainsi le « chauffage » du moteur, qui est le principal inconvénient des mélanges pauvres.

En diminuant la puissance que l'on peut obtenir, on diminue la vitesse maximum de la voiture. Cette vitesse n'est pas proportionnelle à la puissance : plus la vitesse est élevée, plus il faut de chevaux pour gagner 1 km. de vitesse pure. On aura souvent intérêt à perdre quelques kilomètres pour conserver à la voiture une bonne reprise avec une faible consommation.

Seuls, des essais précis de consommation peuvent permettre d'obtenir le réglage le plus économique, que nous ne conseillons pas de chercher, car il rend particulièrement désagréable la conduite de la voiture, en raison de la tendance du moteur à caler. De plus, il accélère notablement l'usure du moteur, entraîne de fréquents grillages du moteur, même des fonds de piston, l'ovalisation des cylindres, etc...

Disons seulement que l'on se trouvera bien, au point de vue consommation, de diminuer de un ou deux numéros le gicleur normal permettant la vitesse maximum.

Après avoir effectué cette diminution, il faut modifier le calage de la magnéto, si elle est à avance automatique, travailler avec une avance plus grande si la commande est au volant. Il faut surtout vérifier soigneusement que le moteur ne chauffe pas, car les économies réalisées sur la consommation d'essence, faibles, si on les situe dans l'ensemble du budget de la voiture, pourraient se traduire par une considérable augmentation des notes de réparation.

REMARQUE : A vrai dire, il n'existe pas en général *un* réglage économique unique : en effet, il y en a plusieurs dont chacun est le plus économique à une allure déterminée. Il convient donc, quand on veut faire un tel réglage, de définir exactement les conditions dans lesquelles on veut employer la voiture.

RÉGLAGE POUR LES COMBUSTIBLES AUTRES QUE L'ESSENCE

Il a été beaucoup écrit, depuis quelques années, sur les combustibles autres que l'essence. Il faut bien reconnaître qu'il n'en est aucun dont on puisse recommander l'usage, au point de vue économie ou commodité.

Benzol. — Le benzol permettrait d'employer des moteurs à rendement plus élevé, mais il faut l'employer sur les moteurs actuels, tels qu'ils sont, et non pas tels qu'ils pourraient être. Il ne permet aucune économie, d'autant plus qu'il s'accommode médiocrement des dispositifs d'admission existants, dont le réchauffage est insuffisant. Carburateurs et tuyauteries sont dessinés pour l'essence, plus volatile.

Souvent pourtant on obtient de bons résultats, dans la marche au benzol, avec un carburateur bien réglé pour l'essence.

On peut parfois réduire le gicleur normal de un numéro. Si les départs sont trop difficiles, on lestera le flotteur de la cuve à niveau constant.

Mais l'approvisionnement régulier en benzol étant presque impossible, il sera bien rare qu'on ait à effectuer un tel réglage.

Carburant national : essence-alcool. — On utilise actuellement, dans l'armée, un mélange d'essence et d'alcool par parties égales.

Il y a lieu d'augmenter le gicleur principal de deux ou trois numéros et d'enrichir également le ralenti au moyen d'un dispositif convenable.

Les départs à froid sont généralement difficiles.

Au point de vue pratique, la question ne se pose pas ailleurs que dans l'armée, puisque, comme le benzol, ce combustible ne peut être trouvé partout dans le commerce.

Pétrole. — Les pétroles et toutes les huiles lourdes possibles peuvent parfois être utilisées, mais leur emploi, en dehors de toute considération technique, se heurte à une première difficulté presque insurmontable : tous ces combustibles tachent. Seuls des camions ou des véhicules militaires les emploieront, sauf moyens de protection imprévus et presque impossibles à imaginer, puisque le conducteur est le principal agent de transport des taches.

Le réglage des carburateurs pour le pétrole est excessivement difficile, car les mélanges brûlent mal. De plus, la répartition convenable du combustible dans les différents cylindres est presque impossible, à moins de réchauffage extrêmement énergique, en raison de la faible volatilité de ce combustible.

Seule une étude spéciale des tuyauteries et l'emploi de carbu-

rateurs plus nombreux (un par deux cylindres) pourrait permettre l'utilisation du pétrole. Les moteurs doivent avoir un taux de compression plus faible, leur rendement est donc diminué de sorte que les économies que l'on pourrait réaliser sont illusoires : le prix de revient du moteur est plus élevé et la consommation plus forte.

Le pétrole, brûlant mal, encrasse rapidement les moteurs : augmentation des notes de réparations. La mise en route à froid au pétrole est impossible pour obtenir le départ du moteur, il faut alors utiliser l'essence, pour cela, disposer de carburateurs spéciaux à deux cuves qui se trouvent difficilement. On peut encore avoir deux réservoirs, un d'essence l'autre de pétrole reliés par un robinet trois voies au carburateur. On part sur l'essence, quand le moteur est chaud, on passe au pétrole. Il ne faut pas oublier avant d'arrêter le moteur de repasser sur l'essence pour pouvoir repartir ensuite.

Pratiquement, dans l'état actuel des moteurs d'automobile, les essences sont donc les seuls combustibles intéressants, et ceux pour lesquels il convient de régler les carburateurs.

CHAPITRE XXVIII

CONSOMMATION DES VOITURES

Consommer peu est un problème qui intéresse tous les conducteurs. C'est pourquoi nous chercherons à donner ici tous les éléments permettant d'arriver à une solution satisfaisante, quelle que soit la voiture dont on dispose.

Nous commencerons par définir les termes généralement usités et nous préciserons les résultats auxquels un bon conducteur peut aspirer. Nous étudierons ensuite les diverses causes qui font varier la consommation d'une voiture et nous en déduirons les règles à appliquer pour consommer peu.

En France l'usage est de définir la consommation d'une voiture en litres aux cent kilomètres, c'est-à-dire, par le nombre de litres d'essence qu'il faut brûler pour effectuer 100 kilomètres. Les esprits mathématiques critiquent fort cette définition. La consommation dépend, en effet, des difficultés de la route parcourue, de la vitesse moyenne réalisée, de l'uniformité d'allure, du vent, de la température, etc... et surtout, pouvons-nous affirmer, de l'habileté du conducteur. La consommation, aux cent kilomètres, n'est donc bien définie que si nous précisons un peu mieux les conditions d'utilisation de la voiture : nous admettrons qu'il s'agit d'une route en pays plat, parcourue en maintenant l'allure aussi constante que possible et sans vent.

Ceci même ne peut satisfaire les esprits trop précis, mais en pratique, ce qui intéresse le chauffeur n'est pas un chiffre absolu, s'appliquant à des conditions qu'il ne réalisera jamais, mais bien

plutôt le résultat auquel il peut aspirer sans trucs spéciaux. C'est précisément à ce but que répondent les chiffres indiqués par les constructeurs, qui cherchent évidemment à réduire la consommation, mais ne peuvent se permettre d'indiquer des consommations pratiquement irréalisables, sous peine de n'être pas pris au sérieux et de se faire une fâcheuse publicité.

Nous admettrons, en ce qui nous concerne, la règle simple suivante : la consommation d'une voiture, en litres aux cent kilomètres est égale à la puissance nominale, exprimée en chevaux vapeur.

La consommation d'un camion est égale à une fois et demie la puissance nominale de ce camion.

La consommation d'un tracteur est égale au double de la puissance nominale de ce tracteur.

Ces règles sont évidemment grossièrement approchées : en effet la puissance nominale d'un moteur est un chiffre fictif qui, actuellement, s'éloigne singulièrement de la réalité : telle dix chevaux est munie d'un moteur qui donne au maximum 20 à 25 C V. Telle autre est munie d'un moteur poussé, permettant le type sport, et donnant 40 à 50 C V. Ces deux voitures n'auront pas évidemment la même consommation : l'une utilisera 7 à 8 litres aux 100 kilomètres, et l'autre en exigera près de 12, mais, quand même, la consommation réelle n'est jamais éloignée du chiffre donné par notre règle.

Les concours de consommation. — Je devine l'objection du lecteur averti : comment se fait-il que dans les concours de consommation, des voitures équipées en apparence comme des voitures de série réalisent des consommations atteignant souvent à peine la moitié du chiffre indiqué par le constructeur.

L'explication est pourtant assez simple. Nous verrons au cours de ce chapitre quelles règles doit suivre un chauffeur pour réduire sa consommation au minimum, et que ces règles ne peuvent être employées sur une route ordinaire alors que sur un circuit gardé, bien connu et étudié à l'avance, où la circulation est peu dense, elles sont entièrement applicables. Il n'est point exagéré d'admettre que la maîtrise du conducteur peut réduire de 20 % la consommation. D'autre part on peut se permettre de régler le carburateur de manière à obtenir des mélanges très pauvres : la vitesse maximum sera très réduite, les reprises mauvaises et la

voiture peu agréable à conduire. On devra utiliser une avance à l'allumage considérable, et il est probable que le moteur cognera et chauffera : mais il ne s'agit que de rouler quelques heures et l'on peut gagner ainsi 15 % au moins sur la consommation ordinaire.

Enfin les moteurs employés sont des moteurs spéciaux, à taux de compression très élevé. Un moteur de série est très facile à « arranger » ; il suffit de le munir de pistons à fond convexe, de gros bouchons de soupape et de bougies volumineuses. On utilisera même des combustibles tels que le benzol permettant plus aisément l'emploi de fortes compressions. Or, on sait que l'emploi des fortes compressions permet d'augmenter le rendement dans de notables proportions. Ceci permet de diminuer encore la consommation de 10 % environ.

Enfin les voitures employées sont généralement un peu différentes des voitures ordinaires : leur profil est mieux étudié, on a supprimé les accessoires extérieurs (roues de rechange, boîte à outils, etc...) qui augmentent la résistance ; on a amélioré le graissage en utilisant des huiles plus fluides dans toute la transmission et ceci encore permet un gain de 10 %.

Faisons le total, nous arriverons à 55 % environ, sans que tous les chiffres précédents aient la prétention d'être rigoureusement exacts et de s'appliquer à toutes les voitures.

Il n'y a donc nulle sorcellerie à consommer moins de 4 litres aux cent kilomètres avec une voiture qui en exige normalement 8, mais ce résultat est parfaitement irréalisable dans la pratique, et le conducteur qui arrivera à utiliser 7 litres pourra passer pour habile et économe, s'il ne diminue pas la durée de son moteur en le faisant habituellement chauffer.

Plus intéressants que les résultats des concours de consommation sont les chiffres obtenus récemment à Brookland, avec une voiture Talbot, type torpédo, au cours d'essais effectués avec le plus grand soin. Nous rapporterons ici, sommairement au moins, les résultats de ces essais (d'après la revue anglaise *Autocar* et d'après la *Technique automobile et aérienne*). Mais nous ferons remarquer que ces essais effectués avec une seule voiture (Clément-Talbot limited 10/23 C. V.) ne peuvent prétendre s'appliquer à toutes les voitures.

Cette voiture était déjà usagée (8.000 kilomètres environ), ce qui est comparable à une voiture en bon état, achetée depuis

quelques mois. Chaque essai était effectué à vitesse constante, ce qui n'est possible que sur une piste ou route gardée, non encombrée. Même, pour obtenir cette vitesse constante, il est nécessaire de faire varier légèrement le remplissage, c'est-à-dire la position de l'accélérateur ou de la manette des gaz ; l'usage de l'accélérateur est le plus commode.

Nous avons transformé les résultats obtenus, exprimés, selon l'usage courant en Angleterre, en milles parcourus par gallon d'essence consommée. Nos graphiques représentent des consommations en litres aux 100 kilomètres.

Irrégularité des résultats. — Il fut généralement impossible, au cours des essais, avec un même réglage du carburateur (Zénith) d'obtenir des résultats constants. Alors que les conditions atmosphériques paraissaient identiques, les résultats obtenus varient de 5 à 8 %. Les graphiques que nous donnons ici indiquent les résultats moyens mais *il importe de mettre tous les chauffeurs en garde contre l'irrégularité des essais uniques*, tels qu'ils sont souvent présentés lorsqu'il s'agit de prouver les qualités d'un économiseur ou d'un produit à mélanger à l'essence. Un essai unique ne prouve pas grand-chose.

VITESSE DE CONSOMMATION MINIMUM

La figure 220 résume les résultats des essais effectués dans les conditions les plus favorables.

On voit que la consommation est minimum pour une vitesse de 40 kilomètres à l'heure environ, sans varier beaucoup entre 10 et 50 à l'heure.

Ceci ne paraît être vrai que parce que la voiture est munie d'un carburateur automatique, mais comme c'est le cas de toutes les voitures actuelles, sauf peut être celles qui font des concours de consommation, c'est le seul qui nous intéresse.

Il semble que cette vitesse la plus économique est celle à partir de laquelle le gicleur de ralenti ne débite plus. Elle varie avec les voitures.

Nous retiendrons :

- 1° Qu'il existe une vitesse de consommation minimum.
- 2° Que la consommation, d'une manière générale, augmente

avec la vitesse, sauf aux faibles allures pour lesquelles elle ne varie que dans de faibles limites.

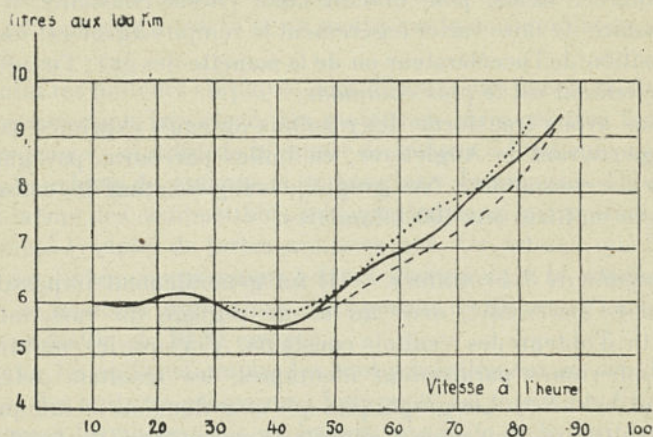


FIG. 220.

Influence du poids porté. — La figure 221 résume les consommations avec deux, trois et quatre occupants de la voiture.

On voit que la consommation varie assez peu et que toutes les courbes présentent des ondulations assez curieuses. La cause de

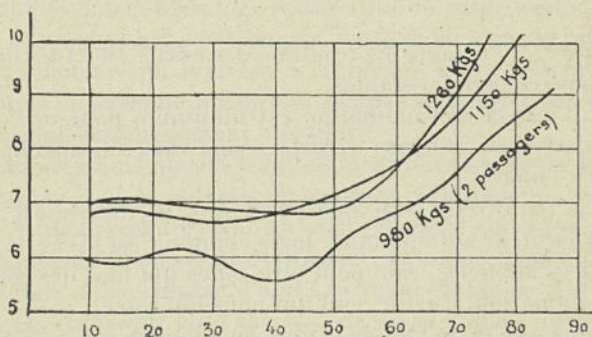


FIG. 221. — Influence de la charge.

ces ondulations est certainement l'influence du sol : le sol de la piste est assez médiocre et, suivant le poids porté, l'adhérence du véhicule et surtout le fonctionnement de la suspension subissent quelques modifications.

Si l'on considérait la consommation de la voiture non plus à vitesse constante, mais pendant qu'elle accélère, il est certain que l'influence du poids serait beaucoup plus grande.

Des essais ont été faits également en remplaçant les passagers par du lest. Les résultats en paraissent assez singuliers mais s'expliquent d'abord parce que le fonctionnement de la suspension varie avec le poids porté, et parce que le lest ne donne pas lieu à la même résistance de l'air que des passagers, puisqu'il est entièrement logé dans la caisse. Même, avec une surcharge de 200 kilogrammes (constituée par des bidons d'essence) le lest remplissait exactement la caisse, c'est-à-dire que les remous diminuaient.

Des essais d'accélération ont montré l'influence de la charge. Pour passer de 15 à 60 à l'heure, la voiture chargée à 980 kilogrammes mettait 28 secondes (en prise directe), 32 quand elle était chargée à 1.150 et 40 avec une charge de 1.260 kilogrammes.

Influence de la capote. — La consommation est naturellement plus faible sans capote.

Des essais ont été faits sans capote d'abord, puis avec la capote sans rideaux de côté, et enfin avec la capote complète. Les résultats de ces essais sont donnés par la figure 222.

On voit qu'il est avantageux, si l'on doit mettre la capote, de placer les rideaux de côté, qui évitent les remous.

De même, dans cet ordre d'idées, certaines voitures sont

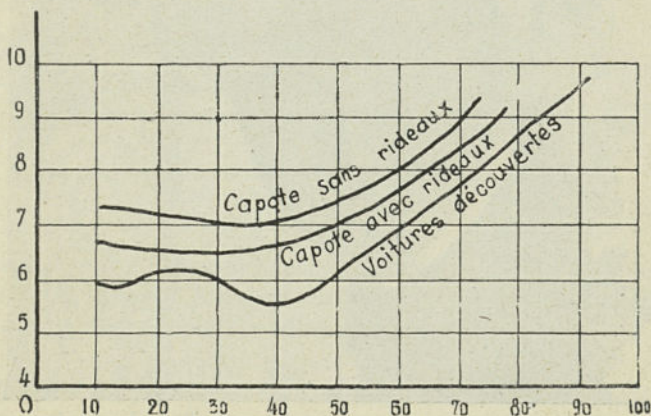


FIG. 222. — Influence de la capote.

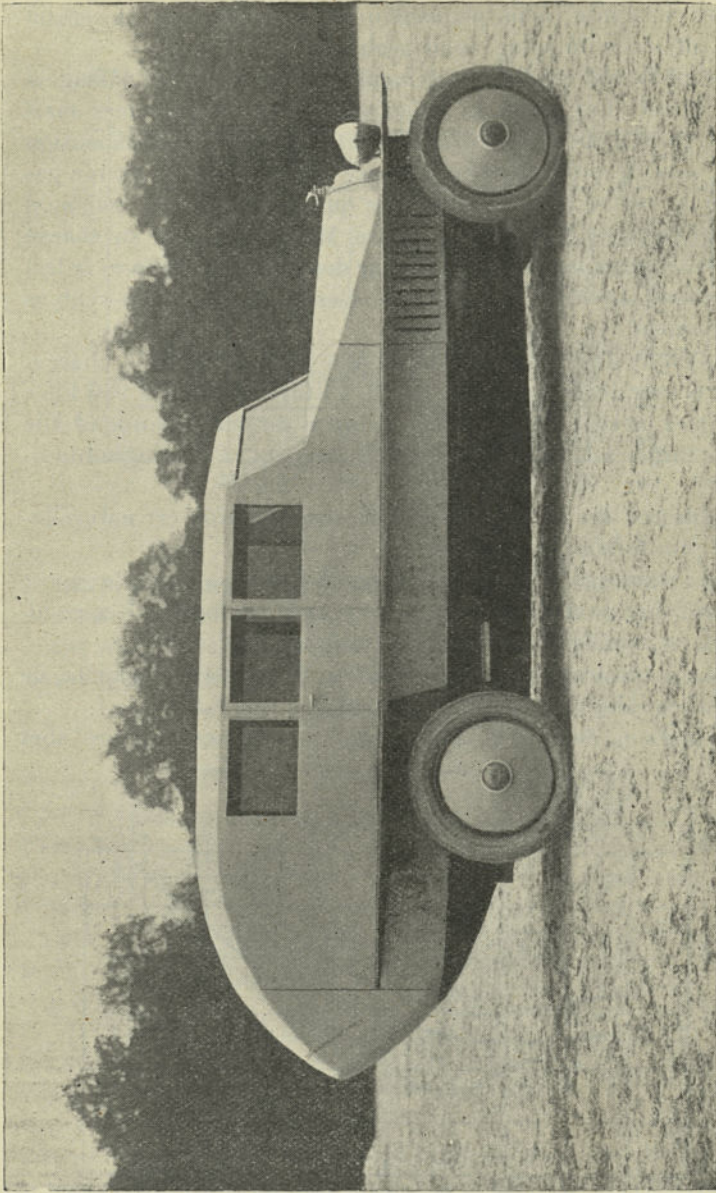


FIG. 223. — Exemple de voiture profilée.

munies de tabliers permettant de fermer l'arrière de la voiture lorsqu'il n'est pas occupé.

Nous insisterons sur l'importance de la forme d'une voiture, au point de vue consommation. Il serait avantageux de se rapprocher le plus possible des formes fuselées des voitures de course, ce qui est parfaitement réalisable même avec des voitures fermées, mais conduit à des silhouettes qui choquent encore les profanes, habitués par la mode à des lignes aussi illogiques que possible.

Déjà les carrossiers ont construit des conduites intérieures profilées. Nous reproduisons ici, à titre d'exemple, la photographie d'une voiture carrossée par son propriétaire en conduite intérieure *huit places*. Cette voiture, montée sur un châssis Isotta 1912, fait 110 à l'heure, alors que, en torpédo non profilée, elle ne dépassait pas 95 et avec la même consommation : 20 à 22 litres aux 100 kilomètres (*fig. 223*).

Signalons, par la même occasion, l'intérêt que présentent les pointes arrière, nécessaires pour diminuer la résistance de l'air, au point de vue du logement des bagages, recharges, etc...

Si la ligne d'une telle voiture paraît encore disgracieuse, il faut n'y voir qu'une question de mode : on rirait d'un ballon dirigeable ou d'une coque d'avion ayant les lignes de certaines voitures modernes pourtant appréciées. Nous donnons d'ailleurs

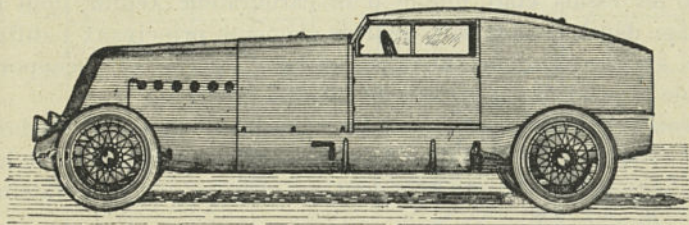


FIG. 224. — Conduite intérieure profilée 40 CV Renault
(voiture du record des 24 heures).

ci-contre la reproduction de la *conduite intérieure* 40 C. V. Renault qui détint longtemps le record des 24 heures avec 178 kilomètres à l'heure de moyenne (4.278 kilomètres) (*fig. 224*).

Influence du vent. — La résistance de l'air constitue une part importante des efforts résistants que rencontre une voiture

qui se déplace; aux grandes allures, cette résistance prend une influence prépondérante, même sur le poids.

Il est évident qu'elle dépend de la force et de la direction du vent.

Le graphique ci-contre (fig. 225) montre le résultat d'essais

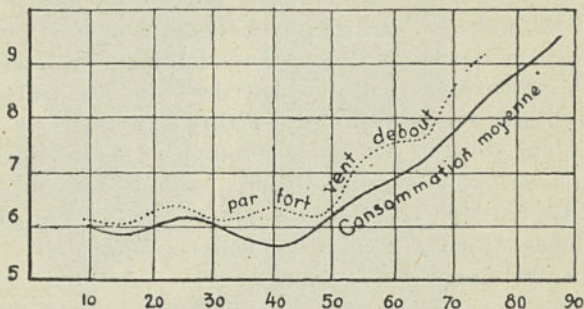


FIG. 225. — Influence du vent.

effectués sans vent, et avec vent debout. L'allure sinueuse de la courbe représentant la consommation par vent debout provient certainement du fait que le vent n'était pas constant.

Influence du réglage du carburateur. — La voiture utilisée pour les essais était munie d'un carburateur Zénith, dont le réglage dépend, on le sait, de trois éléments principaux : diffuseur, gicleur principal et compensateur. (Nous ne nous occupons pas de la position du gicleur de ralenti).

Trois graphiques ont été établis, chacun d'eux correspondant à un diffuseur (15 ou 17 ou 19). Ils vérifient naturellement les principes généraux qui président au réglage des carburateurs (fig. 226, 227, 228).

Les réglages permettant la plus grande vitesse, c'est-à-dire aussi la souplesse maximum, ont été réalisés avec le diffuseur 17, avec des gicleurs de 75 (compensateur 75) ou de 80 (compensateur 80), le premier donnant une consommation un peu plus faible.

On n'a pas pu obtenir la même vitesse maximum avec un diffuseur plus grand : 19; à plus forte raison fut-ce impossible avec le diffuseur 15.

Les consommations les plus faibles ont été obtenues avec un

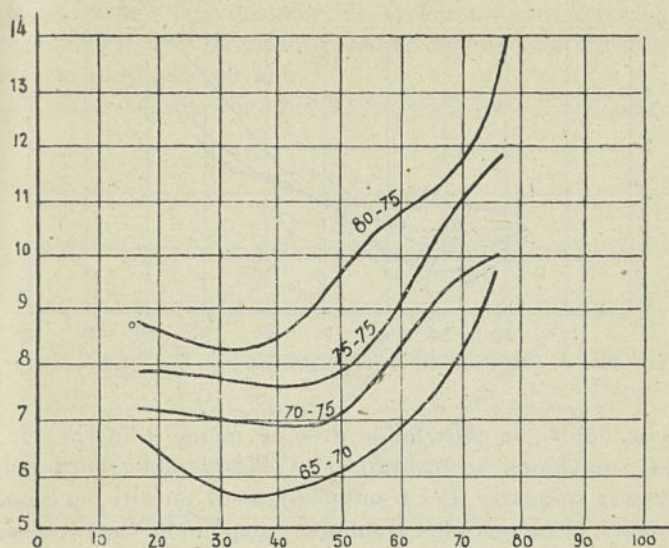


FIG. 226. — Influence du réglage du carburateur. - Diffuseur 15.

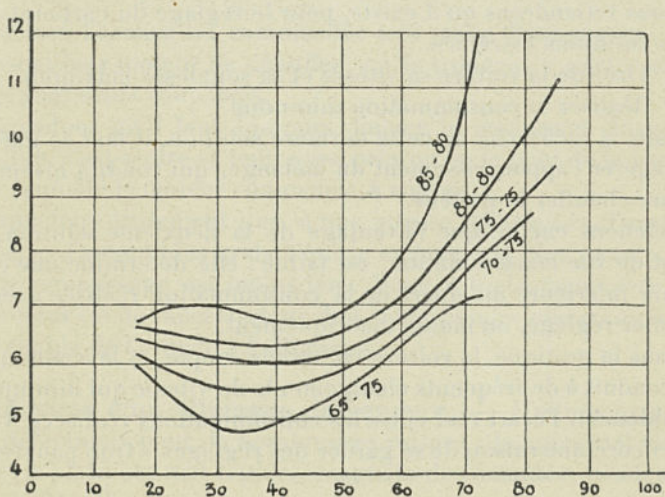


FIG. 227. — Influence du réglage du carburateur. - Diffuseur 17.

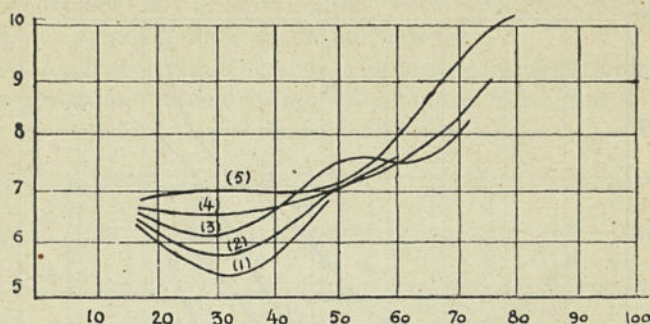


FIG. 228. — Influence du réglage du carburateur. - Diffuseur 19.

gicleur de 65, la plus faible avec le même diffuseur 17. La vitesse maximum se trouvait alors considérablement réduite, et aussi la souplesse. Les résultats auraient pu être légèrement différents, et un peu plus avantageux au point de vue consommation, si l'on eut modifié le réchauffage, en l'augmentant au fur et à mesure que la pauvreté du mélange s'accroissait. Il est logique de ne l'avoir pas fait, puisque ceci n'est guère facile à un conducteur ordinaire, dans la pratique.

Nous retiendrons qu'il existe, pour le réglage du carburateur, deux solutions extrêmes.

- 1° Tirer de la voiture sa vitesse et sa souplesse maximum.
- 2° Réaliser la consommation minimum.

Dans la recherche de cette dernière solution, il faut se garder d'exagérer l'appauvrissement du mélange, qui conduit aisément à faire chauffer le moteur.

Retenons encore que l'avantage de la deuxième solution, au point de vue consommation, est faible : elle détermine une économie inférieure au quart de la consommation réalisée avec le premier réglage, au moins théoriquement.

Dans la pratique, la voiture est moins souple, et le conducteur est conduit à de fréquents changements de vitesse qui diminuent notablement l'écart réel entre les consommations réalisées. Ceci est encore une raison de se garder des réglages « trop pauvres ».

Influence de l'avance à l'allumage. — La figure 229 donne le résultat d'essais effectués dans trois cas différents : avance maximum, avance moyenne, et avance minimum. On sera géné-

ralement surpris de constater les variations considérables de vitesse maximum et de consommation, suivant que l'avance est correctement choisie ou non.

— Ceci est à méditer par tous les conducteurs qui utilisent une

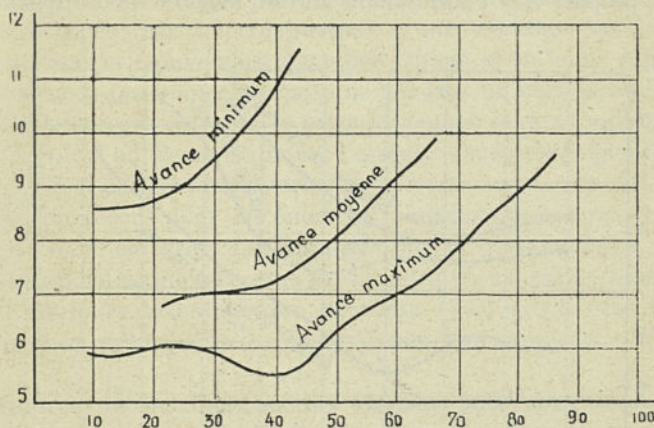


FIG. 229. — Influence de l'avance à l'allumage.

voiture où l'avance est commandée à la main. Bien souvent, ils accusent leur moteur de chauffer, ou le trouvent « mou » alors qu'ils sont seuls coupables.

Rappelons qu'il faut toujours donner le maximum d'avance possible, c'est-à-dire se tenir aussi près qu'on le peut de la limite pour laquelle le moteur commence à cogner.

Rappelons également que, à une vitesse déterminée, l'avance doit être d'autant plus grande que le mélange est plus pauvre, ou que le remplissage est moins bon. Donc, à toute manœuvre du correcteur ou de l'accélérateur doit correspondre une manœuvre convenable de l'avance à l'allumage.

Influence d'un allumage défectueux. — L'allumage peut être défectueux pour de nombreuses raisons : bougies mal choisies, vis platinées mal réglées, magnéto désaimantée, condensateur grillé, etc...

Au cours des essais, le cas des vis platinées dérèglées se présente et l'on ne s'en aperçoit que par l'augmentation de la consommation

et la diminution de la vitesse maximum. La figure 230 montre l'importance des variations constatées.

On fit également un essai en mettant une bougie à la masse, et l'on obtint aussi une nouvelle diminution de vitesse maximum, avec une augmentation de consommation.

La plupart des conducteurs seront surpris de l'importance

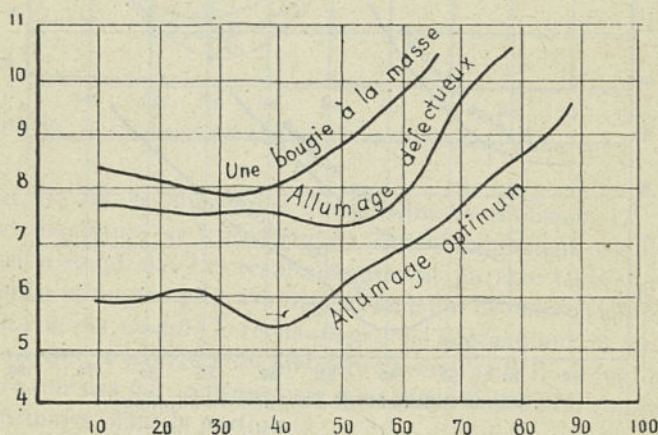


FIG. 230. — Influence d'un allumage défectueux.

relative d'un allumage défectueux, au point de vue consommation. Alors même que l'on ne constate encore aucun raté, les étincelles peuvent être de qualité médiocre au point de diminuer la puissance et le rendement d'un moteur.

Seule, une connaissance exacte de la vitesse maximum de la voiture (puissance du moteur) et de sa consommation permet de déceler à son début un défaut d'allumage.

Signalons ainsi que la qualité et le réglage des bougies influent de façon appréciable sur la consommation.

Influence des variations d'allure. — En pratique, les consommations réalisables sur route ordinaire sont assez nettement supérieures à celles qui ont été relevées au cours des essais de Brooklands. Ceci s'explique aisément par le fait que, sur une route, on rencontre des côtes, des descentes, et maints obstacles qui ne permettent pas de rouler à une allure constante, ainsi que cela fut toujours réalisé au cours des essais.

Or, à toute accélération correspond une augmentation de consommation d'autant plus grande que l'accélération est plus rapide.

Nous pouvons admettre également que tout ralentissement détermine une consommation anormale. En effet, si l'on freine, il y a absorption d'énergie par les freins. Or cette énergie avait été développée par la combustion d'une certaine quantité d'essence qui se trouve ainsi gaspillée. Même si on laisse ralentir la voiture sans freiner, on sait que pendant un certain temps, c'est la voiture qui entraîne le moteur, lequel joue en quelque sorte, le rôle d'un frein auxiliaire ; l'essence consommée pendant ce temps l'est donc en pure perte.

Nous concluons donc en énonçant un principe important et général : *toute variation d'allure augmente la consommation.*

Une vérification bien connue est le fait que, en ville, on consomme toujours davantage que sur route. C'est que la conduite en ville n'est qu'une série de changements d'allures.

Influence de l'utilisation des vitesses intermédiaires. — Nous rapprocherons de l'influence des changements d'allure

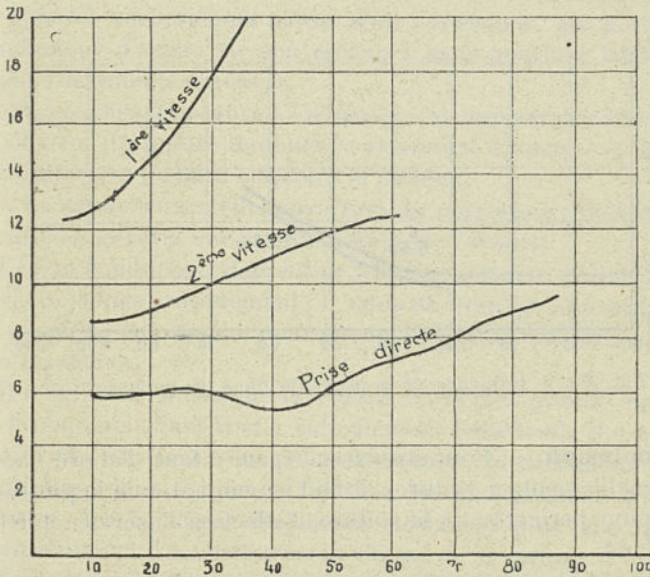


FIG. 231. — Influence de l'emploi des vitesses intermédiaires en palier.

celle des changements de vitesse, d'autant plus que ces deux questions sont généralement étroitement liées.

La figure 231 montre l'influence des vitesses intermédiaires sur la consommation. Toutefois, n'oublions pas qu'il s'agit ici de l'utilisation des vitesses intermédiaires en terrain plat et que ces résultats ne peuvent être étendus sans modification aux côtes. Il est certain, en tout cas, que la marche aux faibles allures en palier sur les vitesses intermédiaires augmente beaucoup la consommation. Il vaut donc mieux rester en prise directe, toutes les fois que la souplesse du moteur le permet. Seulement, les reprises seront moins rapides : on sait que pour atteindre rapidement le maximum de vitesse, il y a intérêt à utiliser successivement les vitesses intermédiaires.

Même en côte, il y a généralement intérêt, au point de vue consommation à utiliser la combinaison de vitesse la plus élevée qui soit possible, ce qui justifie, dans une certaine mesure, la préférence que marquent de nombreux automobilistes pour les voitures où l'on n'a presque jamais besoin de quitter la prise directe.

La *pression de gonflage* des bandages a également une légère influence sur la consommation (fig. 232). Sur bonne route, il y a avantage à rouler avec la pression maximum.

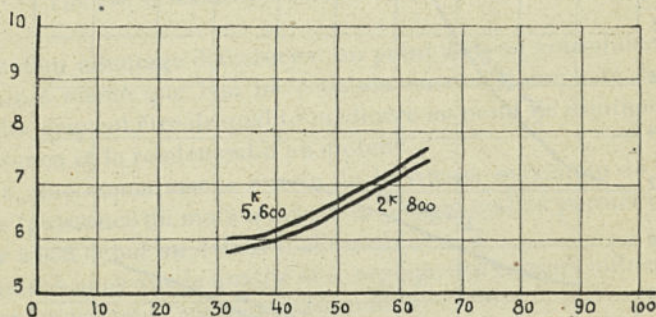


FIG. 232. — Influence de la pression dans les pneus arrière.

Conclusion. — Pour consommer peu, il faut d'abord choisir convenablement sa voiture : il faut se contenter de la puissance minimum permettant à la voiture d'effectuer le service que l'on en attend.

Tout excédent de puissance augmente la vitesse maximum et la

souplesse à laquelle est étroitement lié l'agrément de conduite, mais augmente aussi la consommation.

Si l'on n'achète pas une carrosserie de série, on peut, en s'écartant plus ou moins des lignes acceptées par la mode, réaliser une voiture nettement plus économique, à possibilités égales (vitesse maximum et poids transporté). La forme des ailes, notamment, est importante.

On se souviendra, en tout cas, que les divers accessoires (roues de réchange, boîtes à outils extérieurs, cantines sur le toit, etc.) augmentent toujours la consommation.

Les moteurs actuels sont tous comparables entre eux, au point de vue économique. Pourtant, il est certain que les moteurs à régime élevé permettent des consommations un peu plus faibles.

Il est vrai qu'ils sont un peu plus difficiles à utiliser, et exigent des changements de vitesse plus fréquents que les moteurs plats, à puissance maximum égale.

La voiture étant choisie, il convient d'en régler le carburateur suivant le but que l'on se propose. En tout cas, à défaut du réglage le plus économique, qui conduit à des voitures peu agréables à conduire par suite de leur manque de souplesse, il faut éviter les réglages riches. On utilisera sans doute de plus en plus les carburateurs munis d'un correcteur, qui permet au conducteur d'appauvrir son mélange sans pourtant tolérer les appauvrissements excessifs.

Dans le cas où l'avance à l'allumage est commandée à la main, il convient de mettre toujours le maximum d'avance, en évitant naturellement de faire cliqueter le moteur.

A un appauvrissement (ouverture du correcteur) doit correspondre en général une augmentation de l'avance.

Le bon conducteur doit éviter les changements d'allure. Il ne freinera jamais brusquement : le coup de frein est non seulement un gaspillage d'essence, mais encore une cause d'usure anormale des bandages.

Il n'oubliera jamais que la vitesse est la plus grande ennemie de l'économie. Sans rouler ridiculement lentement, il est avantageux de conserver une allure moyenne, plus économique et permettant plus facilement d'éviter les changements d'allure. L'usure des bandages augmente beaucoup plus vite que la consommation d'essence avec la vitesse de la voiture.

Enfin le conducteur essaiera de mesurer aussi exactement que

possible ses consommations, ce qui est généralement facile, actuellement, avec les voitures munies de compteurs kilométriques, pourvu que l'on ait vérifié le bon fonctionnement de ce compteur et étalonné ses indications.

Il faut chercher à connaître la cause de toute consommation anormale, afin d'y porter remède immédiatement. Le mauvais fonctionnement d'un organe quelconque du moteur n'est souvent décelé que par la consommation.

Nous ferons remarquer que, dans le budget d'une voiture, la consommation excessive due à une conduite défectueuse, n'a qu'une importance bien restreinte. L'usure anormale des bandages prend, dans ce cas, une importance beaucoup plus grande et surtout... les notes de réparation.

CHAPITRE XXIX

RÉGULATION. — RÉGULATEURS

On appelle régulateur, dans une machine thermique, un organe destiné à s'opposer aux modifications de vitesse de la machine, organe qui, par conséquent, poursuit et complète l'action du volant.

Dans les moteurs d'automobile on donne le nom de régulateurs aux organes qui permettent de limiter la vitesse du moteur, partant celle du véhicule, soit automatiquement, soit au gré du conducteur.

Régulateurs commandés par le conducteur. — Après avoir essayé maints procédés pour régler la vitesse, on est arrivé à employer presque toujours le même : modifier la vitesse du moteur en faisant varier le passage offert aux gaz aspirés par l'intermédiaire du dispositif appelé accélérateur.

Ce procédé présente néanmoins de sérieux inconvénients, s'il est employé sans correctifs. Si le passage offert aux gaz diminue, il en résulte que la quantité de gaz admise est plus petite, c'est-à-dire que la pression à l'intérieur du cylindre est plus faible. Il en résulte aussi que la pression atmosphérique qui règne dans le carter est très supérieure à la pression qui règne dans le cylindre durant la période d'admission. Les gaz du carter ont une tendance à passer entre le cylindre et le piston. Une partie de ces gaz, malgré l'étanchéité résultant de la présence des segments, passera, refoulant de l'huile dans la chambre de compression, d'où une

consommation d'huile exagérée, et l'encrassement fréquent des bougies. C'est pour cette raison que souvent, lorsqu'après avoir fermé les gaz dans une descente, on cherche à répartir, un ou plusieurs cylindres ne donnent plus et que, au début de la reprise, la fumée est intense; l'huile a encrassé la bougie et elle obscurcit la fumée.

D'autre part, on sait que le rendement du moteur dépend de la compression réalisée. Le rendement diminue donc considérablement, ce qui suffirait à expliquer que les consommations effectuées au ralenti soient parfois très importantes.

Il en résulte qu'un moteur, qui, en donnant toute sa vitesse, consomme 220 grammes d'essence au cheval-heure, en consommera bien davantage avec les gaz fermés, 500 grammes par exemple, même si le carburateur employé est des plus réputés et parfois même aux allures les plus faibles, 1.500 à 2.000.

Certains appareils compteurs d'essence indiquent la consommation par tour, et permettent d'étudier ces consommations. Elles ont un gros intérêt, au tarif actuel de l'essence, aussi bien pour les véhicules de tourisme que pour les camions.

Régulation sur l'échappement. — Le procédé le meilleur serait de réduire la vitesse de rotation du moteur, sans diminuer la compression. Les moteurs de Dion ont été longtemps pourvus d'un système qui modifiait la levée de la soupape d'admission en fermant prématurément celle de l'échappement. Mais la soupape d'admission était automatique. Le procédé est difficilement applicable aux soupapes commandées.

Régulation par étranglement des gaz frais. — Les voitures possèdent souvent une manette qui permet d'ouvrir plus ou moins l'orifice des gaz, et une pédale, dite d'accélération, qui permet d'ouvrir en grand cette arrivée. Le nom d'accélérateur est peu justifié, si l'on admet que le régime normal n'est pas le ralenti. Mais au début de l'industrie automobile, les voitures étaient munies de régulateurs automatiques, parce que l'allumage se faisait par brûleurs et qu'il était impossible de faire fonctionner de manière satisfaisante le moteur, à des régimes variés. Il fallait les régler pour une vitesse bien déterminée, fonction du régime des brûleurs. On créa ensuite une commande permettant d'annuler l'action du régulateur, ce fut l'accélérateur.

Nécessité d'un régulateur sur les véhicules militaires et notamment les poids lourds. — Il est en général inutile qu'une voiture soit capable de réaliser des vitesses considérables. Ces vitesses entraînent une consommation exagérée de pneumatiques aussi bien en raison des efforts anormaux que des ralentissements brusques qu'elles imposent. Lavoiture entière, d'ailleurs, du moteur jusqu'au châssis, ne peut que souffrir des vitesses exagérées souvent atteintes.

Les véhicules lourds, en particulier, sont calculés pour des vitesses normales et leurs bandages s'usent de façon excessive dès que la vitesse augmente. Si, par exemple, un camion est construit pour rouler à 30 à l'heure, ses bandages s'useront de façon anormale si on le fait rouler à 50. Il est donc nécessaire de munir ce camion d'un régulateur lui interdisant les allures supérieures à 30 à l'heure. Dans les camions, en effet, il y a excédent de puissance permettant de surmonter toutes les résistances qui peuvent se présenter. Le moteur du véhicule roulant à vide a donc sans cesse tendance à s'emballer.

Régulateur centrifuge. (*fig. 233*) — Les régulateurs dérivés du régulateur de Watt sont les plus fréquemment employés. Le régulateur est monté sur un arbre tournant avec l'arbre moteur, souvent sur l'arbre à cames. Il se compose essentiellement de masses articulées sur un plateau calé sur l'axe, de manière à pouvoir s'écarter plus ou moins de cet axe sous l'action de la force centrifuge. Ces masses sont articulées d'autre part sur un manchon qui peut coulisser sur l'arbre. Lorsque la vitesse de rotation augmente, les masses M et M' s'écartent de l'arbre, entraînant le manchon.

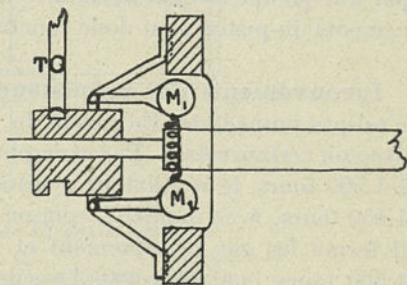


FIG. 233. — Régulateur centrifuge.

Celui-ci agit par une gorge sur une tringle T qui, par un tringlage convenable, modifie la position du papillon des gaz. Pour que le régulateur intervienne seulement quand la vitesse de rotation atteint une valeur déterminée, on le règle au moyen d'un

ressort reliant les masses et ne leur permettant de s'écarter que lorsque la force centrifuge est supérieure à la tension du ressort.

Régulateur hydraulique (fig. 234). — Le type en est le régulateur Krebs.

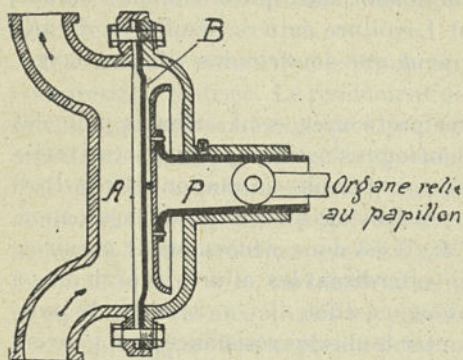


FIG. 234. — Régulateur hydraulique.

Un boisseau commandé par le régulateur peut ouvrir ou fermer le passage des gaz. L'eau de circulation envoyée par la pompe arrive dans la chambre A, où elle agit sur un diaphragme B, qui pousse lui-même le piston P lequel commande le papillon des gaz par l'intermédiaire d'un tringlage.

On conçoit aisément que l'action de l'eau est d'autant plus forte que le moteur tourne plus vite, puisque l'eau est entraînée par une pompe toujours conduite par l'arbre moteur. Les déplacements du piston sont donc fonction de la vitesse du moteur.

Inconvénients des régulateurs. — L'action des régulateurs n'est pas immédiate. En raison de leur inertie, ils fonctionnent avec un certain retard. Par exemple, si l'on veut limiter la vitesse à 1.500 tours, le régulateur n'agira que lorsque le moteur fera 1.650 tours. A ce moment, comme il est réglé pour 1.500 tours, il ferme les gaz brusquement et la vitesse tombera non pas à 1.500 tours, mais à 1.400. Le régulateur agira de nouveau, la vitesse du moteur oscillant autour de la vitesse moyenne; on dit que le régulateur pompe (même s'il n'est pas hydraulique). Afin d'éviter ce défaut, dans les régulateurs centrifuges, on donne aux articulations la plus grande mobilité possible.

On assure leur graissage avec soin. Il est donc bon de les enfermer dans un carter. Ceci les soustrait également à l'action du conducteur, toujours tenté de supprimer le régulateur ou de l'empêcher d'agir en modifiant la tension du ressort. En effet, le pompage le gêne. Souvent au moment d'aborder une côte, il emballe son moteur, le régulateur agit et la vitesse diminue

au lieu d'augmenter, le moteur freinant la voiture au lieu d'accélérer son mouvement.

Cet inconvénient peut être évité par divers dispositifs. Le régulateur Saurer, en particulier, permet d'avoir deux vitesses limites différentes, une en quatrième vitesse et au point mort, l'autre pour les vitesses intermédiaires, ce qui permet de limiter le pompage dans ce dernier cas. Ce résultat est obtenu par l'action d'un ressort secondaire disposé de façon à lutter contre la

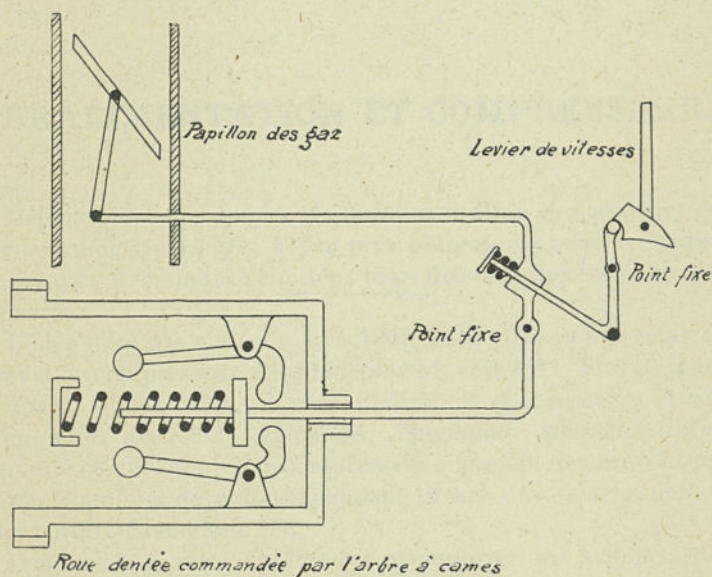


FIG. 235. — Régulateur Saurer.

résistance du ressort normal quand la boîte de vitesses est en prise sur la quatrième ou au point mort. Ce ressort est commandé par une came solidaire du levier de changement de vitesses (fig. 235).

Sur le tracteur à chenilles Schneider, le conducteur peut momentanément dépasser la vitesse limite adoptée en appuyant à fond sur l'accélérateur; la tension du ressort se trouve ainsi augmentée. Ce résultat ne risque pas d'être obtenu invo-

lontainement, car l'enfoncement total de la pédale n'est possible qu'après ouverture à fond de la manette des gaz et de plus la pédale est sans effet dans la partie moyenne de la course.

Les régulateurs actuels ne sont pas parfaits : rien ne peut remplacer l'action personnelle d'un bon conducteur.

CHAPITRE XXX

SURALIMENTATION ET COMPRESSEURS

Depuis plusieurs années, la suralimentation des moteurs est sérieusement envisagée, à peu près obligatoire pour les engins de course à cylindrée limitée, mais discutée sur les véhicules de série.

L'idée n'est pas nouvelle. Dès 1902, Louis Renault prenait un brevet de compresseur. Plus récemment, vers 1911, Birkigt (pour Hispano) et les Frères Sizaire réalisèrent des moteurs suralimentés et, dès 1911 également, l'ingénieur allemand Zoller commençait des études de compresseur et prenait des brevets qui, perfectionnés et développés pendant 10 ans, devaient lui donner une notoriété mondiale (1).

Pendant la guerre, l'obligation d'employer les avions à des altitudes considérables, contraignit les ingénieurs de tous pays à étudier la suralimentation, afin de diminuer la perte de puissance qu'entraîne la faiblesse de la pression atmosphérique, c'est-à-dire du taux de remplissage. Rateau en France, Moss en Amérique et la Maison Mercedes en Allemagne réalisèrent des solutions excellentes: le turbo-compresseur Rateau est encore utilisé actuellement.

Mais la suralimentation fut surtout étudiée pour obtenir les puissances les plus élevées de moteurs construits pour les courses

(1) Voir *Omnia* nos 51, 52, 57, 58.

depuis 1923 : le règlement limitait la cylindrée, mais tolérait la suralimentation. Certes, les ingénieurs cherchèrent d'abord à porter les solutions connues, en matière de distribution, à leur plus haut degré de perfection. Alors que la deux litres Ballot du Mans ne donnait guère plus de 80 chevaux, Fiat à Strasbourg tirait de la même cylindrée près de 100 chevaux, Sunbeam à Tours les dépassait, et la douze cylindres Delage de Lyon, sans compresseur, en donnait 120 (exactement 118) à 6.200 tours. Il semble que là s'arrêtait (10 chevaux par 1.000 tours et par litre de cylindrée,) ce que l'on pouvait tirer du système d'alimentation des moteurs par dépression.

Déjà en 1923 Fiat avait montré à Tours (voiture de Bordino qui réalisa 198 kilomètres à l'heure sur la base de chronométrage) et à Monza ce que pouvaient réaliser les compresseurs. En 1924, Alfa-Roméo dominait tout le monde en deux litres avec des compresseurs. En 1925, les concurrents, tous munis de compresseurs obtenaient 80 chevaux au litre de cylindrée, et en 1926, avec la nouvelle cylindrée de 1 litre 5, les 100 chevaux au litre étaient atteints.

Mais si, dès 1924, le taux de remplissage obtenu dépassait l'unité, avec des pressions d'admission de 600 grammes, il faut reconnaître que, en 1926, le remplissage était largement augmenté. Le règlement poussait à l'accroissement des puissances spécifiques : les résultats sont merveilleux. Toutefois, sans être un esprit chagrin, on pouvait déplorer que les rendements obtenus fussent très médiocres : un ingénieur, constructeur qui gagna une grande épreuve en 1926, avouait une consommation spécifique de 450 grammes au cheval-heure. Certes, des progrès avaient été faits : soupapes, bougies, ressorts de soupapes ont dû être améliorés. Même au point de vue mécanique, pour arriver à ces vitesses élevées, on a progressé, risqué des choses nouvelles, comme les vilebrequins en plusieurs pièces permettant le montage aisé des bielles à roulements. Les appareils d'allumage eux-mêmes ont dû suivre : les magnétos en 1924 n'auraient pas tenu aux 7.500 tours atteints en 1926, dépassés même parfois.

Mais l'année 1926 voyait également le constructeur d'un compresseur, spécialiste de l'alimentation, M. Cozette, établir des dispositifs de suralimentation susceptibles d'être montés sur des voitures de série de type économique, telles que la 10 C. V. Citroën et la 6 C. V. Renault. Ceci suffirait à prouver que le

problème de la suralimentation ne se pose pas seulement sur les voitures de course, et que peut-être les mauvais rendements constatés n'ont pas uniquement pour cause la surcompression, même ont des causes toutes différentes.

Les aspects actuels du problème de la suralimentation. —

D'une part la suralimentation s'impose lorsqu'un règlement de course contraint les constructeurs à tirer, d'un moteur de cylindrée déterminée la puissance maximum. En même temps, naturellement, s'impose la nécessité de faire tourner le moteur très vite, avec toutes les conséquences mécaniques des grandes vitesses de rotation : cylindres petits, pièces en mouvements allégées à l'extrême, emploi généralisé des montages par roulements, soins particuliers apportés au graissage, etc....

D'autre part, la suralimentation s'est imposée également, aux avions destinés à voler à de grandes altitudes. Ici, à vrai dire, il y a vraiment suralimentation, tandis que dans le cas précédent, il y a plutôt surcompression, puisque la pression de l'organe de suralimentation dépasse largement la pression atmosphérique moyenne. Il ne paraît pas, dans le cas des moteurs d'avion, que l'emploi de dispositifs de suralimentation du moteur ait pu diminuer le rendement. On a pu même prétendre que le rendement de la machine se trouverait augmenté, en ce sens que l'avion pourrait, à de grandes altitudes, parcourir, avec une même quantité de combustible une distance plus grande qu'au sol, en portant, il est vrai, un poids moindre.

On peut donc imaginer, pour les moteurs d'automobile, une suralimentation analogue à celle du moteur d'avion destiné à conserver au taux de remplissage une valeur aussi voisine que possible de l'unité. Nous distinguerons donc la *surcompression*, suralimentation spéciale au moteur de course dans laquelle le moteur est « gavé », et la *suralimentation* qui conserve au taux de remplissage des valeurs voisines de l'unité.

SURCOMPRESSION

Les résultats obtenus sont remarquables : 100 C. V. et plus au litre de cylindrée à 7.000 tours : Mais la sécurité de fonctionnement est loin d'être parfaite.

On sait combien pénible fut en 1926 la mise au point des nouveaux véhicules, avec moteurs surcomprimés. Si difficile qu'il soit de connaître exactement les déboires subis par constructeurs et coureurs, il n'est pas exagéré d'affirmer que nombreux furent les incidents dûs aux bougies, soupapes et ressorts de soupapes. Ces organes n'ont pu que difficilement supporter les pressions et les températures élevées auxquels ils étaient soumis. Sans doute en résultera-t-il de nouveaux progrès et ces difficultés ne sont pas insurmontables : elles se sont présentées chaque fois que l'on a augmenté les vitesses de rotation.

Mais, incontestablement, le rendement de tous les véhicules de course à moteur surcomprimé fut extrêmement médiocre : 450 grammes au cheval-heure est un chiffre suffisamment explicite et l'on serait terrifié des consommations réalisées aux 100 kilomètres.

A notre avis, la surcompression n'est pas ici seulement responsable et même peut-être ne l'est-elle pas du tout. Il nous paraît que les grandes vitesses atteintes doivent plutôt être incriminées et ceci peut s'expliquer. En effet, quel que soit le soin apporté à la construction, les résistances passives augmentent, car le rendement mécanique diminue avec la vitesse. Donc pour un même nombre de chevaux disponibles sur l'arbre, il faut en produire davantage sur le piston, c'est-à-dire à rendement égal, brûler plus d'essence.

Certes, le rendement thermique augmente avec la vitesse de rotation. Mais ceci n'est vrai qu'autant que tous les éléments influant sur le rendement subsistent. Or on sait que la vitesse de combustion a une influence prépondérante. Nous pensons, personnellement, que les vitesses de combustion sont loin de croître comme la vitesse de rotation, et que, malgré les augmentations d'avance, la combustion se termine toujours trop tard.

Les pertes par les parois sont d'autant plus grandes que les quantités de chaleur développées sont elles-même plus grandes : la suralimentation peut donc avoir une part de responsabilité, d'autant plus que le compresseur absorbe une partie de la puissance du moteur.

Enfin, pour ne pas voir le fonctionnement interdit par les phénomènes de détonation, on est conduit à employer avec les compresseurs des combustibles spéciaux, de prix généralement élevé, et dont l'emploi ne saurait actuellement être envisagé sur les voitures ordinaires. A défaut de combustibles ne détonant que difficile-

ment, il faudrait réduire les taux de compression pour maintenir les pressions de compression au-dessous de la valeur limite qui produit la détonation : la perte de rendement serait alors certaine.

Suralimentation simple. — L'emploi du compresseur permettra évidemment d'augmenter la puissance spécifique (puissance par litre de cylindrée). Ceci ne sera intéressant que si le moteur permet sans inconvénient cette augmentation : ses différents organes (bougies, soupapes, ressorts même) pourraient ne pas supporter les efforts nouveaux qu'ils sont destinés à supporter. De plus le moteur, mieux alimenté, tournera plus vite : son équilibrage doit rester satisfaisant et son rendement mécanique assez élevé pour que ne soit pas perdu d'un côté ce qui est gagné de l'autre, et que son usure ne soit pas anormale.

La puissance fiscale ne changera pas et l'on pourra ainsi pour une voiture répondant à un but déterminé, payer un impôt beaucoup plus faible que si le moteur n'est pas suralimenté.

Si le taux de remplissage reste à peu près constant et voisin de 1, le couple moteur restera, lui aussi, à peu près constant : les différents organes de transmission peuvent donc rester légers. La construction de la voiture, plus légère à puissance égale que la voiture à moteur non suralimenté, permettra des économies supérieures à la dépense que représente le montage d'un compresseur. Mieux même : les dépenses en essence et bandages, en relation étroite — à rendement égal — avec le poids, seront également plus restreintes.

Il n'y a pas de raison pour que le rendement diminue : en effet, si la consommation spécifique d'un moteur augmente avec la vitesse de rotation du moteur, au-delà d'une certaine valeur de cette vitesse, on peut sans crainte attribuer cette diminution au mauvais remplissage, pour une large part, si du moins la construction du moteur est assez soignée pour que rendement mécanique et équilibrage soient satisfaisants.

Il ne serait donc pas exagéré d'admettre que l'amélioration du remplissage pourra, au point de vue rendement, compenser la puissance absorbée par le compresseur, au moins tant que la vitesse de rotation ne sera pas devenue trop considérable.

Cette façon de voir paraît justifiée par le fait suivant : la maison Amilcar a obtenu des consommations spécifiques égales avec ou sans suralimentation, sur un même moteur (qui n'est pas celui de ses véhicules de courses).

Il paraît donc certain qu'une sage suralimentation peut être l'origine d'améliorations notables, même sur les voitures de série destinées à être mises entre toutes les mains.

Il suffit pour cela que les compresseurs soient faits pour remplir seulement ce rôle, c'est-à-dire que leur débit soit convenablement étudié. Mais une condition essentielle s'impose : *la sécurité*. Il faut que le compresseur lui-même soit un organe robuste et que rien dans le moteur ne risque de céder. A ces conditions seulement la suralimentation peut se généraliser, et nous croyons volontiers, personnellement, qu'il en sera ainsi.

LES COMPRESSEURS EN SERVICE

Tous les compresseurs actuellement utilisés sont rotatifs, il n'en saurait être autrement, en raison des vitesses élevées nécessaires et que les pompes à piston réaliseraient difficilement.

On a l'habitude de les classer en trois catégories : les compresseurs centrifuges, les compresseurs type Roots, et les compresseurs à palettes, dérivés respectivement des pompes centrifuges, à engrenages et à palettes.

COMPRESSEURS CENTRIFUGES

Ces compresseurs sont de simples ventilateurs, mais présentent, quel que soit le tracé des ailettes, deux inconvénients considérables.

a) D'abord, leur débit est faible, c'est-à-dire qu'il faut les faire tourner à des vitesses considérables pour obtenir une suralimentation appréciable.

b) Outre les difficultés mécaniques que comportent les vitesses élevées, l'utilisation sur une voiture est rendue plus compliquée par la surmultiplication imposée au compresseur. En effet, aux brusques changements d'allure de la voiture et surtout du moteur, l'inertie du compresseur exercera des efforts résistants considérables sur les organes qui le commandent : la sécurité de marche sera faible. Ces compresseurs ne sont donc indiqués que sur des engins roulant à des vitesses quasi uniformes, telles que les voitures de course américaines, utilisées seulement sur piste. Miller

et Duesenberg ont fait tourner des compresseurs jusqu'à 30.000 tours.

COMPRESSEUR ROOTS

Il dérive directement de la pompe à engrenages. Deux rotors formant palettes, tournent en sens contraire à l'intérieur d'un stator.

Les axes des deux rotors sont reliés par des engrenages de manière à tourner à la même vitesse, l'un d'eux étant commandé directement par l'arbre moteur en général.

Cet appareil est relativement simple, mais son rendement dépend largement des jeux entre rotor et stator. Or ces jeux sont inévitables et, s'ils n'existaient pas, seraient rapidement créés, par l'usure.

Son rendement varie avec la vitesse : il est plus faible aux régimes bas, mais n'exige pas cependant des vitesses comparables à celles des compresseurs centrifuges. C'est pourquoi on peut réaliser des commandes directes... à condition toutefois que le moteur tourne vite.

Il fut adopté en 1925, pour la course, par la plupart des constructeurs français (Talbot, Delage, Bugatti).

COMPRESSEUR A PALETTES

En principe, ces appareils sont de simples pompes à palettes, dans lesquelles le déplacement des palettes s'effectuerait sous l'influence de la force centrifuge. Il n'y a donc fonctionnement qu'à partir d'une certaine vitesse limite : ceci a peu d'importance puisque aux faibles allures, l'alimentation ordinaire par dépression donne des résultats satisfaisants.

Ensuite la pression des palettes sur le stator augmente très vite, comme le carré de la vitesse, d'où usure très rapide résultant de la difficulté que l'on rencontre à effectuer le graissage.

Plusieurs solutions ont été envisagées pour lever cette difficulté : nous décrirons seulement le dispositif Cozette (*fig. 236*).

Le rotor avec ses palettes est enveloppé dans un second rotor, formant tambour et tournant avec un faible jeu dans le stator. Les palettes appliquées par la force centrifuge contre ce second

rotor l'entraînent dans leur mouvement, au-delà d'une certaine vitesse. Le déplacement relatif des palettes et de ce tambour, aux faibles allures, ne peut entraîner une usure rapide, en raison des faibles pressions exercées.

Le tambour formant rotor est percé de nombreux trous, de manière à ne pas troubler le fonctionnement de la pompe à palettes constituée par le compresseur. Le jeu ménagé entre lui et le stator doit être assez faible pour ne pas compromettre l'étanchéité.

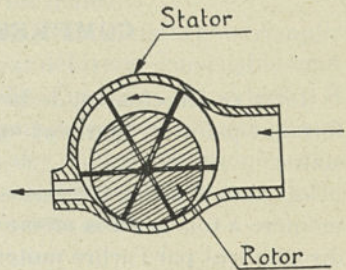


FIG. 236.

Schéma de compresseur à palettes.

Conclusion. — Les seuls appareils susceptibles de se généraliser paraissent être le type Roots et le compresseur à palettes. Il est fort possible que leur emploi soit réalisé dans l'avenir sur les types les plus ordinaires de voitures.

Toutefois, le moteur à deux temps paraît tout indiqué pour utiliser ces appareils. C'est d'ailleurs à cette catégorie de moteurs que s'appliquent la plupart des brevets *Zoller*.

Un proche avenir décidera de l'utilité des compresseurs actuellement encore en période d'évolution.

Une autre pièce est fixée sur le plateau du rupteur. C'est le fléau coudé ou marteau.

Il est solidaire du plateau, c'est-à-dire qu'il fait comme lui partie de la masse, car le plateau est mis à la masse par un charbon.

Le courant primaire parti de la masse (noyau de l'induit) et arrivé à la vis platinée *A* en passant par la vis de connexion et la pièce en T, doit se fermer en revenant à la masse.

La liaison s'effectue par une vis platinée *B*, qui est fixée sur « le fléau coudé » et qui est en contact avec *A*.

Le fléau coudé peut pivoter autour d'un axe *X* par l'intermédiaire duquel il est à la masse. Il est garni de fibre à l'extrémité opposée à celle sur laquelle est fixée la vis *B*.

L'ensemble du rupteur tourne dans le bâti de la magnéto à l'intérieur d'une bague de cuivre qui comporte deux cames *C* et *D*.

Dans ce mouvement, lorsque l'extrémité garnie de fibre du fléau coudé rencontre *C* et *D*, le fléau coudé tourne autour de son axe, et

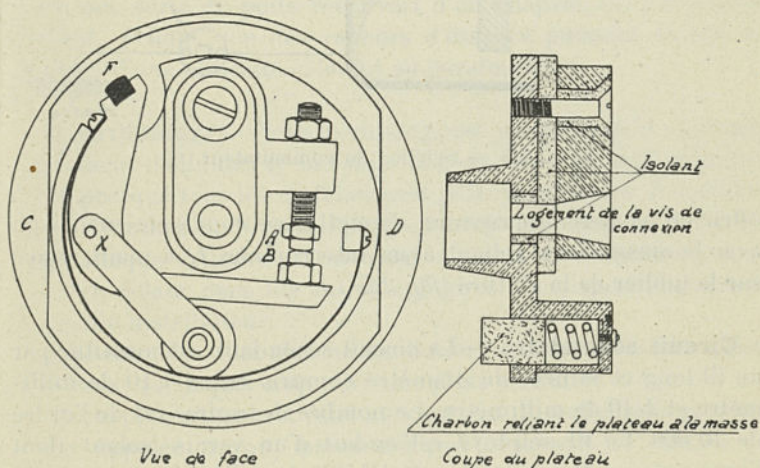


FIG. 244. — Détail du rupteur.

la vis platinée *B* se sépare de *A*, déterminant la rupture du courant. Le calage des cames permet de déterminer la rupture au moment voulu, qui doit être celui où l'intensité du courant primaire est maximum en valeur absolue. On emploie la fibre en *F* pour

éviter la nécessité du graissage, et non à cause de ses propriétés isolantes.

Commutateur. — C'est un organe qui permet au primaire de se fermer sur la masse, même quand la rupture se fait entre *A* et *B*.

Pour cela le rupteur est surmonté d'un couvercle métallique *C* isolé du bâti, sur lequel il est fixé par un anneau de fibre. Ce couvercle est relié à la pièce en *T* par un ressort *r*. Il suffit, pour

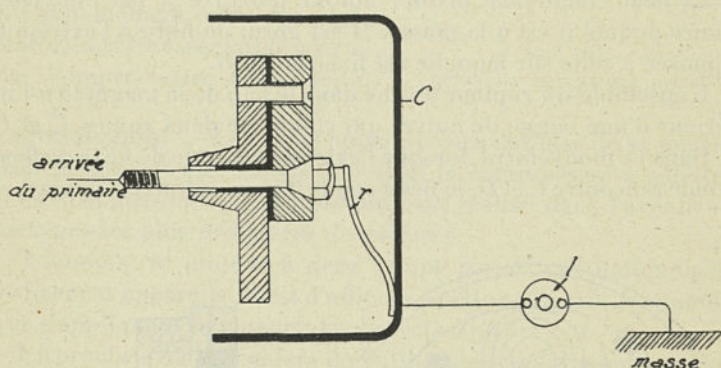


FIG. 245. — Schéma du commutateur.

offrir un passage au primaire, de mettre ce couvercle en liaison avec la masse en le reliant à un interrupteur *I*, à main, placé sur le tablier de la voiture (*fig. 245*).

Circuit secondaire. — Le circuit secondaire est constitué par un fil long et mince, de diamètre compris entre $1/10$ de millimètre et $2/10$ de millimètre. Le nombre des spires est de l'ordre de 10.000. Le fil employé est enduit d'un vernis isolant dont l'épaisseur ne dépasse guère de $1/1.000$ de millimètre.

L'enroulement de ce fil et la pose du vernis sont des opérations délicates qui expliquent le prix de revient élevé des magnétos.

L'une des extrémités du secondaire est à la masse sur l'induit.

Elle est le plus généralement soudée au primaire, juste avant le condensateur.

L'autre extrémité est reliée à un collecteur. Ce collecteur est

une bague de cuivre, en forme de poulie, centrée sur l'axe de l'induit et tournant avec lui, mais isolée de cet axe ou du bâti par de l'ébonite. Le secondaire, pour aboutir au collecteur, est d'ailleurs lui aussi noyé dans une gaine d'ébonite.

Il faut alors faire passer le secondaire du collecteur qui tourne avec l'induit à un organe fixe d'où il ira à la bougie.

Le collecteur est en contact avec un charbon, généralement vertical, constamment appliqué dans la gorge du collecteur par un ressort.

De là, le courant secondaire s'en va directement à l'une des pointes de la bougie, le circuit secondaire se fermant par la bougie, dont l'autre pointe est à la masse.

En dérivation, entre le charbon du collecteur et la bougie, est monté le *parafoudre*. C'est une simple pointe (ou plusieurs) placée à une distance de 8 à 10 millimètres du bâti de la magnéto, c'est-à-dire de la masse.

Généralement, des pointes sont disposées sur le bâti, en face de celle qui est liée au secondaire, l'ensemble étant enfermé dans une sorte de puits recouvert d'un chapeau de porcelaine, isolant, évitant que des vapeurs d'essence puissent arriver au contact d'une étincelle éclatant au parafoudre.

Distributeur. — Nous avons supposé jusqu'ici qu'il s'agissait seulement d'allumer le mélange gazeux dans un seul cylindre. Mais presque tous les moteurs sont polycylindriques. Il convient donc d'étudier un dispositif permettant de faire éclater l'étincelle dans chaque cylindre au moment où cela est nécessaire, sans qu'il en éclate dans les autres cylindres. Le dispositif employé s'appelle distributeur.

Il se compose d'un plateau en matière isolante, ébonite généralement, sur lequel sont calés des plots en cuivre :

1° Un plot central est relié au charbon du collecteur par une pièce appelée crayon, maintenue par un ressort au contact du plot central du distributeur (*fig. 243*) ;

2° Des plots répartis uniformément à la périphérie du plateau isolant et à égale distance du plot central, sont reliés aux bougies des divers cylindres (*fig. 246*).

Pour faire passer le courant secondaire dans une bougie déterminée, il suffit donc de mettre en communication avec le plot central le plot auquel cette bougie est reliée.

Mais nous savons que les allumages des divers cylindres sont uniformément répartis dans la durée du cycle, soit deux tours du moteur. Nous savons également dans quel ordre doivent être allumés les cylindres.

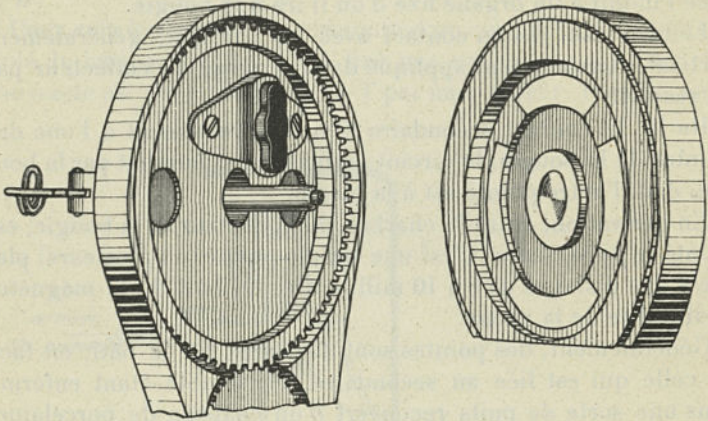


FIG. 246. — Distributeur

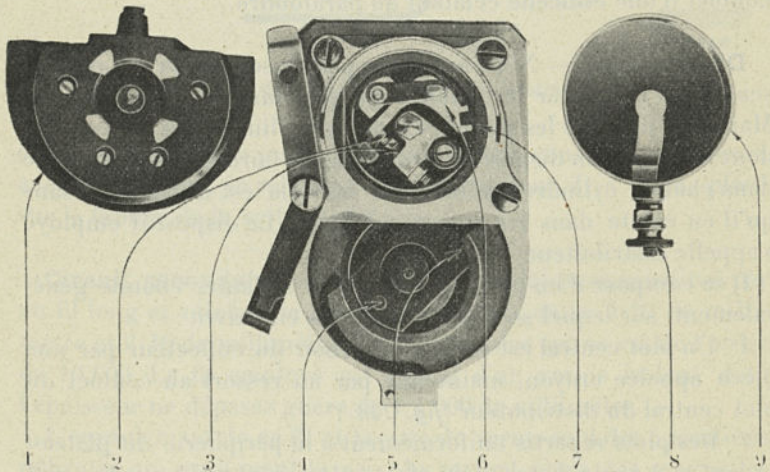


FIG. 247. — Détail d'un rupteur et d'un distributeur (Renault S. E. V.)

- | | |
|---|------------------------------|
| 1. Couvrecle du Distributeur (partie fixe). | 6. Fléau coudé. |
| 2 et 3. Vis platinées. | 7. Gaine. |
| 4. Charbon du distributeur. | 8. Borne de mise à la masse. |
| 5. Porte-charbon du distributeur. | 9. Couvrecle du rupteur. |

Supposons par exemple que le moteur soit un 4 cylindres, dont l'ordre d'allumage est 1, 3, 4, 2.

Soient *A, B, C, D*, les 4 plots de la périphérie du distributeur dans l'ordre où nous les rencontrons, lorsqu'on tourne dans le sens des aiguilles d'une montre.

Nous les mettrons en communication tour à tour avec le plot central par l'intermédiaire d'un charbon animé d'un mouvement de rotation uniforme et qui est constamment en contact avec le plot central.

Pour que ce charbon puisse tourner aisément, il est fixé sur un plateau, métallique, mais dont il est séparé par une lame d'ébonite.

Un ressort maintient constamment le charbon au contact du distributeur.

Le charbon doit tourner à demi-vitesse du moteur.

En effet, il suffit que chaque plot *A, B, C* ou *D* soit relié au plot central une fois tous les deux tours du moteur.

Le plot *A* sera relié à la bougie du cylindre 1. Au bout d'un quart de tour du charbon, c'est-à-dire d'un demi-tour du moteur, le cylindre 3 doit s'allumer : sa bougie sera donc reliée au plot *B*.

De même la bougie de 4 sera reliée à *C* et celle de 2 à *D*.

La rotation du plateau sur lequel est calé le charbon est commandée par l'induit.

Pour cela, le plateau, de forme circulaire, est muni d'une denture extérieure, qui engrène avec un pignon calé sur l'axe de la magnéto, avec une démultiplication variable, suivant le nombre de cylindres.

a) Deux cylindres. — Quel que soit le nombre des cylindres, nous ne pouvons obtenir d'étincelles efficaces que si le courant primaire est coupé au moment où il a une intensité assez grande.

Il sera donc favorable de le couper quand il est maximum. Or les maximums du primaire se produisent deux fois par tour de l'induit. On peut donc obtenir deux bonnes étincelles par tour de l'induit ; ces étincelles seront d'autant meilleures que la magnéto tournera plus vite.

On peut alors faire tourner l'induit à vitesse moitié de celle du moteur et avoir une étincelle dans chaque cylindre tous les deux tours. Dans ce cas, le distributeur tourne à la même vitesse que l'induit.

On peut aussi faire tourner induit et distributeur à la même vitesse que le moteur : dans ce cas, il éclate deux étincelles par cycle dans chaque cylindre.

Mais l'une des étincelles est parasite : elle ne sert à rien, puisqu'elle éclate dans les gaz brûlés, à la fin de l'échappement, mais ne peut être nuisible.

b) Quatre cylindres. — Il doit y avoir quatre étincelles par cycle, soit deux par tour.

Il suffit donc — et c'est le cas le plus commode — que la magnéto tourne à la même vitesse que le moteur. Le distributeur tournant moitié moins vite, il y aura démultiplication entre lui et la magnéto.

c) Six cylindres. — Il doit y avoir trois étincelles par tour du moteur. Mais la magnéto ne peut donner que deux étincelles par tour. Il faut donc que sa vitesse de rotation soit les $3/2$ de celle du moteur. La démultiplication du distributeur sera de trois.

Mais, si le moteur tourne vite, à plus de 3.000 tours par exemple, cela nous conduira, pour la magnéto, à des vitesses considérables qu'elle supporte difficilement.

En effet, pour les vitesses de rotation importantes, les courants qui se développent dans le secondaire, comme dans le primaire, en dehors de l'instant de la rupture, peuvent être suffisants pour déterminer des étincelles qui sont elles-mêmes causes d'auto-allumages.

Il peut également se produire des ruptures du fil qui forme le secondaire, lequel est très fragile.

Ce sont les principales raisons pour lesquelles, sur les moteurs à 6 cylindres tournant vite, et sur les moteurs à plus de 6 cylindres, on emploie fréquemment des magnétos spéciales, à induit fixe.

CHAPITRE XXXIII

MAGNÉTOS A INDUIT FIXE

La magnéto classique, que nous venons de décrire, n'est pas sans avoir de multiples inconvénients, actuellement surtout où les moteurs tournent de plus en plus vite, certains moteurs de course ayant dépassé 7.000 tours-minute.

L'induit, tel qu'il est constitué actuellement, est en somme une pièce assez fragile. Le bobinage de fils aussi fins que ceux qui constituent les circuits secondaires ($2/10 \frac{m}{m}$) est une opération extrêmement délicate, d'autant plus que fil et vernis doivent être susceptibles de résister aux forces centrifuges qui prennent naissance dans le mouvement de rotation, forces d'autant plus considérables que le moteur — c'est-à-dire aussi l'induit — tourne plus vite.

Danger de grillage supprimé. — On peut donc considérer comme progrès certains toutes les solutions qui permettent de laisser l'induit immobile, le soustrayant aux effets d'inertie, et permettant au constructeur un bobinage beaucoup plus solide, avec des vernis plus épais.

Sur l'induit — et tournant avec lui — est fixé le rupteur. Mais le fléau du rupteur est soumis, lui aussi, aux effets de l'inertie qui deviennent considérables à ces grandes allures. De plus, ce fléau doit être léger, car il doit fonctionner deux fois par tour, fonctionnement qui serait incompatible, aux grandes vitesses, avec une pièce lourde, exigeant pour rétablir le contact après

rupture, un ressort très fort, c'est-à-dire entraînant le matage des vis platinées. En laissant fixe le rupteur, c'est-à-dire en faisant tourner les cames et non plus le plateau entraînant avec lui toutes les pièces délicates et de réglage difficile qui constituent le rupteur, on réalisera donc un gain sensible, diminuant ainsi les chances de rupture du fléau et de son ressort de rappel, et les chances de dérèglement. Le réglage d'une pièce fixe, dont les organes seront placés dans une position commode, deviendra en effet beaucoup moins délicat.

Sur les magnétos ordinaires, le condensateur faisant partie du circuit primaire est logé sur l'induit. Mais il doit faire corps avec lui, et ses connexions doivent être noyées dans la masse, pour qu'il puisse supporter les efforts auxquels il est soumis. Donc, en ce cas de grillage du condensateur — et c'est là une panne qui n'est pas tellement rare — on ne pourra le changer et il faudra envoyer la magnéto à l'usine. Avec un induit fixe, le condensateur sera facile à démonter et à remplacer.

Enfin, les balais collecteurs disparaissent, ce qui diminue encore les chances de mauvais fonctionnement.

Difficultés à vaincre. — Rôle des aciers. — On conçoit que ces avantages soient connus depuis longtemps et que l'on aurait réalisé depuis longtemps des magnétos à induit fixe, s'il n'y avait eu de sérieuses difficultés à surmonter.

Ces difficultés peuvent se résumer en une formule unique : conserver aux aimants leur aimantation, c'est-à-dire supprimer les effets démagnétisants où, si on ne peut les éviter, en diminuer l'effet.

Il appartient au constructeur de diminuer le plus possible ces effets démagnétisants, mais il est évident que la matière qui constitue les aimants joue ici un rôle très important. Ce rôle tient à deux propriétés essentielles : la force coercitive, et l'intensité d'aimantation rémanente.

Pendant longtemps on employa, pour la construction des aimants, des aciers au chrome ou au tungstène, contenant d'ailleurs des traces d'autres métaux. Plus récemment, l'étude des aciers au cobalt a montré qu'ils étaient très supérieurs aux précédents, aussi bien au point de vue force coercitive qu'intensité d'aimantation rémanente, d'autant plus, semble-t-il, que la proportion de cobalt est plus forte. Certains aciers à aimants, au cobalt, contiennent

jusqu'à 35 % de cobalt, tout en conservant de notables proportions de chrome ou de tungstène, ou des deux. Par exemple, l'énergie maximum que l'on peut tirer des aimants au tungstène est de 10.000 ergs par centimètre cube, alors qu'elle atteint 30.000 ergs pour les aimants au cobalt, leur force coercitive atteignant 230 gauss au lieu de 75.

Les causes de désaimantation ou effets démagnétisants.

— 1° *Forme et sections.* — Au premier rang de ces effets, il faut citer la forme des aimants : la forme en fer à cheval, assez allongée (section faible) est de beaucoup préférable à un simple barreau : les aciers au tungstène ne permettent guère d'autre forme. Leur intensité d'aimantation rémanente, en circuit fermé, étant satisfaisante, ils donneront de bons résultats avec des aimants en fer à cheval à entrefers très étroits.

Par contre, les aciers au cobalt seront bien supérieurs aux aciers au chrome ou au tungstène, pour constituer des aimants en forme de barreau court et gros.

Pour résister aux actions électriques démagnétisantes, l'aimant au tungstène devait être en fer à cheval et long, l'aimant au cobalt pourra être à section semi-circulaire ou même être constitué par un simple barreau posé sur les masses polaires. Il pourra surtout permettre d'envisager un dessin tout différent de la magnéto, basé sur un autre principe.

2° *Vibrations. Chocs. Mouvements divers.* — Les vibrations paraissent avoir peu d'effet sur les aimants. Les chocs par contre en ont beaucoup, et sans doute aussi le mouvement.

Ceci est une raison de ne pas envisager la mobilité d'aimants au tungstène, tandis que des aimants au cobalt supporteront aisément de grandes vitesses de rotation.

3° Il existe enfin des actions électriques, accidentelles ou normales, pouvant entraîner une désaimantation. Sans croire aux actions extérieures de moteurs électriques, de rayons dits diaboliques, etc... (et sans les nier), il peut se faire qu'un court-circuit permette à un courant fourni par la batterie de passer dans l'induit (contact entre un fil d'éclairage et le fil de masse). Il se produira alors un flux magnétique, qui peut être démagnétisant puisque le courant fourni est alternatif : *cela dépendra de la position de l'induit.* Un tel effet peut être suffisant pour qu'une

magnéto devienne incapable d'allumer aux faibles vitesses — inférieures à 700 ou 800 tours. — On ne pourra donc faire partir le moteur.

Les aimants au cobalt résistent mieux que les autres à cet effet démagnétisant, en raison de leur force coercitive importante.

4° La chaleur a également une action démagnétisante. La température atteinte par les aimants, même s'ils tournent avec le moteur, est assez faible pour que cette action soit pratiquement à peu près négligeable.

Conclusion. — En résumé, la supériorité des aimants au cobalt permettra de réaliser des magnétos à induit fixe, dans lesquelles le rôle relatif de l'induit et de l'inducteur ne sera nullement changé, mais où l'aimant tournera, avec le moteur, à la vitesse convenable, par rapport à un induit fixe : le mouvement relatif sera le même.

Aussi longtemps que l'on a utilisé des aimants au tungstène, les constructeurs de magnétos ont dû conserver l'aimant en fer à cheval fixe, et employer divers artifices pour permettre d'avoir un induit fixe, avec toutes les pièces qu'il porte.

Nous étudierons d'abord cette première catégorie d'appareils : magnétos à volets, magnéto Dixie, etc... qui sont encore en service sur certains véhicules, puis à titre d'exemple, un appareil de la seconde catégorie, de construction française, la magnéto S. E. V. à aimant tournant. (1).

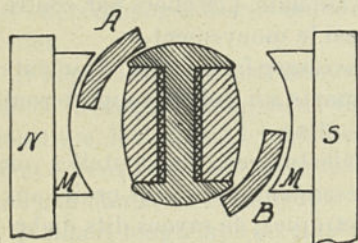


FIG. 248. — Magnéto à volets (schéma).

A, B, volets ; M, masses polaires.

Magnéto à volets (fig. 248).

— L'induit, au lieu de tourner, est fixe. Son âme est verticale, l'aimant inducteur et ses masses polaires conservant la disposition et la forme ordinaires.

La partie mobile se compose de deux masses de fer doux, appelées volets, constituées par des portions de cylindres, symétriques par

rapport à l'axe, et tournant autour de cet axe dans l'entrefer,

(1) D'après *Omnia* (Novembre 1925).

qui est ici assez important, mais dont elles ont exactement l'épaisseur, au jeu près qui permet le mouvement.

Lorsque les volets occupent l'une des positions (1) ou (3) (*fig. 249*) le flux qui passe à travers le noyau est nul.

Lorsqu'ils occupent la position (2) ou la position (4) (*fig. 249*) le flux qui passe à travers le noyau est maximum.

Il y a donc quatre maximums de flux par tour ; le courant alter-

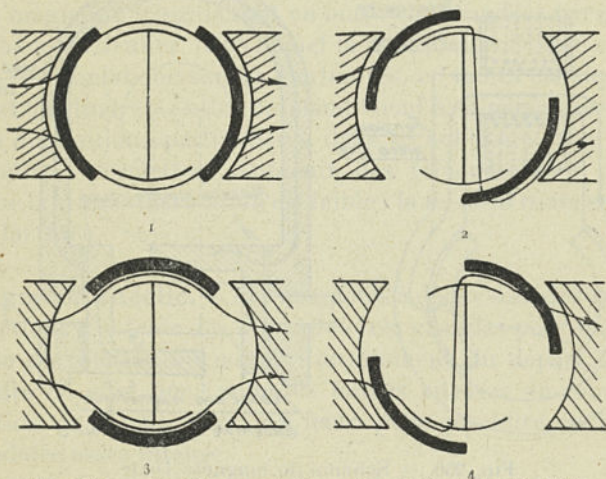


FIG. 249. — Positions relatives du volet et de l'induit.

natif qui circule dans le primaire aura quatre maximums par tour des volets, c'est-à-dire qu'on pourra obtenir, pour une vitesse de rotation égale à celle de l'axe d'une magnéto ordinaire, quatre étincelles au lieu de deux.

Il faut alors, naturellement, un rupteur spécial, comportant quatre cames. Fréquemment, dans ce cas, ce sont les cames qui tournent et le rupteur qui est fixe. La bague portant les cames peut tourner à la vitesse du distributeur : elle porte alors huit cames.

Le principal avantage de la magnéto à volets est de ne pas faire supporter au fil du secondaire, très fin et peu solide, la rotation très rapide à laquelle est soumis ordinairement l'induit.

Dans le même but on a construit d'autres magnétos où l'induit est fixe.

Magnéto type Dixie (fig. 250). — Elle a la forme d'un U renversé.

C'est la barre horizontale qui constitue le noyau de l'induit, les branches verticales ne servant qu'à lui amener le flux.

Les variations de flux sont produites par la rotation d'une pièce métallique appelée *rotor*, composée d'une partie centrale non

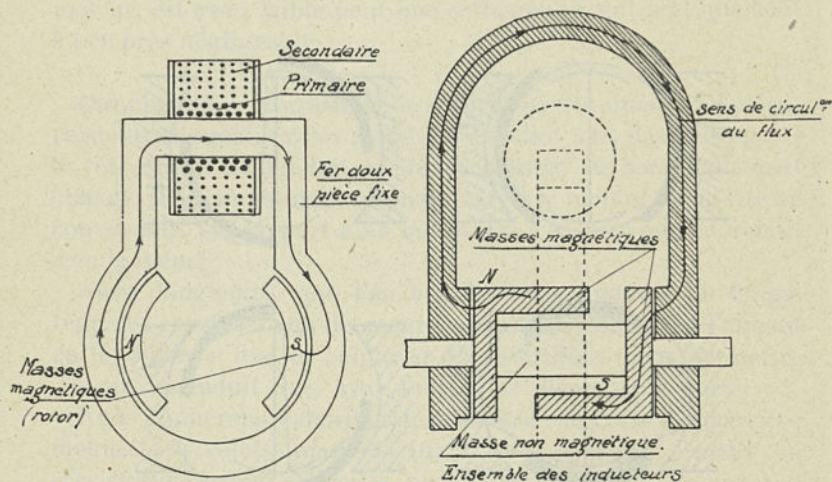


FIG. 250. — Schéma de magnéto Dixie.

magnétique (bronze), sur laquelle sont fixées deux masses magnétiques jouant à peu près le rôle des volets dans la magnéto précédente.

Ces masses ont une dimension suffisante pour permettre le passage du flux des masses polaires de l'aimant aux branches verticales de l'induit. Il est facile de se rendre compte que leur rotation détermine des maximums et minimums de flux, et un renversement du courant ; le courant produit est un courant alternatif analogue à celui d'une magnéto ordinaire.

Magnéto Scintilla — Parmi les magnétos à induit fixe, la magnéto Scintilla a été longtemps la plus appréciée. Elle équipait la plupart des voitures de course, qui ne comportaient pas l'allumage par batterie, en 1922.

Elle se distingue des appareils employés jusqu'ici par le fait que l'induit étant fixe, c'est l'aimant permanent qui est rotatif.

Il en résulte que tous les appareils délicats sont fixes : rupteur, bobine avec son double enroulement et son condensateur, parafoudre, charbons de distribution.

De plus il est inutile ici d'avoir un collecteur, dont le fonctionnement donne lieu à des pannes : tous les appareils dans lesquels se produit un courant (primaire ou secondaire) sont fixes.

Les variations d'avance à l'allumage s'obtiennent par décalage du rupteur par rapport à l'induit.

Les magnétos Scintilla sont en outre commandées par un joint d'Oldham particulier, dans lequel la noix (ou croisillon) est élastique, en caoutchouc sur les 4 cylindres, en lames élastiques sur les 6 et 8 cylindres. Cette commande tend à se généraliser.

Des dispositions particulières dans le bobinage et le circuit magnétique permettent d'obtenir des étincelles très chaudes lorsque la vitesse de rotation est faible : la mise en route se trouve donc facilitée.

Magnétos à déclat. — Les magnétos à déclat sont des appareils permettant d'obtenir des étincelles très chaudes pour une faible vitesse de rotation du moteur, au moment du départ. Il est à craindre en effet que, pour les faibles vitesses de rotation, la variation de champ soit trop lente pour produire un courant secondaire assez intense.

Nous étudierons ces appareils au chapitre *démarrage*.

Magnéto S. E. V. — L'aimant a la forme d'un barreau pourvu à chacune de ses extrémités d'une masse polaire (*fig. 251*), les deux masses étant calées à 180° l'une de l'autre. Ces masses, qui ont une forme analogue à celle de cames, alésées à leurs extrémités, sont constituées par une série de lames, analogues à celles qui constituent toujours le noyau des induits, pour éviter les courants de Foucault.

Pour passer du pôle Nord au pôle Sud, le flux emprunte des masses conductrices dont la forme par rapport à l'aimant, est donnée par le schéma ci-contre (*fig. 252 et 253*). Elles constituent des

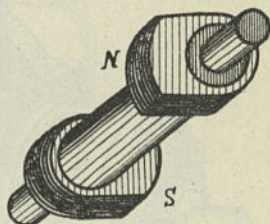


FIG. 251.

Aimant de la magnéto S. E. V.
à induit fixe.

sortes de flasques, avec masses polaires alésées, comme celles d'une magnéto ordinaire, de manière que l'entrefer entre elles et les masses polaires de l'aimant soit aussi faible que possible.

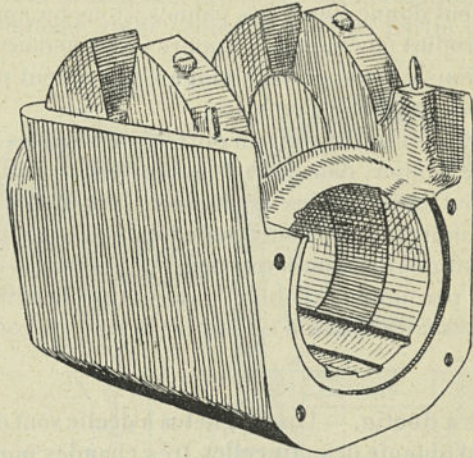


FIG. 252. — Bâti de la magnéto et masses polaires.

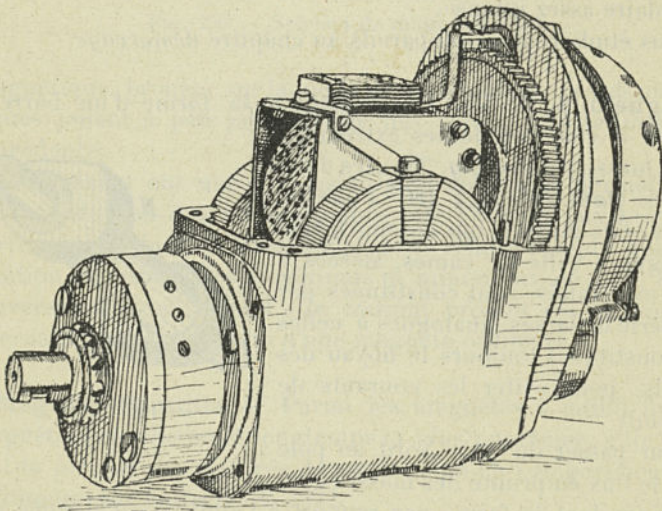


FIG. 253. — Magnéto S. E. V. à induit fixe.

C'est l'induit fixe qui réunit ces deux flasques, comme le montre la figure 254.

La figure 255 montre l'induit, seul. On voit aisément, sur cette figure, avec quelle facilité peut être changé le condensateur.

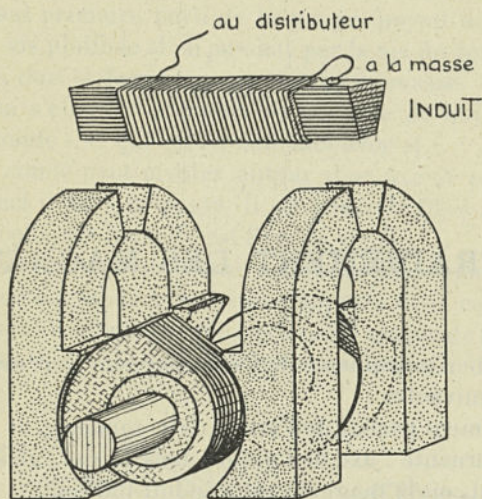


FIG. 254. — Schéma du montage des masses et de l'induit.

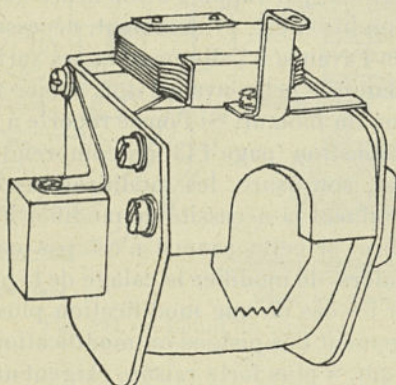


FIG. 255. — Induit surmonté d'un condensateur.

CHAPITRE XXXIV

ENTRAÎNEMENT DES MAGNÉTOS

Le système d'entraînement d'une magnéto doit répondre aux conditions suivantes :

1^o Alignement parfait de l'arbre de commande et de l'axe de la partie tournante : axe de l'induit dans le cas, général encore actuellement, où la magnéto est à induit tournant.

2^o Comporter un joint déformable.

3^o Comporter une liaison susceptible de permettre le calage précis de la magnéto, par rapport à son arbre de commande.

La dernière condition est, évidemment, nécessaire : nous étudierons plus loin l'avance à l'allumage et ses variations, mais on conçoit facilement que cette avance doit varier avec les conditions d'utilisation du moteur. Si l'on se reporte à l'étude des phénomènes de combustion (page 143) on comprend que l'encrassement du moteur, son usure, les modifications du réglage du carburateur entraînent la nécessité de modifier l'avance à l'allumage, c'est-à-dire, si cette avance n'est pas commandée à la main (et même alors) de modifier le calage de la magnéto. Même, il faut envisager les cas où une modification plus sérieuse a été réalisée : changement des pistons ou modification du réglage de la distribution, qui, à plus forte raison, exigent une modification du calage.

Nous avons vu, en étudiant le cycle à quatre temps, que l'allumage devait être réalisé exactement au moment le plus convenable pour que le rendement et la puissance du moteur soient

Une autre pièce est fixée sur le plateau du rupteur. C'est le fléau coudé ou marteau.

Il est solidaire du plateau, c'est-à-dire qu'il fait comme lui partie de la masse, car le plateau est mis à la masse par un charbon.

Le courant primaire parti de la masse (noyau de l'induit) et arrivé à la vis platinée *A* en passant par la vis de connexion et la pièce en *T*, doit se fermer en revenant à la masse.

La liaison s'effectue par une vis platinée *B*, qui est fixée sur « le fléau coudé » et qui est en contact avec *A*.

Le fléau coudé peut pivoter autour d'un axe *X* par l'intermédiaire duquel il est à la masse. Il est garni de fibre à l'extrémité opposée à celle sur laquelle est fixée la vis *B*.

L'ensemble du rupteur tourne dans le bâti de la magnéto à l'intérieur d'une bague de cuivre qui comporte deux cames *C* et *D*.

Dans ce mouvement, lorsque l'extrémité garnie de fibre du fléau coudé rencontre *C* et *D*, le fléau coudé tourne autour de son axe, et

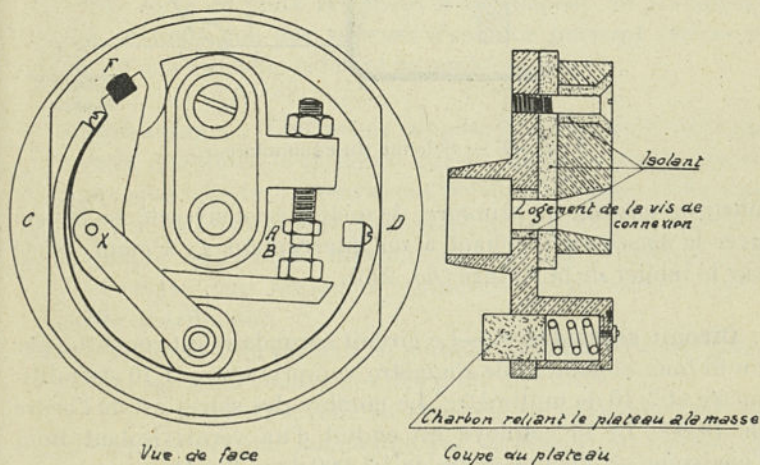


FIG. 244. — Détail du rupteur.

la vis platinée *B* se sépare de *A*, déterminant la rupture du courant. Le calage des cames permet de déterminer la rupture au moment voulu, qui doit être celui où l'intensité du courant primaire est maximum en valeur absolue. On emploie la fibre en *F* pour

éviter la nécessité du graissage, et non à cause de ses propriétés isolantes.

Commutateur. — C'est un organe qui permet au primaire de se fermer sur la masse, même quand la rupture se fait entre *A* et *B*.

Pour cela le rupteur est surmonté d'un couvercle métallique *C* isolé du bâti, sur lequel il est fixé par un anneau de fibre. Ce couvercle est relié à la pièce en *T* par un ressort *r*. Il suffit, pour

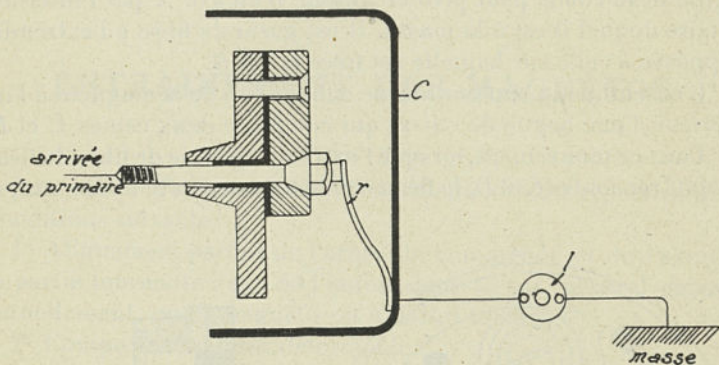


FIG. 245. — Schéma du commutateur.

offrir un passage au primaire, de mettre ce couvercle en liaison avec la masse en le reliant à un interrupteur *I*, à main, placé sur le tablier de la voiture (*fig.* 245).

Circuit secondaire. — Le circuit secondaire est constitué par un fil long et mince, de diamètre compris entre 1/10 de millimètre et 2/10 de millimètre. Le nombre des spires est de l'ordre de 10.000. Le fil employé est enduit d'un vernis isolant dont l'épaisseur ne dépasse guère de 1/1.000 de millimètre.

L'enroulement de ce fil et la pose du vernis sont des opérations délicates qui expliquent le prix de revient élevé des magnétos.

L'une des extrémités du secondaire est à la masse sur l'induit.

Elle est le plus généralement soudée au primaire, juste avant le condensateur.

L'autre extrémité est reliée à un collecteur. Ce collecteur est

une bague de cuivre, en forme de poulie, centrée sur l'axe de l'induit et tournant avec lui, mais isolée de cet axe ou du bâti par de l'ébonite. Le secondaire, pour aboutir au collecteur, est d'ailleurs lui aussi noyé dans une gaine d'ébonite.

Il faut alors faire passer le secondaire du collecteur qui tourne avec l'induit à un organe fixe d'où il ira à la bougie.

Le collecteur est en contact avec un charbon, généralement vertical, constamment appliqué dans la gorge du collecteur par un ressort.

De là, le courant secondaire s'en va directement à l'une des pointes de la bougie, le circuit secondaire se fermant par la bougie, dont l'autre pointe est à la masse.

En dérivation, entre le charbon du collecteur et la bougie, est monté le *parafoudre*. C'est une simple pointe (ou plusieurs) placée à une distance de 8 à 10 millimètres du bâti de la magnéto, c'est-à-dire de la masse.

Généralement, des pointes sont disposées sur le bâti, en face de celle qui est liée au secondaire, l'ensemble étant enfermé dans une sorte de puits recouvert d'un chapeau de porcelaine, isolant, évitant que des vapeurs d'essence puissent arriver au contact d'une étincelle éclatant au parafoudre.

Distributeur. — Nous avons supposé jusqu'ici qu'il s'agissait seulement d'allumer le mélange gazeux dans un seul cylindre. Mais presque tous les moteurs sont polycylindriques. Il convient donc d'étudier un dispositif permettant de faire éclater l'étincelle dans chaque cylindre au moment où cela est nécessaire, sans qu'il en éclate dans les autres cylindres. Le dispositif employé s'appelle distributeur.

Il se compose d'un plateau en matière isolante, ébonite généralement, sur lequel sont calés des plots en cuivre :

1° Un plot central est relié au charbon du collecteur par une pièce appelée crayon, maintenue par un ressort au contact du plot central du distributeur (*fig. 243*);

2° Des plots répartis uniformément à la périphérie du plateau isolant et à égale distance du plot central, sont reliés aux bougies des divers cylindres (*fig. 246*).

Pour faire passer le courant secondaire dans une bougie déterminée, il suffit donc de mettre en communication avec le plot central le plot auquel cette bougie est reliée.

Mais nous savons que les allumages des divers cylindres sont uniformément répartis dans la durée du cycle, soit deux tours du moteur. Nous savons également dans quel ordre doivent être allumés les cylindres.

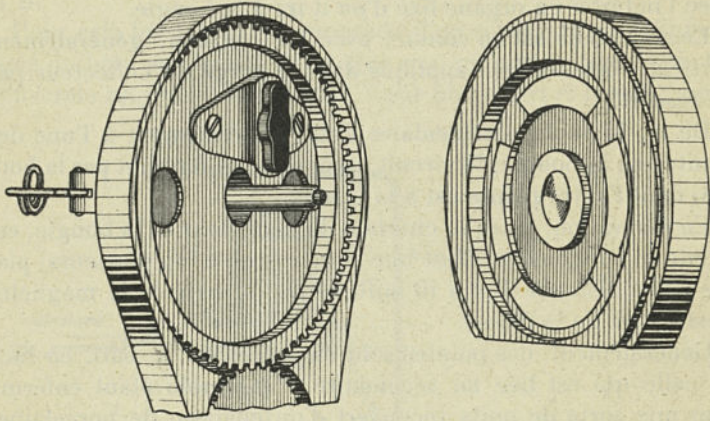


FIG. 246. — Distributeur

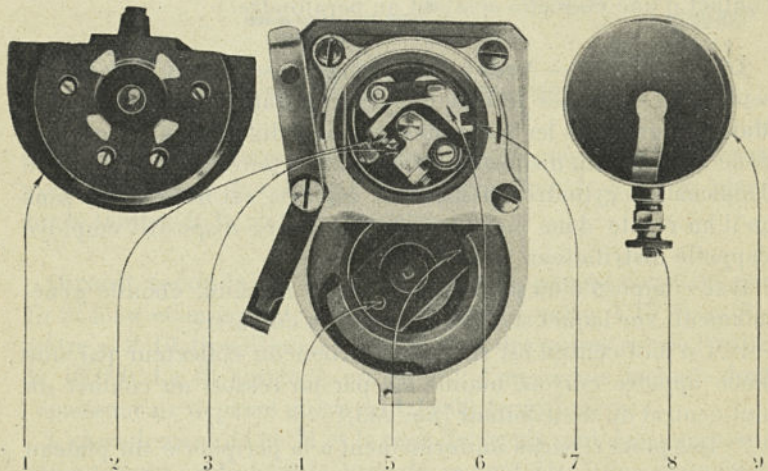


FIG. 247. — Détail d'un rupteur et d'un distributeur (Renault S. E. V.)

1. Couverture du Distributeur (partie fixe).
- 2 et 3. Vis platinées.
4. Charbon du distributeur.
5. Porte-charbon du distributeur.

6. Fléau coudé.
7. Gaine.
8. Borne de mise à la masse.
9. Couverture du rupteur.

Supposons par exemple que le moteur soit un 4 cylindres, dont l'ordre d'allumage est 1, 3, 4, 2.

Soient *A, B, C, D*, les 4 plots de la périphérie du distributeur dans l'ordre où nous les rencontrons, lorsqu'on tourne dans le sens des aiguilles d'une montre.

Nous les mettrons en communication tour à tour avec le plot central par l'intermédiaire d'un charbon animé d'un mouvement de rotation uniforme et qui est constamment en contact avec le plot central.

Pour que ce charbon puisse tourner aisément, il est fixé sur un plateau, métallique, mais dont il est séparé par une lame d'ébonite.

Un ressort maintient constamment le charbon au contact du distributeur.

Le charbon doit tourner à demi-vitesse du moteur.

En effet, il suffit que chaque plot *A, B, C* ou *D* soit relié au plot central une fois tous les deux tours du moteur.

Le plot *A* sera relié à la bougie du cylindre 1. Au bout d'un quart de tour du charbon, c'est-à-dire d'un demi-tour du moteur, le cylindre 3 doit s'allumer : sa bougie sera donc reliée au plot *B*.

De même la bougie de 4 sera reliée à *C* et celle de 2 à *D*.

La rotation du plateau sur lequel est calé le charbon est commandée par l'induit.

Pour cela, le plateau, de forme circulaire, est muni d'une denture extérieure, qui engrène avec un pignon calé sur l'axe de la magnéto, avec une démultiplication variable, suivant le nombre de cylindres.

a) Deux cylindres. — Quel que soit le nombre des cylindres, nous ne pouvons obtenir d'étincelles efficaces que si le courant primaire est coupé au moment où il a une intensité assez grande.

Il sera donc favorable de le couper quand il est maximum. Or les maximums du primaire se produisent deux fois par tour de l'induit. On peut donc obtenir deux bonnes étincelles par tour de l'induit ; ces étincelles seront d'autant meilleures que la magnéto tournera plus vite.

On peut alors faire tourner l'induit à vitesse moitié de celle du moteur et avoir une étincelle dans chaque cylindre tous les deux tours. Dans ce cas, le distributeur tourne à la même vitesse que l'induit.

On peut aussi faire tourner induit et distributeur à la même vitesse que le moteur : dans ce cas, il éclate deux étincelles par cycle dans chaque cylindre.

Mais l'une des étincelles est parasite : elle ne sert à rien, puisqu'elle éclate dans les gaz brûlés, à la fin de l'échappement, mais ne peut être nuisible.

b) Quatre cylindres. — Il doit y avoir quatre étincelles par cycle, soit deux par tour.

Il suffit donc — et c'est le cas le plus commode — que la magnéto tourne à la même vitesse que le moteur. Le distributeur tournant moitié moins vite, il y aura démultiplication entre lui et la magnéto.

c) Six cylindres. — Il doit y avoir trois étincelles par tour du moteur. Mais la magnéto ne peut donner que deux étincelles par tour. Il faut donc que sa vitesse de rotation soit les $3/2$ de celle du moteur. La démultiplication du distributeur sera de trois.

Mais, si le moteur tourne vite, à plus de 3.000 tours par exemple, cela nous conduira, pour la magnéto, à des vitesses considérables qu'elle supporte difficilement.

En effet, pour les vitesses de rotation importantes, les courants qui se développent dans le secondaire, comme dans le primaire, en dehors de l'instant de la rupture, peuvent être suffisants pour déterminer des étincelles qui sont elles-mêmes causes d'auto-allumages.

Il peut également se produire des ruptures du fil qui forme le secondaire, lequel est très fragile.

Ce sont les principales raisons pour lesquelles, sur les moteurs à 6 cylindres tournant vite, et sur les moteurs à plus de 6 cylindres, on emploie fréquemment des magnétos spéciales, à induit fixe.

CHAPITRE XXXIII

MAGNÉTOS A INDUIT FIXE

La magnéto classique, que nous venons de décrire, n'est pas sans avoir de multiples inconvénients, actuellement surtout où les moteurs tournent de plus en plus vite, certains moteurs de course ayant dépassé 7.000 tours-minute.

L'induit, tel qu'il est constitué actuellement, est en somme une pièce assez fragile. Le bobinage de fils aussi fins que ceux qui constituent les circuits secondaires ($2/10^{mm}$) est une opération extrêmement délicate, d'autant plus que fil et vernis doivent être susceptibles de résister aux forces centrifuges qui prennent naissance dans le mouvement de rotation, forces d'autant plus considérables que le moteur — c'est-à-dire aussi l'induit — tourne plus vite.

Danger de grillage supprimé. — On peut donc considérer comme progrès certains toutes les solutions qui permettent de laisser l'induit immobile, le soustrayant aux effets d'inertie, et permettant au constructeur un bobinage beaucoup plus solide, avec des vernis plus épais.

Sur l'induit — et tournant avec lui — est fixé le rupteur. Mais le fléau du rupteur est soumis, lui aussi, aux effets de l'inertie qui deviennent considérables à ces grandes allures. De plus, ce fléau doit être léger, car il doit fonctionner deux fois par tour, fonctionnement qui serait incompatible, aux grandes vitesses, avec une pièce lourde, exigeant pour rétablir le contact après

rupture, un ressort très fort, c'est-à-dire entraînant le matage des vis platinées. En laissant fixe le rupteur, c'est-à-dire en faisant tourner les cames et non plus le plateau entraînant avec lui toutes les pièces délicates et de réglage difficile qui constituent le rupteur, on réalisera donc un gain sensible, diminuant ainsi les chances de rupture du fléau et de son ressort de rappel, et les chances de dérèglement. Le réglage d'une pièce fixe, dont les organes seront placés dans une position commode, deviendra en effet beaucoup moins délicat.

Sur les magnétos ordinaires, le condensateur faisant partie du circuit primaire est logé sur l'induit. Mais il doit faire corps avec lui, et ses connexions doivent être noyées dans la masse, pour qu'il puisse supporter les efforts auxquels il est soumis. Donc, en ce cas de grillage du condensateur — et c'est là une panne qui n'est pas tellement rare — on ne pourra le changer et il faudra envoyer la magnéto à l'usine. Avec un induit fixe, le condensateur sera facile à démonter et à remplacer.

Enfin, les balais collecteurs disparaissent, ce qui diminue encore les chances de mauvais fonctionnement.

Difficultés à vaincre. — Rôle des aciers. — On conçoit que ces avantages soient connus depuis longtemps et que l'on aurait réalisé depuis longtemps des magnétos à induit fixe, s'il n'y avait eu de sérieuses difficultés à surmonter.

Ces difficultés peuvent se résumer en une formule unique : conserver aux aimants leur aimantation, c'est-à-dire supprimer les effets démagnétisants où, si on ne peut les éviter, en diminuer l'effet.

Il appartient au constructeur de diminuer le plus possible ces effets démagnétisants, mais il est évident que la matière qui constitue les aimants joue ici un rôle très important. Ce rôle tient à deux propriétés essentielles : la force coercitive, et l'intensité d'aimantation rémanente.

Pendant longtemps on employa, pour la construction des aimants, des aciers au chrome ou au tungstène, contenant d'ailleurs des traces d'autres métaux. Plus récemment, l'étude des aciers au cobalt a montré qu'ils étaient très supérieurs aux précédents, aussi bien au point de vue force coercitive qu'intensité d'aimantation rémanente, d'autant plus, semble-t-il, que la proportion de cobalt est plus forte. Certains aciers à aimants, au cobalt, contiennent

jusqu'à 35 % de cobalt, tout en conservant de notables proportions de chrome ou de tungstène, ou des deux. Par exemple, l'énergie maximum que l'on peut tirer des aimants au tungstène est de 10.000 ergs par centimètre cube, alors qu'elle atteint 30.000 ergs pour les aimants au cobalt, leur force coercitive atteignant 230 gauss au lieu de 75.

Les causes de désaimantation ou effets démagnétisants.

— 1^o *Forme et sections.* — Au premier rang de ces effets, il faut citer la forme des aimants : la forme en fer à cheval, assez allongée (section faible) est de beaucoup préférable à un simple barreau : les aciers au tungstène ne permettent guère d'autre forme. Leur intensité d'aimantation rémanente, en circuit fermé, étant satisfaisante, ils donneront de bons résultats avec des aimants en fer à cheval à entrefers très étroits.

Par contre, les aciers au cobalt seront bien supérieurs aux aciers au chrome ou au tungstène, pour constituer des aimants en forme de barreau court et gros.

Pour résister aux actions électriques démagnétisantes, l'aimant au tungstène devait être en fer à cheval et long, l'aimant au cobalt pourra être à section semi-circulaire ou même être constitué par un simple barreau posé sur les masses polaires. Il pourra surtout permettre d'envisager un dessin tout différent de la magnéto, basé sur un autre principe.

2^o *Vibrations. Chocs. Mouvements divers.* — Les vibrations paraissent avoir peu d'effet sur les aimants. Les chocs par contre en ont beaucoup, et sans doute aussi le mouvement.

Ceci est une raison de ne pas envisager la mobilité d'aimants au tungstène, tandis que des aimants au cobalt supporteront aisément de grandes vitesses de rotation.

3^o Il existe enfin des actions électriques, accidentelles ou normales, pouvant entraîner une désaimantation. Sans croire aux actions extérieures de moteurs électriques, de rayons dits diaboliques, etc... (et sans les nier), il peut se faire qu'un court-circuit permette à un courant fourni par la batterie de passer dans l'induit (contact entre un fil d'éclairage et le fil de masse). Il se produira alors un flux magnétique, qui peut être démagnétisant puisque le courant fourni est alternatif : *cela dépendra de la position de l'induit.* Un tel effet peut être suffisant pour qu'une

magnéto devienne incapable d'allumer aux faibles vitesses — inférieures à 700 ou 800 tours. — On ne pourra donc faire partir le moteur.

Les aimants au cobalt résistent mieux que les autres à cet effet démagnétisant, en raison de leur force coercitive importante.

4° La chaleur a également une action démagnétisante. La température atteinte par les aimants, même s'ils tournent avec le moteur, est assez faible pour que cette action soit pratiquement à peu près négligeable.

Conclusion. — En résumé, la supériorité des aimants au cobalt permettra de réaliser des magnétos à induit fixe, dans lesquelles le rôle relatif de l'induit et de l'inducteur ne sera nullement changé, mais où l'aimant tournera, avec le moteur, à la vitesse convenable, par rapport à un induit fixe : le mouvement relatif sera le même.

Aussi longtemps que l'on a utilisé des aimants au tungstène, les constructeurs de magnétos ont dû conserver l'aimant en fer à cheval fixe, et employer divers artifices pour permettre d'avoir un induit fixe, avec toutes les pièces qu'il porte.

Nous étudierons d'abord cette première catégorie d'appareils : magnétos à volets, magnéto Dixie, etc... qui sont encore en service sur certains véhicules, puis à titre d'exemple, un appareil de la seconde catégorie, de construction française, la magnéto S. E. V. à aimant tournant. (1).

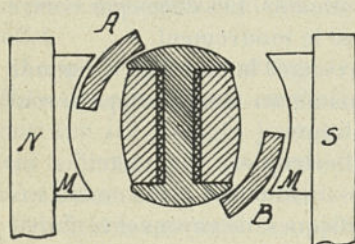


FIG. 248. — Magnéto à volets (schéma).

A, B, volets ; M, masses polaires.

Magnéto à volets (fig. 248).

— L'induit, au lieu de tourner, est fixe. Son âme est verticale, l'aimant inducteur et ses masses polaires conservant la disposition et la forme ordinaires.

La partie mobile se compose de deux masses de fer doux, appelées volets, constituées par des portions de cylindres, symétriques par rapport à l'axe, et tournant autour de cet axe dans l'entrefer,

(1) D'après *Omnia* (Novembre 1925).

qui est ici assez important, mais dont elles ont exactement l'épaisseur, au jeu près qui permet le mouvement.

Lorsque les volets occupent l'une des positions (1) ou (3) (fig. 249) le flux qui passe à travers le noyau est nul.

Lorsqu'ils occupent la position (2) ou la position (4) (fig. 249) le flux qui passe à travers le noyau est maximum.

Il y a donc quatre maximums de flux par tour ; le courant alter-

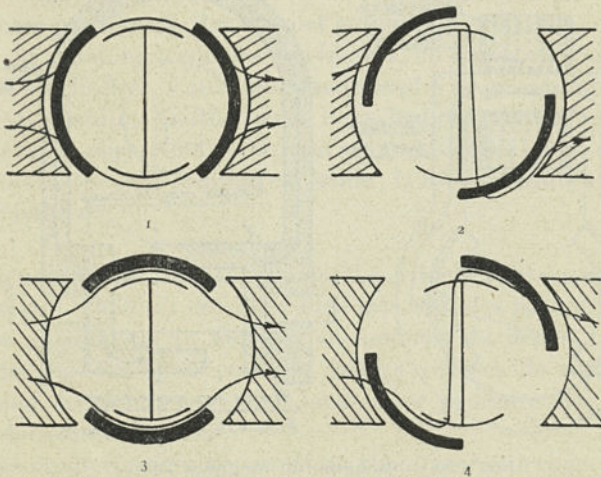


FIG. 249. — Positions relatives du volet et de l'induit.

natif qui circule dans le primaire aura quatre maximums par tour des volets, c'est-à-dire qu'on pourra obtenir, pour une vitesse de rotation égale à celle de l'axe d'une magnéto ordinaire, quatre étincelles au lieu de deux.

Il faut alors, naturellement, un rupteur spécial, comportant quatre cames. Fréquemment, dans ce cas, ce sont les cames qui tournent et le rupteur qui est fixe. La bague portant les cames peut tourner à la vitesse du distributeur : elle porte alors huit cames.

Le principal avantage de la magnéto à volets est de ne pas faire supporter au fil du secondaire, très fin et peu solide, la rotation très rapide à laquelle est soumis ordinairement l'induit.

Dans le même but on a construit d'autres magnétos où l'induit est fixe.

Magnéto type Dixie (fig. 250). — Elle a la forme d'un U renversé.

C'est la barre horizontale qui constitue le noyau de l'induit, les branches verticales ne servant qu'à lui amener le flux.

Les variations de flux sont produites par la rotation d'une pièce métallique appelée rotor, composée d'une partie centrale non

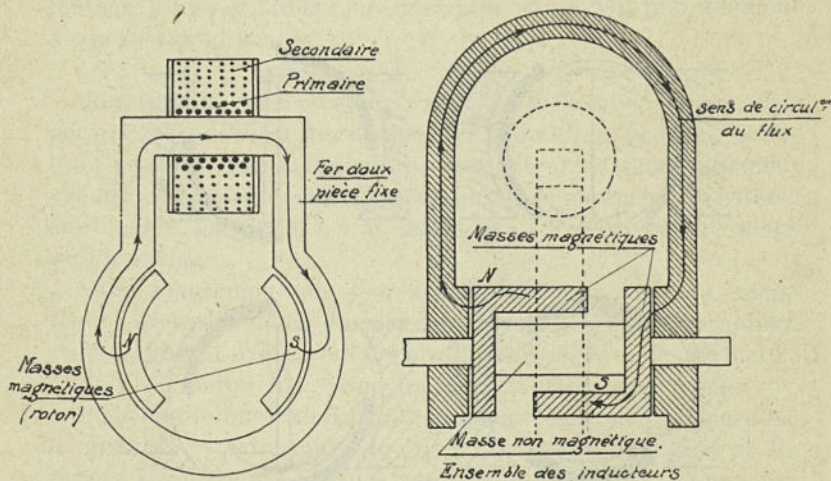


FIG. 250. — Schéma de magnéto Dixie.

magnétique (bronze), sur laquelle sont fixées deux masses magnétiques jouant à peu près le rôle des volets dans la magnéto précédente.

Ces masses ont une dimension suffisante pour permettre le passage du flux des masses polaires de l'aimant aux branches verticales de l'induit. Il est facile de se rendre compte que leur rotation détermine des maximums et minimums de flux, et un renversement du courant ; le courant produit est un courant alternatif analogue à celui d'une magnéto ordinaire.

Magnéto Scintilla — Parmi les magnétos à induit fixe, la magnéto Scintilla a été longtemps la plus appréciée. Elle équipait la plupart des voitures de course, qui ne comportaient pas l'allumage par batterie, en 1922.

Elle se distingue des appareils employés jusqu'ici par le fait que l'induit étant fixe, c'est l'aimant permanent qui est rotatif.

Il en résulte que tous les appareils délicats sont fixes : rupteur, bobine avec son double enroulement et son condensateur, parafoudre, charbons de distribution.

De plus il est inutile ici d'avoir un collecteur, dont le fonctionnement donne lieu à des pannes : tous les appareils dans lesquels se produit un courant (primaire ou secondaire) sont fixes.

Les variations d'avance à l'allumage s'obtiennent par décalage du rupteur par rapport à l'induit.

Les magnétos Scintilla sont en outre commandées par un joint d'Oldham particulier, dans lequel la noix (ou croisillon) est élastique, en caoutchouc sur les 4 cylindres, en lames élastiques sur les 6 et 8 cylindres. Cette commande tend à se généraliser.

Des dispositions particulières dans le bobinage et le circuit magnétique permettent d'obtenir des étincelles très chaudes lorsque la vitesse de rotation est faible : la mise en route se trouve donc facilitée.

Magnétos à déclic. — Les magnétos à déclic sont des appareils permettant d'obtenir des étincelles très chaudes pour une faible vitesse de rotation du moteur, au moment du départ. Il est à craindre en effet que, pour les faibles vitesses de rotation, la variation de champ soit trop lente pour produire un courant secondaire assez intense.

Nous étudierons ces appareils au chapitre *démarrage*.

Magnéto S. E. V. — L'aimant a la forme d'un barreau pourvu à chacune de ses extrémités d'une masse polaire (*fig. 251*), les deux masses étant calées à 180° l'une de l'autre. Ces masses, qui ont une forme analogue à celle de cames, alésées à leurs extrémités, sont constituées par une série de lames, analogues à celles qui constituent toujours le noyau des induits, pour éviter les courants de Foucault.

Pour passer du pôle Nord au pôle Sud, le flux emprunte des masses conductrices dont la forme par rapport à l'aimant, est donnée par le schéma ci-contre (*fig. 252 et 253*). Elles constituent des

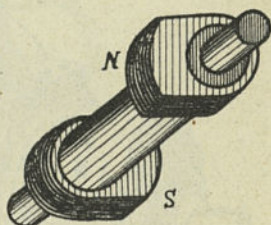


FIG. 251.

Aimant de la magnéto S. E. V.
à induit fixe.

sortes de flasques, avec masses polaires alésées, comme celles d'une magnéto ordinaire, de manière que l'entrefer entre elles et les masses polaires de l'aimant soit aussi faible que possible.

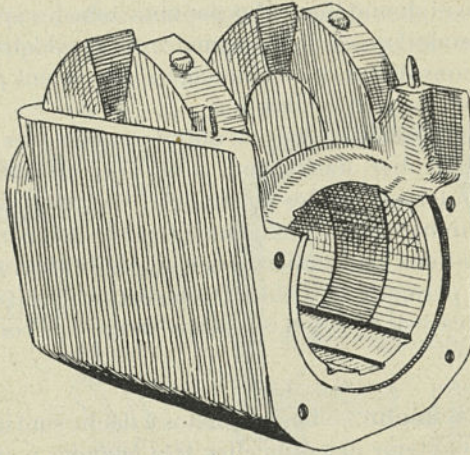


FIG. 252. — Bâti de la magnéto et masses polaires.

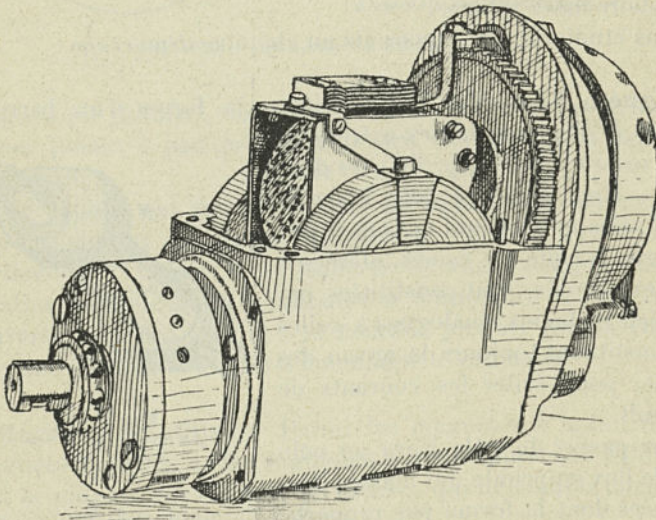


FIG. 253. — Magnéto S. E. V. à induit fixe.

C'est l'induit fixe qui réunit ces deux flasques, comme le montre la figure 254.

La figure 255 montre l'induit, seul. On voit aisément, sur cette figure, avec quelle facilité peut être changé le condensateur.

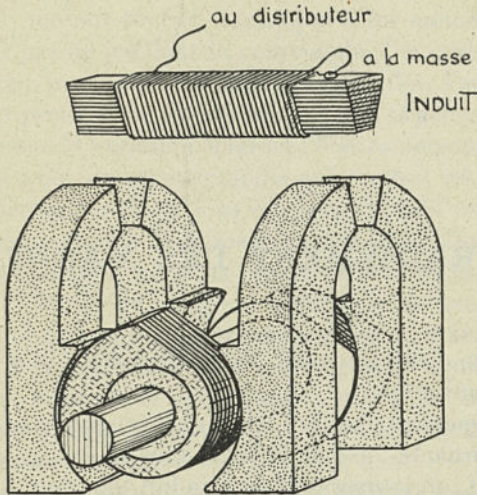


FIG. 254. — Schéma du montage des masses et de l'induit.

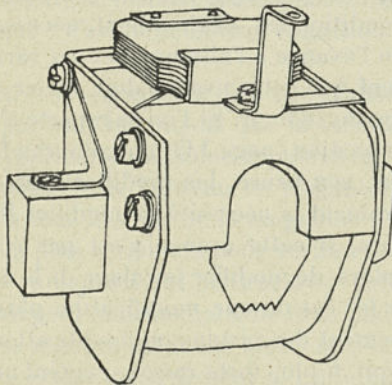


FIG. 255. — Induit surmonté d'un condensateur.

CHAPITRE XXXIV

ENTRAÎNEMENT DES MAGNÉTOS

Le système d'entraînement d'une magnéto doit répondre aux conditions suivantes :

1° Alignement parfait de l'arbre de commande et de l'axe de la partie tournante : axe de l'induit dans le cas, général encore actuellement, où la magnéto est à induit tournant.

2° Comporter un joint déformable.

3° Comporter une liaison susceptible de permettre le calage précis de la magnéto, par rapport à son arbre de commande.

La dernière condition est, évidemment, nécessaire : nous étudierons plus loin l'avance à l'allumage et ses variations, mais on conçoit facilement que cette avance doit varier avec les conditions d'utilisation du moteur. Si l'on se reporte à l'étude des phénomènes de combustion (page 143) on comprend que l'encrassement du moteur, son usure, les modifications du réglage du carburateur entraînent la nécessité de modifier l'avance à l'allumage, c'est-à-dire, si cette avance n'est pas commandée à la main (et même alors) de modifier le calage de la magnéto. Même, il faut envisager les cas où une modification plus sérieuse a été réalisée : changement des pistons ou modification du réglage de la distribution, qui, à plus forte raison, exigent une modification du calage.

Nous avons vu, en étudiant le cycle à quatre temps, que l'allumage devait être réalisé exactement au moment le plus convenable pour que le rendement et la puissance du moteur soient

maximums, dans les conditions où il fonctionne, ou plus exactement pour utiliser le mieux possible le mélange combustible admis. Il est évident que, quelle que soit la précision des organes qui permettent de commander cet allumage, c'est-à-dire le fonctionnement du rupteur, il est nécessaire que le calage reste, pendant que le moteur tourne, identique à lui-même, c'est-à-dire qu'il n'y ait pas de jeu dans la commande. Ceci est vrai surtout pour la partie mobile de la magnéto. En effet, l'arbre de commande peut prendre du jeu par rapport aux organes qui l'entraînent : à moins de variation d'allure, l'entraînement est continu et le jeu est sans importance tandis que l'induit est freiné, à certains moments, par les actions électriques qu'il subit. Donc un jeu de l'organe mobile de la magnéto sur ses paliers équivaut à un décalage, *mais à certains moments seulement*, c'est-à-dire qu'une modification de calage ne peut y porter remède.

Pour éviter que ce jeu ne prenne naissance, il est donc nécessaire que l'organe tournant soit parfaitement équilibré, et que l'alignement des axes de cet organe et de l'arbre de commande soit aussi parfait que possible, afin d'éviter les réactions latérales. D'où la première condition énoncée plus haut.

Si parfaitement qu'elle soit réalisée, il faut encore admettre que la rigidité des supports est imparfaite, c'est-à-dire que l'alignement peut être légèrement compromis. Pour atténuer les effets de cet inconvénient, on dispose généralement sur la commande un joint élastique : c'est la deuxième condition.

Alignement. — L'alignement doit être réalisé par le constructeur et vérifié par lui. On conçoit que la fabrication en série se prête mal à la perfection absolue recherchée, mais il est alors généralement possible de l'obtenir en plaçant des cales d'épaisseur convenable sous le socle de la magnéto.

La méthode la plus commode pour vérifier cet alignement est de réaliser l'accouplement des deux arbres : arbre de commande et axe de l'induit par l'intermédiaire de deux plateaux de diamètre identique. Cette identité est facile à obtenir, sur le tour.

La plus petite erreur d'alignement se traduit alors par un décalage des deux plateaux aisément perceptible, même pour des erreurs extrêmement faibles (*fig. 256*).

Nous verrons, en étudiant les systèmes qui permettent de

modifier le calage, qu'il est fréquent et même presque général que le système d'accouplement comporte ces deux plateaux.

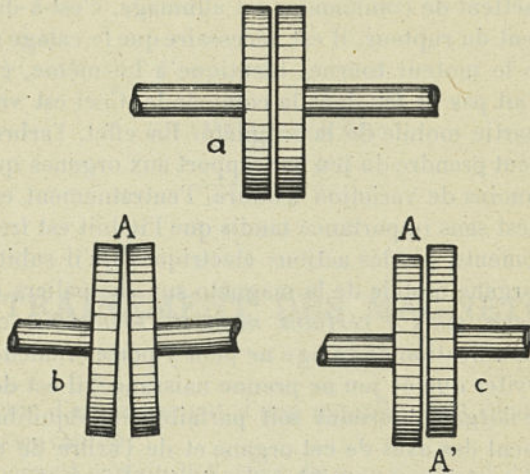


FIG. 256. — Alignement des arbres (schéma).

a. position correcte ; *b.* décalage : les deux arbres se rencontrent, mais font un angle ;
c. les deux arbres sont parallèles, mais leurs axes ne sont pas confondus.

Joints élastiques. — Autrefois, le joint déformable le plus souvent utilisé était le joint d'Oldham (*fig.* 257). On employait

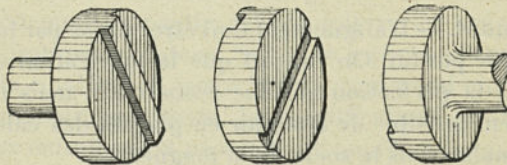


FIG. 257. — Joint d'Oldham.

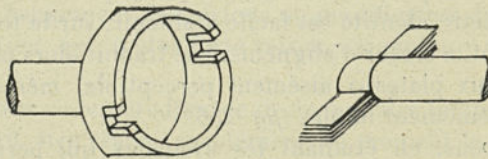


FIG. 258. — Joint à lames.

également des joints à lames élastiques (*fig. 258*). Actuellement, on emploie plus communément un joint en tissu caoutchouté, de forme spéciale, permettant en même temps de modifier le calage (*fig. 259*).

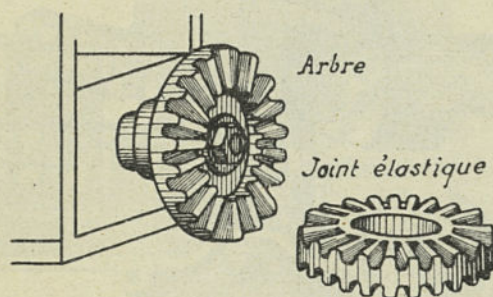


FIG. 259. — Joint élastique réglable.

Calage. — Les procédés qui permettent de modifier le calage d'une magnéto sont extrêmement nombreux : nous n'avons pas la prétention de les décrire tous, mais seulement quelques uns parmi les plus caractéristiques : le chauffeur avisé, les connaissant, comprendra vite comment utiliser le dispositif monté sur sa machine. Il dispose d'ailleurs d'un procédé de vérification assez simple : s'en réténer à un repérage tracé sur le volant.

Signalons l'intérêt que présente l'adjonction d'un frein sur la commande, qui, placé du côté opposé à la magnéto, contribue au silence de l'entraînement, en supprimant le jeu latéral et en régularisant l'effort d'entraînement (voir figure 261).

Déplacement du bâti de la magnéto. — Certains constructeurs (S. E. V. sur 10 CV Renault 1922 par exemple) réalisent une magnéto qui repose sur le carter du moteur par une base alésée, montée sur un socle de même alésage, en forme de calotte cylindrique d'un cylindre de révolution, dont l'axe est aussi celui de l'induit.

On peut donc faire tourner la magnéto de l'angle dont on veut modifier le calage. Mais, à moins que de tracer des repères sur la magnéto et son socle, et de graduer ce socle, ce procédé reste imprécis : il est très simple néanmoins.

Joint d'Oldham à serrage. — La partie mâle du joint d'Oldham est à l'extrémité d'une sorte de douille (*fig. 260*), cou-

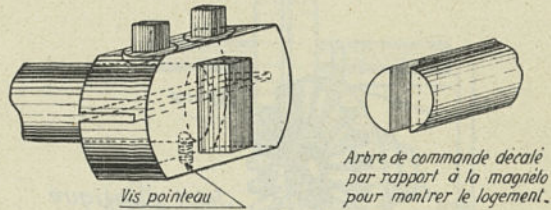


FIG. 260.

cée, telle qu'on puisse, en serrant les deux moitiés avec des écrous, l'immobiliser sur l'axe de la magnéto.

Avant serrage, le calage de la douille sur l'axe est arbitraire : on peut décaler de l'angle nécessaire, mais ici encore, cet angle est impossible à mesurer.

Dispositif à denture (*fig. 261*). — Ce dispositif comporte deux plateaux de diamètre identique (pouvant servir, par suite, à la vérification de l'alignement) présentant chacun une denture qui pénètre dans celle de l'autre plateau. Le nombre des dents est voisin de cent. Par conséquent, en décalant l'un des plateaux de une dent par rapport à l'autre, on opère un décalage compris entre trois et quatre degrés. Il est seulement nécessaire de procéder avec soin, en repérant le calage avant décalage, pour éviter des erreurs sans cela inévitables.

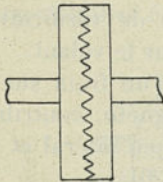


FIG. 261.

Arbre de commande à douille (*fig. 262*). — L'arbre de commande est calé dans une douille qui est entraînée par l'arbre de distribution grâce à une roue engrenant avec un pignon. Le

calage de l'arbre dans la douille est réglable : la précision est difficile sans un repérage soigneux.

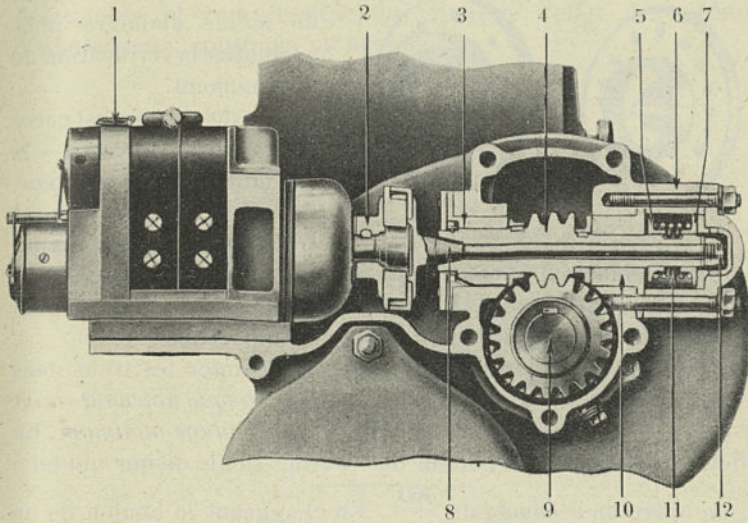


FIG. 262. — Commande Renault.

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Graisseur de magnéto. | 7. Rondelle frein. |
| 2. Roue de commande de magnéto. | 8. Écrou de blocage. |
| 3. Palier côté de magnéto. | 9. Ressort du frein. |
| 4. Pignon de commande. | 10. Palier côté opposé à la magnéto. |
| 5. Rondelle d'appui du ressort de frein. | 11. Roue de commande de la magnéto. |
| 6. Couvercle du frein. | 12. Axe d'entraînement. |

Calage continu à plateaux (fig. 263). — Les deux arbres portent chacun un plateau de diamètre rigoureusement identique.

L'un de ces disques est percé de deux trous diamétralement opposés, et l'autre de deux rainures diamétralement opposées. Les deux disques sont fixés l'un sur l'autre par deux boulons, serrés par des écrous.

Ce procédé est simple, mais un desserrage des écrous entraîne inévitablement un décalage accidentel.

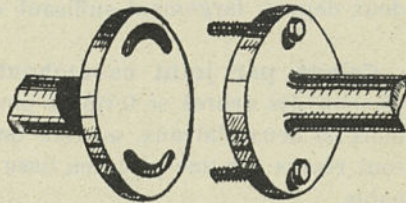


FIG. 263.

Calage discontinu à plateaux (*fig. 264*). — Comme dans le cas précédent, chacun des arbres à relier se termine par un plateau,

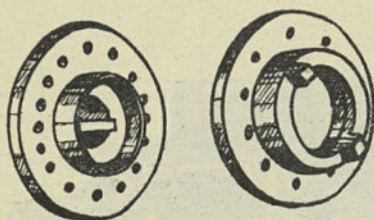


FIG. 264.

les deux plateaux étant de même diamètre pour permettre la vérification de l'alignement.

L'un des disques est percé de n trous et l'autre de $n-2$, n étant un nombre pair, de manière qu'à chaque trou en corresponde un autre

diamétralement opposé, pour éviter tout déséquilibre.

Les deux plateaux sont réunis par deux boulons diamétralement opposés : le décalage accidentel devient impossible.

Pour opérer un décalage, il suffit de changer les trous dans lesquels sont enfilés les boulons, *chaque disque tournant, dans le même sens, de un trou, pour opérer le décalage minimum*. En effet, en changeant le boulon de un trou, sur le disque qui en a n , on opère un décalage de $\frac{360^\circ}{n}$. En changeant le boulon de un

trou sur l'autre disque, on opère un décalage de $\frac{360^\circ}{n-2}$. Le décalage relatif est donc de :

$$\frac{360^\circ}{n-2} - \frac{360^\circ}{n} = \frac{720^\circ}{n(n-2)}$$

On voit que pour $n = 20$ le plus petit décalage possible est de deux degrés, largement suffisant dans la pratique.

Calage par joint caoutchouté denté (type Hardy). — Chacun des arbres se termine par un plateau denté (*fig. 259*), mais les deux plateaux, au lieu de s'appliquer l'un sur l'autre, sont réunis par une pièce en tissu caoutchouté de forme convexe.

Les deux plateaux n'ont pas le même nombre de dents : l'un en a 20 par exemple, l'autre en ayant 18. La pièce en tissu caoutchouté a donc ses deux faces inégalement dentées.

On voit que le principe du décalage est le même que dans le cas précédent : la pièce caoutchoutée remplace les boulons et on

la fait tourner d'une dent, dans le même sens, par rapport à chacun des plateaux, pour opérer le décalage minimum.

Le système possède l'avantage précieux de constituer un joint déformable et compressible qui diminue l'effet des défauts d'alignements, constants ou accidentels.

CHAPITRE XXXV

AVANCE A L'ALLUMAGE

Nous avons vu, dans l'étude du cycle à quatre temps que l'allumage devait être réalisé avec une certaine *avance*. Expérience et théorie sont d'accord pour en établir la nécessité. Nous commencerons donc par définir exactement l'avance à l'allumage, et les lois suivant lesquelles elle doit varier. Ensuite seulement, nous décrirons les dispositifs qui permettent les variations nécessaires. Il importe avant tout que les chauffeurs et réparateurs aient des notions précises sur tout ce qui touche à l'avance à l'allumage, afin de savoir tirer d'une voiture le meilleur parti possible, et, le cas échéant, en effectuer la mise au point ou les réparations nécessaires.

Définition et mesure de l'avance à l'allumage. — Théoriquement, l'avance à l'allumage, mesurée en degrés, est l'angle dont tourne le moteur entre l'instant où l'étincelle éclate dans le cylindre et celui où le piston passe au point mort haut.

Elle est souvent aussi mesurée par la course du piston entre les deux mêmes instants.

Pratiquement, sa mesure serait impossible si l'on n'admettait que l'avance à l'allumage est l'angle dont tourne le moteur entre le moment où le dispositif de rupture fonctionne et celui où le piston atteint le point mort haut, c'est-à-dire si l'on n'identifiait le moment où l'étincelle éclate et celui où fonctionne le rupteur.

Pour mesurer cette avance, on procédera comme pour le

repérage d'une distribution. On détermine d'abord — et l'on repère sur le volant (ou même sur un pignon quelconque calé sur le vilebrequin) — le point mort haut, en utilisant une pige d'acier, introduite par un trou de bougie ou un bouchon de soupape ou même un orifice spécialement aménagé.

Puis on détermine le moment où se séparent les vis platinées, en introduisant entre elles une feuille de papier de soie ou de papier à cigarettes : l'instant où la feuille devient libre est celui que l'on cherche. Il faut naturellement éviter de laisser aux pointes des vis un fragment de papier qui formerait isolant. On repérera sur le volant la position ainsi déterminée et il suffira de mesurer l'angle qui sépare ce repère de celui du point mort haut : c'est l'avance cherchée.

Cette mesure peut paraître compliquée : elle n'est pas impossible avec un rapporteur convenablement disposé, mais nous conseillons plutôt le procédé suivant.

On mesurera (ou l'on demandera au constructeur) le diamètre extérieur du volant, à hauteur de la partie sur laquelle sont tracés les repères. Soit d ce diamètre : on sait que la longueur totale de la circonférence est πd , π étant égal à 3,14159. Si α est l'avance cherchée, la longueur de l'arc de cercle qui sépare les deux repères est

$$l = 3,14159 d \frac{\alpha}{360} \bullet$$

D'autre part, on peut mesurer l au moyen d'une simple ficelle ou d'un fil d'archal (inextensible) tendu suivant le cercle, entre les deux repères, et appliqué ensuite sur une règle graduée. On sait donc, connaissant l , calculer α .

Signalons un procédé de mesure particulièrement simple et fréquemment indiqué : le volant possède une denture extérieure qui vient attaquer le Bendix au démarrage. Il est facile de savoir à quel angle correspond une dent. Par exemple, sur la Citroën B 14, une dent fait exactement 3° .

Certains constructeurs — nombreux même — donnent l'avance en millimètres, c'est-à-dire en courses du piston. Nous savons qu'au moyen d'une pige on peut mesurer ces courses et passer ainsi des courses du piston aux angles de rotation. On vend des piges spéciales, mobiles dans des culots qui se vissent à la place des bougies.

Si l'on juge cette opération trop délicate ou que le moteur ne s'y prête pas facilement, le plus simple est d'écrire au constructeur, ou mieux à un constructeur de magnétos, en donnant clairement la désignation du moteur : on recevra les résultats de la transformation, sans erreur à craindre.

Dans le cas des moteurs à culasse rapportée, la mesure des courses est particulièrement indiquée : il suffit d'opérer après enlèvement des culasses.

Il peut être commode, en matière d'avance à l'allumage, de se repérer sur une portion de la magnéto elle-même, par des repères tracés sur une partie mobile tournant dans une partie fixe, par exemple plateau du rupteur dans la bague portant les cames. On graduera de 5 en 5 degrés la partie fixe et l'on tracera un repère unique sur la partie mobile.

Il convient toutefois de remarquer que, dans ce cas, si l'on est conduit à décaler la magnéto, le zéro de la graduation ne correspond plus au point mort haut.

VARIATIONS DE L'AVANCE OPTIMUM

a) **A un régime déterminé.** — Il résulte de façon indiscutable des expériences de M. Ricardo que, sur un moteur déterminé, à un régime déterminé, l'avance à l'allumage varie avec les éléments suivants, classés par ordre d'importance : nature du combustible, température des gaz admis et remplissage, richesse du mélange, qualités de l'étincelle.

Naturellement, lorsque le régime varie, l'avance optimum varie également.

Le seul combustible pratiquement employé étant l'essence, il n'y a pas lieu de s'occuper des autres. Signalons toutefois que ce combustible étant le plus facile à enflammer, il faut toujours, sur un même moteur, augmenter l'avance si l'on utilise un autre combustible.

En résumé, à un régime, c'est-à-dire à une vitesse déterminée du moteur, doit correspondre une avance d'autant plus faible :

1° Que le remplissage est meilleur, c'est-à-dire que l'on donne davantage de gaz avec l'accélérateur ou la manette.

2° Que le réchauffage est plus énergique : il faut donc, en particulier, employer une avance plus grande au départ, quand

le moteur est froid, que lorsqu'il a atteint sa température normale de fonctionnement.

3° *Que le mélange est plus riche.* Donc, si l'on emploie un économiseur ou un correcteur, il faut mettre d'autant plus d'avance que le mélange est plus pauvre.

b) **La vitesse du moteur varie.** — Il est impossible de donner une règle certaine et précise déterminant, pour tous les moteurs, l'avance optimum en fonction de la vitesse de rotation.

En effet, si la vitesse de combustion restait constante quand la vitesse augmente, l'avance optimum varierait proportionnellement à la vitesse. Mais l'efficacité de l'étincelle varie dans le même sens que la vitesse, au moins pour les magnétos. Le remplissage varie également : il diminue quand la vitesse augmente, mais l'homogénéité et surtout la turbulence sont toujours améliorées. Le dosage peut varier également, car l'automatisme des carburateurs est loin d'être parfaite et l'on sait d'ailleurs que certains appareils sont précisément construits pour provoquer l'enrichissement aux grandes allures.

Cependant, malgré tout, *l'expérience montre que l'avance optimum varie toujours dans le même sens que la vitesse, mais non proportionnellement à elle.*

Remarquons que, généralement, lorsque la vitesse d'un moteur croît, c'est que l'ouverture de l'obturateur est plus grande, c'est-à-dire que l'on accélère. Et cependant, avec les remplissages médiocres qui correspondent ainsi généralement aux faibles allures, l'avance à l'allumage doit être relativement élevée, moins pourtant qu'aux grandes allures quand on donne tous les gaz (obturateur ouvert).

Donc, si l'avance optimum croît avec la vitesse de rotation du moteur, même quand l'accélération est produite par la commande de l'accélérateur, à plus forte raison cette avance optimum doit-elle croître, lorsque le moteur accélère pour une même ouverture du papillon des gaz, comme cela se produit, par exemple, lorsqu'on gravit une pente décroissante.

AVANCE OPTIMUM PRATIQUE

Expérience et théorie sont d'accord pour prouver qu'il y a toujours, pour un moteur tournant dans des conditions déter-

minées (vitesse et remplissage) une avance à l'allumage optimum unique, et que cette avance possède deux caractères très nets et dont un seul suffit à la déterminer.

1^o Elle est la plus grande que le moteur puisse, dans ces conditions, supporter sans cliqueter.

2^o Elle seule permet au moteur, dans ces conditions, de fournir sa puissance maximum.

Une avance trop grande fait cliqueter — on disait autrefois cogner — et au bout de quelques minutes à peine diminue la puissance et le rendement du moteur, c'est-à-dire diminue la vitesse de la voiture et augmente sa consommation. Les caractères énoncés ne s'appliquent donc qu'à un régime stable : une avance un peu trop grande peut n'entraîner le cliquetis et surtout ne diminuer la puissance qu'après quelques minutes.

Une avance trop faible entraîne une diminution simultanée de puissance et de rendement. Elle fait chauffer le moteur au point d'amener parfois le cliquetis par auto-allumages.

On conçoit que seuls, des essais méthodiquement conduits puissent permettre de déterminer exactement les diverses lois de variation de l'avance optimum d'un moteur, suivant les conditions d'utilisation.

Le banc d'essai et la route. — Le constructeur peut faire des essais au banc et ne s'en prive pas.

Nous nous adressons ici aux chauffeurs et réparateurs qui ne disposent jamais de l'appareillage coûteux et encombrant que constitue un banc d'essai.

De plus les conditions d'utilisation d'un moteur ne sont pas tout à fait les mêmes au banc et sur la route : ici, le moteur travaille de façon moins régulière. Le refroidissement n'y est pas le même, car la circulation d'air au travers du radiateur dépend toujours largement de la vitesse de la voiture. Au banc, il est fréquent que l'on renouvelle constamment l'eau.

Donc, nous ne parlerons que des essais sur route, plus pratiques, et nécessaires au constructeur lui-même. Nous les décrirons avec d'autant plus de soin qu'à notre avis ils constituent une préparation absolument indispensable à la conduite d'une voiture, lorsque l'avance à l'allumage y est uniquement commandée à la main.

Nous étudierons d'abord les divers procédés de commande de l'avance à l'allumage.

Avance fixe ou avance variable. — Il résulte clairement de ce que nous avons dit plus haut qu'une avance fixe ne saurait convenir à un $\frac{1}{2}$ moteur que dans des conditions tout à fait exceptionnelles. Encore est-elle nécessairement imparfaite dans bien des cas : en admettant par exemple qu'elle soit parfaite à une allure déterminée en palier, elle sera trop grande à la même allure en côte, puisque le remplissage est alors plus complet, la même allure ne pouvant être obtenue que grâce à une ouverture plus grande de l'obturateur.

Certes, une avance fixe est particulièrement simple. Mais nous avons dit que, en général, l'avance optimum croissait nettement avec la vitesse du moteur, que l'on donne ou non tous les gaz. Il est donc naturel, bien que plus coûteux et moins simple, que l'on utilise des dispositifs permettant de faire varier l'avance à l'allumage de manière à se rapprocher le plus possible de l'avance optimum. Nous savons, en effet, quels inconvénients entraîne une avance mal choisie : diminution de la puissance et du rendement, c'est-à-dire réduction de la vitesse et augmentation de la consommation. Nous avons vu, en particulier (page 306) dans quelles proportions considérables la consommation pouvait être augmentée.

Avance automatique ou avance commandée à la main.

— On a vu plus haut combien complexes et nombreux étaient les éléments avec lesquels doit varier l'avance à l'allumage pour être optimum.

Il faudrait la faire varier avec la vitesse du moteur et même de façon différente suivant la multiplication employée.

Il faudrait la faire varier avec la position de l'accélérateur et de la manette des gaz, c'est-à-dire avec le remplissage.

Il faudrait la faire varier avec la position des manettes de commande de l'économiseur et du correcteur, c'est-à-dire avec la richesse du mélange.

En résumé on ne pourrait manier un levier (frein ou vitesses) ni une pédale (sauf peut-être le débrayage), ni une manette, sans avoir en même temps à modifier l'avance.

On conçoit alors facilement que les constructeurs aient, en général, renoncé à infliger au chauffeur moyen des manœuvres ainsi compliquées. Leur expérience est d'ailleurs formelle : *toutes les fois que l'on met à la disposition du chauffeur moyen un*

dispositif de réglage, il en résulte pour la majorité des voitures des inconvénients supérieurs à ceux qu'entraîne l'adoption d'un dispositif automatique, nécessairement imparfait.

Donc, malgré que certainement la commande à la main soit le seul procédé susceptible de perfection, la majorité des constructeurs équipe ses moteurs avec des commandes automatiques d'avance à l'allumage ou même des avances fixes.

Une commande automatique ne peut être parfaite, même avec des complications extrêmes. En effet, si l'avance est uniquement déterminée par la vitesse de rotation — comme c'est le cas actuellement — il est évident qu'à une même vitesse peuvent correspondre des conditions d'utilisation très différentes. Par exemple on peut avoir à donner tous les gaz dans une côte, ou bien au contraire rouler en palier avec l'obturateur à demi-fermé. Dans ce dernier cas, l'avance doit être bien plus forte.

Certes, on pourrait imaginer des commandes d'avance tenant compte de la position de l'obturateur, c'est-à-dire en relations avec l'accélérateur. Mais tiendraient-elles compte de la température du moteur, du refroidissement, de la richesse du mélange modifié par le correcteur?

On peut assurer que l'avance donnée par une commande automatique sera généralement trop faible. En effet, à une vitesse déterminée, l'avance doit être d'autant plus grande que l'on donne moins de gaz. Mais l'avance doit être telle qu'elle ne fasse pas cliqueter le moteur — ou seulement exceptionnellement. — Donc, si elle était optimum quand on roule doucement en palier, elle serait beaucoup trop grande à la même allure en côte.

Nous verrons d'ailleurs plus loin que, systématiquement, le constructeur doit réaliser une avance certainement un peu faible. Il en résulte que la puissance et le rendement du moteur ne peuvent être maximums avec une telle commande.

Nous retiendrons néanmoins ces inconvénients, que nous tenterons de réduire par une mise au point convenable.

CHAPITRE XXXVI

PROCÉDÉS DE COMMANDE DE L'AVANCE VARIABLE

Les procédés possibles peuvent être classés en trois catégories.

1^o Décalage du bâti de la magnéto, y compris la bague qui porte les cames.

2^o Décalage de la bague qui porte les cames.

3^o Décalage de l'axe de l'induit par rapport à l'arbre de commande (ou exceptionnellement de cet arbre par rapport à l'arbre moteur).

Le premier procédé paraît aujourd'hui absolument abandonné : la masse à déplacer, si parfait qu'en soit le montage sur des tourillons, exige une commande très solide et par suite souvent imprécise. Les ruptures du tringlage étaient fréquentes et les jeux considérables.

Actuellement on trouve plus simple de ne décaler que la bague portant les cames. Ce dispositif permet des commandes simples, légères et précises, ne prenant pas de jeu puisqu'elles ne subissent que des réactions très faibles.

Le seul inconvénient est alors que la rupture ne se fait plus au moment où le courant primaire est maximum, c'est-à-dire que l'efficacité de l'étincelle risque de se trouver diminuée. Aussi, actuellement, lorsqu'on emploie ce dispositif de commande, on utilise des magnétos dites à retard renforcé, dans lesquelles une disposition spéciale des aimants modifie la loi de variation du

courant primaire, dont l'intensité reste ainsi plus longtemps voisine de son maximum.

Ce dispositif — décalage de la came — est usité surtout pour les commandes automatiques.

Décalage de l'axe de l'induit. — Le plus souvent le dispositif de commande réalise le décalage de l'induit par rapport à son arbre de commande.

On imagine aisément un tel dispositif : les deux arbres sont reliés par l'intermédiaire d'un manchon (*fig. 264*).

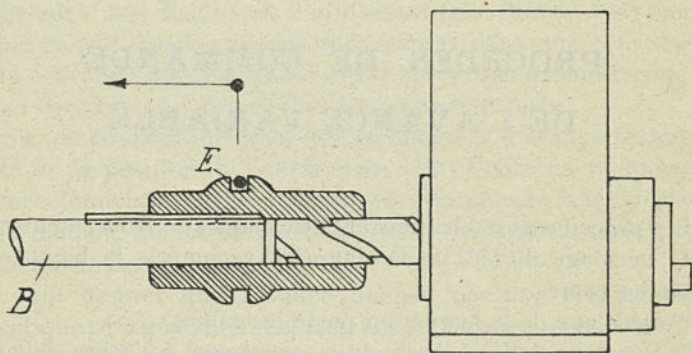


Fig. 264. — Schéma d'un dispositif d'avance variable.

L'un des arbres est muni de clavettes longitudinales, sur lesquelles le manchon peut glisser, grâce à des rainures convenablement disposées ménagées à l'intérieur de ce manchon. L'autre arbre est pourvu d'une rainure hélicoïdale dans laquelle se déplace un téton solidaire du manchon.

Il en résulte que tout déplacement longitudinal du manchon sur le premier arbre entraîne une rotation du second, c'est-à-dire un décalage relatif des deux arbres.

Si l'avance est commandée à la main, un tringlage convenable, aboutissant à une manette placée sur le volant, permet de déplacer le manchon.

En général, ce mode de décalage est destiné à être commandé automatiquement. Le manchon est accouplé à un régulateur centrifuge de type quelconque, monté sur le premier arbre. Ce régulateur comporte un ressort qui lui interdit d'agir tant que

la vitesse de rotation n'a pas atteint une valeur suffisante. L'affaiblissement ou la rupture de ce ressort entraîneront une avance trop grande : le moteur cliquetera.

Les magnétos Lavalette, par exemple, utilisaient un dispositif tel que ce dispositif schématique.

Toutes les commandes automatiques utilisent l'action d'un régulateur, mais les modes d'action sont assez variables. Par exemple, nous décrivons les dispositifs S. E. V. et Saga.

Magnéto S. E. V. (*fig. 265*). — Le dispositif d'avance automatique comprend deux plateaux, l'un solidaire de l'arbre de commande et l'autre de l'axe de l'induit.

Chacun de ces plateaux porte deux axes, symétriques par rapport au centre du plateau. Sur ces quatre axes viennent se loger

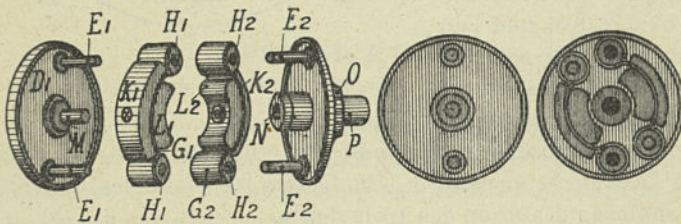


FIG. 265. — Magnéto S. E. V., à avance automatique. — Détails du régulateur.

deux ressorts, lames élastiques dont les extrémités (œils) forment douille, et à la partie moyenne desquelles sont fixées des masselottes.

Un ressort est fixé à l'une de ses extrémités sur l'un des plateaux, un axe de ce plateau étant emmanché dans la douille ; à l'autre extrémité, il est fixé de la même manière sur le plateau.

La force centrifuge, dès qu'elle est suffisante pour faire fléchir le ressort, détermine une déformation de ce ressort, c'est-à-dire un décalage relatif des deux plateaux qui ne sont assemblés que par ce ressort.

Les dispositifs S. E. V. sont réglés généralement de manière à agir à partir de vitesses comprises entre 400 et 600 tours. On fait varier cette action en changeant la lame élastique ou les masselottes et l'on conçoit aisément que, par un choix convenable de l'élasticité de la lame, du poids et de la forme de la masselotte, on puisse obtenir une loi de variation satisfaisante.

Magnéto Saga. — Trois masselottes sont montées folles sur trois axes solidaires d'un plateau P calé sur l'induit (fig. 266).

Chacune des masselottes constitue une sorte de levier dont une extrémité A forme dent, engagée dans un évidement de profil convenable ménagé dans un plateau Q solidaire de l'arbre de commande.

En raison de sa forme, sous l'influence de la force centrifuge, chacune des masselottes tend à tourner autour de l'axe sur lequel elle est montée. La dent A suit ce mouvement de rotation, c'est-à-dire que l'ensemble des trois axes des masselottes subit une rotation relative par rapport à

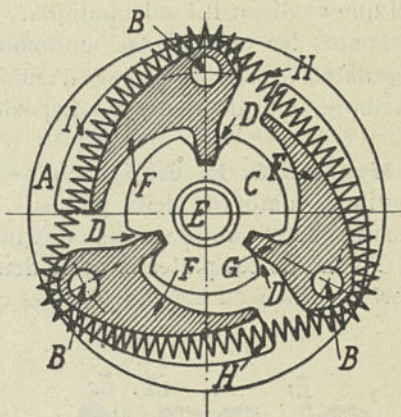


Fig. 266. — Schéma du régulateur Saga.

la pièce Q, rotation qui est opposée à celle de la dent A par rapport à l'axe de la masselotte. En somme les trois axes tournent d'un angle égal autour des trois dents.

Un ressort à boudin entoure les trois masselottes ; il détermine par sa tension la vitesse à partir de laquelle l'avance est modifiée. La loi de variation de l'avance dépend de la tension de ce ressort et du poids des masselottes.

Variation de l'avance dans les allumages par batterie. —

Tous les dispositifs se trouvent simplifiés : il suffit de déplacer l'arbre portant les bossages de commande du rupteur par l'un des procédés permettant le décalage de l'axe de l'induit.

On peut aussi déplacer tout le bâti du rupteur, comme par exemple, dans les allumages Delco.

Il n'y a plus à se préoccuper de choisir, pour la rupture, l'instant où le courant primaire est maximum, puisqu'il est alors constant.

Variation de l'avance sur la Ford. — Une manette placée sur le volant permet de faire tourner le distributeur lui-même.

CHAPITRE XXXVII

PANNES ET DÉFAUTS D'ALLUMAGE

VÉRIFICATIONS

Lorsqu'un moteur s'arrête, ou refuse de partir, ou fait entendre des ratés, il est logique d'attribuer ceci au système d'allumage. Si l'essence arrive au carburateur en quantité suffisante, la chose est même à peu près certaine.

Il importe alors de faire les vérifications qui s'imposent dans un ordre bien déterminé, avec méthode, afin de ne rien oublier et de perdre le moins de temps possible.

BOUGIES

Les ratés sont presque toujours dûs à un encrassement de bougie. Ils peuvent entraîner l'arrêt du moteur, mais il est exceptionnel que le refus de partir soit imputable aux bougies.

Il faut nettoyer ces bougies. Il est très rare qu'on ait besoin de les nettoyer toutes. Il faut donc reconnaître celle qui ne donne pas. Pour cela, on peut arrêter le moteur et toucher les bougies, avec précaution pour ne pas se brûler. La bougie qui ne donne pas est moins chaude.

En cas d'auto-allumages produits par une bougie en mauvais état, c'est au contraire la bougie défectueuse qui est la plus

chaude extérieurement. Mais alors sa couleur est caractéristique, et elle fait entendre, quand le moteur tourne, un sifflement produit par les gaz qui s'échappent. Recommandons, incidemment, de verser quelques gouttes d'huile sur chaque bougie, pour en vérifier l'étanchéité. Les gaz, en s'échappant, soulèvent la pellicule grasse, faisant des bulles.

Il existe des crayons spéciaux qui, mis au contact de la bougie, indiquent par une lueur dans un voyant si elles donnent convenablement ou non.

Il est plus sûr, pour déterminer la bougie qui ne donne pas, de mettre successivement toutes les bougies en court-circuit. Pour cela, au moyen d'un tournevis à manche isolant (en bois), le moteur continuant à tourner, on met en contact l'électrode centrale de la bougie et le moteur. Si le rythme du moteur n'est pas changé, c'est que la bougie essayée ne donne pas. Sinon, si les ratés augmentent et si le moteur menace de caler, c'est que la bougie essayée est en bon état.

On dévisse la bougie qui ne donne pas, avec une clef spéciale, et on la nettoie avec un chiffon imbibé d'essence, ou une brosse. Si elle est trop sale, si le dépôt charbonneux est trop adhérent il faut la changer.

Notons qu'au point de vue du temps perdu, il est avantageux de fixer sur le tablier de la voiture, sous le capot, le tournevis et la clef dont on a besoin. Ceci évite d'aller fouiller dans le coffre à outils, souvent peu accessible, chaque fois qu'on a des ratés.

En dehors de l'encrassement, des fentes et défauts d'étanchéité, les bougies peuvent présenter un autre inconvénient, c'est que l'écartement des pointes soit mauvais. Trop grand, il peut entraîner des ratés; il peut aussi déterminer un échauffement anormal *des pointes*, donc cliquetis. Trop petit il entraîne une diminution de puissance et un échauffement du moteur. Nous conseillons, pour le vérifier facilement, d'avoir une clef d'épaisseur, morceau de clinquant ayant exactement, comme épaisseur, l'écartement *optimum*. Il est avantageux que cette clef soit une petite lame d'acier emmanchée, et fixée, elle aussi au tablier de la voiture. Il existe dans le commerce des jeux de « jauges » très maniables.

Les opérations à effectuer sur les bougies sont donc :

- 1° Vérification de l'encrassement (nettoyage éventuel);
- 2° Vérification de l'écartement des pointes;
- 3° Vérification de l'étanchéité.

MAGNÉTO

a) **Fil de masse.** — Il est bon de vérifier le fil de masse, en le détachant de la magnéto. Si ce fil, qui relie la magnéto à l'interrupteur, présente un défaut d'isolement, il peut entraîner l'arrêt du moteur, ou seulement des ratés si le défaut est léger et ne se manifeste que par moments. Naturellement nous supposons que l'interrupteur est à la position de marche, et que l'isolant, qui sépare du rupteur son couvercle, n'a pas été omis au remontage, ou que cet isolant n'est pas en mauvais état.

b) **Rupteur.** — Le rupteur peut présenter de nombreux défauts :

1° Le levier du rupteur peut être coincé sur son axe. Actuellement, en effet, pour éviter le graissage, le levier est monté sur son axe par l'intermédiaire d'une douille de fibre qu'un gonflement peut atteindre (fréquent au bord de la mer, si la magnéto est peu étanche). Ce gonflement entraîne le coincement de l'axe.

Il faut aléser légèrement la douille de fibre, avec un outil spécial qui *doit* exister dans la trousse. Sur la route, on peut mettre une goutte d'huile, mais le remède n'est que temporaire : s'il entraîne une amélioration, il arrive souvent qu'en peu de temps, le gonflement soit augmenté. De plus, l'huile peut s'introduire en des endroits où ses propriétés isolantes interviendront, entre les vis platinées par exemple ;

2° Le levier du rupteur, ou son ressort de rappel peuvent être cassés, il faut les changer. Ces pièces doivent faire partie du lot de rechanges ;

3° L'écartement des vis platinées peut être mal réglé ; s'il est trop grand, l'action peut être insuffisante pour ramener les vis en contact. S'il est trop petit, il se peut que le bossage du levier ne vienne plus en contact avec les cames de rupture. On vérifiera l'écartement de ces vis comme pour les pointes de bougies ; il est d'ailleurs souvent le même : $4/10$ de $\frac{m}{m}$;

4° Les vis platinées peuvent être sales : on les nettoiera avec un linge propre imbibé d'essence ;

5° Les vis platinées peuvent être en mauvais état : il faut en refaire le polissage avec une lime douce, puis le réglage. Il faut

penser que ce mauvais état peut être dû à la mise hors service du condensateur : il y a alors de fortes étincelles aux vis platinées ;

6° Un condensateur hors service ne peut être réparé ; il faut envoyer la magnéto à l'usine. On constate de fortes étincelles aux vis platinées ;

7° On essuiera soigneusement toutes les pièces du rupteur, soit que l'humidité réalise des contacts imprévus, soit au contraire que quelques gouttes d'huiles réalisent des isollements qui suppriment les contacts.

c) **Distributeur.** — 1° On nettoiera soigneusement le distributeur, soit que les plots en soient encrassés par des dépôts gras, soit plutôt que l'usure du charbon de contact ait entraîné le dépôt sur la surface du distributeur d'une poussière conductrice adhérente, qu'un nettoyage énergique peut seul enlever ;

2° On vérifiera l'état du charbon de contact et de ses ressorts.

d) **Charbons.** — On vérifiera le fonctionnement des divers charbons de masse que peut comporter la magnéto.

On vérifiera également le crayon qui amène le courant au distributeur.

Ces divers charbons comportent des ressorts qui peuvent être affaiblis ou cassés.

e) **Parafoudre.** — Tout à fait exceptionnellement, il peut y avoir des étincelles au parafoudre, soit que cet appareil ait été détérioré par accident — et ce serait la preuve d'une grosse maladresse dans sa manipulation — soit qu'une ou plusieurs bougies soient encrassées par dépôt isolant (remontées d'huile), soit enfin qu'après changement de bougies ou réglage, les pointes en soient beaucoup trop écartées.

f) **Divers.** — 1° Le socle de la magnéto peut avoir besoin d'être nettoyé ;

2° Le secondaire peut être grillé : on constate alors une diminution d'efficacité des étincelles, qui peuvent même ne plus se produire. Une odeur caractéristique se dégage, de vernis brûlé, pendant la marche du moteur ;

3° La magnéto peut être désaimantée.

Les étincelles aux bougies sont trop faibles. Elles ne peuvent

plus éclater aux pointes du parafoudre si l'on intercale une lamelle isolante entre les pointes d'une bougie (mica ou carton).

Dans ces deux derniers cas, la magnéto doit être renvoyée à l'usine qui seule est outillée pour refaire un bobinage ou réaimanter la magnéto.

TABLEAU DE VÉRIFICATION

Nous donnons ici un tableau de tout ce qui est à vérifier, dans un système d'allumage par magnéto. Ceci ne veut pas dire qu'il faille tout vérifier, quels que soient les caractères de la panne. Il est évident qu'il n'y a pas à vérifier si l'interrupteur est à la position de marche quand on a des ratés, ou bien si le moteur chauffe.

- Interrupteur à la position de marche.
- Vérification du fil de masse.
- Vérification des fils de bougie.

Bougies	}	Propreté.
		Écartement.
		Étanchéité.
Rupteur	}	Levier coincé sur son axe.
		Levier cassé ou ressort de rappel cassé.
		Vis mal réglées.
		Vis sales.
		Vis en mauvais état.
	}	Condensateur grillé (magnéto à évacuer).
		Rupteur à nettoyer.
Distributeur . . .	}	Nettoyage.
		Charbon de contact (ressort).
Charbons		
Parafoudre .		
Magnéto.	}	Socle à essuyer et nettoyer.
		Secondaire grillé (à évacuer).
		Aimantation insuffisante (à évacuer).

CHAPITRE XXXVIII

ESSAIS ET MISE AU POINT

Nous décrivons les essais qui permettent de déterminer exactement les lois de variation de l'avance à l'allumage sur un moteur donné, aussi bien pour l'intérêt qu'ils présentent en eux-mêmes que parce qu'ils permettent de réaliser aisément une commande parfaite de cette avance lorsqu'elle n'est pas automatique, c'est-à-dire lorsque l'avance est commandée à la main.

Conduite des essais. — Nous savons que, à chaque instant, l'avance optimum est la plus grande possible sans que le moteur cliquète.

Les essais constitueront donc la détermination précise des instants où le cliquetis commence ou disparaît, pour chaque régime.

Il est naturellement nécessaire, pour les conduire, de savoir bien ce qu'est un moteur, d'en connaître le rythme et les bruits normaux. Pourtant, il n'est pas nécessaire d'avoir une oreille exercée pour percevoir l'apparition ou la disparition d'un bruit : il suffit d'une grande attention si ce bruit — léger — n'est pas masqué par d'autres.

Admettons donc que le moteur est en bon état — une mise au point soignée ne serait guère indiquée sur un moteur en mauvais état — ainsi que la voiture : transmission et caisse. Nous procéderons aux essais sur une route aussi roulante que possible, afin de diminuer les bruits de la voiture.

On pourra même, pour la circonstance, placer quelques tampons de fibre, caoutchouc, etc... aux endroits qui, ayant un peu de jeu, risqueraient d'être bruyants : capots, portières, tablier.

Il est commode d'emmener un aide, pour procéder aux essais, afin que l'un des essayeurs n'ait pas d'autre mission que d'écouter le cliquetis et de noter, au bon moment, l'indication de l'indicateur de vitesse ou du compte-tours.

Signalons ici qu'il est indispensable de disposer de l'un au moins de ces deux appareils, compte-tours de préférence. D'ailleurs, les deux appareils sont indiscutablement utiles, ne fut-ce que pour procéder aux changements de vitesse de façon parfaite.

Beaucoup de conducteurs, même avertis, ont peine à percevoir le cliquetis dès qu'il commence. Nous leur recommandons l'un des procédés suivants :

1° Penché en avant, et abrité par le tablier de la voiture, on place les mains derrière les oreilles, selon le geste commun chez les gens atteints de surdité : la perception des bruits devient ainsi beaucoup plus nette.

2° Si l'on craint de n'avoir pas l'oreille assez sensible, on utilisera le principe des stéthoscopes, appareils employés par le médecins pour l'auscultation du cœur. On prendra un corps bon conducteur du son : câble ou tuyau métallique de préférence, dont une extrémité, terminée par une plaque, sera mise au contact du moteur, en haut de la paroi verticale des cylindres. L'autre extrémité, terminée par une plaque métallique, ou mieux par un microphone, sera à l'oreille de celui qui écoute.

Ce procédé d'auscultation du moteur est d'ailleurs général. Si l'on promène l'extrémité d'un tuyau sonore au contact du moteur, on perçoit avec netteté tous les bruits normaux ou anormaux, au fur et à mesure que cette extrémité vient au contact des portions correspondantes.

Graduation du volant. — Nous supposons que l'avance est commandée à la main : nous supposerons que cette commande est réalisée — et c'est le cas général — par l'intermédiaire d'une manette mobile sur un secteur solidaire du volant (*fig. 267*) et pouvant tourner de 180° .

En tout cas, il y a lieu d'éviter de manière absolue l'emploi de commandes d'avance par tirettes, et d'employer toujours une

commande par manette mobile sur un secteur, que ce secteur soit sur le volant ou non.

Nous conseillons de graduer d'abord le secteur (ou la portion correspondante du volant s'il n'y a pas de secteur spécial) selon les principes suivants :

On repèrera à quelle avance réelle, mesurée en angles de rotation du moteur, correspond le minimum d'avance de la manette. Soit α cette avance.

On repèrera ensuite l'avance maximum permise par la position diamétralement opposée de la manette. Soit β cette avance. La variation totale permise par le dispositif est donc $\beta - \alpha = \omega$.

La position initiale de la manette sera graduée 0 (zéro) et la finale sera graduée ω , cet angle ω étant généralement de l'ordre de 30 à 35°.

Entre ces deux graduations extrêmes, correspondant à un angle de 180° du secteur (ou volant), on marquera sur le secteur

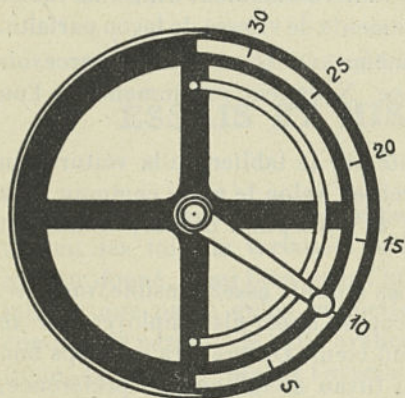


Fig. 267.

les positions de la manette correspondant à des variations réelles d'avance de cinq en cinq degrés ou même de deux en deux. Il se peut qu'à une même variation d'avance ne corresponde pas toujours la même rotation de la manette, c'est-à-dire qu'il n'y ait pas rigoureusement proportionnalité entre ces deux angles.

Si l'on veut — et nous le conseillons — éviter de salir son volant, on collera sur le secteur correspondant une bande de papier sur laquelle on portera la graduation définie plus haut, et qui n'est que temporaire.

Remarquons bien que le zéro de la graduation ne correspond pas à une avance nulle, mais au minimum d'avance permis par le calage de la magnéto.

Les essais. — On choisira une route comportant une rampe assez dure, au bout d'une portion plane de deux kilomètres au

moins, la côte étant assez forte et assez longue pour que la voiture, lancée à sa vitesse maximum, soit ralentie presque jusqu'au calage du moteur en restant en prise directe.

On mettra d'abord la manette à la position O, minimum d'avance que certains appellent improprement retard maximum.

Le moteur étant chaud et la voiture arrêtée, on démarre et l'on se met en prise directe le plus rapidement possible — il ne s'agit pas ici de passer les vitesses correctement — et, sitôt en prise directe, on appuie à fond sur l'accélérateur.

La reprise est naturellement médiocre. Il est possible que le moteur fasse entendre, aux faibles vitesses d'abord obtenues, le cliquetis (ou cognement) caractéristique de l'excès d'avance. Dans ce cas, il viendra certainement un moment où, le moteur accélérant, l'avance deviendra satisfaisante et le cliquetis cessera. On notera exactement cette allure ou mieux la vitesse de rotation correspondante du moteur.

On continue ainsi, à grande allure et sans cliquetis, jusqu'à la côte. La voiture ralentit alors, sans que l'on cesse d'appuyer à fond sur l'accélérateur, mais l'on restera en prise directe aussi longtemps que possible. L'aide notera exactement l'allure à laquelle recommence le cliquetis, pendant le ralentissement.

Si, pour le minimum d'avance, le cliquetis n'apparaissait jamais, il faudrait refaire l'essai en augmentant l'avance de cinq degrés, c'est-à-dire en plaçant la manette à la position correspondante, mais *il faudrait craindre un mauvais calage de la magnéto : défaut d'avance.*

Si au contraire le cliquetis ne disparaissait pas, le mauvais calage par excès d'avance serait certain.

Un essai conduit donc à deux lectures différentes : 1° l'allure à laquelle cesse le cliquetis tandis que la voiture accélère ; 2° l'allure à laquelle ce cliquetis reparait tandis que la voiture ralentit.

En général ces deux lectures ne coïncident pas tout-à-fait, bien qu'elles soient fort peu différentes. La première est un peu inférieure à la deuxième, ceci provenant sans doute de ce que la température du moteur est différente, plus faible dans le premier cas.

On notera donc les deux résultats obtenus. Il est commode de les noter sur un graphique où l'on portera en abscisses les vitesses de rotation du moteur, et en ordonnées les avances à l'allumage. On peut noter soit les angles lus sur la graduation

du volant, soit les avances exactes en tenant compte de ce que le zéro de la graduation correspond à une certaine avance mesurable au cours du repérage.

On effectuera des essais aussi nombreux que possible, en augmentant chaque fois l'avance, qui reste constante pendant un même essai.

Si certains résultats paraissent anormaux, on recommencera l'essai, ou mieux on fera un nouvel essai en modifiant l'avance de deux ou trois degrés par rapport à l'essai douteux.

Il se peut que des régimes critiques du moteur : défauts d'équilibrage, trous dans la carburation, etc... apportent quelques anomalies dans les résultats obtenus. Il convient de n'y pas attacher d'importance.

Courbes d'avance. — L'enregistrement graphique des résultats nous donnera généralement deux courbes *A* et *B* très voisines (*fig.* 268).

A correspond aux vitesses croissantes et *B* aux vitesses décroissantes.

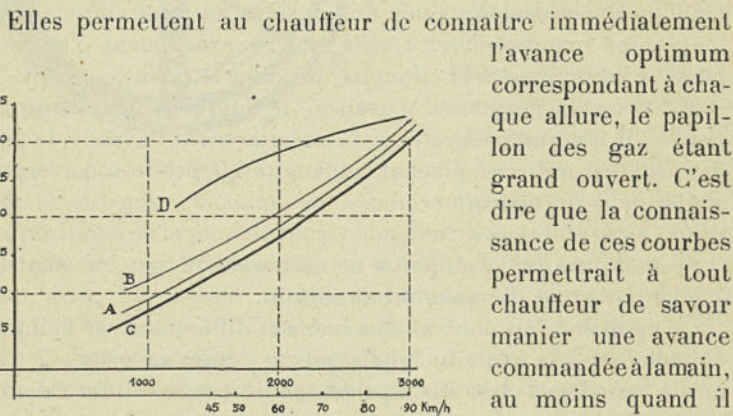


Fig. 268. — Courbes d'avance.

Elles permettent au chauffeur de connaître immédiatement l'avance optimum correspondant à chaque allure, le papillon des gaz étant grand ouvert. C'est dire que la connaissance de ces courbes permettrait à tout chauffeur de savoir manier une avance commandée à la main, au moins quand il marche en appuyant à fond sur l'accélérateur.

En réalité, une autre série d'expériences est à notre avis nécessaire pour manier l'avance de façon correcte, bien que les essais exposés plus haut soient les plus importants. Cette seconde série sera dirigée de manière à permettre de connaître l'avance la plus favorable lorsque la vitesse de la voiture varie, en palier, par modification du remplissage (accélérateur).

Ces expériences sont particulièrement faciles : à chaque allure, en palier, le chauffeur déterminera l'avance optimum en augmentant l'avance jusqu'à ce que le cliquetis apparaisse, puis en la diminuant, à titre de vérification, jusqu'à ce qu'il disparaisse.

Pour une allure déterminée du moteur, l'avance ainsi déterminée est plus élevée que celle qui convient à la même allure à pleins gaz (en côte), puisque le remplissage est plus médiocre.

La courbe des avances en palier sera ainsi une courbe *D* dont les ordonnées sont constamment supérieures à celles des courbes *A* et *B* sauf toutefois au régime maximum. Il se peut d'ailleurs que l'avance maximum soit supérieure à celle qui correspond à cette vitesse maximum, c'est-à-dire que la courbe *D* présente un maximum pour une allure inférieure.

Naturellement la courbe *D* ne s'applique qu'aux allures du moteur pour lesquelles il est normal de rester en prise directe. Elle serait légèrement différente pour les vitesses intermédiaires.

Choix d'une magnéto à avance automatique. — Le constructeur ayant ainsi déterminé toutes les courbes d'avance de son moteur, choisira une magnéto à avance automatique telle que la loi de variation de l'avance soit exprimée par une courbe telle que la courbe *C*.

Il faut en effet une marge de sécurité entre l'avance donnée par la magnéto et l'avance optimum, puisque cette avance optimum diminue quand l'usure et surtout l'encrassement du moteur augmentent — dans la limite où les défauts d'étanchéité sont faibles.

Remarquons que les courbes de la figure 268 constituent seulement un exemple, c'est-à-dire *qu'elles ne sont pas générales*. Les lois de variation de l'avance sont, en effet, très différentes suivant les moteurs.

APPLICATION PRATIQUE DES ESSAIS A LA CONDUITE

Nous ne parlons ici que des cas où l'avance est commandée à la main, puisque le conducteur n'a pas à se préoccuper de l'avance si elle est automatique (sauf pour la mise au point).

Rappelons qu'il est toujours une méthode simple pour réaliser constamment la meilleure avance : à chaque moment, augmenter l'avance jusqu'à ce que le cliquetis apparaisse et diminuer alors

d'une quantité aussi faible que possible pour supprimer le cliquetis.

On conçoit que cette règle, pourtant très simple dans son énoncé, soit dans la pratique assez compliquée à cause des tâtonnements constants qu'elle comporte.

Aussi, nous recommandons d'utiliser les essais précédents pour que les résultats en soient définitivement acquis. Pour cela nous tracerons sur le volant ou le secteur sur lequel se déplace la manette, une graduation définitive, mais assez peu apparente pour ne pas compromettre la propreté de l'ensemble.

Cette graduation pourrait être en degrés d'avance. Mais pour l'utiliser, le conducteur devrait avoir constamment sous les yeux ou dans la mémoire les graphiques d'avance, ou bien un tableau les interprétant.

C'est pourquoi nous préférons marquer par de simples repères de couleur convenue, les avances correspondant aux différentes allures, de dix en dix kilomètres. A la rigueur, en face de chaque repère, on inscrira le chiffre des dizaines de la vitesse exprimée en kilomètres à l'heure, de sorte que même un conducteur ne connaissant pas la voiture saura immédiatement en manier l'avance.

Donc une première série de repères — blancs par exemple — indiquera les avances quand on marche à pleins gaz, c'est-à-dire interprétera la courbe *A*.

Puis une deuxième série de repères — rouges par exemple — indiquera les avances optimums en palier.

A la rigueur, un repérage pourrait être exécuté en supplément indiquant les avances sur la vitesse la plus voisine de la prise directe.

On conçoit que quatre ou cinq repères suffisent dans chaque cas, c'est-à-dire que huit ou dix traits minces de peinture blanche et rouge ne peuvent salir volant et secteur.

REMARQUE. — L'utilisation de ces graduations suppose que l'avance optimum ne change pas, au fur et à mesure de la vie d'un moteur, ce qui est loin d'être exact.

Mais, en admettant même que la graduation ne soit plus rigoureuse, le conducteur exercé discernera vite que les avances ainsi désignées sont trop grandes et mesurera, empiriquement, de combien il faut les diminuer pour conserver à la voiture sa meilleure utilisation.

CALAGE D'UNE MAGNÉTO A AVANCE COMMANDÉE A LA MAIN

La magnéto doit être calée de manière à ce que l'on puisse toujours mettre une avance assez grande, quelles que soient les conditions d'utilisation. Ce maximum peut correspondre à l'allure maximum de la voiture, mais nous savons qu'il peut aussi correspondre à une vitesse plus faible maintenue en palier avec un remplissage médiocre. Le maximum d'avance ainsi déterminé doit être obtenu quand la manette est à fond de course.

On vérifiera ce calage en vérifiant que, quelle que soit l'allure, le cliquetis peut toujours être obtenu.

C'est seulement après avoir vérifié ce calage que l'on doit entreprendre les essais précédemment exposés.

Choix d'une magnéto à avance commandée à la main. —

Le calage précédent suppose que la magnéto est bien choisie, c'est-à-dire qu'elle permet des variations d'avance suffisantes, sans que cependant l'écart entre l'avance maximum et minimum soit trop grand.

Mais on admet toujours, implicitement, que le constructeur à équipé son moteur d'une magnéto satisfaisante.

La vérification du choix est facile : ayant vérifié le calage, c'est-à-dire que le maximum d'avance permis par la commande est suffisant — seulement suffisant — pour faire cliqueter le moteur aux allures où il exige la plus grande avance, on vérifiera ensuite que le minimum d'avance n'est pas trop grand, c'est-à-dire que le cliquetis ne se produit pas aux allures les plus lentes que l'on puisse maintenir en prise directe et à pleins gaz (moteur sur le point de caler en côte).

Notons qu'à notre avis il est fréquent que l'écart entre l'avance maximum et minimum soit trop faible. Dans ce cas, la magnéto est calée pour que le moteur ne cogne pas aux faibles allures, c'est-à-dire que l'on est généralement contraint de travailler avec une avance trop faible.

On ne saurait trop répéter que le pire défaut des conducteurs disposant d'une avance à la main est de travailler avec une avance insuffisante, par crainte du cliquetis. Ils se privent ainsi bé-

névolement d'une partie notable de la puissance et du rendement qu'ils pourraient obtenir.

Et l'on ne saurait non plus trop répéter qu'il ne faut jamais faire varier l'allure du moteur par variation de l'avance, mais au contraire qu'une variation d'avance doit suivre tout changement d'allure.

MAGNÉTOS A AVANCE AUTOMATIQUE

Calage. — Nous admettons implicitement que la magnéto est bien choisie, et en bon état.

La mise au point est alors particulièrement simple : le meilleur calage est celui qui permet la vitesse maximum sans toutefois entraîner le cliquetis. Mais, pour un moteur chaud, une avance qui détermine un cliquetis net ne donne jamais la vitesse maximum.

Donc, on procédera à un premier essai de vitesse (comme dans la mise au point d'un carburateur).

Puis on décalera la magnéto dans le sens de l'avance et on fera un essai, et ainsi de suite : le meilleur calage sera ainsi rapidement déterminé.

Choix ou vérification de la magnéto. — Il serait généralement ridicule de suspecter le choix fait par le constructeur et de prétendre lui en remontrer. Mais on peut avoir à équiper un châssis ancien, ou modifié, avec une nouvelle magnéto.

De plus une magnéto à avance automatique peut se dérégler, soit que les organes mobiles soient plus ou moins grippés, soit plutôt que le ressort soit cassé ou affaibli.

Ici encore la vérification est simple. On augmente l'avance par décalage de la magnéto jusqu'à ce que le cliquetis apparaisse, et *il doit alors apparaître à toutes les allures, à pleins gaz.*

S'il n'en était pas ainsi, on vérifierait le bon fonctionnement des organes mobiles de la commande d'avance, on changerait le ou les ressorts et si, l'inconvénient se produisait encore que le cliquetis n'apparaisse qu'à certaines allures, il faudrait en conclure que la magnéto est mal choisie. Mais il n'appartient qu'au constructeur de la magnéto de modifier le poids des masselottes ou la tension des ressorts, éléments qui déterminent la loi de variation de l'avance automatique.

Calage d'une magnéto à avance fixe. — Le meilleur calage est celui qui permet d'obtenir la vitesse maximum de la voiture, pourvu toutefois que le cliquetis n'apparaisse pas aux basses allures : en côte ou aux reprises.

Si le cliquetis se produit, nous pensons que le meilleur calage est celui qui correspond à la plus grande avance pour laquelle le cliquetis ne se produit pas.

Nous pensons qu'il peut être utile de déterminer pour chaque calage de la magnéto, la courbe de consommation de la voiture : le calage le meilleur est généralement celui qui donne les plus faibles consommations, toujours à la condition que le cliquetis ne se produise pas.

Les mesures précises de consommation constituent la plus remarquable moyen de mise au point, car elles ne sont pas soumises à l'appréciation du conducteur, comme par exemple l'apparition du cliquetis.

CHAPITRE XXXIX

GRAISSAGE

ROLE DU GRAISSAGE

Le graissage est une nécessité évidente ; chacun sait qu'une machine non graissée ne saurait fonctionner plus de quelques instants.

Le graissage consiste dans l'interposition de pellicules de matières grasses entre les surfaces métalliques qui se déplacent, tout en restant au contact les unes des autres. Ainsi les frottements se trouvent considérablement diminués.

Si ce graissage n'est pas effectué, ou l'est mal, les frottements deviennent vite assez importants pour que l'usure des organes mobiles soit très rapide. Les jeux qui en résultent diminuent le rendement du moteur ; souvent même des réparations deviennent nécessaires.

Il peut même se produire des incidents graves. Le frottement détermine toujours un échauffement : s'il est trop fort, comme il arrive en cas de mauvais graissage, il y a ramollissement du moins dur des métaux en contact. Des parcelles de métaux se détachent, rayant profondément les deux surfaces qui ne se déplacent plus que difficilement et même peuvent gripper complètement. Même sans ramollissement ni arrachement, l'échauffement peut entraîner le grippage par dilatation excessive.

Le graissage peut jouer plusieurs rôles accessoires. En effet, le lubrifiant améliore l'étanchéité des pistons et des segments.

Il intervient, par ses propriétés isolantes, dans la transmission à travers les parois d'une partie de la chaleur engendrée dans les cylindres.

Enfin, dans tous les cas où les paliers sont graissés sous pression, l'huile en améliore le refroidissement.

ÉCONOMIES

On conçoit, d'après ce qui précède, que le graissage joue un rôle prépondérant dans l'usure d'une voiture. Dans le budget d'une voiture il intervient donc grandement sur les deux chapitres : amortissement et réparations. Il intervient aussi évidemment, sur la consommation d'essence, soit en diminuant les efforts résistants, soit par la combustion dans les cylindres d'une faible quantité d'huile, soit surtout par son action considérable sur la *carbonisation* ou encrassement des chambres.

Si l'on songe que les dépenses de graissage n'excèdent jamais *quatre pour cent* du budget total, on comprend que le chauffeur ne doit jamais chercher à faire des économies sur ce chapitre, mais bien au contraire, qu'il doit toujours employer les meilleures qualités de lubrifiant, c'est-à-dire celles qui conviennent le mieux à son moteur et à sa voiture.

En particulier, sur les poids lourds, il est absurde de se contenter d'huile de qualité inférieure. Une administration quelconque, rédigeant un cahier de charges, doit avoir, avant tout, pour but, de diminuer l'usure du matériel et non pas les dépenses inhérentes au graissage... et ceci est peu connu.

Nous signalerons, par exemple, que les grandes entreprises de raffinage et vente d'huiles de graissage estiment qu'il leur est absolument impossible de proposer leurs produits de bonne qualité à l'armée : seules les qualités inférieures peuvent être proposées avec quelques chances de succès. C'est du moins ce qu'affirment des firmes importantes, comme Mobiloil, Energol, etc...

ÉTUDE DES LUBRIFIANTS

Les huiles de graissage actuellement employées dans l'industrie automobile sont, à l'exception de l'huile de ricin, des huiles minérales obtenues par distillation des pétroles, après prélèvement des essences et des huiles lampantes.

L'huile de ricin paraît excellente, pourvu que ce soit l'huile dite *première pression* chimiquement pure (huile pharmaceutique) obtenue par pression à froid des graines de ricin. Une couleur légèrement jaunâtre doit la faire écarter. Elle a au point, de vue pratique, un gros défaut ; elle répand, après combustion, une odeur nauséabonde.

Les huiles minérales sont de qualité variable ; il importe beaucoup que les propriétés d'une huile de graissage soient exactement celles qui conviennent au moteur et aux organes de la voiture dans lesquels elles sont utilisées.

Les caractéristiques d'une huile sont les suivantes :

Neutralité. — Une bonne huile doit toujours être neutre, c'est-à-dire ne contenir aucune trace d'acide, ni de base. Ceci n'a rien de singulier, puisque souvent les huiles sont traitées par l'acide sulfurique pour éliminer résines et goudrons, et neutralisées ensuite à la soude.

Elle est acide si elle rougit le papier de tournesol, et basique si elle le bleuit. Un moyen pratique de vérifier la neutralité d'une huile est d'y plonger un morceau d'acier parfaitement poli et de l'y laisser vingt-quatre heures au moins. S'il reste poli, l'huile est neutre. S'il est terni, elle doit être refusée.

Siccativité. — Une bonne huile ne doit pas être siccativante, c'est-à-dire ne doit pas sécher rapidement quand elle est exposée à l'air libre.

Les huiles employées ne présentent aucune trace de siccativité après exposition à l'air dans un godet pendant quinze jours, ou après agitation continue pendant deux jours.

Viscosité et fluidité. — Viscosité ou fluidité définissent le pouvoir lubrifiant d'une huile sans que ce terme ait lui-même une définition précise.

La fluidité doit être suffisante pour que l'huile puisse couler aisément dans les intervalles les plus petits. La viscosité doit elle-même être suffisante pour que l'huile ne soit pas chassée des emplacements où elle se trouve, par la pression que les surfaces en contact exercent l'une sur l'autre.

Viscosité et fluidité, qui sont l'opposé l'une de l'autre, doivent être connues exactement pour toutes les températures d'utilisa-

tion, aussi bien les plus basses correspondant à la mise en route d'un moteur en hiver, que les plus élevées d'un moteur poussé par temps chaud.

Viscosité et fluidité ne sont définies avec précision que par les appareils qui servent à les mesurer. Ces appareils sont les viscosimètres (Engler, Redwood, de Sayboldt, etc...) ou des ixomètres (Barbey, etc...).

Par exemple la viscosité *Engler*, à t° , d'une huile, est par définition, le rapport du temps d'écoulement d'un volume V de l'huile

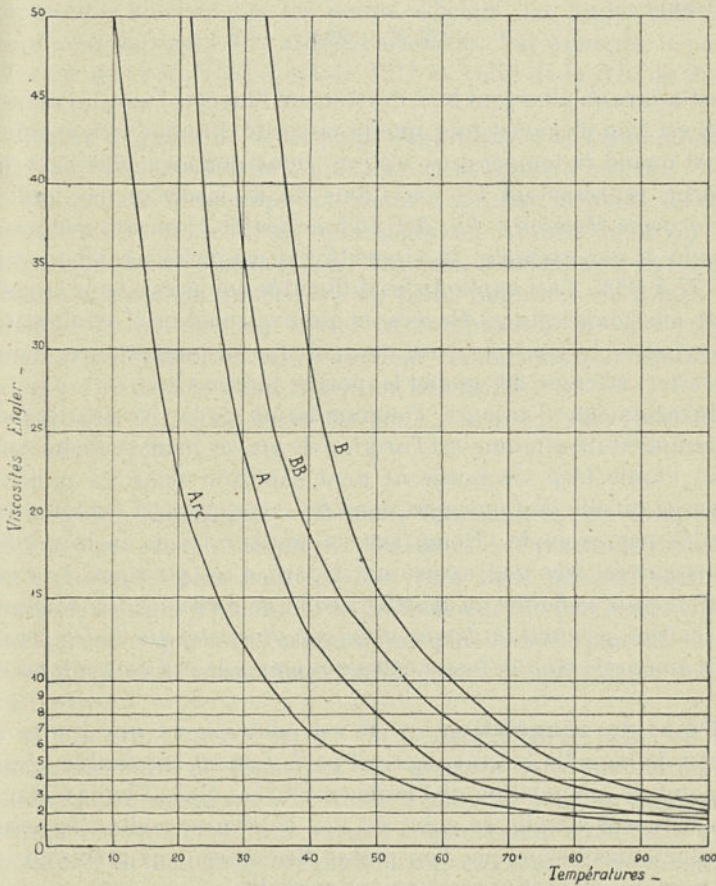


FIG. 269. — Viscosité des huiles « Mobiloil » en fonction de la température.

à cette température, au temps d'écoulement du même volume V d'eau à 20° , à travers le tube capillaire de l'appareil Engler.

Cette définition suppose que l'on opère avec des appareils identiques : les précautions à prendre sont minutieuses.

En France on définit généralement la fluidité par l'ixomètre Barbey : la fluidité Barbey, à t° , d'une huile, est définie par le nombre de centimètres cubes d'huile qui s'écoule, à cette température, pendant une heure, à travers le tube capillaire de l'appareil Barbey.

Viscosité Engler et fluidité Barbey sont liées par la relation suivante :

$$VF = 850$$

c'est-à-dire qu'elles sont bien exactement l'inverse l'une de l'autre.

Il est bon de remarquer que la viscosité diminue très rapidement quand la température s'élève, nous donnons plus haut la courbe représentant les variations de la viscosité des huiles « *Gargoyle Mobiloil* » (fig. 269) en fonction de t : on voit que pour l'huile A , par exemple, la viscosité qui est de 54,5 à 20° tombe à 1,77 à 100° . Ceci explique les difficultés que présente le graissage aux températures élevées, et prouve combien il serait utile de refroidir l'huile, car il est courant que sa température, dans le carter, atteigne 80° quand le moteur tourne vite.

Inversement, d'ailleurs, l'augmentation de la viscosité quand la température diminue est l'origine de graves inconvénients : en effet l'huile trop visqueuse ne peut s'infiltrer dans les minces espaces qu'elle doit occuper, dans les coussinets ou les têtes de bielles par exemple. Donc, sur un moteur froid, en hiver, le graissage est très mal assuré au départ, c'est pourquoi *l'on ne doit jamais emballer un moteur avant de l'avoir laissé tourner au ralenti pendant un temps d'autant plus long que la température ambiante est plus basse*, mais qui n'excède pas cinq minutes.

Point de congélation. — Il est évidemment une limite à partir de laquelle le graissage est parfaitement impossible, c'est le point de congélation de l'huile employée. Mais, l'huile n'étant pas un corps simple, ce point est mal déterminé : elle s'épaissit graduellement sans que l'on puisse discerner avec précision le moment où elle est complètement congelée

Au point de vue pratique, l'élément important n'est pas cette

température de congélation, mais plutôt celle à partir de laquelle les propriétés lubrifiantes sont insuffisantes.

Point d'éclair. — On appelle point d'éclair la température à laquelle l'huile, lorsqu'on en approche une flamme, s'enflamme pour s'éteindre presque aussitôt.

Le phénomène prouve une décomposition partielle de l'huile, avec dégagement de vapeur inflammables. Il est naturel que cette décomposition entraîne une diminution du pouvoir lubrifiant : elle constitue sans doute un « *Cracking* ». Elle est d'ailleurs impossible à éviter, car les points d'éclair des huiles usuelles sont assez bas pour être atteints aisément. Par exemple, le point d'éclair de la *Mobiloil A* est de 191° et celui de la *BB* de 224° .

Point d'ignition. — Le point d'ignition est la température à partir de laquelle l'huile s'enflamme et continue à brûler.

On a admis longtemps que point d'ignition et point d'éclair devaient être aussi élevés que possible. Actuellement on est beaucoup moins affirmatif : en effet, dans les cylindres, la température atteinte est supérieure au point d'ignition de toutes les huiles. Ne pouvant en éviter la combustion, il vaut mieux employer des qualités telles que leur combustion soit complète, c'est-à-dire dont le point d'ignition soit faible.

Le point d'ignition de la *Mobiloil A* est de 216° , celui de la *BB* est de 249 .

Pouvoir lubrifiant. — Pouvoir lubrifiant est un terme mal défini, trop souvent employé. Il dépend de l'ensemble des qualités énoncées plus haut : il faut être bien persuadé que les qualités à exiger d'une huile de graissage dépendent beaucoup du moteur, ainsi que nous l'expliquerons plus loin. Le pouvoir lubrifiant d'une huile serait donc variable avec le moteur sur lequel on l'utilise.

Il faut éviter le mot *fixité*. On désignait ainsi, jadis, le fait pour une huile de conserver ses qualités dans des limites de température étendues. Or, nous avons vu que les caractéristiques viscosité et fluidité varient constamment avec cette température. Actuellement on englobe souvent sous la dénomination *d'huiles fixes* les huiles végétales et minérales, c'est-à-dire les seules susceptibles d'être utilisées en matière de graissage.

Fraudes. — Il arrive que les huiles de graissage soient fraudées, et que, pour améliorer leurs qualités apparentes, on leur ait ajouté des savons, des cendres, des huiles végétales ou animales, des graisses, résines, asphaltes, goudrons, colle de poisson, etc..., à moins que certains de ces corps ne subsistent dans l'huile mal rectifiée.

Seule, une analyse chimique et des essais minutieux peuvent déceler ces fraudes. Il faut être sceptique sur le procédé qui consiste à se frotter longuement les mains préalablement enduites d'huile, et à tirer des conclusions de l'odeur, de la sensation de chaleur, etc...

Il faut acheter des huiles de marque connue, la qualité des fabricants... ou des vendeurs étant, pour le chauffeur moyen, la seule garantie de qualité de l'huile : à une faible variation de dépenses de graissage peut correspondre une variation considérable du budget total de la voiture.

Choix d'une huile. — Pour le chauffeur, il n'y a aucune difficulté: il doit prendre, toujours, la marque et la qualité d'huile qui lui sont indiquées par le constructeur, et ceci pour tous les organes de la voiture.

Nous indiquerons néanmoins les facteurs qui doivent déterminer le choix du constructeur. Les principaux sont :

- 1° Les températures de fonctionnement.
- 2° Le système de graissage.
- 3° L'étanchéité des pistons et surtout des segments.
- 4° Les tendances à la carbonisation.

Ceci suppose, bien entendu, que le constructeur a réalisé des organes bien conçus, tels que les pressions unitaires exercées par les surfaces les unes sur les autres soient inférieures à une limite bien déterminée, assez faible pour ne pas influencer sur le choix du lubrifiant, car chaque lubrifiant a une pression limite, au-dessus de laquelle il ne peut se maintenir entre les surfaces.

Température de fonctionnement. — Puisque la fluidité d'une part, la décomposition de l'huile d'autre part, varient avec la température, il est évident que les questions de températures doivent influencer sur le choix de l'huile.

La température de fonctionnement varie d'un moteur à l'autre, avec la compression, le remplissage, la distribution, le système

de refroidissement adopté. Notons en particulier que dans les moteurs sans soupapes du type Knight la température intérieure est plus élevée que sur tout autre, puisque la conduction à travers les parois est moindre : elle se fait en effet à travers les deux chemises et la paroi du cylindre et les pellicules d'huile qui séparent ces parois entre elles. Ceci suffit à expliquer le rendement thermique élevé des sans-soupapes.

Sur un même moteur, la température de fonctionnement dépend du réglage de la carburation, du système d'allumage et de sa mise au point, de l'état de la circulation d'eau et surtout de la charge moyenne. Les moteurs tournant constamment au voisinage de la pleine charge (tracteurs, par exemple) auront une température élevée. Rappelons en passant que l'usage prolongé du ralenti (charge réduite) fait chauffer un moteur.

On utilisera des huiles d'autant plus visqueuses que la température de fonctionnement est plus élevée.

Systèmes de graissage. — Nous décrirons plus loin les deux systèmes principaux de graissage le barbotage et le graissage sous pression.

Dans le barbotage un brouillard d'huile est créé par une cuiller fixée au chapeau de tête de bielle et frappant l'huile à chaque tour. La projection de l'huile se fait donc d'un seul côté (*fig. 270*).

L'expérience montre que, seules, les huiles fluides permettent d'assurer alors un graissage satisfaisant.

Dans le graissage sous pression (*fig. 271*), l'huile est envoyée directement aux paliers et même aux têtes de bielle à travers les vilebrequins. Les projections d'huile se font par les joues des paliers et des manetons et assurent une pulvérisation plus parfaite *dans tout le carter*. On peut donc employer des huiles plus visqueuses.

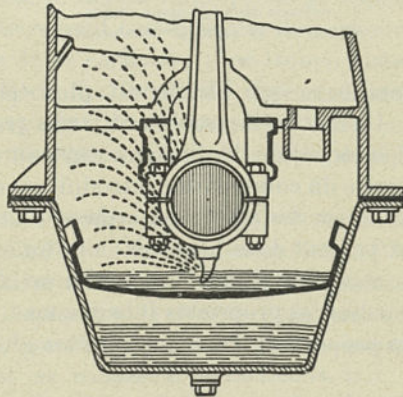


FIG. 270.

Schéma des projections d'huile dans le cas du graissage par barbotage.

Dans ce mode de graissage, toutefois, d'autres éléments interviennent pour fixer le choix de l'huile : la position de la pompe par exemple. Si elle est au-dessus du bain d'huile ou si les canalisations sont exposées à l'air extérieur (rampes de graissage), des huiles épaisses sont dangereuses, en hiver surtout.

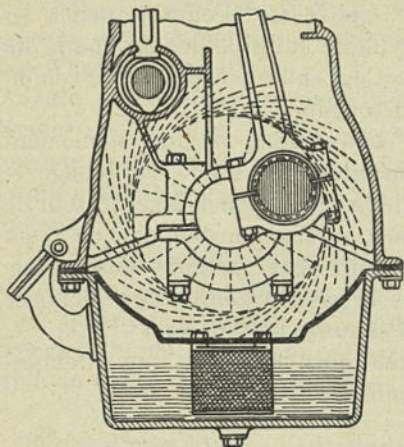


FIG. 271.

Schéma des projections d'huile dans le cas du graissage sous pression.

Si les filtres sont à mailles très fines, les huiles épaisses sont également inutilisables, car elles ne passent pas à froid.

Étanchéité. — L'huile a un rôle incontestable dans l'étanchéité, sans laquelle puissance et rendement tombent rapidement et qui est évidemment d'autant

meilleure que l'huile est plus épaisse.

Un autre inconvénient, très grave, apparaît avec le défaut d'étanchéité : la dilution. On sait que, dans les cylindres, une partie du combustible introduit est encore à l'état liquide et coule alors sur les parois en minces filets. Ces filets « lavent » l'huile et passent dans le carter : or l'huile et l'essence sont solubles en toutes proportions, mais leur mélange peut n'avoir que de très médiocres propriétés lubrifiantes... d'autant plus médiocres que la proportion d'essence est plus grande.

Cet écoulement d'essence se fait pendant la compression. Pendant la combustion et la détente, les gaz chauds suivent le chemin tracé par les filets d'essence, augmentant leur surface : donc vont passer dans le carter les gaz brûlés composés surtout de vapeur d'eau et de carbone.

Il n'est pas étonnant que se produisent alors dans le carter des dépôts charbonneux et qu'il s'y condense de l'eau.

Enfin la paroi ainsi lavée à l'essence, s'use de manière anormale.

Divers facteurs influent sur l'étanchéité, qui peuvent influencer par suite sur le choix de l'huile.

La température de fonctionnement du moteur et la nature du métal des pistons déterminent les jeux entre piston et cylindre. Or le jeu minimum, à froid, à une importance considérable, mais il est très variable. Par exemple, sur la Citroën B 12 il était de 3 centièmes. Il est de 12 sur la 11 CV Delaunay. Sur les voitures Renault, il est de 12 sur les 6 CV, 15 sur la 10 CV, 18 sur la 18 CV et 22 sur la 40 CV, bien que tous ces pistons soient en aluminium.

La température de fonctionnement tend à diminuer l'étanchéité créée par l'huile : plus fluide, elle forme une pellicule plus mince.

Il semble que l'étanchéité est d'autant plus facile à assurer que le moteur tourne plus vite, sans doute parce que les gaz agissent moins longtemps sur la pellicule d'huile. Il ne faut pas oublier non plus qu'une huile visqueuse augmente les frottements : on risque de perdre, en travail résistant, ce que l'on gagne en améliorant l'étanchéité.

Carbonisation. — On sait que les chambres d'explosion des moteurs s'encrassent peu à peu, le dépôt, improprement appelé calamine, étant à peu près entièrement constitué par du carbone.

On sait également l'origine de ce carbone : il se trouve libéré par les combustions incomplètes. La formation de ces dépôts adhérents est donc l'indice de combustions incomplètes — reconnaissons en passant que les combustions incomplètes sont exceptionnelles.

Le dépôt ou encrassement est mauvais conducteur de la chaleur : il va donc augmenter la température intérieure du moteur. Par ailleurs, il augmente le taux de compression. Il va donc favoriser la détonation dont on sait les inconvénients graves, aussi bien au point de vue puissance et rendement qu'au point de vue usure mécanique du moteur.

Or, si l'on admet que la distribution et l'allumage sont bons, la combustion incomplète peut ne pas être due seulement au carburant, mais aussi à l'huile. Certes un mauvais carburant donne lieu à des combustions incomplètes, ainsi qu'un mélange trop riche. Mais il ne faut pas oublier que l'huile qui recouvre les parois du cylindre — et qui doit les recouvrir — est certainement brûlée ; il est donc souhaitable que sa combustion soit complète et l'on conçoit que le choix d'une huile de graissage doit être fait en tenant compte de la nécessité de cette combustion complète.

On conçoit aussi qu'un excès d'huile interdise — comme un excès de carburant — la combustion complète : on peut donc affirmer qu'un encrassement excessif, si carburant et huile sont bien choisis, distribution et allumage bien réglés, est dû à un excès de carburant ou d'huile.

Ceci est important. En effet, il est facile d'éliminer l'excès de carburant par un réglage du carburateur. Il est facile également de savoir si l'excès d'huile est dû à un excès de graissage (niveau trop haut). Ces diverses causes éliminées, on ne peut incriminer que les remontées d'huile : ces remontées sont toujours l'indice que des réparations s'imposent.

Rappelons en passant que la couleur des bougies permet souvent de discerner les raisons de l'encrassement anormal : noir mat pour excès de carburant et noir brillant pour excès d'huile.

CHAPITRE XL

LES SYSTÈMES DE GRAISSAGE

Barbotage. — L'organe essentiel du graissage par barbotage est la bielle ou plus exactement la cuiller que porte alors le chapeau de tête de bielle.

Cette cuiller n'est maintenant plus constituée par un simple tube, mais venue de fonte avec le chapeau convenablement percé (*fig. 272*).

A chaque tour du vilebrequin, les cuillers viennent frapper l'huile qui est au fond du carter, et dont le niveau doit par suite être convenable. L'huile projetée se trouve pulvérisée,

notamment par choc sur la paroi du carter : le brouillard d'huile ainsi créé assure le graissage de tous les organes avec lesquels il est en contact.

Ce système de graissage, dit *barbotage simple*, est actuellement complètement abandonné dans la construction automobile. Le barbotage reste néanmoins largement employé dans les systèmes dits barbotage avec circulation et barbotage mixte. Nous décrivons donc les procédés employés, dans le barbotage, pour obtenir un graissage satisfaisant des divers organes.

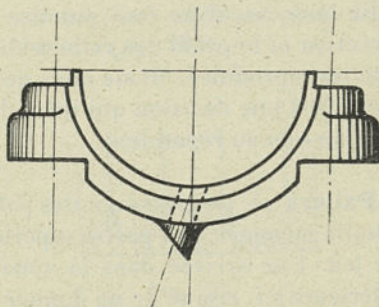


FIG. 272.

Tête de bielle. — La tête de bielle est graissée par l'huile qui pénètre directement par l'orifice de la cuiller. Elle porte fréquemment des rainures de profil variant avec les constructeurs, et dites pattes d'araignée, destinées à répartir l'huile qui a pénétré entre manchon et tête de bielle.

Il faut compter surtout sur la rotation du maneton dans la tête de bielle pour répartir l'huile, beaucoup plus que sur ces rainures. Il paraît certain, en tous cas, qu'il est utile de ménager un chanfrein sur les demi-coussinets, suivant leur plan d'assemblage : cet échanfreinage forme bain d'huile. Il est probable, par suite, qu'une rainure joignant l'arrivée d'huile à ces chanfreins peut être utile dirigée dans le sens où, par inertie, l'huile tend à se diriger.

On peut être par contre assez sceptique sur l'utilité des autres cannelures ou pattes d'araignée, comme sur le rôle des trous ménagés le plus souvent à la partie supérieure de la tête. Il semble que, loin d'amener de l'huile, ces trous permettent au lubrifiant de s'échapper et que les pattes d'araignée, bien souvent, ne servent qu'à rompre la pellicule d'huile qui assure le graissage.

En tous cas, il ne faut jamais, après réparation, modifier la direction ni le profil des rainures créées par le constructeur : il faut les reproduire. Même nous ne conseillons pas de les supprimer, c'est une décision qui incombe à l'ingénieur mais non pas au client ou au réparateur.

Paliers — Le graissage des paliers est assuré par une arrivée d'huile ménagée à la partie supérieure, c'est-à-dire dans la zone de jeu. Une arrivée dans la zone de pression maximum (zone inférieure ici) risque de ne donner qu'une faible quantité d'huile.

Cette arrivée, dans le barbotage, est assurée plus souvent grâce à des coupelles, rainures, etc... ménagées sur la paroi du carter, et dirigeant l'huile qui ruisselle vers les paliers grâce à des canalisations convenables.

Pied de bielle. — Le pied de bielle et l'axe du piston sont graissés grâce à divers systèmes qui, pris isolément, n'ont généralement chacun qu'une mince efficacité.

Par exemple (*fig. 273*) à la partie supérieure du pied de bielle, un trou *A* est aménagé, en forme d'entonnoir, qui reçoit l'huile tombant goutte à goutte au fond du piston où elle s'est déposée

et où elle est dirigée par une nervure convenablement dessinée.

A la descente, l'huile pénètre, par inertie, par les orifices *B*... le système est bien précaire !

Surtout, on peut compter d'abord sur l'huile qui se dépose sur l'axe du piston par les jeux ménagés entre bossages et pieds de bielle, ensuite sur les remontées d'huile arrêtées par la gorge et dirigées vers l'axe à graisser.

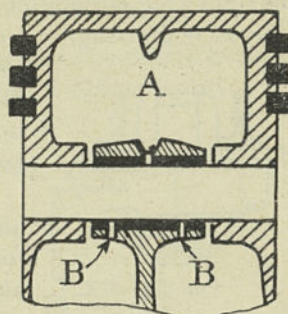


FIG. 273.

Autres organes. — Tous les autres organes sont graissés directement par le brouillard d'huile qui règne dans le carter ; les paliers d'arbres à cames sont graissées comme les paliers du vilebrequin grâce à des arrivées d'huile.

Niveau d'huile. — Le graissage par barbotage exige que le niveau d'huile dans le carter soit toujours suffisant pour être atteint par la cuiller de la tête de bielle (*fig. 274*).

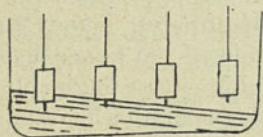


FIG. 274.



FIG. 275.

On a longtemps donné au fond du carter une forme spéciale, avec cloisons. En effet, dans un carter non cloisonné, l'huile occuperait quand la voiture est sur une pente, une position telle que celle représentée sur le schéma. On voit que certaines cuillères ne toucheraient pas l'huile, tandis que des têtes de bielle, à l'autre extrémité du carter seraient noyées. Donc certains cylindres seraient trop graissés et les autres insuffisamment.

Si l'on imagine au contraire le dispositif du schéma, de la figure 275 ces inconvénients sont à peu près évités.

Le cloisonnage était fréquemment réalisé suivant le dispositif figuré ci-contre (*fig. 276*).

Actuellement on n'emploie plus que des systèmes à niveau constant avec circulation ou mixtes.

Dans le graissage *mixte*, le graissage des paliers est fait sous pression, ainsi que l'alimentation des dispositifs où le niveau est constant: augets ou rainures. Ce dispositif est un peu répandu.

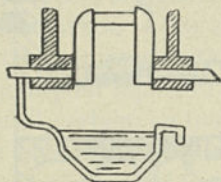


FIG. 276.

Le niveau constant est ménagé dans des augets disposés sous les bielles, et de forme extrêmement variable. L'huile y est amenée par les moyens les plus variés, par exemple (9 CV. Peugeot) par des raclettes sur les parois du carter, l'huile étant élevée par le volant du moteur — par pompe, par rainures convenablement tracées. (Voir plus loin Panhard).

Variation du graissage avec la vitesse. — On reproche au graissage par barbotage de ne pas donner des résultats satisfaisants aux grandes vitesses. D'une part, la quantité d'huile projetée sur les parois par les cuillers serait trop grande, d'où excès de graissage des cylindres (fumées à l'échappement) et d'autre part chaque cuiller ne prendrait plus assez d'huile pour la tête de bielle. Quelle que soit l'explication, le fait paraît incontestable. Deux solutions ont été utilisées. L'une (Minerva-Daimler) consiste à commander les augets par la pédale accélérateur, de manière à les élever quand la vitesse augmente. Ceci suppose que la vitesse augmente par augmentation de l'admission, c'est-à-dire ne s'applique pas si on laisse le moteur emballer un peu, à vide ou dans une descente.

La seconde solution, la solution Panhard, est encore actuellement utilisée (*fig.* 277). L'huile s'écoule d'un réservoir *R* dans la partie la plus en arrière du carter, qui est cloisonné, c'est-à-dire dans la portion correspondant au quatrième cylindre. Projetée par la cuiller de la bielle, elle graisse le cylindre, les chemises, le piston, la bielle.. etc...; une gouttière, sur la paroi du carter, canalise tout ce qui ruisselle vers le compartiment précédent.

La même circulation conduit l'huile du troisième compartiment au deuxième, puis du deuxième au premier et enfin du premier au carter de chaîne de distribution. Dans ce dernier, la gouttière

est remplacée par une poche, placée dans le carter supérieur, et d'où l'huile, amenée par la chaîne, retourne au réservoir par simple gravité.

On aperçoit, par le bouchon du réservoir, ce retour d'huile, qui suffit à indiquer si le graissage fonctionne normalement.

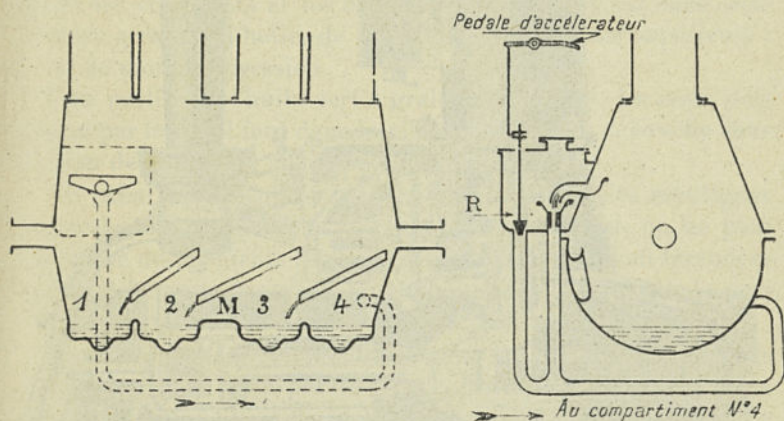


Fig. 277.

[L'huile arrive] ainsi au-dessus d'un entonnoir muni d'un trou calibré dont le débit a été calculé pour la marche au ralenti; l'excès d'huile, s'il y a lieu, tombe au réservoir.

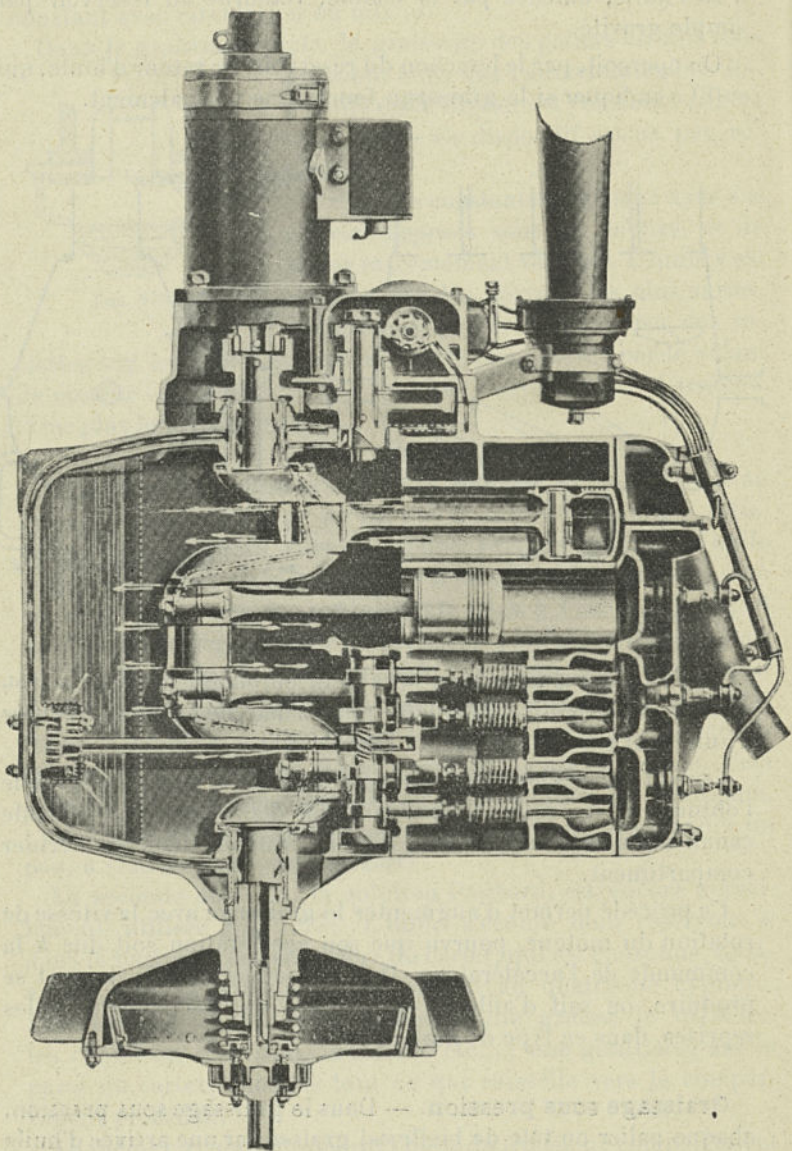
Lorsqu'on accélère, la pédale commande en même temps que l'obturateur un robinet pointeau, qui débite par une seconde canalisation un supplément d'huile fraîche dans le dernier compartiment.

Ce procédé permet d'augmenter le graissage avec la vitesse de rotation du moteur, pourvu que son accélération soit due à la commande de l'accélérateur. Des remontées d'huile doivent se produire, on sait d'ailleurs les fumées qui accompagnent les reprises, dans ce type de moteur.

Graissage sous pression. — Dans le graissage sous pression, chaque palier ou tête de bielle est graissé par une arrivée d'huile amenée sous pression dans une canalisation, grâce à une pompe.

L'huile est puisée par la pompe à la partie inférieure du carter.

Fig. 278. — Schema du graissage d'un moteur (Renault 10 CV.)



Généralement, elle est envoyée par une canalisation longitudinale ou rampe qui, par des dérivations, dessert les paliers.

De ces paliers, l'huile est dirigée vers les têtes de bielle par des canaux forés à l'intérieur du vilebrequin.

Chaque palier du vilebrequin comporte une rainure qui en fait le tour et forme bain d'huile, comme les chanfreins ménagés entre les coussinets et les demi têtes de bielle. C'est dans cette rainure qu'arrive l'huile, de préférence à la partie supérieure : zone de moindre pression.

Une partie de l'huile sert à graisser le palier. Le reste doit passer par le canal foré dans le vilebrequin et qui débouche dans le plan de la rainure ménagée dans le coussinet.

Ce canal est constitué par une suite d'éléments rectilignes généralement normaux les uns aux autres. En effet, on ne peut forer que des éléments rectilignes : les extrémités sont taraudées et bouchées avec des vis de cuivre pour ne conserver que la portion utile du canal ainsi constitué (*fig. 279*).

Dans le graissage *total* sous pression, ou *intégral*, l'huile va de la tête au pied de bielle par un canal constitué par le corps de bielle lui-même, tête et pied de bielle étant convenablement forés. Le corps de bielle est alors tubulaire. Il est arrivé autrefois que l'on réalise un graissage sous pression totale avec des bielles en I : il fallait alors rapporter un petit tuyau de cuivre faisant communiquer tête et pied de bielle.

Actuellement le graissage total est devenu rare. Cependant il reste employé par presque tous les constructeurs lyonnais (Dewald, Rochet, Cottin-Desgouttes, La Buire, Ravel) et par Lorraine-Diétrich sur la 15 CV.

Si le vilebrequin présente plus de deux paliers, le graissage n'offre à peu près aucune difficulté. L'huile partant du palier est poussée par la pression, mais aussi, de l'axe du vilebrequin au maneton, soumise à force centrifuge.

S'il n'y a que deux paliers, il faut bien graisser deux têtes de bielles consécutives à partir du même palier. Or dans ce cas, pour aller du palier au deuxième maneton directement, l'huile devrait vaincre la force centrifuge. Certes, il suffirait d'une pression suffisante mais alors les projections d'huile par les joues du palier et des manetons seraient si abondantes qu'il y aurait excès de graissage des cylindres. L'expérience montre qu'il est à peu près impossible d'avoir une pression suffisante. Dans ces

conditions, on réunit les canaux des deux manetons par une canalisation semi-circulaire, dans un plan normal à l'axe du vilebrequin (fig. 279).

L'huile progresse alors dans ce canal sous la double influence de la pression et de l'inertie, la force centrifuge n'ayant d'autre

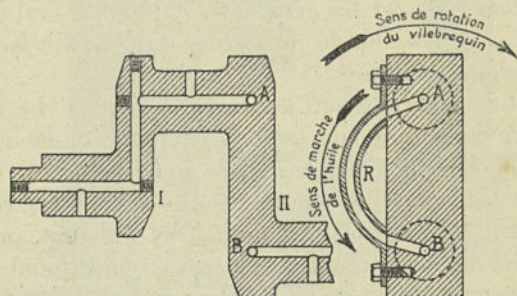


FIG. 279.

Schéma du graissage d'un vilebrequin à 2 paliers.

effet que d'augmenter le frottement sur la paroi. Cette solution a été notamment adoptée sur le moteur de la Citroën B 14.

On peut remarquer, toutefois, que la force centrifuge, qui aide l'huile à aller de l'axe du vilebrequin à celui du maneton, s'oppose à son passage de la rainure ménagée dans le coussinet jusqu'à l'axe du vilebrequin, à travers le palier. C'est pourquoi

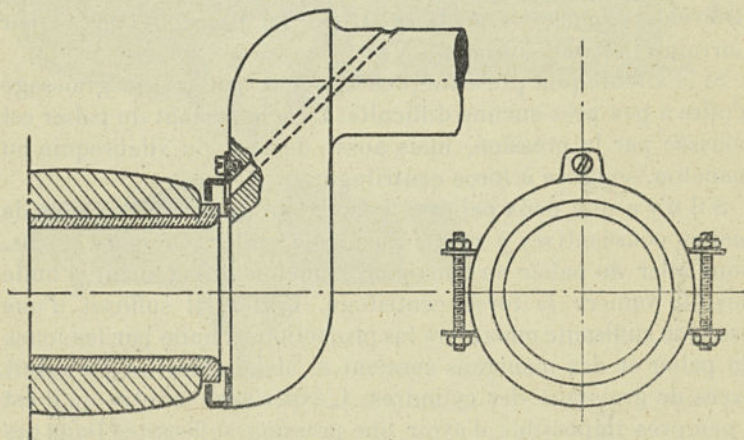


FIG. 280. — Détail d'une bague collectrice.

certains constructeurs se sont bornés à recueillir l'huile qui s'échappe des joues du palier dans des bagues-creuses spéciales, fixées sur les flasques. Un canal envoie l'huile sous l'action de la force centrifuge jusqu'à la tête de bielle (fig. 280).

Le graissage sous pression exige évidemment l'emploi d'une pompe. Il en est de plusieurs modèles.

Pompes à engrenages. — Le plus courant est la pompe à engrenage (fig. 281).

Elle se compose de deux pignons *A* et *B*, généralement égaux, contenus dans un corps de pompe. L'un des pignons est commandé par le moteur, tandis que l'autre est fou. Deux conduits *C* et *D* sont percés dans le corps de pompe et arrivent de part et d'autre des dents qui engrènent. Les pignons tournent dans l'huile.

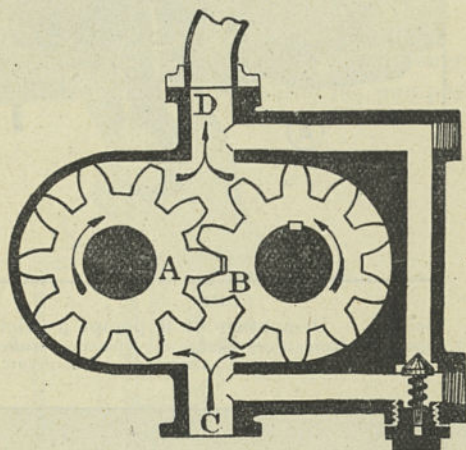


FIG. 281. — Pompe à engrenages.

On conçoit aisément que les engrenages tournant dans un corps bien ajusté, montent l'huile de la partie inférieure à la partie supérieure ou se trouve créé ainsi un excès de pression. Le corps de pompe est en fonte ou en aluminium, et les pignons sont généralement en bronze — exceptionnellement en acier (généralement sur des types anciens).

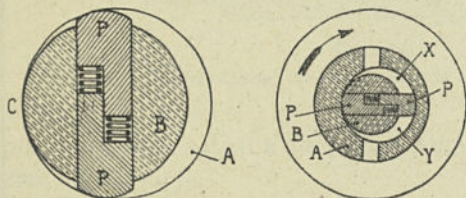


FIG. 282. — Schéma d'une pompe à palettes.

Pompe à palettes.

— La pompe à palettes est encore souvent employée (Unic, Delaunay, White, Citroën).

Dans un corps de pompe *A* peut tourner un arbre *B* tangent au corps de pompe suivant une généra-

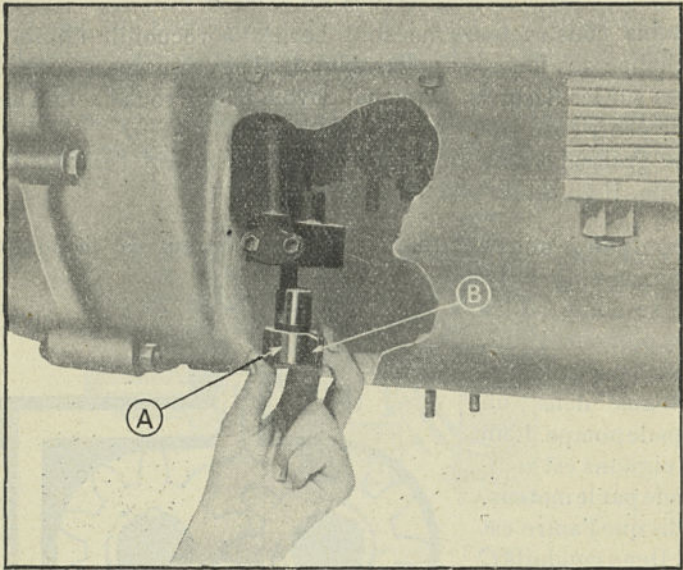


FIG. 283. — Démontage de la pompe à palettes d'une Citroën (B 2).
L'opération s'effectue après vidange du carter et ouverture de la calotte formant bouchon.
A. axe B. palette

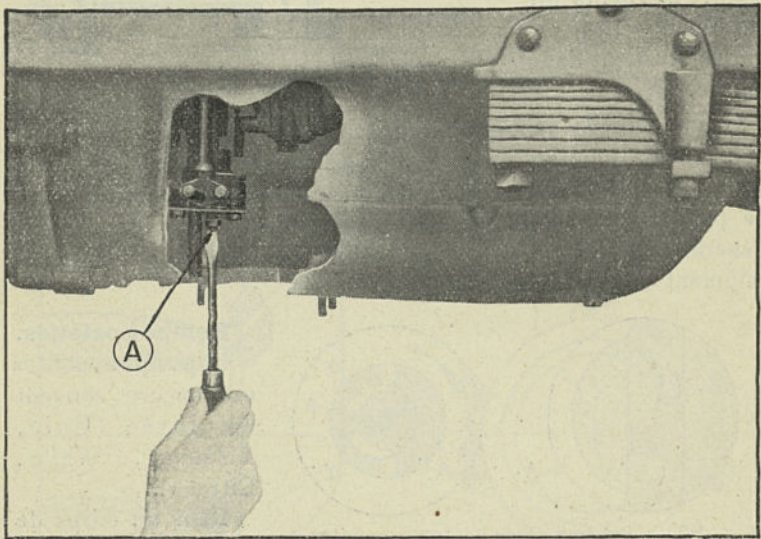


FIG. 284. — Réglage par la vis A du débit de la pompe.

trice *C* (fig. 282, 283, 284). Cet arbre est excentré par rapport au corps de pompe, et il est percé d'une rainure diamétrale sur laquelle s'engagent deux palettes *P*, écartées par un ressort à boudin qui les presse contre le corps de pompe. Ces palettes divisent le corps en deux parties chacune de ces parties est en communication, l'une avec le réservoir d'huile et l'autre avec la canalisation de refoulement.

Quand l'arbre tourne, il y a évidemment aspiration en *X* et compression en *Y*.

Pompe à piston. — Ce type de pompe est assez souvent utilisé (fig. 285). Il ne diffère en rien de toutes les pompes à

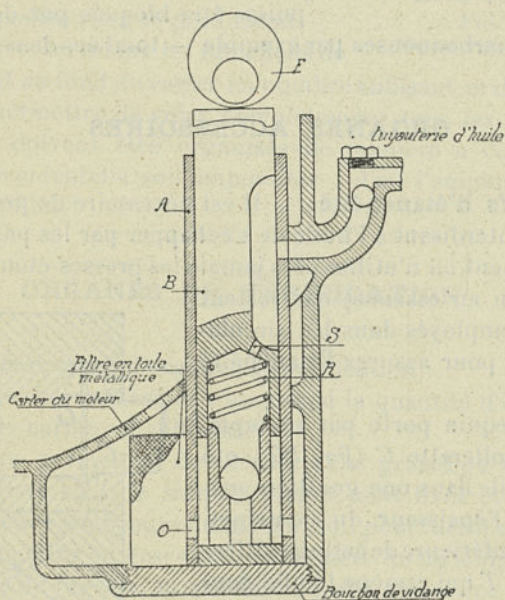


FIG. 285.

Pompe à piston fixée à l'intérieur du carter du moteur.

piston, qu'elles soient à air (voir : Alimentation en essence, fig. 286) ou à liquide.

REMARQUE. — La plupart des pompes utilisées débitent le liquide sous une pression qui atteint aisément dix kilogrammes

et qui est beaucoup trop forte pour que le graissage s'effectue convenablement. Signalons en passant que jamais un excès d'huile n'a déterminé de grippage, contrairement à une opinion assez répandue, mais seulement l'encrassement.

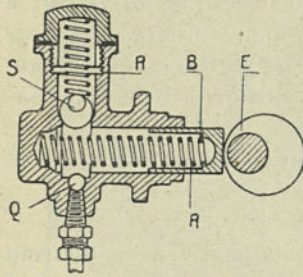


FIG. 286.
Pompe à piston fixée à l'intérieur
du carter du moteur

On est donc conduit à interposer, à la sortie de la pompe, un clapet de décharge, dispositif détenteur chargé de ramener la pression à des valeurs plus acceptables, jamais supérieures à quatre atmosphères. Cette soupape de décharge doit être placée de telle manière qu'elle ne puisse être bloquée par de grosses crasses — charbonneuses par exemple — tombées dans le carter.

ORGANES ACCESSOIRES

Dispositifs d'étanchéité. — Il est nécessaire de prévoir des dispositifs interdisant à l'huile de s'échapper par les paliers.

Actuellement on n'utilise plus jamais les presses-étoupe (voir : Alimentation en essence) qui restent néanmoins employés dans les circulations d'eau, pour assurer l'étanchéité des pompes.

Le vilebrequin porte par exemple, une petite collerette *C* (fig. 287), qui projette l'huile dans une gouttière ménagée dans l'épaisseur du coussinet. De la partie inférieure de cette gouttière part un tube *T* qui ramène l'huile dans le carter, la déposant dans un godet pour éviter les crachements.

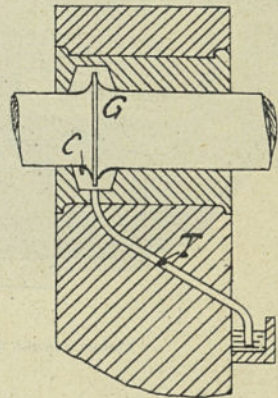


FIG. 287.

La collerette peut être remplacée par une turbine en laiton (Renault) ou par un pignon à denture hélicoïdale agissant comme appareil de projection de l'huile, sous l'action de la force centrifuge.

Exceptionnellement des presse-étoupe de feutre sont encore parfois employés dans les graissages sous pression.

Orifices de remplissage. Bouchons de vidange. — L'huile est généralement versée dans les carters par les reniflards dont nous avons vu les formes et les dispositions possibles. Des dispositions spéciales peuvent être adoptées, pour faciliter l'introduction de l'huile, comme par exemple un couvercle à charnières (*fig. 288*).

Certains dispositifs de reniflards favorisent les condensations d'eau au même titre qu'une réfrigération trop énergique du carter (proximité du ventilateur). Ces condensations augmentent la dilution et sont susceptibles de faire rouiller les pièces sur lesquelles elles se produisent.

Les robinets ou mieux les bouchons de vidange sont au fond du carter en nombre suffisant, et disposés de manière à permettre de vider complètement tous les compartiments. Ils doivent être organisés de manière à ce que leur ouverture accidentelle soit impossible : d'où l'emploi d'écrous parfois goupillés.

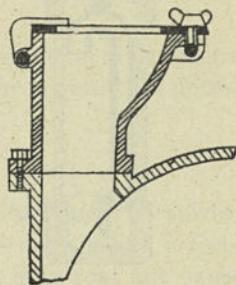


FIG. 288.

Tubulure de remplissage.

ORGANES DE VÉRIFICATION

Il existe deux types d'organes de vérification :

1° Ceux qui permettent de s'assurer si la quantité d'huile contenue dans le carter est suffisante.

2° Ceux qui permettent de vérifier si le graissage s'effectue.

Les premiers sont de simples jauges, soit fixes et que l'on dévisse ou retire pour juger du niveau, soit pourvues d'un flotteur qui les fait monter ou descendre de manière qu'un simple regard permet alors de juger si la quantité d'huile en service est suffisante. Notons en passant le dispositif employé anciennement par Peugeot sur ses camions, où la jauge mettait l'allumage en court-circuit, quand la quantité d'huile devenait insuffisante.

Les seconds sont employés seulement dans des cas de graissage sous pression (manomètres) ou par circulation (viseurs compte-gouttes).

Les viseurs sont des appareils placés sur le tablier de la voiture en communication avec un compartiment du carter, ou l'auget

d'un palier. Tant que l'huile ruisselle dans le carter, des gouttes d'huile tombent du viseur dans une canalisation qui les ramène au carter. La forme de ces viseurs est généralement celle de la figure 289.

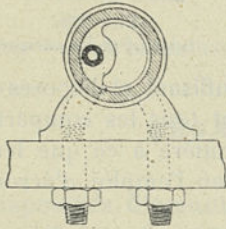
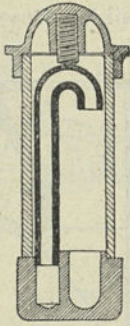


FIG. 289.

Indicateur de circulation d'huile.

Chacun sait ce que c'est qu'un manomètre, nous pensons que les plus pratiques comportent de simples voyants au lieu d'une graduation qui ne reste que bien rarement exacte après un usage prolongé et expose, par suite, à de graves inconvénients.

Épuration de l'huile : filtres et épurateur. — Il est évidemment séduisant de chercher à conserver le plus longtemps possible les propriétés lubrifiantes de l'huile utilisée.

Il est à peu près impossible de parer aux décompositions partielles qu'elle subit (*cracking*), mais on peut au moins essayer de la débarrasser des impuretés qu'elle contient. C'est pour cela

qu'on a toujours monté des filtres sur les circulations d'huile des graissages sous pression, et que l'on a songé à une épuration par appareils spéciaux dits épurateurs.

Pour fixer exactement le rôle possible de ces divers appareils, il est bon de connaître exactement les impuretés les plus courantes.

1° *Carbone.* — Le carbone se présente sous deux formes. D'abord de larges plaques provenant des dépôts formés à l'intérieur des pistons, par combustion incomplète de l'huile qui se trouve en contact avec des parois très chaudes. Ces dépôts se décollent de temps à autre et les morceaux de carbone ainsi libérés seraient susceptibles de boucher les canalisations s'ils n'étaient arrêtés par des filtres.

Le carbone est d'autre part à l'état pulvérulent, provenant des combustions incomplètes de l'huile à l'intérieur du carter (notamment par contact avec les pistons) ou bien contenus dans les gaz qui sont *crachés* par le moteur. C'est ce carbone pulvérulent qui donne à l'huile usagée sa couleur foncée : malgré son aspect peu

engageant, une telle huile — *si sa viscosité n'est pas modifiée* — peut rester parfaitement apte au graissage. L'épuration de ce carbone, jamais réalisée par filtrage, ne présente donc qu'un faible intérêt.

2° *Limailles métalliques.* — Ces limailles proviennent de l'usure du moteur. Elles sont surtout abondantes sur les moteurs neufs, et proviennent du rodage.

Elles ne sont pas arrêtées par les filtres.

3° *Poussières minérales.* — Ces poussières, fortement abrasives, proviennent de l'air : ce sont des poussières de la route, à forte proportion de silice. Très dures et très fines, elles sont une cause importante d'usure. Mais les filtres à huile ne les arrêtent guère.

4° *Impuretés diverses.* — Enfin, des impuretés liquides viennent se mélanger à l'huile : les plus importantes sont l'essence et l'eau. La proportion d'essence est grande surtout sur les moteurs usés, sur ceux qui partent difficilement et exigent par suite des mélanges riches ; elle peut être plus importante en hiver qu'en été, les condensations étant plus importantes.

Les condensations d'eau sont variables : elles dépendent beaucoup de l'organisation des reniflards, et de la réfrigération du carter par le ventilateur. On connaît actuellement des organes qui rouillent systématiquement par suite des condensations d'eau auxquelles ils sont soumis.

Essence et eau ne sont pas arrêtées par les filtres.

Rôle des filtres. — Les filtres n'arrêtent donc que les grosses impuretés. Ils sont absolument inutiles par rapport aux poussières charbonneuses, métalliques ou minérales, à l'eau et à l'essence. Il vaut donc mieux se contenter de mailles larges, sans quoi le filtre peut devenir un obstacle sérieux à une bonne circulation, soit que l'huile, épaisse (en hiver par exemple) les traverse difficilement, soit que des gouttelettes d'eau, se congelant à leur surface, les obturent complètement.

Épuration. — *On ne peut jamais séparer l'essence qui dissout l'huile en toute proportion.*

L'eau pourrait peut-être être séparée par décantation, ainsi que

les poussières, en prenant soin, toutefois, que la zone d'aspiration de la pompe soit éloignée du dépôt.

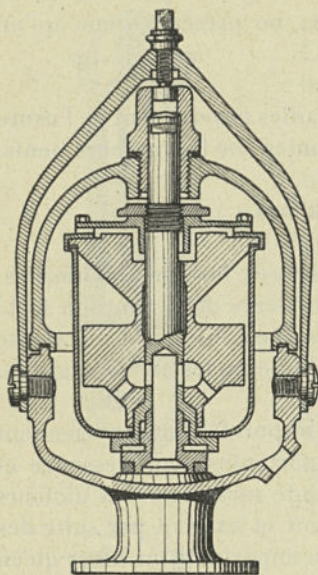


FIG. 290.

Epurateur centrifuge Renault (40 CV).

Il semble que le plus sûr procédé soit l'épuration mécanique. Les appareils utilisés ont recours à la force centrifuge; les poussières, plus lourdes, sont violemment projetées vers l'extérieur.

Les appareils possibles sont coûteux; de plus il semble que le brassage intense auquel l'huile est soumise ne soit pas sans inconvénient. Aussi les exemples d'utilisation sont-ils très rares. Notons la 40 CV Renault (fig. 290).

Sous l'impulsion des Américains, on commence à utiliser très largement des épurateurs constitués par un tissu de coton enfermé dans une armature métallique qui interdit au tissu un gonflement exagéré. L'ensemble est contenu

dans un récipient en tôle monté en dérivation sur la tuyauterie de circulation.

Les filtre A C (très employé en Amérique) et Téalémit sont ainsi réalisés.

Leur usage n'est pas encore assez ancien pour que l'on puisse connaître exactement leur efficacité. Il est certain, toutefois, qu'au bout de six à huit mille kilomètres, il sont très fortement encrassés.

Épurateurs d'air. — Nous avons parlé déjà de l'épuration de l'air. Il semble que ceci soit le moyen le plus efficace d'éliminer les poussières minérales, qui sont les plus dangereuses.

La dilution (essence et eau) ne peut être évitée que par une étanchéité satisfaisante.

Les poussières métalliques seront éliminées par des vidanges fréquentes, suivies de lavages du carter : ceci est une question d'entretien.

LES INCIDENTS DE GRAISSAGE

Chacun connaît les incidents les plus classiques consécutifs à un défaut de graissage : grippages des divers organes victimes du défaut.

On sait mal, par contre, qu'un excellent dispositif de graissage, fonctionnant avec une huile qui, initialement, était parfaitement adaptée au moteur, peut donner lieu à des incidents plus ou moins graves, à la suite de dilution par l'essence, remontées d'huile, ou présence d'eau. Nous insisterons donc un peu sur ces divers inconvénients.

Dilution. — Nous avons dit plus haut ce qu'était la dilution : solution de l'huile dans l'essence qui coule dans le carter par suite de l'étanchéité trop imparfaite.

Remarquons en passant que tout lavage au pétrole non suivi d'un séchage parfait est l'origine de phénomènes de dilution. C'est dire que le lavage au pétrole doit être évité, sauf sur un carter démonté, et que les injections de pétrole pour dégomme des segments ou des soupapes, et pour ramollissement des dépôts charbonneux, ne sont qu'à demi recommandables... on ne les emploiera qu'en cas de besoin absolu !

La dilution est d'autant plus importante que l'on emploie des essences moins volatiles. Cet inconvénient était à peu près inconnu avant la guerre, avec les carburants très volatils uniquement employés à cette époque.

La dilution se produit d'autant plus que la température de fonctionnement est plus basse. Un moteur, au banc d'essai, tourna pendant 10 heures avec une température de sortie d'eau de 40° et à la fin de l'essai, l'huile contenait 20 % d'essence. Au bout de cinq heures elle en contenait déjà 13,5 %.

La température de sortie de l'eau étant portée à 60°, la dilution après cinq heures n'était plus que de 5 %. *Il est donc important d'avoir des températures de fonctionnement élevées*, qui favorisent d'ailleurs les rendements élevés.

Il est évident, par suite, que les conditions d'utilisation du moteur ont une influence sur la dilution : la proportion d'essence sera forte en hiver, sur un moteur de taxi, qui n'effectue que de courtes marches, coupées de longs stationnements.

Toute richesse anormale du mélange et particulièrement du ralenti favorise la dilution.

Les ratés favorisent également la dilution.

De cette brève étude, nous tirerons les conclusions suivantes :

1° Il y a intérêt à avoir l'étanchéité la plus parfaite.

2° Il convient d'être méfiant et de soupçonner la dilution, toutes les fois que l'on ne constate que des consommations très faibles. On ne doit pas tenir pour naturel qu'il n'y ait pas consommation d'huile, voire même... que l'huile en circulation augmente. Dans ce cas, la dilution est certaine et il faudra prendre grand soin de ne pas trop attendre pour vidanger. Maint accident de graissage n'a pas d'autre raison que l'emploi d'une l'huile diluée.

3° Éviter l'enrichissement de la carburation.

4° Éviter également l'appauvrissement excessif qui favorise les mauvaises combustions et les ratés.

5° Assurer le parfait réglage de l'allumage.

6° Ne jamais emballer un moteur qui n'est pas chaud.

7° Vidanger régulièrement le carter.

8° Ne pas laver au pétrole.

9° Employer le type d'huile le plus approprié.

10° Employer l'hiver un couvre-radiateur.

Remontées d'huile. — Il est nécessaire qu'un peu d'huile remonte jusque dans la chambre d'explosion, pour que l'on ait la certitude de voir s'effectuer parfaitement le graissage des pistons

Notons en passant l'intérêt de certaines prises d'air additionnelles dans une partie quelconque du carter, amenant ainsi des vapeurs d'huile qui améliorent le graissage, et évitant les suintements d'huile hors du carter (par exemple, dans la 14 CV Voisin, une prise d'air est effectuée dans le carter supérieur).

Si la quantité d'huile qui remonte dans les cylindres est trop grande, il en résulte deux inconvénients.

1° La consommation d'huile est trop grande.

2° La combustion complète de l'excès d'huile est impossible, c'est-à-dire que l'encrassement par dépôt charbonneux est inévitable.

Les remontées d'huiles ont diverses origines possibles.

a) La marche au ralenti ou à vide, avec les fortes dépressions

qu'elle produit dans les cylindres favorise ces remontées. De plus la température intérieure est alors si faible que la combustion complète est impossible. Chacun sait que, après une longue marche au ralenti, on constate d'abondantes fumées au moment de la reprise.

b) L'excès d'huile, qu'il provienne d'un remplissage exagéré (barbotage) ou d'une pression excessive (soupape de décharge coincée) est également une cause de remontée d'huile.

c) Le dérèglement des cuillers, après réparation, peut être une cause de remontée d'huile.

d) L'usure des segments reste la raison la plus commune, avec l'ovalisation des cylindres, susceptible de provoquer les remontées d'huile.

Condensation d'eau. — Il est impossible d'éviter le passage de vapeur dans le carter, puisque l'étanchéité des pistons n'est jamais absolue, et que les gaz brûlés contiennent une forte proportion de vapeur d'eau.

Normalement, cette vapeur d'eau, très chaude, passant dans un carter chaud, ne doit pas s'y condenser et s'échappe par les reniflards.

En hiver, pourtant, les condensations sont inévitables. Certains reniflards, à chicanes, les favorisent, comme le refroidissement excessif du carter par le courant d'air du ventilateur.

Bien entendu, des fuites peuvent se produire entré circulation d'eau et cylindres, mais alors l'accumulation d'eau devient assez importante pour que l'on s'en aperçoive très vite, *et surtout il y a de l'huile dans le radiateur.*

Généralement, on ne s'aperçoit des condensations que par la formation de dépôts présentant un aspect noirâtre.

Ces dépôts, à l'aspect de boue, sont constitués par une émulsion d'huile et d'eau en présence des poussières et des parties charbonneuses. Avec de l'huile neuve, l'émulsion est instable.

Généralement la dilution de l'huile (par l'essence) est suffisante pour empêcher que se produise un épaissement exagéré des dépôts. Mais il arrive que l'émulsion soit stable, et que se forment des dépôts épais susceptibles de bloquer complètement le dispositif de graissage.

Ces dépôts sont en quelque sorte chroniques, si l'on ne nettoie pas parfaitement les carters; il semble en effet que les éléments

qui subsistent jouent le rôle de catalyseurs accélérant l'oxydation et l'émulsion d'huile.

Il est donc nécessaire de vidanger régulièrement et il est préférable de le faire, le moteur étant chaud. Si l'on constate la présence d'eau, on procédera à de fréquentes vidanges partielles. Si des dépôts se sont formés, il faut nettoyer complètement, soit en lavant avec de l'huile neuve, soit plutôt en démontant le demi-carter inférieur et en le lavant au pétrole. On n'en opère le remontage qu'après séchage complet.

GRAISSAGE DES ORGANES AUTRES QUE LE MOTEUR

De nombreux organes ont besoin d'être graissés régulièrement : les articulations diverses, en particulier. Certains organes comme la boîte de vitesses et le pont arrière travaillent constamment dans l'huile.

Le graissage en est généralement très simple. Il convient, comme pour le moteur, de suivre exactement les indications des constructeurs dans leurs notices d'entretien, *aussi bien pour le choix du lubrifiant que pour la fréquence des opérations de graissage.*

Cet entretien fut longtemps pour l'automobiliste une lourde pénitence : il fallait se livrer à une pénible gymnastique pour atteindre le trou de graissage d'abord, puis pour y introduire le lubrifiant.

Depuis quelques années, de notables simplifications ont été apportées, aussi bien par les constructeurs qui ont rendu plus accessibles les orifices de graissage, que par les divers appareils actuellement utilisés pour l'introduction du lubrifiant.

Les progrès possibles, quant à la disposition des orifices, ne sont pas terminés. Mais les appareils de graissage paraissent très près de la perfection.

Appareils de graissage. — Le principe en est toujours celui d'une pompe. Le premier appareil utilisé fut le *Stauffer* constitué par un petit récipient cylindrique taraudé à l'extérieur (*fig.* 291). Il était muni, à sa partie inférieure, d'un tube

taraudé également, de manière à pouvoir se visser sur l'ajutage de l'orifice à graisser, normalement fermé par un bouchon. Sur la partie cylindrique se vissait un chapeau : on exerçait en le vissant une pression suffisante pour que le lubrifiant épais, préalablement versé dans le stauffer, fut expulsé.

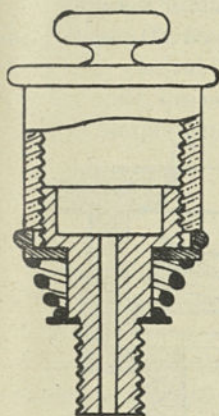


FIG. 291.

On utilise encore [parfois des boulons graisseurs (*fig. 292*), boulons dont la tige est percée d'un canal et de trous aboutissant à des pattes d'araignée. La tête du boulon est creuse et coiffée d'un chapeau rempli de graisse consistante. Il suffit de visser peu à peu le chapeau sur la tête du boulon pour faire pénétrer la graisse dans l'articulation à graisser. Ces boulons étaient fréquemment employés pour les articulations des ressorts de suspension.

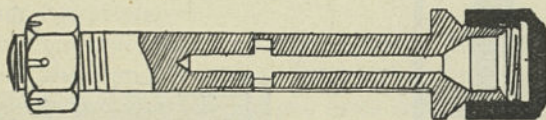


FIG. 292.

Les systèmes modernes. — Ils consistent généralement en une pompe à vis, de principe analogue au Stauffer, mais qui peut se fixer directement sur l'orifice à graisser par un agrafage simple. Il en existe plusieurs à peu près comparables : nous décrirons à titre d'exemple le système Técalémit.

Un tuyau flexible en rend l'utilisation commode, quel que soit l'orifice.

L'organe à graisser est muni d'un bouchon spécial permettant la fixation rapide et facile de l'agrafe. Le graisseur, dont la tête forme bourrelet, est fermé par une bille, maintenue sur son siège par un ressort : l'étanchéité est assurée par un joint en cuir placé sur le siège de la bille. Celle-ci se soulève sous la pression de la graisse. L'agrafe (*fig. 295*) se compose d'un corps creux taraudé d'un côté en *a* pour recevoir le tuyau flexible, et

pourvu en *b* d'un ressort qui s'adapte sur le bourrelet du graisseur. Dans le corps de l'agrafe (*fig. 294*) un obturateur conique *o* est maintenu par un ressort *r* qui s'appuie sur une cuvette métallique

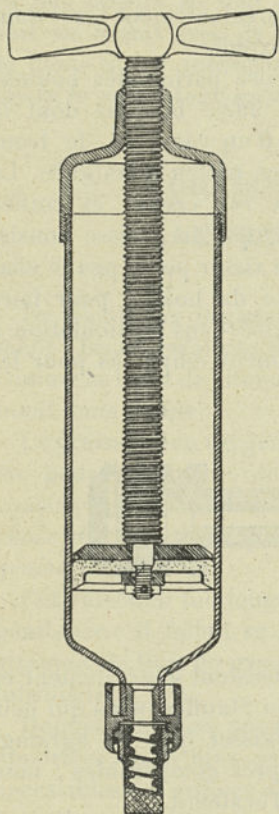


FIG. 293. — Pompe Tecalémit.

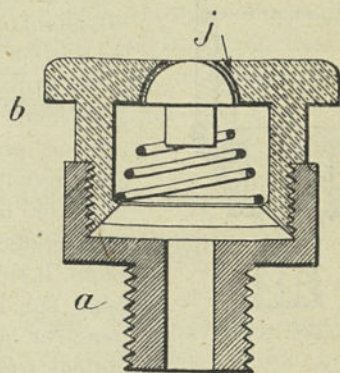


FIG. 294. — Bille.

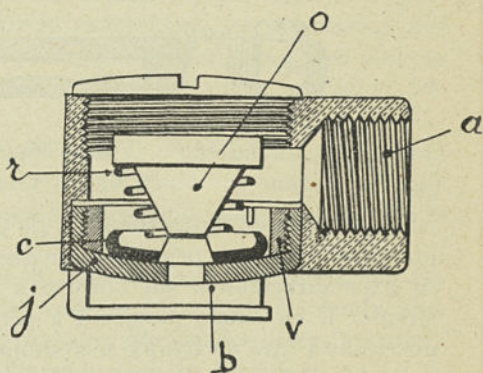


FIG. 295. — Agrafe.

c montée sur une plaquette de cuir *j* formant joint. Ce cuir est logé dans une gorge *g* et serré par une vis *v*.

Pour opérer le graissage, il suffit de poser l'agrafe sur le graisseur et de la tirer à soi. Quelques tours donnés à la poignée de la pompe (*fig. 293*) suffisent pour envoyer une quantité de lubrifiant convenable dans l'organe à graisser.

REMARQUE. — Nous signalerons l'existence de dispositifs dits de graissage central, actuellement réalisés mais n'ayant pas encore subi de longues épreuves sur les voitures de clients. Un réservoir central communiquant avec tous les graisseurs est plein d'huile, qui est envoyée à tous les organes soit sous pression, soit par simple capillarité ou osmose.

ENTRETIEN

Nous rappellerons quelques principes essentiels d'entretien, en ce qui concerne le graissage.

On observera scrupuleusement les notices d'entretien des constructeurs, aussi bien pour le choix du lubrifiant que pour la fréquence des opérations de graissage, pour les divers organes de la voiture comme pour le moteur. *On ne doit jamais chercher à faire des économies sur la qualité du lubrifiant employé.* Le meilleur est généralement celui qui est précisé par le constructeur. Rappelons qu'il n'y a pas *une* qualité d'huile supérieure à toutes les autres : le type de lubrifiant dépend du moteur ou de l'organe à graisser.

Il ne faut pas craindre de vidanger souvent : la dépense d'huile en moyenne, entre pour 3 % dans le budget d'une voiture. Mieux vaudrait souvent augmenter un peu cette dépense : les notes de réparations seraient moins élevées.

Nous pensons qu'il est bon de vidanger tous les 1.500 kilomètres : toutefois, la première vidange, sur un moteur neuf, sera effectuée après 400 kilomètres et la seconde après mille. *C'est seulement ensuite que l'on pourra sans crainte pousser le moteur aux régimes les plus élevés*, et non pas comme on le croit trop souvent après quelques centaines de kilomètres.

Il faut faire le plein d'huile le plus souvent possible. Mieux vaut mettre trois fois un litre qu'une fois trois litres.

CHAPITRE XLI

REFROIDISSEMENT

Nécessité du refroidissement. — Nous avons dit que les huiles employées pour le graissage se décomposaient dès que la température atteint 200° environ. La nécessité du graissage entraîne donc la nécessité de refroidir les parois du cylindre en contact avec le piston, et dont la température dépasserait notablement 200° sans refroidissement.

L'expérience montre qu'avec des cylindres en fonte dont la paroi a une épaisseur de 5 à 9 millimètres, il suffit de maintenir la surface extérieure de cette paroi à une température inférieure à 120° pour qu'une bonne huile conserve ses propriétés lubrifiantes.

Il peut être nécessaire également, sur les moteurs qui tournent vite, de refroidir les paliers, mais nous savons que l'huile remplit alors le rôle de réfrigérant.

La nécessité du refroidissement provient également des dilatactions excessives et des déformations que subiraient certaines portions du cylindre sans refroidissement. Il est évident que les sièges des soupapes d'échappement, par exemple, s'échauffent davantage que le reste du cylindre ; si leur température dépasse 500° , la résistance de la fonte diminue rapidement. Ils se déformeront donc.

De plus, les inégalités de dilatation vont déterminer, dans les parois, des efforts intérieurs qui peuvent être préjudiciables aux cylindres, au point d'entraîner des fissures.

Si les guides de soupapes n'étaient pas refroidis, leur dilatation déterminerait un jeu suffisant pour laisser passer les gaz, et les gaz d'échappement, très chauds, auraient vite fait de les creuser profondément.

Il faut éviter également que certains points de la paroi ne soient portés à des températures telles que les gaz frais, introduits dans le cylindre, s'enflamment à leur contact, bien avant le moment précis où l'allumage doit se faire. Ces auto-allumages seraient évidemment fâcheux.

Nous savons qu'il est bon que les parois soient assez chaudes pour que leur contact favorise la vaporisation complète du combustible, condition nécessaire d'une combustion rapide, c'est-à-dire d'un rendement élevé. Mais, s'il est bon que les gaz frais s'échauffent au contact des parois, il ne faut pas oublier que cet échauffement diminue la quantité de gaz admis, c'est-à-dire aussi la puissance du moteur, et qu'il peut arriver à déterminer des auto-allumages qui sont la cause d'une diminution de rendement.

Pour toutes ces raisons, il est nécessaire de refroidir les cylindres d'un moteur. On comprend que ce refroidissement doit être limité, c'est-à-dire pas trop énergique.

Systèmes de refroidissement. — Les cylindres peuvent céder leur chaleur, soit directement à l'air ambiant, soit à un fluide astreint à circuler autour d'eux et qui cède ensuite à l'air ambiant la chaleur qu'il a prise aux cylindres.

Le fluide employé est presque toujours l'eau. Mais on voit alors que le refroidissement sera un peu trop fort, puisque la température de la surface extérieure de la paroi sera de 100° au plus au lieu de 120. On sait d'ailleurs qu'un moteur n'a son meilleur rendement que lorsqu'il est chaud, c'est-à-dire lorsque l'eau de circulation s'est échauffée suffisamment pour ne pas trop refroidir les parois.

Refroidissement par l'air seul. — Ce système a l'avantage de supprimer les organes de transport de chaleur. Il existe que sur les moteurs de faible alésage, motocyclettes, cyclecars, et sur certains moteurs d'aviation.

L'action de l'air est limitée à la surface externe du moteur que l'on augmente le plus possible au moyen d'ailettes, (*fig.* 296)

arrondies à leurs extrémités et raccordées au corps du cylindre, généralement venues de fonte avec lui.

La forme optimum des ailettes serait celle de la figure 297, où le

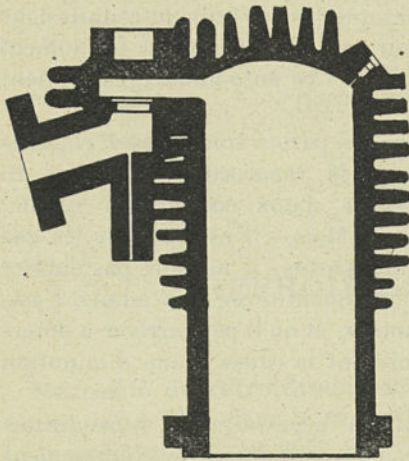


FIG. 296. — Cylindre muni d'ailettes.

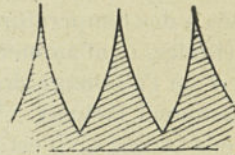


FIG. 297.

Forme théorique des ailettes.

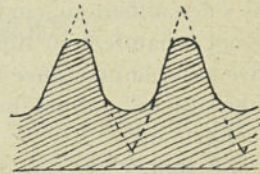


FIG. 298.

Forme pratique des ailettes.

profil de l'ailette se compose d'arcs de cercle ; mais la résistance insuffisante de telles ailettes oblige à en arrondir les pointes (*fig. 298*).

Ce système de refroidissement exige que l'air soit constamment renouvelé, que le moteur se déplace, ou bien qu'il soit muni d'un ventilateur.

Dans les moteurs rotatifs, les cylindres se déplacent.

Dans les motos, à l'arrêt, le refroidissement est mauvais, puisque l'air n'est pas renouvelé. On doit donc arrêter le moteur en même temps que la motocyclette.

Refroidissement par circulation d'eau. — La chaleur est cédée à l'eau, qui la cède ensuite à l'air. L'eau, ayant une capacité calorifique élevée, peut prendre aux parois des cylindres une grande quantité de chaleur, sans élévation exagérée de température.

D'autre part, il est facile de réaliser une grande surface de refroidissement par laquelle l'eau cède sa chaleur à l'air. Cette

eau refroidie peut alors servir à nouveau. Il existe deux modes de circulation :

- 1° Par thermo-siphon ;
- 2° Par pompe.

Thermo-siphon. — Principe (fig. 299). — La force utilisée pour

mettre l'eau en mouvement est la différence de poids spécifique entre l'eau chaude et l'eau froide.

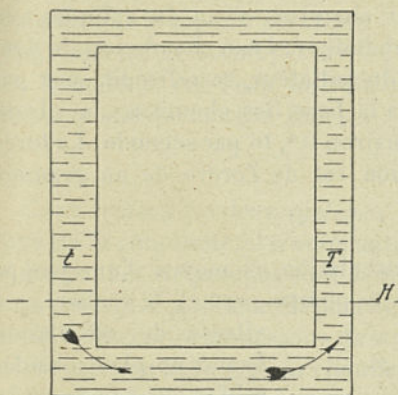


FIG. 299.

Soit une tuyauterie pleine d'eau et ayant la forme d'un rectangle vertical. Soient T et t les températures des deux colonnes d'eau. Les pressions exercées par ces deux colonnes sur un même plan horizontal H sont inégales; la pression exercée par l'eau froide est évidemment plus grande. Donc l'eau se met à circuler dans

le sens des flèches. La différence entre le poids spécifique de

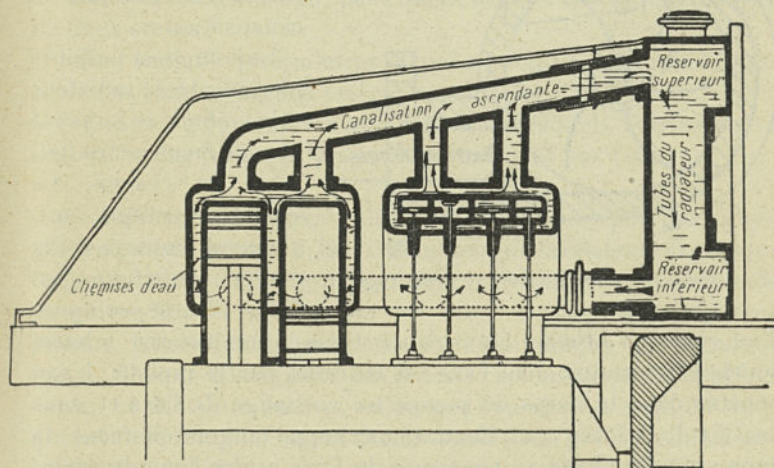


FIG. 300. — Schéma d'une circulation d'eau.

l'eau chaude et celui de l'eau froide est très petite, donc aussi la force qui agit. Il faudra donc que les tuyauteries soient larges et ne présentent pas des courbes de grand rayon. La force qui agit est d'autant plus grande que la hauteur de la colonne froide est plus grande; c'est pour cela que l'on a été conduit à placer certains radiateurs à l'arrière du moteur, où il est plus facile de les disposer s'ils sont volumineux. La colonne d'eau chaude est constituée par l'ensemble des chemises d'eau du cylindre; la colonne d'eau froide, c'est le radiateur: l'eau chaude sort du haut des chemises, arrive en haut du radiateur, se refroidit, sort par le bas du radiateur et s'en va à la base des chemises; la vitesse de circulation de l'eau est d'environ $0^m,16$ par seconde. La force qui détermine cette circulation est de l'ordre de un gramme par centimètre carré.

Pompes. — On réalise la circulation au moyen d'une pompe placée sur la canalisation. Cette pompe permet de réaliser une

vitesse de circulation beaucoup plus considérable pour une quantité d'eau déterminée; on ne dépasse guère un mètre par seconde pour limiter les frottements dans la canalisation.

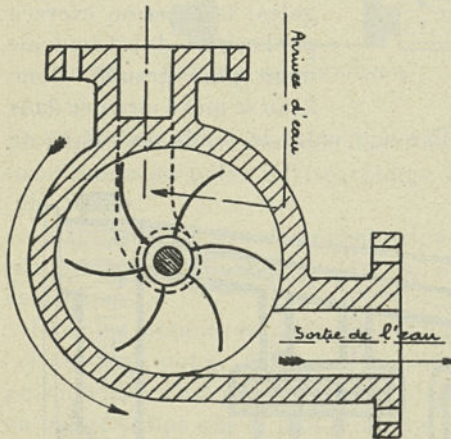


FIG. 301. — Schéma de pompe centrifuge.

La pompe est toujours placée entre le radiateur et le moteur, en un point bas, de façon à être toujours en charge. Le système presque uniquement employé est la pompe centrifuge (fig. 301). Elle se compose

d'un corps en bronze dans lequel tourne une roue à ailettes courbes ou droites, dont l'axe est entraîné par le moteur. L'eau pénètre dans le corps de pompe au voisinage de l'axe et, sous l'action de la force centrifuge, s'en échappe tangentiellement: la dépression produite au voisinage de l'axe aspire l'eau du radiateur. Cet axe pénètre dans le corps de la pompe par son milieu. Il

est nécessaire de disposer un joint presse-étoupe suifé (*fig. 302*).

Un écrou creux vient appuyer sur le bourrage qui s'écrase sur l'axe et empêche les fuites. Un ressort frein complète le dispositif. Pour vérifier si un presse-étoupe fuit, il faut le vérifier pendant que le moteur est chaud (la graisse froide obture) et arrêter le moteur, car l'eau ne fuit guère quand le moteur tourne.

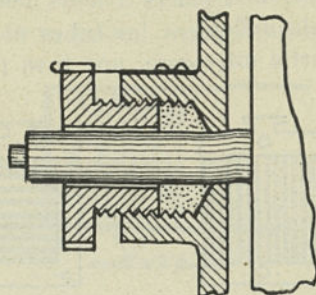


FIG. 302.

Comparaison des deux systèmes. — Le thermo-siphon a l'avantage de la simplicité, il n'emprunte aucune puissance au moteur et les pannes de pompes sont évitées. Mais il exige une grosse tuyauterie. Le radiateur est plus haut et plus encombrant ; si l'eau vient à descendre au-dessous de son orifice d'entrée, il n'y a plus de circulation et le moteur chauffe. La circulation par pompe est plus répandue, et certainement plus efficace... souvent même trop !

Radiateurs. — Le rôle du radiateur est de permettre à l'eau de céder sa chaleur à l'air, par conductibilité. Les radiateurs sont de deux sortes :

- 1° Les radiateurs tubulaires, dans lesquels l'eau circule à l'intérieur des tubes, baignés extérieurement par l'air ;
- 2° Les radiateurs nids d'abeilles, dans lesquels l'air circule à l'intérieur des tubes, baignés extérieurement par l'eau.

Radiateurs tubulaires. — Ils sont constitués par des tubes, généralement en cuivre (bon conducteur de la chaleur) et presque toujours munis d'ailettes à l'extérieur. Ces ailettes sont en tôle ou en cuivre étamé, enfilées sur les tubes et non fixées. Le trou laissant passer le tube est percé avec un poinçon qui refoule le métal. Chaque ailette vient buter sur le refoulement de la précédente. Le diamètre du trou est un peu supérieur à celui du tube, qui est alors rempli d'eau et soumis à une forte pression intérieure lui faisant subir une déformation permanente suffisante pour maintenir les ailettes.

Les tubes constituant le radiateur sont réunis au moyen de réservoirs placés à leurs deux extrémités. Le réservoir encadre habituellement les tubes et porte deux ouvertures : une à sa partie inférieure, une à sa partie supérieure. A ces ouvertures

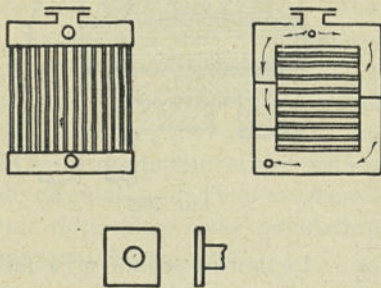


FIG. 305.

sont fixées des tubulures qui servent à conduire l'eau chaude du moteur au radiateur et l'eau froide du radiateur au moteur.

Le remplissage se fait par un bouchon. Il existe un tube pour canaliser le trop plein d'eau. Les tubes peuvent être disposés soit verticalement (*fig. 303*), soit horizontalement; dans ce

dernier cas, il est bon de cloisonner le réservoir pour faciliter la circulation de l'eau. La résistance opposée au passage de l'eau dans un radiateur à tubes horizontaux est trop grande pour être employée avec la circulation par thermo-siphon (Renault, Latil, Citroën); on emploie toujours un radiateur à tubes verticaux formé d'un collecteur inférieur réuni au collecteur supérieur par des tubes soudés à l'étain.

Dans les radiateurs Solex (Latil), les tubes, au lieu de constituer, dans leur ensemble, un parallélépipède, sont placés suivant des cercles concentriques. Des collecteurs sont placés à la partie supérieure et inférieure.

Le refroidissement est alors assuré par un ventilateur centrifuge, constitué par un arbre muni de pales. L'air froid arrive par le centre et sort à la périphérie.

Ce radiateur existe aussi sur les camions Brasier, de Dion, etc... et sur certains autobus.

Nids d'abeille. — Les tubes sont en cuivre, généralement de section carrée ou hexagonale, parfois circulaire. Ils sont disposés horizontalement, mais parallèlement à l'axe de la voiture (*fig. 304*).

On peut remarquer l'analogie de ces radiateurs avec les chaudières tubulaires des locomotives, l'air refroidissant remplaçant les gaz qui réchauffent. Le problème est le même : cession de chaleur à travers une paroi, d'un fluide à un autre.

Les extrémités des tubes sont épanouies. Une soudure à l'étain

épanouissements de manière à laisser 1 millimètre environ entre les deux tubes.

Un collecteur est placé autour du radiateur, communiquant avec les interstices des tubes, et comportant des chicanes. Avec les radiateurs nids d'abeille, on peut réaliser indifféremment la circulation par thermo-siphon, ou par pompe.

Les radiateurs nids d'abeille, à volume et poids égaux, offrent une surface de refroidissement plus grande que les radiateurs tubulaires. Par conséquent, le refroidissement est plus énergique. Mais ils sont plus fragiles et coûtent plus cher; leur usage tend à diminuer, sauf sur les voitures de luxe.

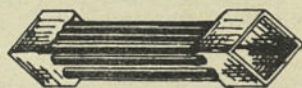
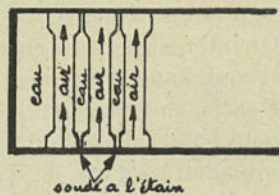


FIG. 304.

Radiateurs à éléments démontables. — Lorsqu'un élément de radiateur présente une fuite, le procédé le plus ordinaire pour le réparer est de fermer complètement cet élément, avec de la soudure. Mais ceci a pour effet de diminuer l'efficacité du radiateur, en diminuant le nombre des éléments utiles.

On peut, évidemment, changer les éléments. Mais l'opération dépasse en général les possibilités des ateliers et garages.

C'est à cet inconvénient que répondent les radiateurs à éléments démontables, comme le radiateur Avios. Ils se composent de séries d'éléments verticaux (tubes à ailettes ou nids d'abeilles) montés sur des raccords appropriés fixés aux réservoirs par tiges filetées, écrous et contre-écrous.

Le changement peut s'effectuer sans perte d'eau. On peut, en effet, au moyen de clapets montés sur les tiges filetées, fermer les orifices qui font communiquer l'élément à changer avec les réservoirs. Cette opération demande une minute à peine. L'armée a largement fait appel à de tels radiateurs, que l'industrie civile, au contraire, paraît abandonner...

Fixation des radiateurs sur les châssis. — Les radiateurs sont généralement à l'avant du moteur, exceptionnellement à l'arrière (Renault, Latil, Charron, Schneider).

Ce sont des organes qui supportent mal les déformations. Il

faut donc les soustraire aux efforts qui tendent à les déformer, d'où difficulté de les fixer, puisque le châssis se déforme.

Les radiateurs furent d'abord fixés sur les longerons par deux pattes rigides ; les déformations en amenaient la rupture, ou bien il se produisait des fissures entre les pattes et le radiateur.

On intercala ensuite entre les pattes et les longerons des plaques de caoutchouc : le système est encore employé.

Puis on chercha à rendre déformable l'articulation du radiateur sur le châssis. Par exemple (Fiat), le radiateur porte un axe perpendiculaire à l'axe de la voiture ; cet axe vient s'engager dans une chape portée par le châssis (*fig. 305*). L'axe peut être remplacé par une rotule (Talbot). Le radiateur peut basculer

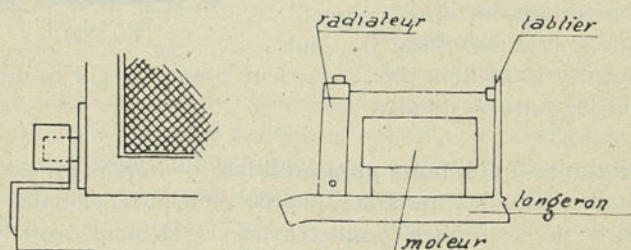


FIG. 305. — Fiat.

d'avant en arrière. Il est maintenu dans la position verticale au moyen d'une tringle qui est fixée d'une part en haut du radiateur, et d'autre part au tablier (*fig. 305*).

Le radiateur peut aussi porter une patte munie, à sa partie inférieure, d'un œil dont l'axe est parallèle aux longerons, lesquels peuvent ainsi vibrer sans que le radiateur en souffre (ancienne solution Motobloc) (*fig. 306*).

On peut combiner ces deux modes de montage (*fig. 307*). Le longeron porte une chape *A* dans laquelle vient s'engager un axe *B* qui, en son milieu, porte un axe *C* perpendiculaire venant faire corps avec le premier. Cet axe vertical vient s'engager dans une douille *D* portée par la patte du radiateur. Au-dessus et au-dessous de cette douille existent des ressorts à boudin. Le radiateur est ainsi porté entre les deux ressorts, il peut donc se déplacer latéralement. Comme chez Fiat, il est maintenu dans la position verticale par une tringle.

Les pattes de fixation du radiateur au châssis peuvent être élastiques, par exemple des bandes d'acier à ressort (Pierce-Arrow), (fig. 308). Enfin, une autre solution très simple a été adoptée par quelques constructeurs. Le radiateur ne comporte

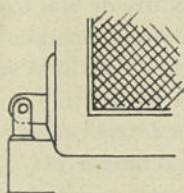


FIG. 306. — Motobloc.

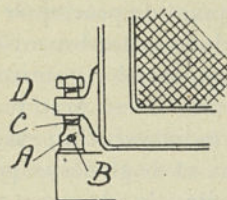


FIG. 307. — Peugeot.

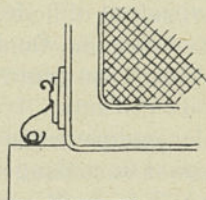


FIG. 308. — Pierce-Arrow.

que deux collecteurs réunis par des tubes verticaux. Les parois latérales sont constituées par de simples tôles, il n'y a pas d'eau qui touche ces parois. On peut donc river des pattes directement des parois aux longerons, les fissures au voisinage des pattes sont sans importance.

Tuyauterie. — La tuyauterie doit offrir la plus petite résistance possible à la circulation de l'eau. Les tubes sont donc larges, sans coudes brusques ni étranglements. Ils sont parfois en cuivre rouge, sauf les parties de forme trop compliquées qui sont en bronze coulé : actuellement on tend à les faire en fonte, plus économique.

Pour éviter les ruptures causées par les déformations du châssis, et surtout pour faciliter le montage, on sectionne de place en place les tuyaux et on les réunit par des raccords en caoutchouc entoilé, serrés par des colliers métalliques. Parfois une dérivation allait réchauffer le carburateur : ceci est devenu exceptionnel !

Un robinet de vidange doit être disposé au point le plus bas du système de circulation d'eau pour permettre de le vider complètement.

Soins d'ordre pratique. — Il faut éviter l'introduction de tout corps étranger susceptible de détériorer la pompe ou d'obstruer la canalisation. On doit donc filtrer l'eau.

La gelée peut causer de graves accidents au radiateur et aux chemises d'eau des cylindres en les faisant éclater.

Le meilleur moyen d'éviter ces accidents est de vider complètement le radiateur et la circulation. Pour cela, il faut faire tourner le moteur sans eau pendant une ou deux minutes. Cette méthode a l'avantage de vider également la pompe dont la mise en marche deviendrait difficile, au point de provoquer la rupture de son axe de commande. On doit donc éviter les mises en route brutales.

Vider l'eau peut être impossible, en raison de la difficulté d'en trouver d'autre. D'ailleurs, il est pratiquement impossible de vider complètement un radiateur. On peut éviter le gel en employant un mélange d'eau et de glycérine pouvant comporter jusqu'à 35 % de glycérine. Mais la glycérine encrasse les cylindres et ronge les joints de caoutchouc. L'alcool est d'un emploi plus commode, mais s'évapore facilement.

Les eaux calcaires contiennent de la chaux et les eaux séléniteuses du plâtre, qui se déposent sur les parois des cylindres, diminuant le refroidissement. C'est ce qu'on appelle l'entartrage. Il faut laver, soit avec une solution d'acide chlorhydrique, si l'eau contient de la chaux, soit avec une solution de soude ou de potasse. Mais il vaut évidemment beaucoup mieux gratter!

Il est bon que les chemises comportent un orifice de visite, soit que la culasse soit rapportée, soit que des portes soient pratiquées à la partie inférieure des chemises pour les dessabler plus aisément par un grattage. La généralisation des culasses rapportées facilite beaucoup le dessablage.

On dit qu'un moteur *chauffe* (1) quand le refroidissement s'effectue mal. Le moteur perd de sa puissance, marche irrégulièrement, cogne violemment, allumé à contre-temps, par suite d'auto-allumages. Il commence par cliqueter!

Il se dégage alors une odeur caractéristique d'huile brûlée. Le radiateur, ou une partie du radiateur et de la circulation, demeurent froids, (si le système de refroidissement est l'origine de l'échauffement) alors que la tête du cylindre est excessivement chaude. Cet accident peut amener de graves avaries et l'on doit y remédier aussitôt.

(1) Un moteur peut chauffer aussi pour des causes étrangères au refroidissement.

On dit que le moteur *vaporise* quand l'eau arrive à l'ébullition. Ceci n'a pas d'inconvénient pour le moteur tant qu'il y a assez d'eau pour que la circulation se fasse. Mais on doit remplacer à temps l'eau évaporée.

Les pannes les plus fréquentes sont :

1° Le manque d'eau ; 2° l'entartrage ; 3° fuite ou desserrage du bouchon de vidange ; 4° éclatement par la gelée ; 5° obturation de la canalisation ; 6° mauvais joints (caoutchouc percé ou fissuré) ; 7° axe de la pompe faussé (la pompe brouté).

Refroidissement par circulation d'air (air cooling). —

Depuis longtemps, quelques constructeurs américains ont remplacé la circulation d'eau par une circulation d'air.

Il semble qu'on y puisse trouver de sérieux avantages.

1° Ceci entraîne la suppression du radiateur et des tuyauteries de circulation d'eau, et permet en même temps de diminuer le poids de la voiture non seulement du poids de ces organes, mais encore de celui de l'eau de circulation ;

2° L'air cooling supprime toutes les avaries (ou précautions) résultant de l'action de la gelée sur les circulations d'eau ;

3° Il semble enfin que le rendement thermique du moteur se trouve augmenté.

Ceci est facile à expliquer. En effet, avec une circulation d'eau, les cylindres ne peuvent atteindre (leur paroi extérieure au moins) une température supérieure à 100°. Mais il semble certain que cette température pourrait, sans inconvénient, atteindre au moins 120° sans compromettre le graissage. Comme le rendement thermique d'un moteur augmente avec la température des parois, puisque les échanges de chaleur sont plus faibles et les combustions plus rapides, il y a avantage à employer une circulation d'air.

Les cylindres sont alors généralement pourvus de nervures verticales et enveloppés d'un carter en aluminium dans lequel une turbine envoie le courant d'air de refroidissement. Les nervures augmentent la surface radiante et guident le courant d'air.

La turbine est une turbine centrifuge dont le cône d'aspiration est tourné vers l'avant. Elle absorbe, pour fonctionner, une puissance qui n'est pas supérieure à celle qu'absorbent de nombreux ventilateurs. Elle est commandée par une courroie réglable au moyen d'un excentrique. Le seul moteur construit en France suivant ce principe est le moteur S. A. R. A.

VENTILATION

Le refroidissement de l'eau chaude qui arrive dans le radiateur n'est possible, malgré la surface de radiation considérable, que si l'air qui se trouve dans les tubes du radiateur ou qui les enveloppe est constamment renouvelé.

Il faut donc créer une véritable circulation d'air dans le radiateur. Lorsque la voiture est en marche, et particulièrement si la vitesse atteinte est assez considérable, une quantité d'air assez grande traverse naturellement le radiateur, par inertie. Mais ceci serait généralement insuffisant, surtout si la vitesse de la voiture est faible, et le serait toujours dans les cas où le moteur tourne, bien qu'elle soit arrêtée.

L'organe chargé de réaliser une circulation d'air est le ventilateur, monté généralement au voisinage immédiat du radiateur, et aspirant l'air à travers ce radiateur.

Mode d'action du ventilateur. — Le ventilateur ne peut aspirer de l'air à travers le radiateur que si un passage est offert à la sortie de cet air.

La partie inférieure du capot est souvent fermée par une tôle de protection, et des considérations de mode réduisent généralement les passages ménagés au-dessous de la planche-tablier pour laisser échapper l'air. Beaucoup de voitures ont, à l'heure actuelle, le volant enfermé dans un carter et le seul passage offert à l'air est celui qui existe entre le carter du volant et la tôle inférieure.

La cause la plus commune du mauvais refroidissement dans les voitures modernes, réside dans la dimension insuffisante de cette sortie d'air.

Il arrive fréquemment que les constructeurs munissent leurs volants de bras affectant une forme hélicoïdale leur permettant ainsi de remplir le rôle d'un ventilateur auxiliaire, accélérant la sortie d'air, et facilitant par suite le rôle du ventilateur principal.

Dans le cas où le radiateur est à l'arrière des véhicules (thermosiphon); le ventilateur peut être encore à l'avant si des orifices suffisants d'entrée d'air ont été ménagés.

Sur les véhicules Renault, le mode de ventilation est particu-

lier : le capot et la tôle inférieure forment une capacité close d'où l'air est aspiré par le volant garni d'ailettes et formant ventilateur. L'air frais du dehors n'y peut pénétrer qu'en traversant le radiateur pour contourner le bord postérieur du capot. Le radiateur est ainsi refroidi sur toute sa surface, indépendamment de la vitesse de la voiture, et proportionnellement à celle du moteur, ce qui ne se produit pas si le radiateur est simplement exposé au courant d'air produit par la marche.

Pour que le courant d'air soit plus efficace, il arrive que le ventilateur soit placé dans une « tuyère » formant une surface conique circonscrite au radiateur et au ventilateur. On comprend que sur les voitures ordinaires, il est nécessaire que le capot soit fermé pour que le ventilateur soit efficace.

Il est donc mauvais d'ouvrir un capot, *si le moteur tourne*, pour améliorer son refroidissement.

Construction des ventilateurs. — Il existe deux types de ventilateurs :

- 1° Les ventilateurs à ailettes planes ;
- 2° Les ventilateurs à ailettes hélicoïdales.

Les premiers sont à ailettes rapportées et rivées sur un moyeu en fonte douce ou en acier.

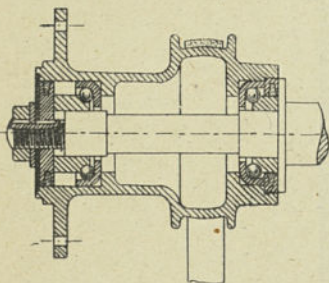


FIG. 309.

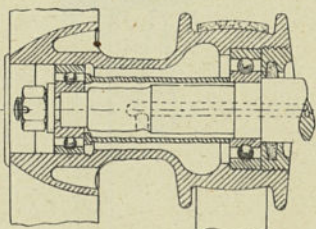


FIG. 310.

Ventilateur monté sur roulement à cône et cuvette. Ventilateur monté sur roulement annulaire.

Les ventilateurs à ailettes hélicoïdales sont généralement fondus en une seule pièce et constituent les types les plus récents, affectant la forme d'hélices.

Dans les ventilateurs à ailettes rapportées, on dispose souvent les feuilles formant les ailettes de manière que les bords anté-

rieurs soient tous dans le même plan de rotation, afin de placer le ventilateur tout contre le radiateur.

Les ailettes concaves en métal embouti ont été assez souvent employées.

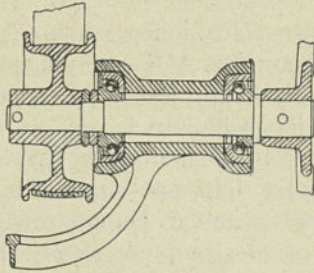


FIG. 311.

ventilateur monté sur arbre tournant et moyeu fixe.

Montage des ventilateurs.

— Le moyeu du ventilateur est généralement formé d'une main de métal dans laquelle sont fixés les roulements qui tournent sur un arbre fixe, fixé lui-même à un support (fig. 309, 310, 311).

Commande des ventila-

teurs. — Sur la plupart des voitures, le ventilateur est commandé par courroie, la poulie de commande étant fixée sur l'un

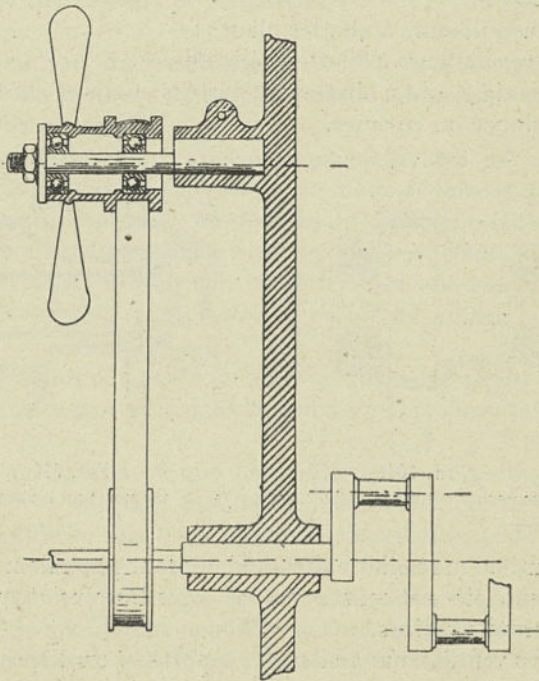


FIG. 312. — Réglage par excentrique de la tension de la courroie.

des arbres dont on dispose : vilebrequin, arbre à cames, arbre de commande de la magnéto, etc... Elle est fréquemment placée sur le vilebrequin, ou sur l'arbre de la magnéto, qui tournent plus vite que l'arbre à cames.

Quelques constructeurs (Cadillac) préfèrent pourtant la commande par pignons, ou par chaînes silencieuses. Mais il est alors nécessaire de prévoir un embrayage à friction pouvant patiner quand la vitesse du moteur varie brusquement. Sinon, le ventilateur, en raison de son inertie considérable et de sa vitesse, risquerait de se briser quand le moteur ralentit, ce qui ne risque pas de se produire avec les courroies, qui patinent si leur tension est convenable.

Un dispositif à excentrique (*fig. 312*) permet un réglage aisé de ces courroies.

CHAPITRE XLII

COMMANDE DES ARBRES A CAMES MAGNÉTOS POMPES ET ORGANES DIVERS

Commande des arbres à cames. — Le vilebrequin commande plus ou moins directement les arbres à cames, de même que tous les organes accessoires du moteur. Ces organes accessoires comprennent en général : la magnéto, la pompe à huile, la pompe à eau et éventuellement un distributeur, une dynamo, un gonfleur, etc....

Les commandes de ces divers organes sont le plus souvent combinées avec les commandes des arbres à cames.

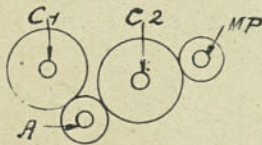


FIG. 313.

Schéma d'un dispositif de commande des arbres à cames.

A, vilebrequin; C1, C2, arbres à cames; MP, arbre d'entraînement de la magnéto et de la pompe.

Le but que l'on veut atteindre est de réaliser ces commandes avec le meilleur rendement possible, sans bruit, l'ensemble du dispositif étant aussi compact que possible.

Au début de l'industrie automobile, on employa exclusivement des pignons droits; on réalisait également l'entraînement de la magnéto et de la pompe

à eau par arbres à pignons droits.

Vers 1909 on commença à se servir de pignons hélicoïdaux beaucoup plus silencieux et de meilleur rendement.

Maintenant les chaînes dites silencieuses, plus économiques, jouissent également de la faveur des constructeurs (*fig. 313*).

On commande souvent la pompe à eau et la magnéto par l'intermédiaire d'un arbre transversal, placé en avant du moteur, et conduit par un engrenage à pignons hélicoïdaux.

Dispositifs en usage. — Cylindre en T. — Il doit y avoir deux arbres à cames. L'entraînement de ces arbres peut être effectué par pignons droits, les pignons des arbres de commande ayant un nombre de dents double du pignon calé sur le vilebrequin. Les pignons des arbres à cames entraînent à leur tour, par pignons droits, les arbres de commande de la magnéto et de la pompe à eau.

Ce dispositif est peu employé actuellement, à cause de la difficulté de rendre silencieux des engrenages qui comportent des pignons animés d'une grande vitesse tangentielle. Pour diminuer le bruit, on est conduit à diminuer cette vitesse tangentielle en interposant un pignon intermédiaire. Dans ce cas, la magnéto est généralement placée à gauche du moteur et la pompe à droite (*fig. 314*).

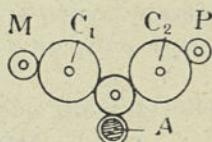


FIG. 314.

On peut diminuer le bruit en employant des pignons en alliages spéciaux ou en fibre. Ce procédé est souvent utilisé sur les moteurs en L actuellement construits.

Moteurs en L. — L'entraînement de l'arbre à cames unique est assuré par engrenage à pignons droits. L'arbre à cames, par un engrenage hélicoïdal, entraîne l'arbre transversal qui commande magnéto et pompe (*fig. 315*).

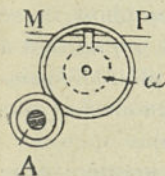


FIG. 315.

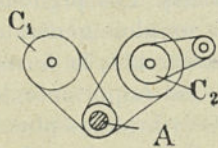


FIG. 316.

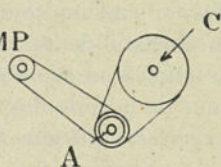


FIG. 317.

Chaînes. — Le dispositif est facile à imaginer. Il faut autant

de chaînes que d'arbres à entraîner. L'entraînement de l'arbre de la magnéto peut également s'effectuer par l'intermédiaire de chaînes (*fig* 316 et 317).

Si l'on emploie des chaînes, il faut prévoir des dispositifs de tension et de réglage. L'usure et l'allongement des chaînes ont en effet une influence sur la distribution, les décalages qui en résultent pouvant atteindre 4° .

Arbres à cames en dessus. — Ce dispositif est maintenant répandu et tend, de plus, à se généraliser.

La commande d'un arbre à cames peut alors s'effectuer :

1° *Par renvoi d'engrenages droits.* — Ce procédé est d'un emploi peu aisé en raison de la distance qui sépare l'arbre à cames du vilebrequin ;

2° *Par chaînes silencieuses.* — On interpose généralement un arbre intermédiaire parallèle à l'arbre à cames, et qui commande magnéto et pompe (*fig.* 318) ;

3° *Par l'intermédiaire d'un arbre vertical* engrenant avec le vilebrequin et l'arbre à cames par deux couples de pignons hélicoïdaux.

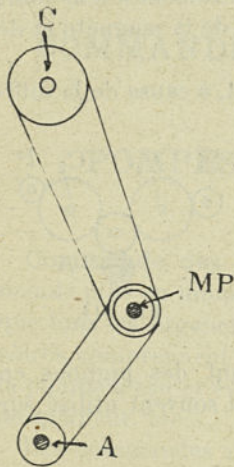


FIG. 318.

Réalisation et calage des pignons. — Le pignon du vilebrequin est en acier, celui des arbres à cames en fonte ou en bronze. Malgré le soin qu'on apporte à leur usinage, les pignons droits sont toujours bruyants. Les pignons hélicoïdaux, avec inclinaison de 30° , que l'on emploie généralement, présentent à cet égard un avantage considérable; la forme ou plutôt l'épaisseur de la toile des pignons est importante, les pignons à rayons (ou bras) sont plus bruyants (vibrations plus fortes).

Les pignons doivent être fixés sur les arbres de manière à ne pouvoir permettre aucun jeu. Ils sont boulonnés sur des collets portés par les arbres (*fig.* 319) ou bloqués après clavetage sur un

épaulement de l'arbre (*fig. 320*). Ils peuvent aussi être fixés par goupilles coniques.

Il faut naturellement que le pignon soit calé très exactement sur l'arbre, afin que la distribution soit correcte. A cet effet, les pignons portent généralement des repères qui définissent leur montage. La distribution peut être repérée sur les pignons au lieu de l'être sur le volant et l'on doit soigneusement observer ces repères avant tout démontage.

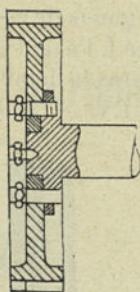


FIG. 319.

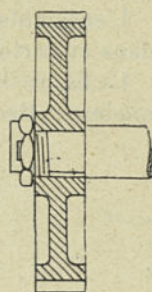


FIG. 320.

Magnéto et pompe. — La magnéto et la pompe possèdent chacune leur arbre qui doit être accouplé à un arbre de commande.

Il faut pour la magnéto un joint déformable (joint d'Oldham ou joint élastique).

Pour la pompe, on emploie souvent un joint légèrement flexible, afin d'éviter les avaries lorsqu'une particule solide s'introduit dans la pompe, ou les ruptures en cas de gel.

Pompe à huile et distributeur. — La pompe à huile étant placée en un point assez bas, généralement au fond du carter, doit être commandée par l'intermédiaire d'un axe vertical.

Le distributeur (allumage avec équipement électrique, type Delco), qui est placé avantageusement assez haut, à côté des cylindres pour être aisément accessible et n'exiger que de courtes connexions avec les bougies, est également entraîné par un arbre vertical qui peut être le même que celui de la pompe à huile, entraîné par pignon hélicoïdaux par l'arbre à cames. L'emploi de pignons hélicoïdaux entraîne la nécessité de disposer des butées sur les arbres des pignons afin de résister à la poussée.

Lorsqu'une voiture est pourvue de l'équipement électrique, il existe également une commande pour la dynamo, et une autre pour le démarreur.

Dynamo et magnéto sont fréquemment accouplées en tandem.

Un gonfleur de pneus peut être également actionné par un

arbre, celui de la magnéto (ou plutôt le secondaire, à la sortie de la boîte de vitesses).

L'ensemble des organes de commande est en général renfermé dans un carter, placé à l'avant du moteur.

La figure 321 montre le détail d'une commande sur un moteur moderne (Renault 6 CV. N. E. 104).

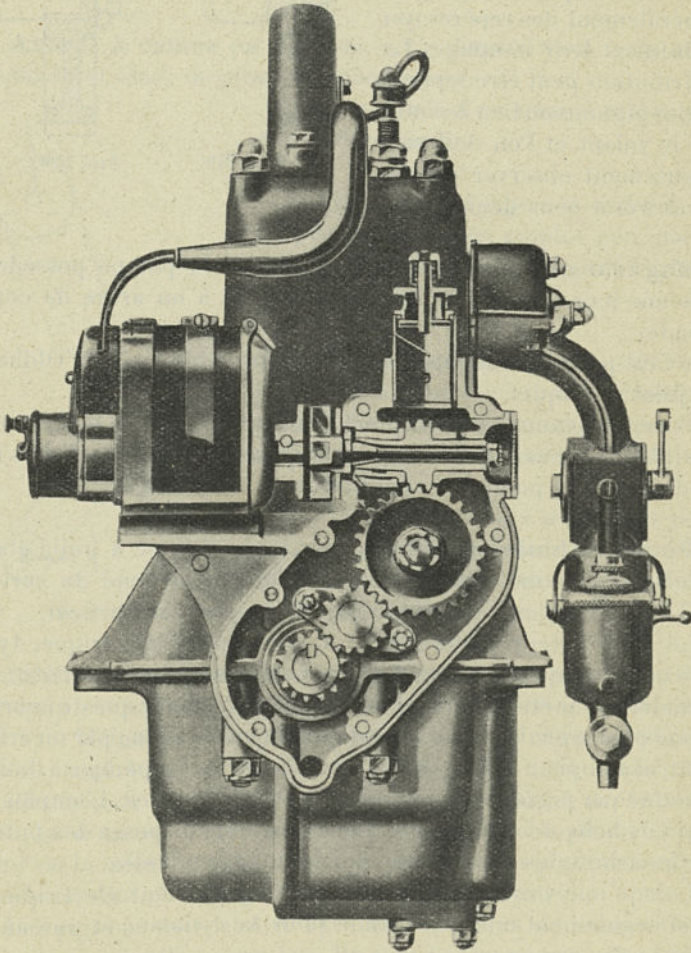


FIG. 321. — Coupe transversale d'un moteur Renault 6 CV.

TABLE DES MATIÈRES

Chapitres	Pages
I. — La voiture automobile	1
II. — Le châssis ou cadre	9
III. — Cycle à quatre temps	12
IV. — Le piston	26
V. — La bielle	36
VI. — Arbre moteur ou vilebrequin	44
VII. — Le volant	53
VIII. — Le cylindre	61
IX. — Le carter	71
X. — Équilibrage	77
XI. — Soupapes	100
XII. — Moteurs sans soupapes	128
XIII. — Tuyauteries	137
XIV. — Combustion	143
XV. — Combustibles	156
XVI. — Alimentation	178
XVII. — Description schématique d'un carburateur	189
XVIII. — Remplissage ou charge. - Dépressions	194
XIX. — Préparation physique du mélange	204
XX. — Dosage et automaticité	220
XXI. — Les carburateurs et l'automaticité	239
XXII. — Départ et ralenti	244
XXIII. — Les reprises	248
XXIV. — Mise en dérivation	250
XXV. — Carburateurs modernes	252
A air additionnel	252
Renault	252
Saga	255
Correcteurs et économiseurs	259
Zénith	261
Panhard	268
Lacharnay	270
Épurateurs d'air	271
Solex	273
Claudel	278
Cozette	282
Griffon	283

Chapitres	Pages
XXVI. — Budget d'une voiture.	286
XXVII. — Réglage des carburateurs	292
XXVIII. — Consommation des voitures	306
XXIX. — Régulation et Régulateurs	323
XXX. — Suralimentation et compresseurs.	329
XXXI. — Généralités sur les appareils d'allumage	337
XXXII. — Magnétos à induit tournant.	350
XXXIII. — Magnétos à induit fixe	359
XXXIV. — Entraînement des magnétos.	368
XXXV. — Avance à l'allumage.	376
XXXVI. — Procédés de commande de l'avance variable.	383
XXXVII. — Pannes et défauts d'allumage.	387
XXXVIII. — Essais et mise au point.	392
XXXIX. — Graissage.	402
XL. — Les systèmes de graissage.	413
XLI. — Refroidissement	436
Ventilation	447
XLII. — Commande des arbres à cames, magnétos, pompes	452