

Auteur ou collectivité : Bouzy, A.

Auteur : Bouzy, A. (18..-19..)

Auteur secondaire : Caillard, C. (18..-19..)

Titre : L'automobile : petites leçons illustrées de nombreux dessins

Adresse : Paris : librairie de l'enseignement technique Léon Eyrolles, éditeur, [1920?]

Collation : 1 vol. (334 [i. e. 336] p.) : ill. ; 18 cm

Collection : Le livre de la profession. Première catégorie : le livre de l'apprenti et de l'ouvrier ; 13

Cote : CNAM-BIB 12 De 85

Sujet(s) : Automobiles ; Automobiles -- Moteurs ; Transmission (mécanique)

Note : Tampon violet d'hommage de l'éditeur en couverture.

Langue : Français

Date de mise en ligne : 06/04/2018

Date de génération du document : 6/4/2018

Permalien : <http://cnum.cnam.fr/redir?12DE85>

120 De 85

LE LIVRE DE LA PROFESSION

DIRECTEUR : C. CAILLARD

Inspecteur général de l'Enseignement technique

L'AUTOMOBILE

Petites Leçons

Illustrées de nombreux dessins

PAR

A. BOUZY

Professeur à l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers de Paris.

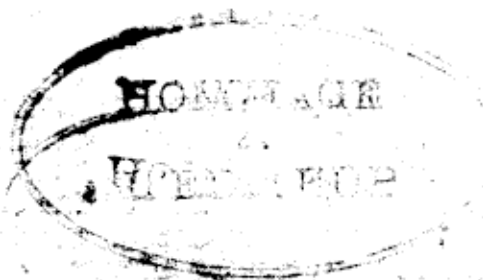


(PARIS)

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

LÉON EYROLLES, Éditeur

3, rue Thénard, 3 (5^e)



VIENT DE PARAÎTRE

***Les Chambres
de Métiers
et les Conseils de Métiers***

PAR C. CAILLARD

INSPECTEUR GÉNÉRAL DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

PRIX : 7 fr. 50

PARIS
LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3, rue Thénard, 3

L'AUTOMOBILE

LE LIVRE DE LA PROFESSION

Directeur : C. CAILLARD

Inspecteur général de l'Enseignement technique.

CONCOURS DE MANUELS

Organisé par le **Sous-Secrétariat d'État** de l'Enseignement technique au **MINISTÈRE de L'INSTRUCTION PUBLIQUE**.

Sur trois prix décernés, en 1921, deux *prix* ont été attribués à des *Manuels* de cette collection, parus au cours de cette même année.

Entreprendre la publication d'une bibliothèque qui réponde bien à ce titre : *Le Livre de la profession*, voilà la tâche délicate que la **Librairie de l'Enseignement technique** s'est imposée.

Une condition nous a semblé indispensable pour y réussir : Grouper sous une direction unique des **hommes de métier** et des **hommes du métier de l'enseignement**. Nous avons fait appel, d'une part, à des ingénieurs des Arts et Manufactures, à des ingénieurs des Arts et Métiers à des artisans, à des praticiens distingués ; d'autre part, aux maîtres de l'Enseignement professionnel.

Nos collaborateurs ont rédigé de **petites leçons** méthodiquement graduées, faciles à lire et à comprendre.

Ces leçons, abondamment illustrées de **dessins qui parlent aux yeux** (dessins schématiques, croquis et dessins professionnels, photographies, etc.), sont suivies d'**Interrogations**, d'**Exercices** et de **Problèmes pratiques**.

Chaque interrogation porte le même numéro que le paragraphe de la leçon où la question est traitée ; ainsi le lecteur peut se contrôler sans le secours de personne.

Chaque exercice est emprunté à la pratique courante du métier ; enfin, chaque problème est une application immédiate de la leçon.

Tout en adoptant ce plan général, nous avons tenu à diviser en deux catégories les ouvrages que nous publions.

Première catégorie.

Le livre de l'Apprenti et de l'Ouvrier.

Il s'agit là de manuels élémentaires qui sont, pour la profession, ce que sont, pour l'instruction générale, la petite grammaire bien faite, la petite arithmétique toute simple que l'on met entre les mains des débutants à l'école primaire. Cela — nous le pensons du moins — n'avait jamais été systématiquement entrepris jusqu'à ce jour.

Toutefois, il convient de se rendre compte que ce degré de simplification est commandé par le caractère même de la profession. *L'Horloger*, par exemple, qui, de la première à la dernière page traite de la mécanique de précision, ne peut pas et ne doit pas emprunter le langage du premier volume de *l'Ajusteur* qui, au contraire, a l'obligation de demeurer dans un domaine très élémentaire. De même, le second volume de *l'Ajusteur* (*Travail aux Machines*) ne saurait ressembler au premier (*Travail à la main*), etc.

Ces nuances sont indispensables, mais tous les ouvrages de cette catégorie s'adressent à la fois à l'ouvrier et à l'apprenti, auditeurs ou non des cours professionnels.

Deuxième catégorie.

*Le livre de l'Élève de l'École professionnelle
et du futur Contremaître.*

Les élèves les mieux doués des écoles professionnelles et les jeunes ouvriers qui ont l'ambition légitime de sortir du rang, ont besoin d'un enseignement pratique et technique, simple également, mais cependant assez riche en explications raisonnées pour leur permettre de dominer leur profession.

Pour eux, il fallait trouver une forme qui ne fût plus tout-à-fait celle qui convient aux débutants et qui ne fût pas davantage celle qu'emploient les livres classiques d'un caractère scolaire et non professionnel.

Question de niveau et de mesure, que nos collaborateurs ont su admirablement résoudre.

Tel est le programme réalisé que nous présentons aujourd'hui.

Avant même toute publicité, le succès de nos ouvrages a été grand, puisque quelques-uns d'entre eux en sont déjà à leur seconde édition. Les industriels, les commerçants, les directeurs et les professeurs des écoles et des cours professionnels, les ouvriers, les employés, les apprentis, les élèves ont trouvé, dans le *Livre de la Profession*, l'auxiliaire le mieux approprié à leur formation professionnelle.

Les attestations que nous publions, dans la notice spéciale à chaque ouvrage, en témoignent.

Enfin, l'excellente présentation du *Livre de la Profession*, la qualité du papier, la netteté de l'impression, l'abondance des illustrations, la clarté et la parfaite exécution des dessins, ont été et demeurent un appoint considérable au succès de cette Bibliothèque (1).

(1) Voir à la 3^e page de la couverture la liste des ouvrages parus et à paraître prochainement.

12^e De .85.

LE LIVRE DE LA PROFESSION

DIRECTEUR : C. CAILLARD

Inspecteur général de l'Enseignement technique

L'AUTOMOBILE

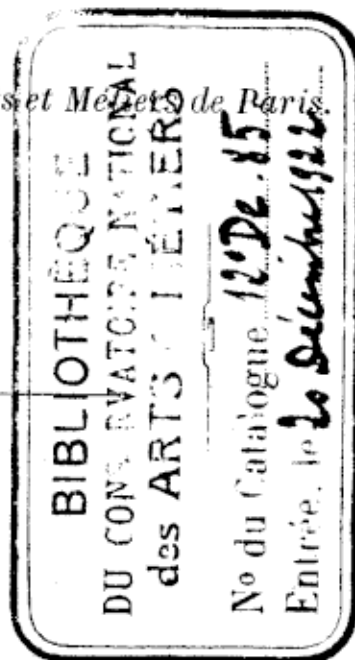
Petites Leçons

Illustrées de nombreux dessins

PAR

A. BOUZY

Professeur à l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers de Paris.

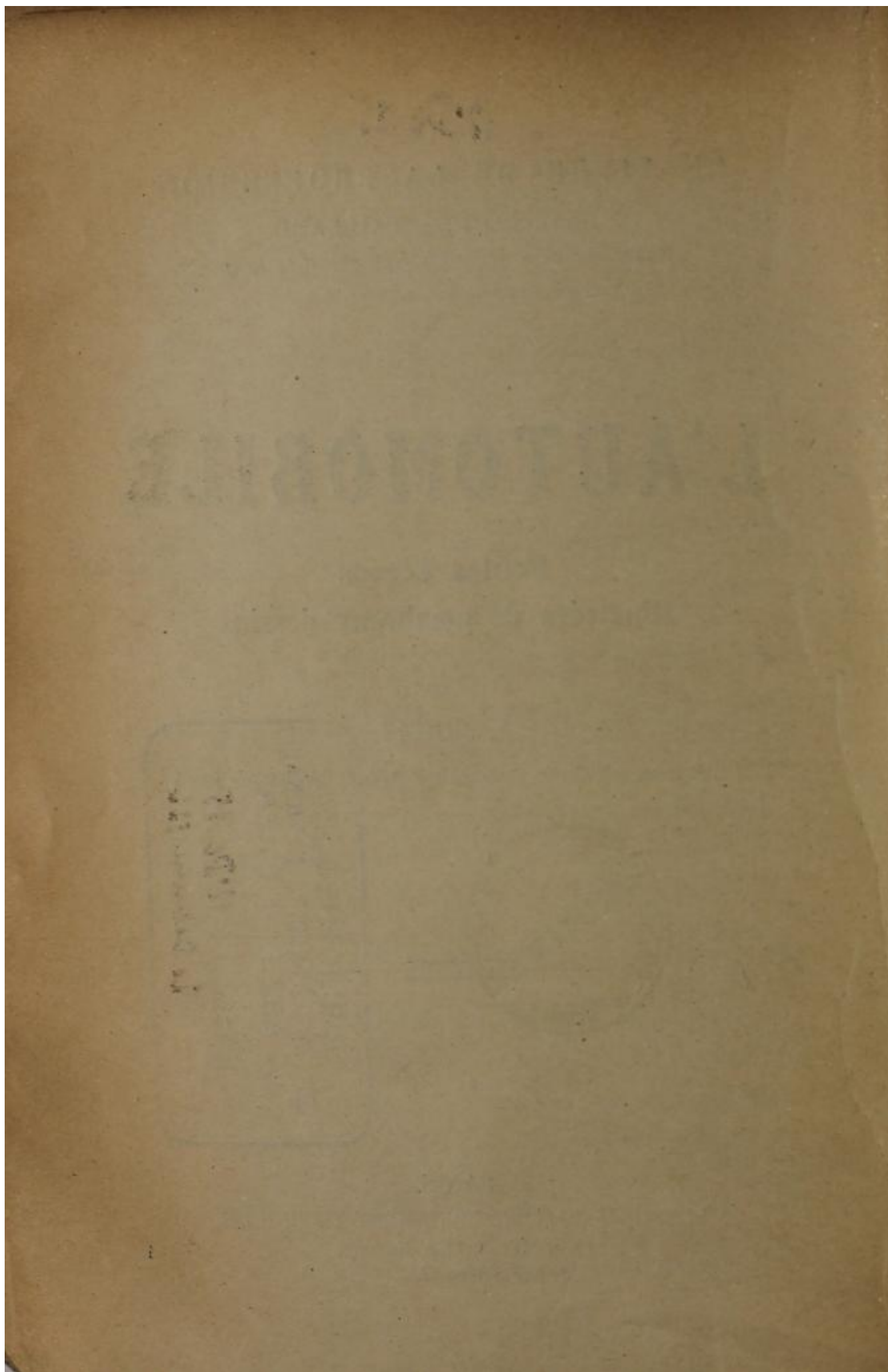


PARIS

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

LÉON EYROLLES, EDITEUR

3, rue Thénard, 3 (5^e)



QUELQUES MOTS D'INTRODUCTION

Voici un livre destiné à satisfaire la curiosité de ceux qui, ignorant tout de l'automobile, désirent s'initier en peu de temps à son mécanisme. Il n'est pas de manuel plus simple ; il n'en est pas de plus précis, ni de plus abondamment pourvu de croquis et de dessins schématiques, parfaitement clairs. L'on est presque tenté de dire qu'un coup d'œil sur ces pages suffira aux profanes pour avoir une idée nette des principaux organes de l'automobile, et pour comprendre la raison d'être de leurs dispositions.

Les apprentis et ouvriers, qui s'attachent d'autant plus à leur travail qu'ils le comprennent mieux, y trouveront des renseignements propres à éveiller leur intelligence et à soutenir leur attention. C'est pour eux que quelques détails technologiques y ont été introduits.

D'autre part, les conducteurs de véhicules qui, eux aussi, sentent le besoin de connaître le pourquoi des choses, pourront y puiser une documentation qui n'a rien de rébarbatif.

Une voiture automobile comprend tout un ensemble de pièces qui concourent à un but commun : assurer sa progression dans des conditions satisfai-

santes de sécurité, de rapidité, de confort et d'économie.

Ce sont ces conditions en leur principe et le moyen de les réaliser qui ont fait l'objet de l'ouvrage de M. Bouzy. Leur étude ne néglige d'ailleurs aucun des facteurs variables qui influent sur la solution du problème : l'état de la route, l'habileté et le sang-froid du conducteur, etc.

Il existe de nombreux traités sur l'automobile, et il en est d'excellents. Les uns discutent scientifiquement des meilleures formes à donner aux organes pour qu'ils remplissent leurs fonctions ; d'autres ont un caractère descriptif et se bornent à l'énumération des dispositions les plus couramment en usage dans la construction ; un certain nombre, enfin, visent particulièrement la conduite de la voiture.

Le présent manuel est conçu dans un esprit différent.

Après avoir, dans une première leçon, énuméré et décrit les parties *essentielles* d'une voiture automobile, l'auteur reprend successivement chacun de ces éléments, et en fait une étude spéciale, en se posant les questions suivantes :

Quelle fonction cet élément doit-il remplir ?

Comment doit-il la remplir ?

Par quels efforts principaux est-il sollicité ?

Quelles sont, par conséquent, les dispositions qu'il importe de réaliser pratiquement ?

Au surplus, ce plan vaut surtout par son exé-

cution : M. Bouzy y a mis ces qualités de méthode et cet esprit, si rare, de simplification, qui permettent de présenter des notions d'ordre professionnel dans un langage que tout le monde comprend, parce qu'il ne fait appel qu'au sens commun et à la réflexion.

C. CAILLARD,
*Inspecteur général
de l'Enseignement technique.*

L'AUTOMOBILE

CHAPITRE PREMIER

QU'EST-CE QU'UNE VOITURE AUTOMOBILE ?

SOMMAIRE. — Ce qu'on entend par véhicule automobile. — La force motrice. — Quelques désignations particulières. — Ce que comprend une voiture automobile : carrosserie; châssis a) châssis proprement dit, roues, suspension, moteur; b) changement de vitesses; c) embrayage; d) transmission par cardan ou par chaînes; e) différentiel; f) freins; g) mise en marche; h) éclairage.

1. Ce qu'on entend par véhicule automobile. — Un véhicule est *automobile* quand il se déplace de lui-même; il est donc nécessaire qu'il porte le moteur qui doit l'entraîner.

La locomotive, la voiture de tramway ou de métropolitain qui porte le moteur, sont des véhicules automobiles; mais, dans le langage courant, la qualification d'*automobiles* est réservée aux véhicules qui se déplacent d'eux-mêmes, sur le sol, sans être guidés par des rails.

2. La force motrice. — Certains véhicules automobiles ont, comme moteur, une vraie machine à vapeur, alimentée par une chaudière installée aussi sur le véhicule; d'autres sont pourvus d'un moteur électrique;

mais c'est le moteur dit à *explosion*, alimenté généralement à l'essence de pétrole, qui est le plus répandu.

3. Quelques désignations particulières. — Les véhicules automobiles servent au transport des voyageurs et à celui des marchandises.

La dénomination : *voitures automobiles* ou simplement *automobiles*, s'applique plus particulièrement à ceux de la première catégorie : on y recherche surtout la vitesse, le poids transporté étant relativement faible.

Ceux de la seconde catégorie sont dits *poids lourds*, quand ils sont capables de transporter une charge d'au moins 2.000 kilogrammes. On peut distinguer, parmi les poids lourds, les *camions* construits pour porter eux-mêmes la charge, et les *camions tracteurs*, ou simplement *tracteurs*, étudiés pour porter une charge et en tirer ou remorquer une autre. Leur allure ne dépasse pas 25 kilomètres à l'heure.

Les *camionnettes* tiennent, pour ainsi dire, le milieu entre les automobiles et les poids lourds. On les emploie pour les transports rapides de charges n'excédant pas 1.500 kilogrammes.

Cette classification, basée sur la nature de la chose transportée, n'a rien d'absolu : les autobus, les autocars utilisés pour le transport de groupes quelque peu importants de voyageurs, sont de vrais poids lourds.

Jusqu'en ces derniers temps nous ne connaissions que le véhicule automobile se déplaçant sur route. La guerre en aura vu un autre s'engager en plein champ, y évoluer près du fantassin, aborder les fossés pour s'y blottir avant de les franchir, gravir les talus et devenir ainsi le véhicule passe-partout.

Le char d'assaut — puisque c'est de lui qu'il s'agit —

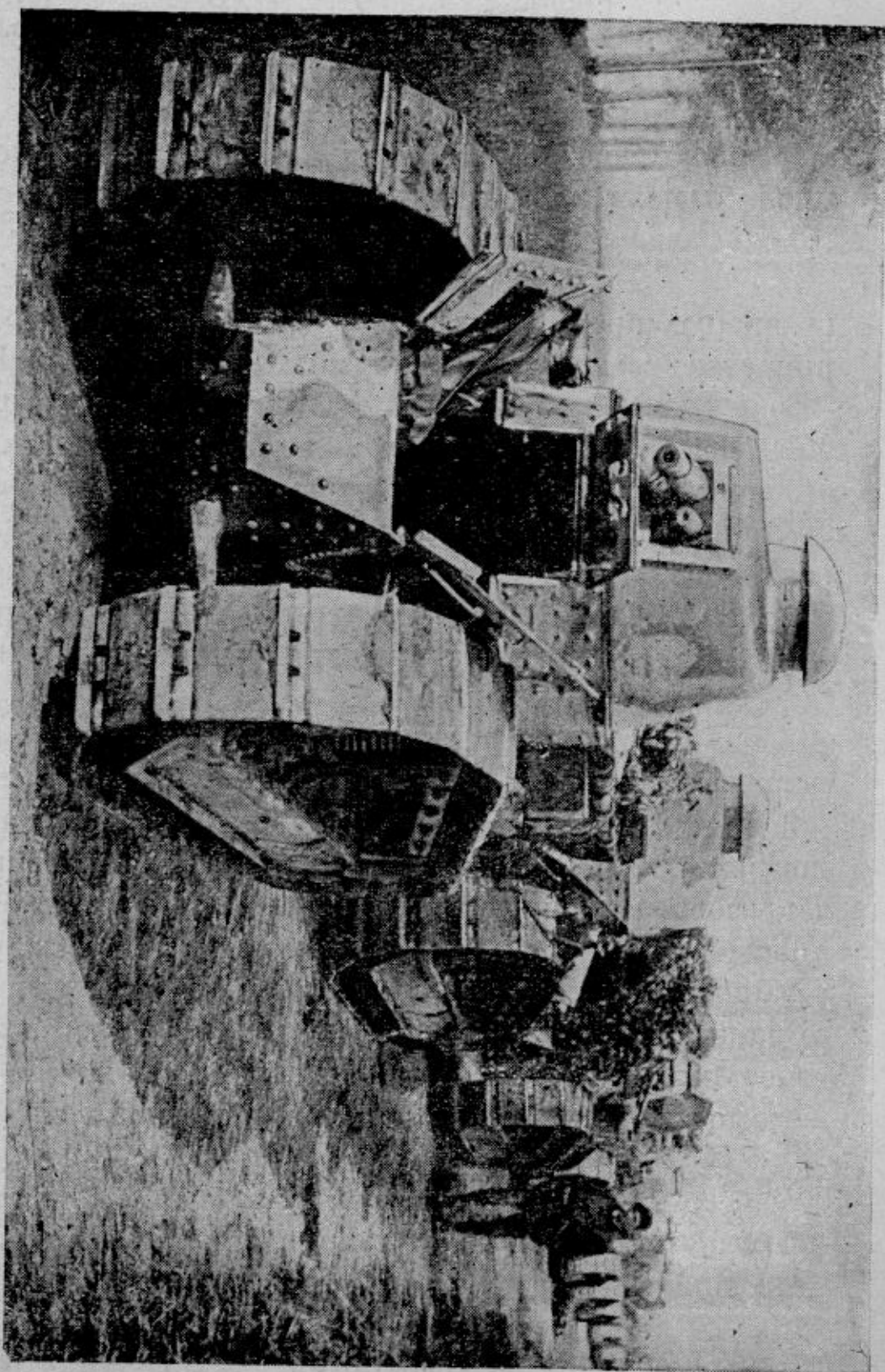


Fig. 1. — Les Chars d'assaut au temps de la guerre.

débarrassé de sa carapace d'acier et de ses engins destructeurs, s'est mué aujourd'hui en un pacifique *tracteur agricole*.

4. Ce que comprend une voiture automobile. —

Du fait que tous ces véhicules automobiles sont construits pour se déplacer librement, sans emprunter le guidage d'une voie, que les moyens employés pour les diriger, les arrêter, modifier leur allure, sont presque toujours les mêmes, — du moins, en ce qui concerne les véhicules pourvus de moteurs à explosion, — chacun d'eux renferme les mêmes organes essentiels. C'est pourquoi nous limiterons notre étude à celle de la *voiture automobile*.

a) Châssis, roues, suspension, moteur. — Une automobile est une voiture à quatre *roues*, A_1 , A_2 (fig. 2), montées sur deux *essieux*, un essieu avant B, un essieu arrière C, lesquels supportent, par l'intermédiaire de *ressorts* D, dont l'ensemble constitue la *suspension*, le *bâti* ou *châssis* proprement dit E. C'est sur le châssis que sont fixés le *moteur* F et tous les autres organes mécaniques de la voiture, ainsi que la *carrosserie*, caisse dont la disposition varie avec la destination du véhicule et la préférence du client.

b) Changement de vitesses, marche arrière, point mort. — Les roues avant A_1 servent exclusivement à la *direction* de la voiture, leur montage permettant de les braquer à volonté par rotation du volant Q. Les roues arrière A_2 sont *motrices* ; ce sont celles-ci que le moteur doit actionner. Or les pistons du moteur font tourner un arbre ou *vilebrequin* ; la solution la plus simple pour

transmettre le mouvement aux roues motrices serait donc de les fixer directement sur le vilebrequin. Bien des raisons s'y opposent, entre autres, la suivante :

Le moteur à explosion est un organisme manquant d'élasticité : il ne travaille économiquement, en donnant son maximum de puissance, que lorsqu'il fait faire à son

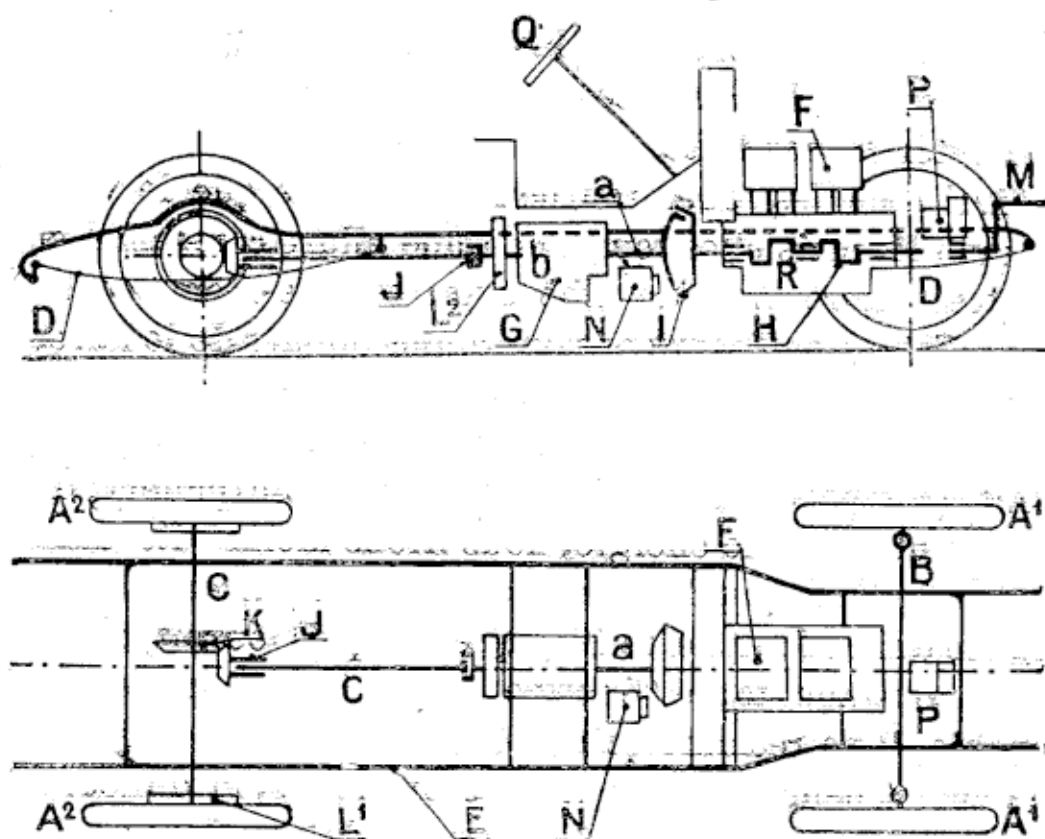


Fig. 2.

vilebrequin un nombre de tours déterminé par minute : ce nombre de tours est toujours très élevé, 1.200 par exemple. Les roues devraient donc en faire autant, ce qui aurait pour résultat d'imprimer au véhicule une vitesse d'environ 180 kilomètres à l'heure, dont s'accommoderaient mal, d'une part, la résistance des organes, d'autre part, la sécurité des voyageurs transportés et des voyageurs rencontrés, sans compter qu'il faudrait un moteur

extrêmement puissant pour maintenir cette allure, quel que soit l'état de la route.

On a donc été conduit à commander les roues arrière par un arbre différent du vilebrequin, et tournant à une vitesse moins grande que celui-ci, grâce à un *réducteur de vitesse* interposé entre ces deux arbres. Dès lors, le moteur peut être éloigné de l'essieu arrière et situé à l'avant, rendant libre une place où seront avantageusement installés la carrosserie et divers organes destinés à faciliter la conduite.

Ainsi donc les roues tournent moins vite que le vilebrequin H, mais elles tournent à une allure constante, si la vitesse de rotation du vilebrequin est elle-même constante. Est-ce suffisant ? Si nous étions obligés de le faire, nous éprouverions plus de difficulté à pousser une voiture sur une route avec nos bras, lorsque cette route monte (rampe) que lorsqu'elle est horizontale (palier) ; en déployant la même énergie, nous irions moins vite dans le premier cas que dans le second. Or, le moteur est un organe qui ne fonctionne bien que lorsqu'il fournit, d'une façon continue, toute l'énergie dont il est normalement capable. Il ne réclame qu'une chose : une tâche toujours également pénible. Dans les cas envisagés, la difficulté de la tâche dépend, en outre du *poids* de la voiture et de sa *charge*, de la *vitesse* du véhicule, du *profil* et de l'*état* de la route. Si la route monte, il faudra que la voiture aille moins vite, et d'autant moins que la rampe sera plus prononcée ; en palier, en pente légère, la vitesse pourra s'accélérer. Mais alors, il devient nécessaire que les roues tournent, non à une seule vitesse plus petite que celle du moteur, mais à plusieurs vitesses plus petites : trois ou quatre, par exemple. Ce n'est donc pas un réducteur simple comme celui auquel il vient d'être fait allusion

qu'il nous faut, mais trois ou quatre, disposés de façon que lorsque l'un d'eux fonctionne, les autres soient inactifs. La combinaison de ces réducteurs a reçu le nom, un peu impropre, de *boîte de vitesses* ou mieux de *changement de vitesses* G. C'est le rythme bruyant de l'échappement des gaz brûlés du moteur, perçu à l'oreille, et surtout, l'habitude qui indiquent quand il convient de passer d'une vitesse à une autre.

Le vilebrequin du moteur à explosion tourne toujours dans le même sens. La voiture ne peut donc reculer que si l'on a recours à un dispositif dit de *marche arrière* installé dans la boîte de vitesses, et permettant aux roues de tourner en sens inverse de leur sens normal.

Il est toujours désagréable de mettre une voiture en marche, surtout quand cette opération se fait à la main, ce qui est encore le cas le plus fréquent ; aussi serait-il peu pratique d'être dans l'obligation de stopper le moteur à tous les arrêts de faible durée. Un arrangement des organes de la boîte de vitesses peut faire que l'arbre commandant les roues ne soit pas entraîné par le vilebrequin du moteur. Dans cette position particulière, le mécanisme est dit au *point mort*.

La boîte de vitesses constitue donc un ensemble de première importance, puisqu'elle permet au moteur de toujours rendre le maximum par modification de la vitesse du véhicule selon les difficultés du parcours ; de faire aller la voiture en arrière ; de la maintenir à l'arrêt, le moteur continuant à fonctionner.

c) **Embrayage.** — Regardons des chevaux tirer sur une voiture arrêtée pour la mettre en marche. Ils font un effort considérable pour enlever la charge, puis, sitôt le véhicule dégagé, les traits se détendent plus ou moins,

ce qui indique que l'effort nécessaire pour entretenir le mouvement est moindre que celui qu'il a fallu développer pour le déterminer. Cet effort, au moment du démarrage, aurait dû être plus grand encore si, sous l'excitation du fouet du conducteur, les chevaux avaient enlevé la voiture à plus grande vitesse.

La mise en route d'une automobile est plus délicate. Quand, du premier coup, les chevaux ne réussissent pas, nous les retrouvons prêts pour une nouvelle tentative ; le moteur est beaucoup moins docile. Si, malgré le « coup de fouet » que nous lui donnons — coup de fouet sur la nature duquel nous aurons l'occasion de revenir — nous lui demandons un trop grand effort, correspondant à un démarrage trop brusque, il s'y refuse et s'arrête.

Il est donc nécessaire que la voiture démarre doucement, qu'elle prenne progressivement de la vitesse, sans que le moteur, tournant à une allure normale, ou légèrement supérieure à la normale, s'en aperçoive, pour ainsi dire.

Pour arriver à ce résultat, au lieu de prolonger le vilebrequin H jusqu'à la boîte de vitesse G, on l'arrête à sa sortie du carter R du moteur, et on le continue par un tronçon *a* qui en est distinct. Entre le vilebrequin et ce tronçon on intercale un *embrayage* I, établi de telle façon que lorsqu'on le fera intervenir, le vilebrequin tournant normalement, le tronçon d'arbre *a* qui était immobile ne prenne la vitesse du premier que progressivement.

Quand on ne fait pas jouer l'embrayage, ou, comme on dit, quand ce dispositif est dans la position de *débrayage*, le vilebrequin H et le tronçon *a* sont indépendants l'un de l'autre. Le premier peut tourner à n'importe quelle vitesse et le second demeurer immobile, combinaison précieuse si, devant un obstacle par exemple, il

faut ralentir ou s'arrêter. A ces deux cas n'est pas limitée la manœuvre de l'embrayage ; nous en verrons d'autres plus tard.

d) Transmission par cardan ou par chaîne. — Le moteur F, la boîte de vitesses G sont fixés à demeure sur le châssis ; l'essieu arrière C portant les roues motrices A, se trouve sous le châssis, relié avec lui d'une façon élastique par des ressorts. Il s'ensuit que la distance de l'axe C des roues arrière à la boîte de vitesses G, d'où sort l'arbre *b* à vitesse réduite, est variable suivant la flexion des ressorts. L'arbre *c* qui, après avoir reçu son mouvement de la boîte de vitesse G, le transmet à l'axe des roues, aura donc une inclinaison modifiée à chaque instant par la flexion des ressorts, et aussi, une longueur variable. Une jonction spéciale, dite *cardan* J, a pour objet de satisfaire à cette double condition.

Dans certaines voitures, les roues sont commandées par pignons *e*, *f* et chaînes S (fig. 3). La mobilité de ces dernières leur permet de suivre les mouvements du châssis tout en assurant la transmission d'une façon régulière.

e) Différentiel. — Quand la voiture va en ligne droite, les deux roues arrière parcourent le même chemin ; elles font, ainsi que leurs axes, le même nombre de tours dans le même temps. Il en va différemment dans un virage : la roue qui se trouve du côté du centre de la courbe couvre un parcours moindre que la roue opposée ; elle fait donc, dans le même temps, un nombre de tours moindre. Par conséquent, les deux roues ne peuvent pas être entraînées par un axe commun ; chacune doit avoir son axe, et la transmission du mouvement à chacun d'eux se fera de

façon qu'ils puissent tourner à des vitesses différentes. La combinaison d'engrenages destinée à obtenir ce résultat s'appelle le *différentiel* K (fig. 2 et 3).

,) **Freins.** — Nous avons indiqué plus haut la commodité que présentait le débrayage, lorsqu'il s'agissait de

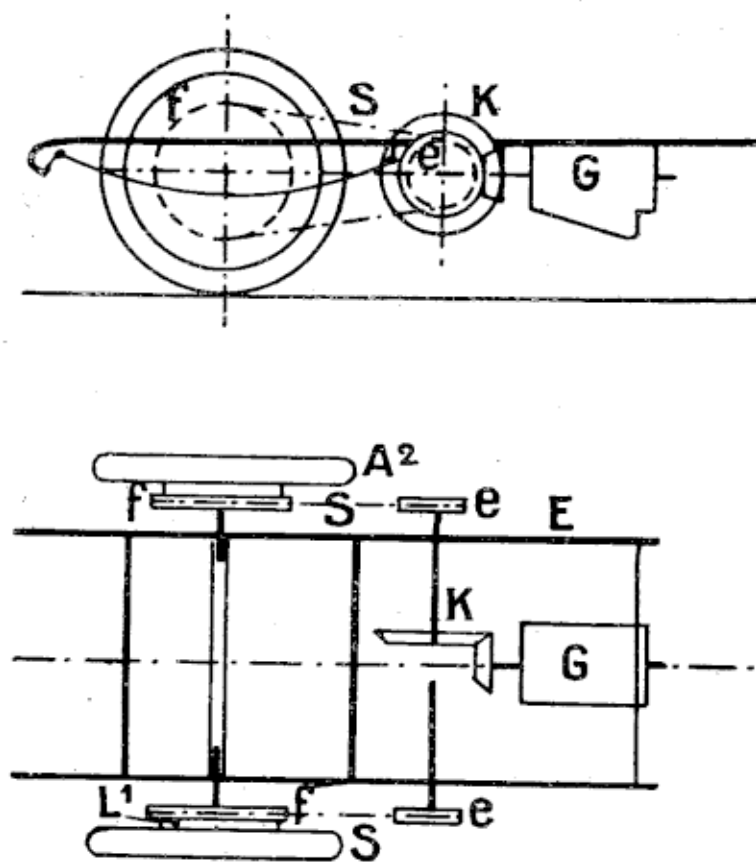


Fig. 3.

ralentir ou d'arrêter la voiture ; mais, au moment où nous débrayons, notre voiture a une certaine vitesse ; toutes ses roues sont montées sur des roulements à billes qui ne donnent lieu qu'à des frottements très faibles ; sa vitesse ne diminuera donc que très lentement, surtout si nous sommes en palier ; sur une pente, la voiture continuerait à plus forte raison à avancer, peut-être plus vite

que nous ne le voudrions ; par conséquent, le débrayage comme moyen d'arrêt serait très insuffisant. Il le serait surtout si nous nous trouvions brusquement en face d'un obstacle. Il est indispensable que nous disposions de *freins* L_1 , L_2 , dont un au moins L_1 pourra presser vigoureusement sur une couronne solidaire de chaque roue arrière.

g) **Mise en marche.** — Pour qu'un moteur à essence fonctionne, il faut faire exploser, dans les cylindres, un mélange, en proportions convenables et suffisamment trituré, de vapeur d'essence et d'air. Or, cette introduction de mélange ne peut être déterminée que par le mouvement des pistons ; d'où l'obligation, pour mettre le moteur en marche, de faire tourner le vilebrequin afin de déplacer les pistons. C'est pourquoi, il est prévu à l'avant, dans le prolongement du vilebrequin, une *manivelle* M à main (fig. 2), qui peut en être rendue solidaire pour le lancement du moteur. Mais c'est là une manœuvre sans commodité et sans élégance. L'on a cherché à la supprimer par l'installation d'un *moteur* auxiliaire N, dit de *lancement*, électrique par exemple, qui, pour le départ, attaque indirectement le vilebrequin.)

h) **Éclairage.** — Comme la voiture sert aussi bien la nuit que le jour, elle doit être munie d'un système d'éclairage ; ce système est constitué par des becs à acétylène ou par des lampes électriques appelés *phares*. Dans ce dernier cas, une *dynamo* P génératrice de courant actionnée par le vilebrequin, est installée sur le bâti ; une batterie d'accumulateurs, utilisée pour l'éclairage pendant les arrêts, la complète.

Tous ces organes mécaniques, y compris bâti, essieux

avec roues et ressorts, dont nous venons de définir rapidement la fonction, constituent ce qu'on appelle, en langage courant, le *châssis* de la voiture, laquelle comprend ainsi le châssis et la carrosserie.

Nous nous bornerons à l'étude du châssis en adoptant l'ordre suivant :

- 1° le moteur ;
- 2° le châssis proprement dit ou bâti ;
- 3° les essieux, les roues et la suspension ;
- 4° les organes appelés à transmettre le mouvement du vilebrequin aux roues : embrayage, changement de vitesse, cardan ou chaîne, différentiel ;
- 5° les organes de direction et les freins ;
- 6° les dispositifs de lancement ;
- 7° l'éclairage.

QUESTIONNAIRE

1. Qu'entend-on par véhicule automobile ? — 2. Quel moteur emploie-t-on le plus souvent sur les véhicules automobiles ? — 3. Parmi les véhicules automobiles, quels sont ceux que l'on désigne plus particulièrement sous le seul nom d'automobiles ? — Qu'appelle-t-on poids lourds ? — Le véhicule automobile a-t-il reçu d'autres applications que celles concernant le transport des voyageurs ou des marchandises ? — 4. *a et b*) Quelle est, dans une automobile, la fonction des roues avant, des roues arrière ? — *b*) Par l'intermédiaire de quels organes le vilebrequin du moteur commande-t-il les roues arrière ? — *b, c, d, e, f*). Indiquez le rôle de chacun des organes suivants : changement de vitesses, embrayage, cardan, différentiel, freins. — 4. *g*) Par quels moyens peut-on mettre la voiture en marche ? — 4. *h*) Comment peut-on éclairer ?

EXERCICES

1° Schéma du bâti, avec la suspension, les roues et l'emplacement du moteur. — 2° Schéma de l'emplacement des organes permettant de transmettre la rotation du vilebrequin aux roues motrices.

CHAPITRE II

LE MOTEUR

DESCRIPTION D'ENSEMBLE

SOMMAIRE : Fonction. — Description : Cylindre et organes de transformation de mouvement ; carburation ; distribution ; allumage ; carter ; graissage ; réfrigération ; équilibrage.

5. Fonction. — Le moteur est l'organisme qui, par les intermédiaires dont nous avons déjà défini le rôle, embrayage, changement de vitesses, etc., donne le mouvement de rotation aux roues arrière. En réalité, sa fonction se réduit à faire tourner l'arbre coudé ou *vilebrequin* A (fig. 4 et 5).

6. Description. — a) **Cylindre et organes de transformation de mouvement.** — Cette rotation est réalisée par déplacement dans un cylindre B (fig. 4) d'un piston C, relié au vilebrequin A par une forte tige rigide D dite *bielle*.

Une extrémité de la bielle, la tête d_1 , est articulée sur le maneton a du vilebrequin ; l'autre extrémité d_2

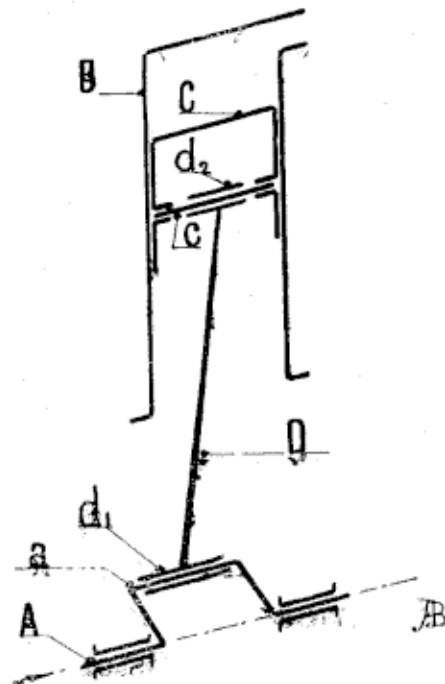


Fig. 4.

ou *piéd* est articulée sur la *traverse* ou *axe c* du piston C.

Quand le piston C va de sa position extrême supérieure C_1 (fig. 6), à sa position extrême inférieure C_2 ,

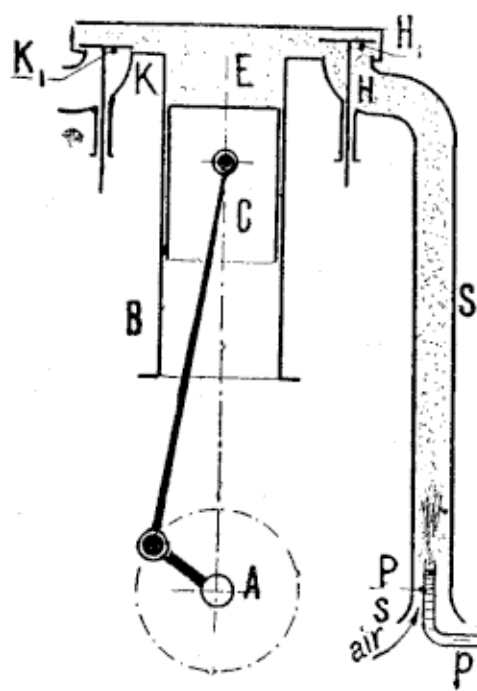


Fig. 5.

c'est-à-dire fait une *course*, le maneton a , partant de son *point mort supérieur* a_1 , fait un demi-tour $a_1 m a_1$, — la course étant double du *rayon r* du vilebrequin. Si le piston C remonte et revient à son point de départ, le maneton a , partant de son *point mort inférieur* a_2 , accomplit le demi-tour suivant $a_2 n a_2$.

La rotation continue du vilebrequin s'obtient donc en donnant au piston un mouvement de va-et-

vient dans son cylindre, en le poussant vers le bas, quand il est en haut, puis en le ramenant vers le haut, quand il est en bas.

b) Carburation. Distribution. Allumage. — Quel moyen peut-on employer pour pousser le piston vers le vilebrequin? Quand le piston occupe sa position extrême supérieure, il ne touche pas le fond du cylindre; entre ce fond et le piston existe un espace libre E (fig. 5 et 6) dit *chambre d'explosion*.

Supposons que cette chambre soit remplie d'un mélange de vapeur d'essence et d'air. Mettons le feu à ce mélange. Si la proportion d'air est convenable, la

vapeur d'essence brûle instantanément, *explose*, comme on dit, en dégageant beaucoup de chaleur ; la température s'élève rapidement ; les gaz qui résultent de la combustion de l'essence, et l'azote associé à l'oxygène dans l'air employé, se dilatent et tendent à occuper un volume plus grand que la capacité de la chambre d'explosion. Ils exercent ainsi une forte pression sur le piston et le poussent si énergiquement que, lorsque celui-ci est arrivé à fond de course, le vilebrequin, mis en rotation avec la même énergie, continue à tourner par suite de la vitesse acquise. Ce

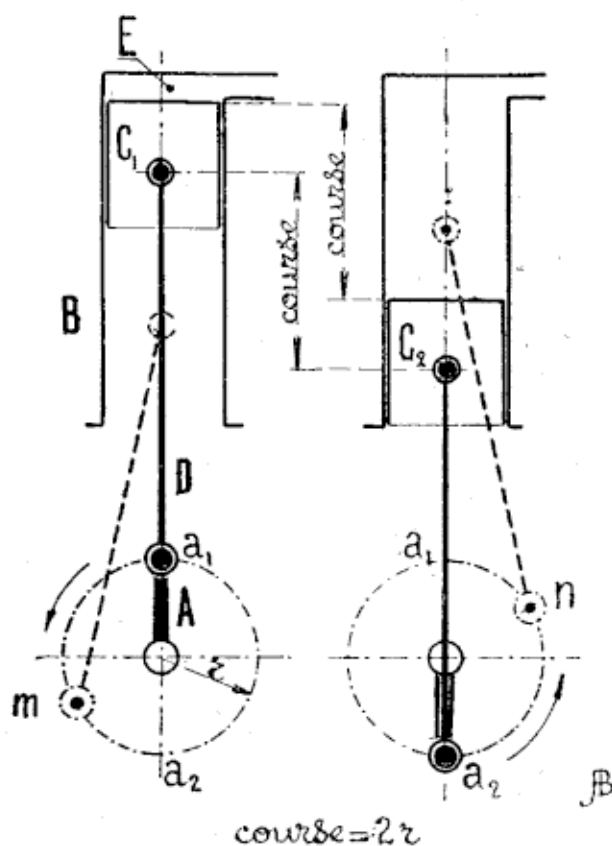


Fig. 6.

mouvement du vilebrequin fait remonter le piston si, toutefois, les gaz peuvent s'échapper assez rapidement pour n'opposer au mouvement rétrograde du piston qu'une faible résistance. Le cylindre présente à cet effet une ouverture K (fig. 5 et 7), dite *orifice d'échappement*, qui s'ouvre quand le piston est sur le point de remonter.

Il sera plus tard expliqué qu'une explosion est assez puissante pour que le vilebrequin fasse non pas seulement un tour, mais deux. Après ces deux tours, une

autre explosion se produit, laquelle lance encore le vilebrequin pour deux tours et ainsi de suite.

Pour assurer la continuité de la rotation, il suffit donc :

1° de *pulvériser et vaporiser le liquide combustible*, l'essence, par exemple, et d'en *mélanger la vapeur* à une *quantité convenable d'air* : c'est la fonction du *carburateur* P-Q (fig. 5 et 7) ;

2° de réserver sur la chambre d'explosion un *orifice* H, dit *d'admission*, pour l'introduction du mélange ;

3° de disposer d'un *appareil d'allumage* N-e, (fig. 7), capable d'allumer le mélange au moment voulu ;

4° d'avoir sur le cylindre un second *orifice* K, dit *d'échappement*, pour l'évacuation des gaz, résidus de la combustion.

Le mécanisme chargé d'ouvrir et de fermer ces orifices en temps voulu constitue la *distribution* L-L', c-c', d-d', H₁-K₁ (fig. 7).

c) **Carter.** — Pour que cet ensemble puisse fonctionner, il faut avant tout que le cylindre, le vilebrequin, le ou les arbres de distribution, conservent, les uns par rapport aux autres, une position invariable, ce qu'on réalise en les fixant sur une caisse rigide ou *carter* M (fig. 7).

Avec ce carter font corps les *paliers* qui supportent et guident le vilebrequin ; les *douilles de guidage* des arbres de distribution y sont rapportées ; la face supérieure reçoit le cylindre retenu par boulons. C'est encore sur le carter que sont fixés la magnéto d'allumage N et le carburateur P-Q. La partie inférieure M₁ forme réservoir d'huile. Enfin, le carter, constituant une caisse fermée, sert, par là même, de protecteur contre la boue et la poussière pour le vilebrequin, les bielles et la partie

inférieure du cylindre. Le carter est lui-même fixé sur les longerons Y du châssis.

d) **Graissage.** — Le vilebrequin tourne dans ses

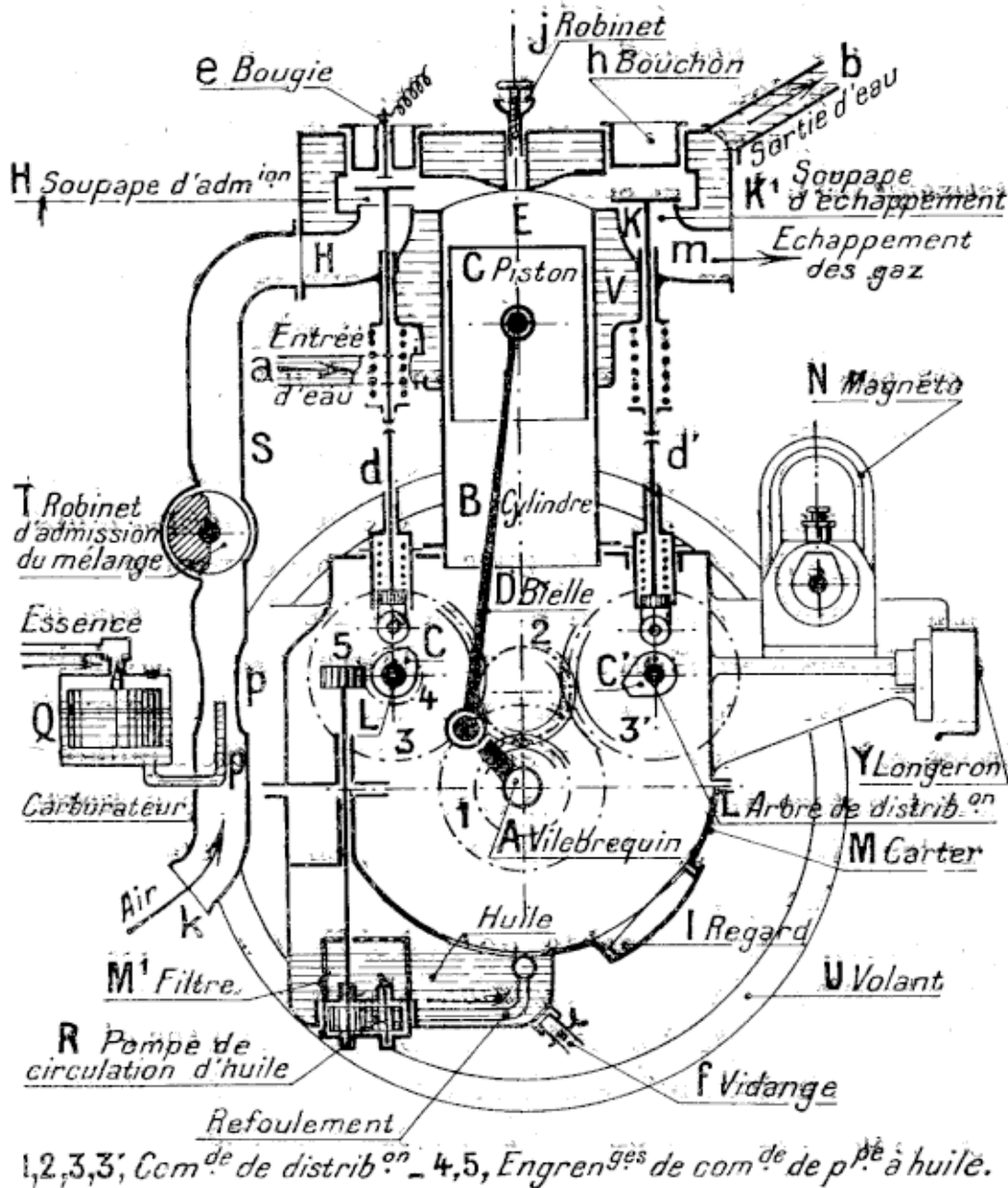


Fig. 7.

paliers en faisant, par exemple, 1300 tours par minute ; dans le même temps, le piston effectue 2600 courses ; le

maneton tourne de même dans la tête de bielle alors que le pied de celle-ci oscille sur la traverse du piston. Les surfaces ainsi en contact frottent les unes sur les autres. Le métal s'échaufferait exagérément, les surfaces s'arracheraient, gripperaient et le frottement créerait au déplacement de ces surfaces l'une sur l'autre une résistance excessive, si l'on n'avait soin de les lubrifier. Des dispositions doivent donc être prises, afin d'assurer un *graissage* abondant et sûr.

e) **Réfrigération.** — En supposant que le moteur fasse 1300 tours par minute, il se produirait, d'après ce qui a été dit plus haut, 650 explosions par minute. Le dégagement continu de chaleur qui en serait la conséquence porterait vite le cylindre, le piston, les obturateurs fermant les orifices d'admission et d'échappement, à une température élevée : 500°, 600° et même davantage ; le métal perdrait de sa résistance ; la fonte du cylindre ne tarderait pas à se fissurer ; l'huile de graissage introduite entre le cylindre et le piston brûlerait avant d'avoir opéré la lubrification ; le mélange combustible s'enflammerait automatiquement au contact des parois à haute température et trop tôt ; le moteur, en un mot, serait vite hors d'usage.

Il est donc indispensable de refroidir les parties les plus chauffées. Leur *réfrigération* s'assure, soit en augmentant leur contact avec l'air ambiant, soit, plus efficacement, en entourant le cylindre d'une couche d'eau V (fig. 7), qui se renouvelle d'une façon continue.

f) **Équilibrage.** — Nous avons supposé que le moteur ne comportait qu'un seul cylindre. Nous verrons plus loin l'intérêt que présente l'emploi de plusieurs cylindres

au point de vue de la sûreté de la marche, de l'atténuation des secousses imprimées au châssis par le moteur, et, surtout, de l'uniformité de l'effort exercé sur le vilebrequin pour le faire tourner. C'est aussi pour obtenir une rotation plus régulière de celui-ci qu'on le munit d'un volant U.

Le moteur constitue donc un organisme assez compliqué. Il sera étudié dans l'ordre suivant :

- 1° la *distribution* ;
- 2° l'*allumage* ;
- 3° le *graissage* ;
- 4° la *réfrigération* ;
- 5° l'*équilibre*.

Toutefois, cette étude sera précédée de quelques notions sur le *combustible* employé, la *préparation du mélange* à enflammer, autrement dit, sur la *carburation*. Elle sera complétée par quelques renseignements concernant la réalisation des pièces les plus importantes.

QUESTIONNAIRE

6. Enumérez les organes essentiels d'un moteur d'automobile.
— Comment le vilebrequin reçoit-il son mouvement de rotation ?
— a) Comment le va-et-vient du piston est-il obtenu ? — Quel est le rôle de la distribution ? — b) A quoi sert le carter ? — c) Indiquez les raisons pour lesquelles il est nécessaire de graisser le moteur — d) de refroidir le cylindre.

EXERCICE

Schéma de l'ensemble du cylindre, avec ses obturateurs d'admission et d'échappement, et du mécanisme de transformation de mouvement.

CHAPITRE III

LE MOTEUR (*Suite*)

COMBUSTIBLE, CARBURATION ET CARBURATEUR.

SOMMAIRE ; Qu'est-ce qu'un combustible ? Allure de la combustion dans le cylindre ; le combustible doit être un gaz ou une vapeur. — L'essence. — Le benzol. — L'alcool. — But de la carburation. — Carburateur : a) Pulvérisation, vaporisation, mélange ; b) Réglage de l'admission du mélange ; commande du robinet d'admission du mélange.

LE COMBUSTIBLE.

7. Qu'est-ce qu'un combustible ? — Un combustible est un corps capable de brûler, c'est-à-dire de se combiner facilement avec l'oxygène. La houille, l'essence de pétrole, la benzine, l'alcool, le gaz d'éclairage, le gaz hydrogène, sont des combustibles.

Deux corps, en particulier, brûlent facilement : c'est le charbon ou carbone et l'hydrogène. Les combustibles domestiques et industriels contiennent au moins l'un d'eux. Ainsi, dans la houille, il y a non seulement du carbone, qui en constitue la partie principale, mais aussi une petite proportion d'hydrogène ; l'essence, la benzine, le gaz d'éclairage sont formés de carbone et d'hydrogène ; l'alcool est une combinaison de carbone d'hydrogène et d'oxygène.

8. Allure de la combustion dans le cylindre. —

Toute combustion est accompagnée d'un dégagement de chaleur. Si la combustion s'opère très lentement, la chaleur dégagée a le temps de se disséminer dans les corps voisins et dans l'air : l'élévation de température est à peine sensible. Avec une combustion paresseuse dans la chambre d'explosion, la déperdition de chaleur serait donc trop importante et le piston poussé trop mollement. Il est indispensable d'obtenir une *combustion rapide*.

9. Le combustible doit être un gaz ou une vapeur. — De quoi dépend la rapidité de la combustion ?

Les corps peuvent être considérés comme formés par l'agglomération de particules extrêmement petites, de molécules, comme on dit. Dans les solides, ces molécules sont fortement pressées les unes contre les autres ; dans les liquides, elles peuvent glisser les unes sur les autres avec la plus grande facilité ; enfin, elles ont, dans les gaz, une tendance à s'éloigner les unes des autres.

Pour qu'une combustion soit rapide, il faut que toutes les molécules combustibles puissent, pour ainsi dire, brûler en même temps, et, par conséquent, que chacune d'elles trouve à sa portée l'oxygène qui la fera brûler. Cette condition exige que l'oxygène puisse s'infiltrer entre les molécules combustibles, et ces molécules combustibles ne peuvent être que des gouttelettes très fines d'un liquide pulvérisé ou, beaucoup mieux encore, des molécules gazeuses. C'est pourquoi, dans la pratique, le combustible employé est précisément un liquide — dont on peut emporter une réserve appréciable sans difficulté et sans encombrement — qu'on transforme en vapeur après l'avoir pulvérisé.

La facilité d'évaporation, le grand dégagement de chaleur résultant de la combustion, la commodité d'approvisionnement, le bon marché relatif ont, jusqu'ici, fait choisir l'essence de pétrole ; mais, d'autres liquides comme l'alcool, le benzol peuvent également être employés, et paraissent même appelés à concurrencer sérieusement l'essence.

10. L'essence. — On l'obtient en chauffant les pétroles à une température régulièrement croissante et condensant les vapeurs qui passent entre 70 et 120°.

Un litre d'essence pèse de 0 kg. 680 à 0 kg. 720. *Plus l'essence est légère, plus elle est volatile, c'est-à-dire plus elle se vaporise facilement, et, par conséquent, plus elle est appréciée.*

Elle se compose uniquement de carbone et d'hydrogène : environ 84 p. 100 de carbone et 16 p. 100 d'hydrogène.

En brûlant complètement, 1 kilogramme d'essence dégage de 10.000 à 11.000 *calories*, la calorie étant la quantité de chaleur qu'il faut communiquer à 1 kilogramme d'eau pour élever sa température de 1 degré. Le nombre de calories ainsi dégagées par la combustion complète d'un kilogramme d'un corps est ce qu'on appelle le *pouvoir calorifique* de ce corps. L'essence a un pouvoir calorifique de 10.000 à 11.000 calories.

Ce pouvoir calorifique est important à considérer : plus il sera élevé, plus augmentera la température dans le cylindre et plus la pression sera grande et l'impulsion donnée au piston, énergique.

Pour brûler complètement, 1 kilogramme d'essence demande à peu près 16 kilogrammes d'air. Pratiquement, le mélange de vapeur d'essence et d'air ne peut être

d'une intimité parfaite. De ce fait, une partie du carbone de l'essence — l'hydrogène brûle plus facilement — échapperait à la combustion, soit qu'il se dépose sur les parois du cylindre en les encrassant, soit qu'il s'évacue. Une perte en résulterait. On l'évite, ou tout au moins on la réduit, en forçant la proportion d'air et en la portant de 16 kilogrammes à 20 kilogrammes ou 22 kilogrammes, c'est-à-dire à 16 mètres cubes environ, ou, ce qui revient au même, à 11 litres d'air par centimètre cube d'essence.

11. Le benzol. — C'est de la benzine impure ; on l'obtient par traitement des goudrons recueillis lorsqu'on distille la houille, soit pour en extraire principalement le gaz d'éclairage, soit pour la convertir en coke métallurgique.

Il est plus lourd que l'essence : 1 litre pèse 0 kg. 885 ; mais il se vaporise aussi facilement.

Comme l'essence, il ne contient que du carbone et de l'hydrogène : 92 p. 100 de carbone et 8 p. 100 d'hydrogène. Sa combustion exige presque autant d'air. Son pouvoir calorifique est également très élevé : 10.000 calories par kilogramme.

On reproche au benzol de se congeler par les grands froids et aussi, de donner lieu dans les cylindres, par suite d'une combustion incomplète, à des dépôts de carbone qui encrassent les parois.

12. L'alcool. — L'alcool propre à l'alimentation des moteurs est l'alcool ordinaire, dit encore *éthylque*. Mais l'alcool destiné à la consommation est frappé de droits fort élevés. La Régie consent à exonérer l'alcool industriel de ces droits, à la condition qu'il soit rendu imbu-

vable par l'addition d'un *dénaturant* constitué par de l'esprit de bois et de la benzine.

L'alcool pèse 0 kg. 800 par litre. Dans les mêmes conditions de température et de pression, il se vaporise plus lentement que les deux liquides précédents.

Renfermant seulement 52 p. 100 de carbone et 13 p. 100 d'hydrogène, son pouvoir calorifique est également moins élevé ; il n'atteint pas 7.000 calories. D'ailleurs, l'alcool employé contient toujours une certaine proportion d'eau, environ 10 p. 100 ; mais on peut le relever par une addition de benzol (white spirite : 50 p. 100 d'alcool et 50 p. 100 de benzol).

Théoriquement 5 lit. 5 d'air suffisent pour brûler 1 cm³ d'alcool.

Il serait intéressant en France d'employer l'alcool dans les moteurs, parce qu'on peut l'obtenir, en particulier, avec la betterave, cultivée en grand dans la région du Nord. C'est donc un produit national, contrairement à l'essence ou aux pétroles, dont on extrait celle-ci, qui sont des produits d'importation.

CARBURATION ET CARBURATEUR.

13. But de la carburation. — L'essence, la benzine, combinaisons de carbone et d'hydrogène, sont ce qu'on appelle en chimie des carbures d'hydrogène. Le but de la carburation est d'imprégner l'air de la vapeur de l'un de ces carbures, essence, benzine, ou, par extension, alcool. Plus exactement, carburer l'air, c'est le *mélanger intimement et en proportion convenable avec de la vapeur d'essence* de façon à obtenir un mélange qui puisse brûler très facilement dans le cylindre, quelle que soit l'allure à laquelle tourne le moteur.

Une bonne carburation est très difficile à réaliser et les appareils dits *carbureteurs*, chargés de cette fonction, tout en donnant pour la plupart de bons résultats, ne sont pas encore parfaits.

Au cours des explications qui suivent, il est supposé que le moteur est alimenté à l'essence.

14. Carburateur. — Tout carburateur doit :

- a) *Pulvériser l'essence pour faciliter son évaporation, et mélanger sa vapeur à l'air ;*
- b) *Régler les proportions d'essence et d'air.*

a) **Pulvérisation, vaporisation, mélange.** — Le vase Q

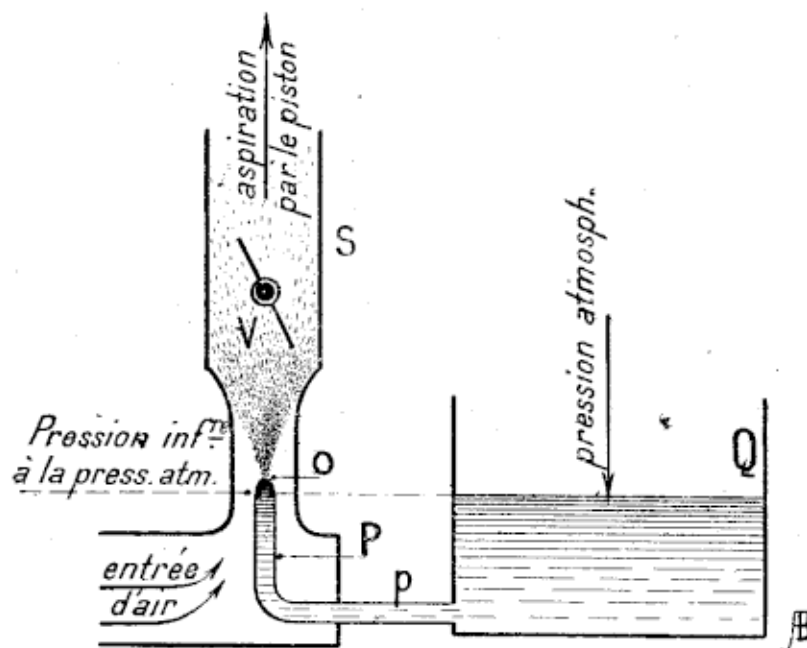


Fig. 8.

(fig. 5, 7 et 8) contenant de l'essence, communique par un canal *p* avec un tube *P* dit *gicleur*, dans lequel le liquide s'élève à la même hauteur que dans le vase, niveau qui est légèrement inférieur à celui de l'orifice *o* pour éviter toute déperdition aux arrêts.

Le gicleur débouche dans un conduit S aboutissant à la chambre d'explosion, E, la communication de cette chambre et de S ayant lieu quand la soupape d'admission H_1 est levée (fig. 5).

Le conduit S s'ouvre à son extrémité s dans l'atmosphère: Il peut être parcouru par un *violent courant d'air déterminé par le déplacement même du piston C*.

Supposons, en effet, ce piston dans sa position extrême supérieure, l'obturateur d'admission H_1 étant levé et l'orifice d'échappement K étant fermé; le conduit S constitue ainsi l'unique chemin que l'air peut suivre pour pénétrer dans la chambre d'explosion. Faisons descendre le piston; il crée au-dessus de lui un vide qui ne peut être comblé que par de l'air entrant par l'orifice s . Mais, si, comme cela a lieu en pratique, le déplacement du piston est très rapide, l'air, à cause de la faible section du tuyau, des coudes que celui-ci présente et qui gênent sa circulation, ne peut arriver dans le cylindre assez vite pour combler complètement et au fur et à mesure le vide qui se produit. Il en résulte que, dans le conduit S et surtout dans le cylindre, la pression de l'air entraîné est moindre que la pression atmosphérique; elle lui est inférieure d'une quantité dite *dépression*. La dépression augmente progressivement depuis le carburateur jusqu'au cylindre où elle atteint son maximum.

L'air ainsi appelé par le piston passe autour du gicleur. Au niveau de l'orifice o (fig. 8), la pression de l'air est légèrement inférieure à la pression atmosphérique, c'est-à-dire à celle qui s'exerce sur la surface du liquide du vase Q. Il s'ensuit que l'essence monte dans le gicleur et monte assez vivement pour en sortir en un jet, offrant à l'air une surface de contact relativement grande. L'essence se vaporise presque instantanément et le mélange

(vapeur d'essence et air) pénètre dans le cylindre.

b) Réglage de l'admission du mélange. — L'essence sort du gicleur d'autant plus vite, ou le débit est d'autant plus grand, que la dépression à l'orifice du gicleur est elle-même plus importante ; c'est pour augmenter cette dépression que le conduit d'air S est souvent rétréci au niveau de cet orifice.

La dépression favorise aussi la vaporisation : celle-ci est d'autant plus rapide que la pression de l'air dans laquelle se répand la vapeur est plus faible.

Cette dépression — due au déplacement du piston — détermine donc la *circulation de l'air*, le *jaillissement de l'essence* et favorise l'*évaporation* de celle-ci. Par cela même, elle permet l'alimentation du moteur.

Il est possible, en modifiant cette dépression, de faire varier l'introduction de gaz au cylindre. Lorsque le piston est arrivé au bas de sa course, il a bien été introduit dans le cylindre un volume de mélange égal au volume laissé libre par le piston, c'est-à-dire une *cylindrée*. Pendant toute la durée du remplissage, une dépression a régné dans le cylindre. Cette dépression subsiste quand, le piston étant au bas de sa course, l'obturateur d'admission ferme l'orifice correspondant (fig. 3). Cela revient à dire qu'on pourrait comprimer la cylindrée de mélange pour lui faire acquérir une pression égale à la pression atmosphérique, ce qui réduirait son volume et permettrait l'introduction d'une nouvelle quantité de vapeur d'essence et d'air. En d'autres termes, le cylindre est plein de mélange combustible, mais c'est d'un mélange peu serré, plus léger qu'il ne serait si la chambre d'explosion s'ouvrait directement dans l'air, sans l'intermédiaire du conduit S.

En résumé, plus la dépression est forte dans le cylindre, plus faible est le poids de la cylindrée de mélange qui y pénétrera et, naturellement, plus faible est la chaleur dégagée par l'explosion, plus faible aussi l'impulsion communiquée au piston.

Cette dépression, proportionnelle à la difficulté éprouvée par le mélange pour arriver jusqu'au cylindre, sera modifiée par la fermeture plus ou moins complète d'un *robinet*, ou d'un *papillon* ou *volet* V (fig. 8), placé sur le conduit S, immédiatement après le gicleur.

Veut-on accélérer l'allure du moteur ? L'on ouvre davantage le robinet : la cylindrée introduite pèse plus, l'explosion est plus violente, l'impulsion donnée au piston, plus énergique. Si la résistance rencontrée par la voiture ne varie pas, le moteur tournera plus vite. Il pourra maintenir son allure, si la résistance de la route s'accroît. L'augmentation de l'ouverture du *robinet d'admission de gaz* correspond donc à un coup de fouet. On y a fait allusion précédemment, à l'occasion du démarrage de la voiture.

Désire-t-on arrêter la voiture pendant quelques instants sans stopper le moteur ? Il est inutile de laisser celui-ci fonctionner à son allure normale : il consommerait inutilement de l'essence et, ne faisant rien, aurait une tendance à s'emballer. Mieux vaut ne lui fournir que la quantité de nourriture nécessaire pour entretenir son mouvement à allure réduite. A cet effet, l'on ferme presque complètement le robinet d'admission de gaz : le moteur est ainsi au *ralenti* extrême. Cette position du robinet est déterminée de telle manière que la cylindrée, constituée alors par un mélange très léger, puisse encore brûler et que les explosions successives aient une force suffisante pour entretenir la rotation à vide.

La fermeture complète du robinet entraînerait évidemment l'arrêt du moteur.

15. Commande du robinet d'admission du mélange. — Le volet d'admission des gaz est commandé du siège par le conducteur qui dispose, en général, d'une *manette dite de ralenti*, montée sur le tube de direction, et d'une *pédale dite d'accélération*. Manette et pédale actionnent le même papillon.

La manette peut occuper trois positions particulières :

1° une position extrême correspondant à une ouverture du volet (les $\frac{2}{3}$ par exemple de l'ouverture maxima), permettant au moteur de donner à la voiture une vitesse moyenne ;

2° une seconde position extrême correspondant à la fermeture complète du volet et, par conséquent, à l'arrêt du moteur ;

3° une troisième donnant l'extrême ralenti.

Entre la première et la troisième, la manette peut occuper une position quelconque intermédiaire.

Dans ce cas, la pédale n'entre en jeu que pour faire tourner le volet jusqu'à l'ouverture maxima, ouverture atteinte lorsque cette pédale est poussée à fond ; cette position correspond à la puissance maxima du moteur.

La figure 9 montre la transmission du mouvement au papillon V. Supposons celui-ci au ralenti extrême, par exemple ; déplaçons la manette F sur le secteur E, vers la position correspondant à une admission moyenne ; elle entraîne le manchon fileté *f* qui en est solidaire ; la tige B, que la clavette *j* immobilise en rotation, se déplace suivant *x*, pousse le doigt R qui, par les leviers *d*, *e*, actionne le papillon V.

La manette occupant une position quelconque, il est possible d'ouvrir davantage le volet par pression sur la pédale G, le mouvement de G étant transmis par

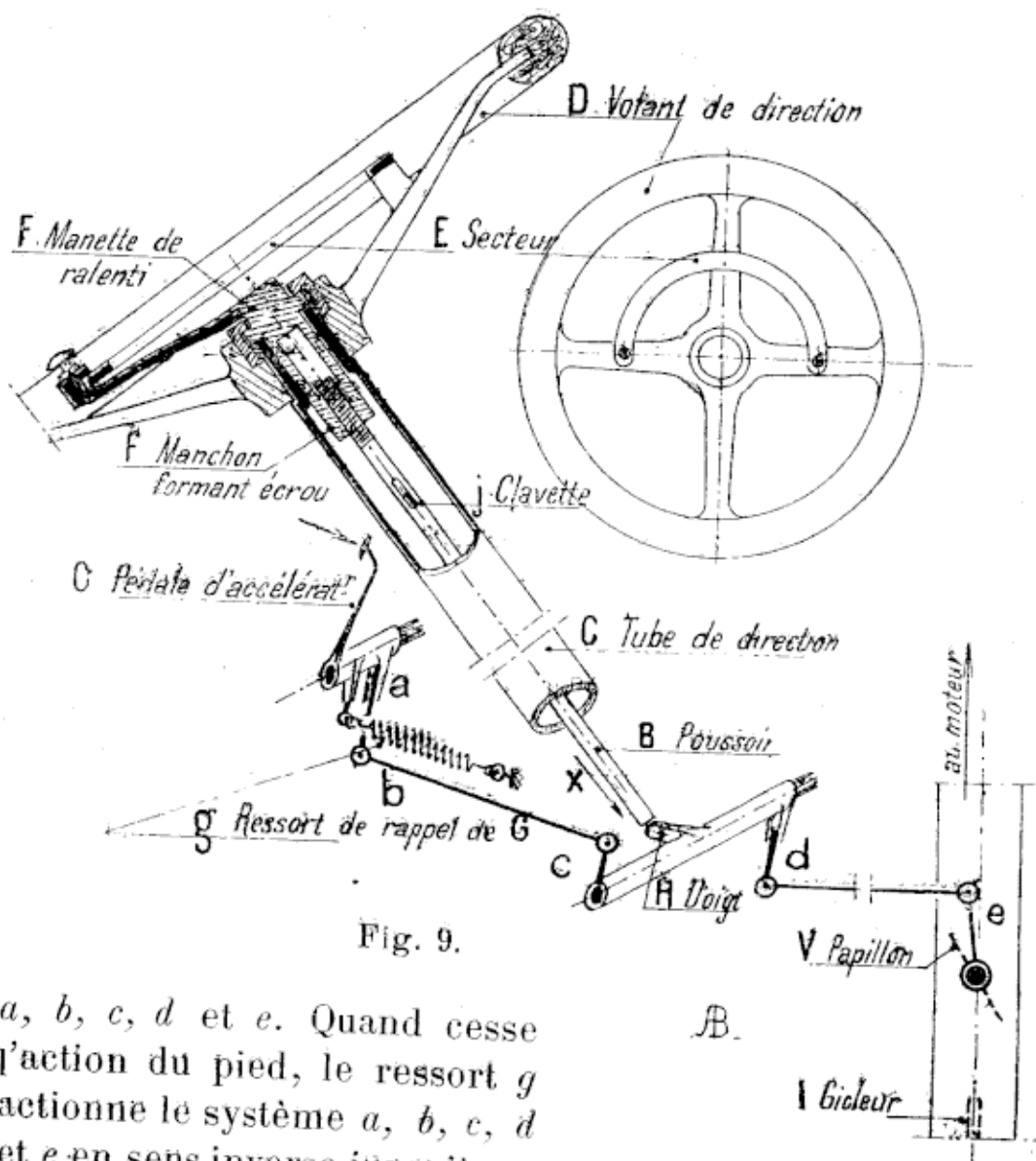


Fig. 9.

a, b, c, d et e. Quand cesse l'action du pied, le ressort *g* actionne le système *a, b, c, d et e* en sens inverse jusqu'à ce que le doigt *H* vienne s'appuyer sur l'extrémité de la tige *B*.

Ces explications ne concernent que le *principe* de la commande du volet. Quant aux *dispositions pratiques*, elles varient suivant les constructeurs.

QUESTIONNAIRE

7. Qu'est-ce qu'un combustible? — 9. Sous quel état le combustible doit-il être introduit dans le cylindre? — 10. Quelles sont les qualités d'un combustible pour moteur d'automobile? — Qu'appelle-t-on pouvoir calorifique d'un combustible? Expliquez son importance. — 10 et 11. Indiquez quelques propriétés intéressantes de l'essence, du benzol. — 12. Indiquez quelques propriétés de l'alcool et dites l'intérêt qu'il y aurait à utiliser davantage ce combustible. — 13. En quoi consiste la carburation? — Quelle est la fonction du carburateur? — 14. a) Comment réalise-t-on la vaporisation du liquide et le mélange de sa vapeur à l'air? — 14. b) Comment règle-t-on la quantité de mélange à admettre dans le cylindre?

EXERCICE

Schéma de la commande du robinet d'admission de gaz.

CHAPITRE IV

LE MOTEUR (*Suite*).

CARBURATION ET CARBURATEUR (*Suite et fin*).

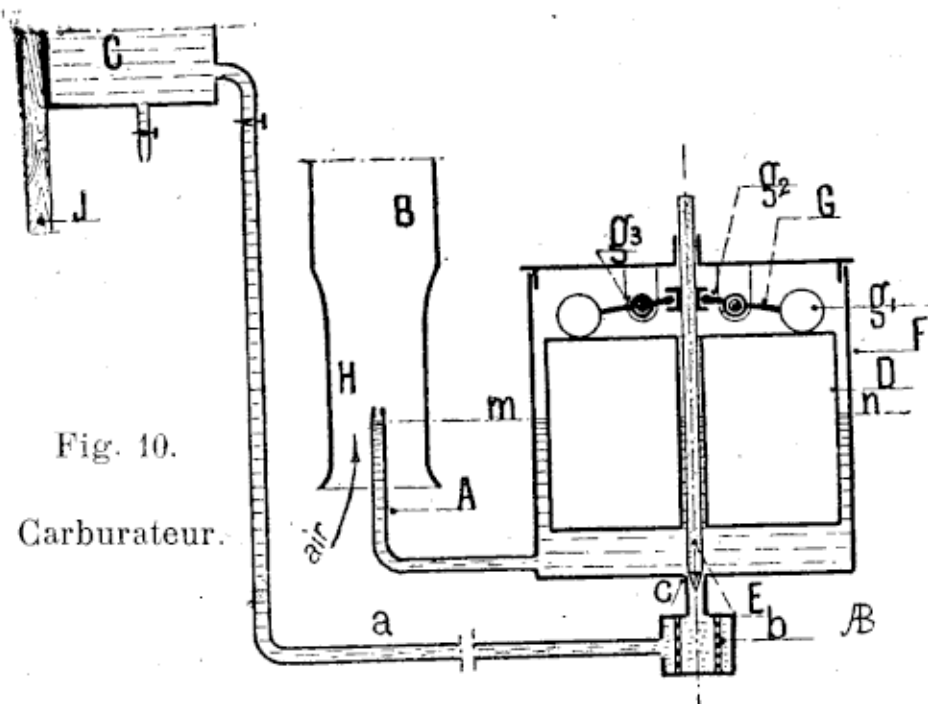
SOMMAIRE. — Réglage de la composition du mélange : réglage automatique ; vase à niveau constant. — Réglage par admission d'air additionnel. — Réglage par modération du débit d'essence. — Gicleur de ralenti. — Réchauffage : a) de l'air ; b) du carburateur et de la tuyauterie. — Alimentation du carburateur. — Montage.

15. Réglage de la composition du mélange. — **Réglage automatique. Vase à niveau constant.** — Le carburateur représenté dans les schémas ci-dessus est vraiment trop rudimentaire. Immédiatement apparaît un grave défaut : avec un tel système, au fur et à mesure que le liquide jaillirait, son niveau baisserait dans le vase et le gicleur débiterait avec une difficulté de plus en plus grande. Le mélange qui parviendrait au cylindre, de plus en plus pauvre en essence, serait bientôt incapable de brûler, sans compter que le vase serait vite à sec. Conséquemment, il est indispensable de maintenir, dans celui-ci, l'essence à un *niveau constant*. Tel est le rôle du flotteur D (fig. 10).

L'essence, contenue dans le réservoir C qui a un niveau supérieur au vase F, est amenée dans ce dernier par un tuyau *a*. Elle ne peut pénétrer dans F, après avoir tra-

versé le *filtre b*, que si le *pointeau E* est éloigné de l'orifice *c*. Ce pointeau est suspendu à deux petits leviers *G* à contrepoids *g*, qui reposent sur le flotteur *D*.

Pour un certain niveau mn , le pointeau E ferme l'orifice c ; par suite du débit du gicleur, ce niveau baisse, le flotteur descend; les contrepoids g_1 le suivent en basculant autour de leurs articulations g_2 et les extrémités



g, des leviers *G* soulèvent le pointeau *E*, permettant une nouvelle introduction de l'essence ; le flotteur remonte et le pointeau ferme *c* quand le niveau atteint sa hauteur normale.

Pour une dépression donnée en H, le carburateur sera ainsi capable de laisser passer dans le cylindre, en une seconde, par exemple, des poids déterminés d'air et d'essence. Ces poids dépendent des dimensions de l'appareil, en particulier du diamètre de l'orifice du gi-

cleur et du diamètre, ainsi que de la forme, du conduit d'air au voisinage de cet orifice.

Ces dimensions ont été déterminées par le constructeur, en prenant pour base une allure donnée du moteur, pour réaliser les proportions les plus favorables d'essence et d'air et préparer, par conséquent, le mélange le meilleur.

Ouvrons davantage le volet par pression sur la pédale, par exemple ; le volet oppose une résistance plus faible au passage du mélange, donc :

1° la dépression au cylindre *diminue momentanément* ;

2° la succion du piston se fait mieux sentir au voisinage du gicleur, favorisant ainsi la sortie de l'essence ; les cylindrées sont *plus riches*, et *momentanément* plus lourdes ; des explosions plus fortes se produisent et le moteur se met à tourner plus vite. Dès lors, il aspire de plus en plus énergiquement et l'on constate que l'effet de la dépression agit davantage sur l'essence que sur l'air.

Du fait de ces succions accélérées, le liquide sort si rapidement du gicleur que, par suite de la vitesse acquise, il continue même à couler lorsque cesse l'aspiration. Il jaillit ainsi d'une façon ininterrompue. Au contraire, l'air, moins lourd, d'un déplacement plus facile, ne traverse le carburateur que lorsqu'il y est appelé par le piston. Il y a dans ce cas, *excès d'essence*.

D'autre part, si la dépression baisse dès que le volet s'ouvre davantage, elle croît bien vite ensuite, dès que croît la vitesse, et la densité de l'air admis diminue parallèlement. Il y a donc de ce fait *réduction de l'air*. Le mélange devient par suite trop riche : le carbone de l'essence brûle incomplètement, le moteur s'encrasse ; les gaz d'échappement prennent une coloration noire ; leur odeur est désagréable.

Le contraire a lieu si le volet est tourné en sens inverse; l'essence filtre goutte à goutte plus qu'elle ne jaillit et le mélange devient trop pauvre.

Pour arriver à la constance dans la proportion d'essence et d'air, il faut donc *admettre davantage d'air*

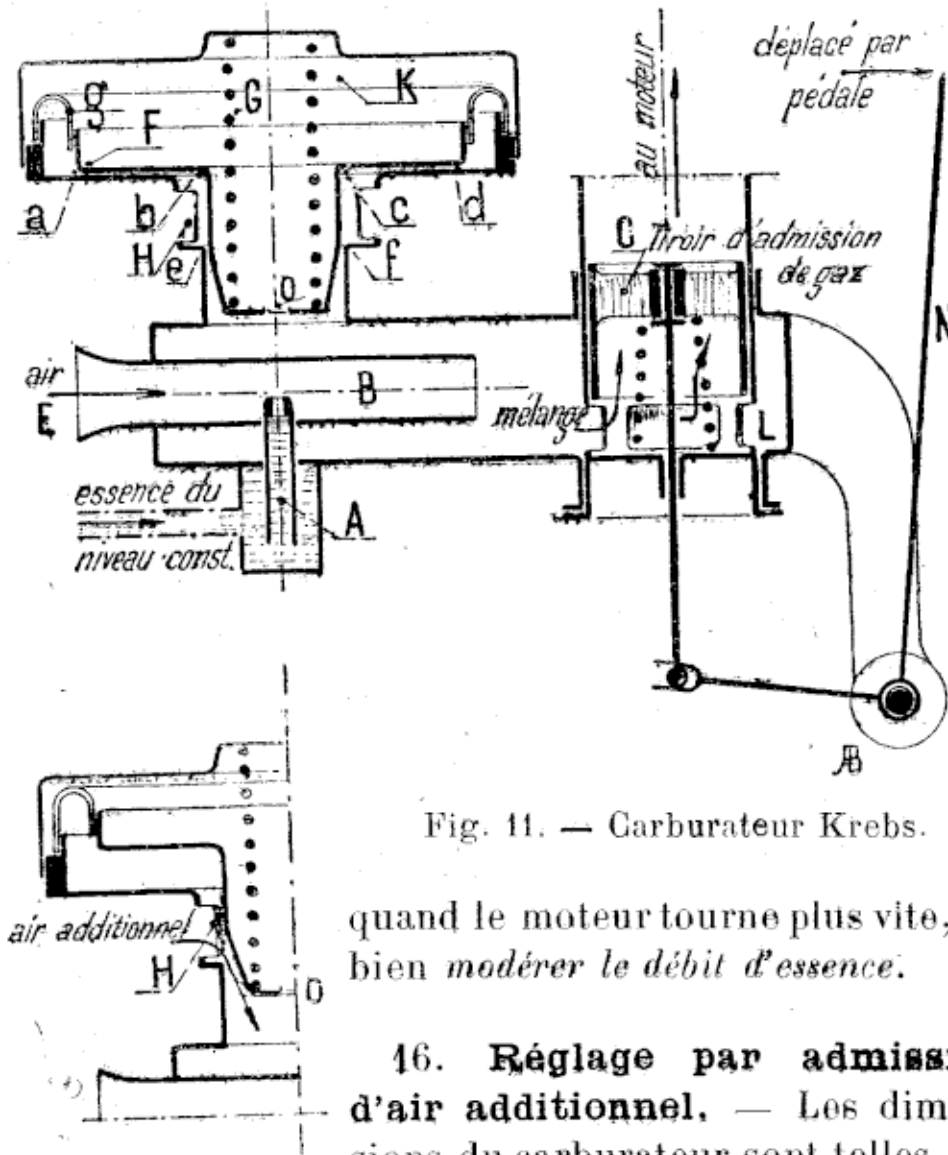


Fig. 11. — Carburateur Krebs.

quand le moteur tourne plus vite, ou bien *modérer le débit d'essence*.

16. Réglage par admission d'air additionnel. — Les dimensions du carburateur sont telles que le mélange est de composition convenable pour une allure lente du moteur. Quand la vitesse augmente, l'accroissement de dépression qui en résulte déplace un piston qui démasque graduellement des ouvertures par

lesquelles l'air pénètre. Un tel dispositif agit également sur l'essence, l'introduction supplémentaire d'air diminuant la dépression et réduisant la force qui fait jaillir le liquide.

La figure 11 montre le fonctionnement du carburateur Krebs installé sur certaines voitures. A faible allure, le ressort G maintient le piston F dans la position de la figure et l'air entre uniquement par E. Si la dépression dépasse une certaine valeur, elle se communique par le trou O dans l'intérieur du cylindre K ; la pression atmosphérique qui s'exerce à l'extérieur sur la surface annulaire : cercle *ad* — cercle *bc* du piston F, triomphe du ressort G et de la pression intérieure, fait remonter ce piston ; celui-ci découvre graduellement l'orifice *ef* par lequel pénètre l'air entrant par les lumières H. Une membrane de caoutchouc *g* assure au piston F une grande mobilité sans frottement et sans fuite.

17. Réglage par modération du débit d'essence. —

Le carburateur comporte deux gicleurs A et B (fig. 12). L'un d'eux, le *gicleur principal* A, alimenté *directement* par la cuve à niveau constant C, débite un poids d'essence croissant avec la dépression en D et, par conséquent, avec la vitesse. Le deuxième jet B est alimenté par un second vase E ou *puits de ralenti*, ouvert à l'atmosphère en *o*, dans lequel la cuve à niveau constant laisse couler, pendant chaque minute, par exemple, une quantité déterminée d'essence, cette quantité étant réglée par la distance du niveau *mn* à l'orifice *q* et par le diamètre de l'ajutage calibré ou *jet de compensation* F.

Aux faibles vitesses, l'essence sort avec peine du gicleur principal A ; le complément nécessaire est fourni par le second gicleur B.

Aux allures rapides, l'essence jaillit vivement du gicleur principal, mais, cependant, en quantité insuffisante pour carburer convenablement l'air admis en G ; comme dans le cas précédent, la carburation est complétée par le second jet B. Celui-ci débiterait volontiers aussi vivement

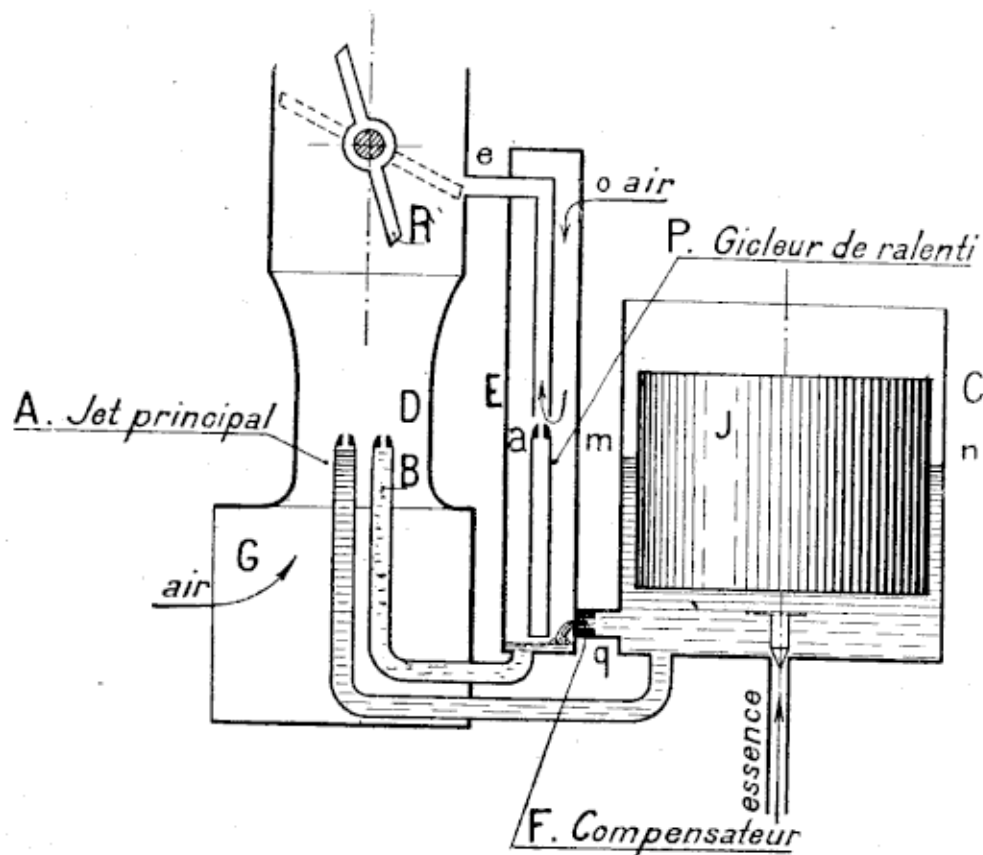


Fig. 12. — Carburateur Zenith.

que le premier, mais il ne peut dépenser plus que ne reçoit, par le compensateur F, le puits E, lequel se trouve souvent à sec. Cette modération dans le débit d'essence permet de conserver une proportionnalité satisfaisante entre l'essence et l'air pour toutes les vitesses du moteur.

La disposition qui vient d'être indiquée caractérise le carburateur Zenith, dont la figure 13 donne une coupe. On y retrouve les éléments du schéma (figure 12) avec seulement de légères modifications de détails : les deux,

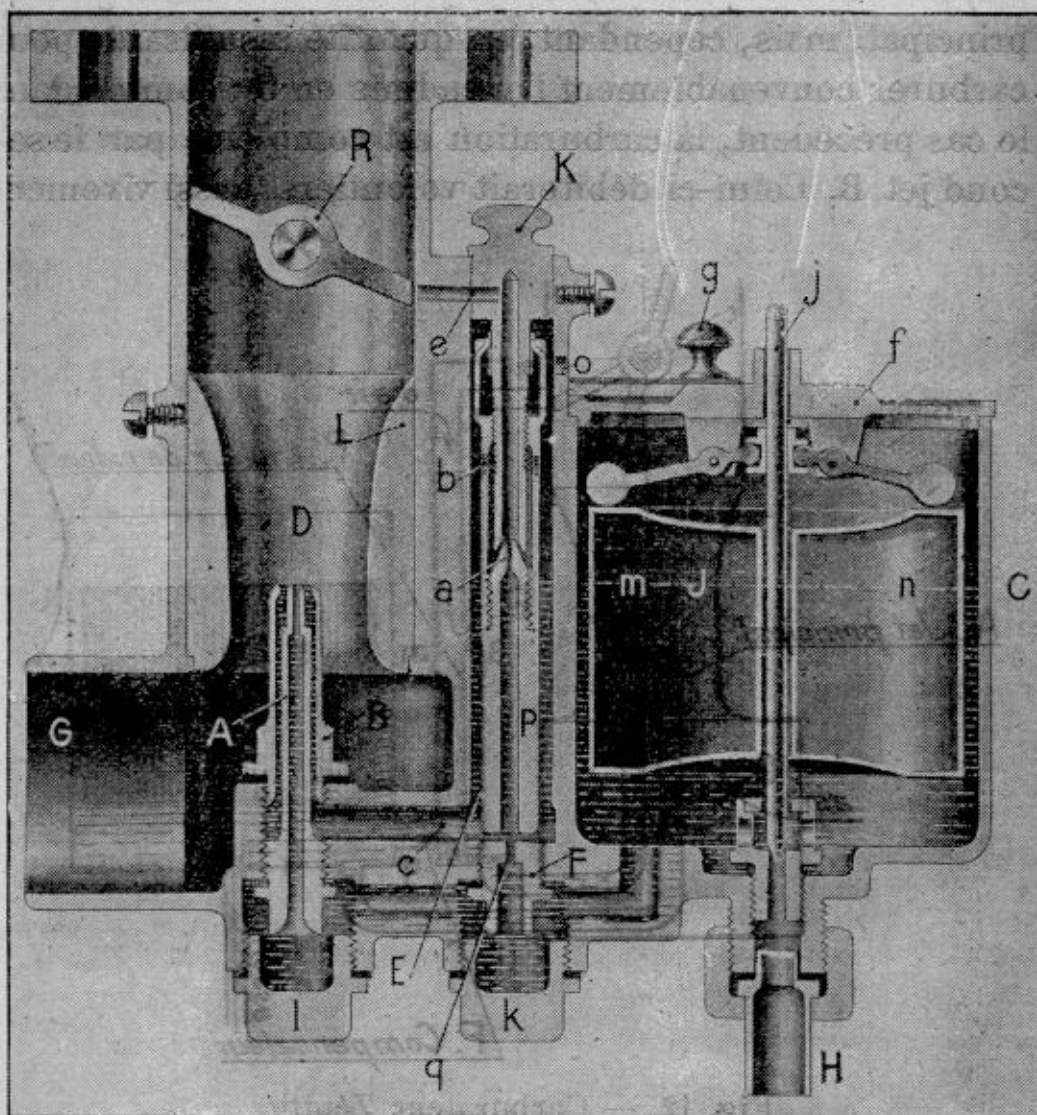
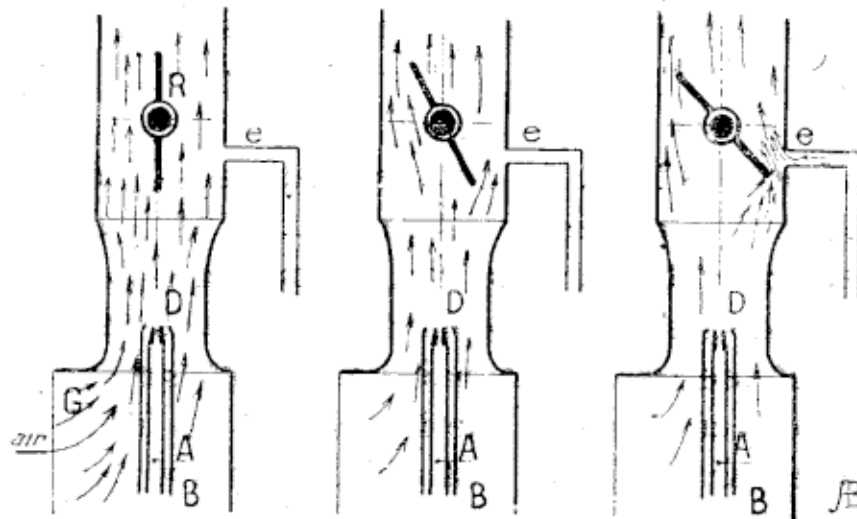


Fig. 13. — Carburateur Zénith.

A, gicleur principal ; B, second jet ; C, cuve à niveau constant ; D, chambre de carburation ; E, pipe ; F, compensateur ; G, entrée d'air ; H, arrivée d'essence ; J, flotteur ; K, bouton de réglage du ralenti ; L, diffuseur ; P, gicleur de ralenti ; R, papillon. a orifice du gicleur de ralenti ; o, b, trous d'introduction d'air au ralenti ; e, passage du mélange fourni par le ralenti ; c, alimentation du second jet ; f, couvercle du carburateur ; g, bouton du ressort maintenant le couvercle ; j, pointeau ; k, l, bouchons ; m, n, niveau normal ; q, ajustage du compensateur.

gicleurs A et B sont concentriques, le jet principal A occupant la partie centrale ; l'ajutage de compensation, F quoique disposé différemment, agit de la même façon.

18. Gicleur de ralenti. — Pendant la rotation du moteur à vide, le volet R est fermé presque complètement (fig. 12, 13 et 14). L'aspiration se fait par suite peu sentir entre les jets et le volet ; l'essence pourrait n'être entraînée qu'en quantité insuffisante pour fournir une



La depression en D décroît lorsqu'on ferme le volet

Fig. 14.

cylindrée combustible et le moteur s'arrêterait. Un troisième gicleur P (fig. 12 et 13) dit de *ralenti* évite cet inconvénient.

Pendant la rotation à vide, la consommation d'essence est très faible. Le second jet B ne dépense pas complètement le liquide que le puits recueille par le compensateur ; le niveau peut monter dans ce puits à la même hauteur que dans la cuve à niveau constant. En regard du bord du volet dans sa position de quasi-fermeture, débouche un canal e qui prend naissance à peu de dis-

tance du gicleur P, lequel plonge dans le liquide du puits. L'aspiration dans ce canal *e* est très forte ; le liquide jaillit facilement par *a* (fig. 12), il est entraîné par l'air admis en *o* fournissant ainsi la quantité de mélange indispensable à l'alimentation du moteur.

Ce gicleur de ralenti P intervient aussi très heureusement au moment de la mise en marche. Pendant l'arrêt, le puits E se remplit jusqu'à une hauteur correspondant au niveau dans la cuve. Si, alors, on ouvre peu le volet, ce gicleur *a* débite immédiatement, assurant un départ facile.

19. Réchauffage. — La vaporisation de l'essence se fait d'autant mieux que la température de l'air est plus élevée. Or, cette vaporisation absorbe de la chaleur. Il est facile de s'en rendre compte en se versant quelques gouttes d'essence dans la main ; ces gouttes disparaissent rapidement en laissant une impression de fraîcheur.

La chaleur absorbée est empruntée au carburateur dont la température s'abaisse. Dans ce cas, la vaporisation est très incomplète. L'air emporte une forte proportion de gouttelettes d'essence. Une partie de ces gouttelettes se déposent sur les parois de la tuyauterie, au delà du volet, contrariant le réglage de l'allure et donnant lieu à des bouffées d'essence alors que le papillon est au ralenti. Le reste pénètre dans le cylindre et ne brûle que partiellement. Ces inconvénients sont surtout sensibles par les grands froids.

Le carburateur est installé près du moteur, à l'intérieur du *capot* dont l'air est toujours échauffé par le contact avec l'enveloppe des cylindres. Mais cette disposition n'est pas suffisante pour le maintenir à une température convenable. Pour arriver à ce résultat, il est nécessaire

de procéder par *réchauffage* soit de l'air d'admission, soit de la tuyauterie.

a) **Réchauffage de l'air.** — L'air est admis par un manchon C (fig. 15) enveloppant sur une faible longueur le tuyau d'échappement D. La température de l'air, à son entrée dans le carburateur, peut être réglée par l'ou-

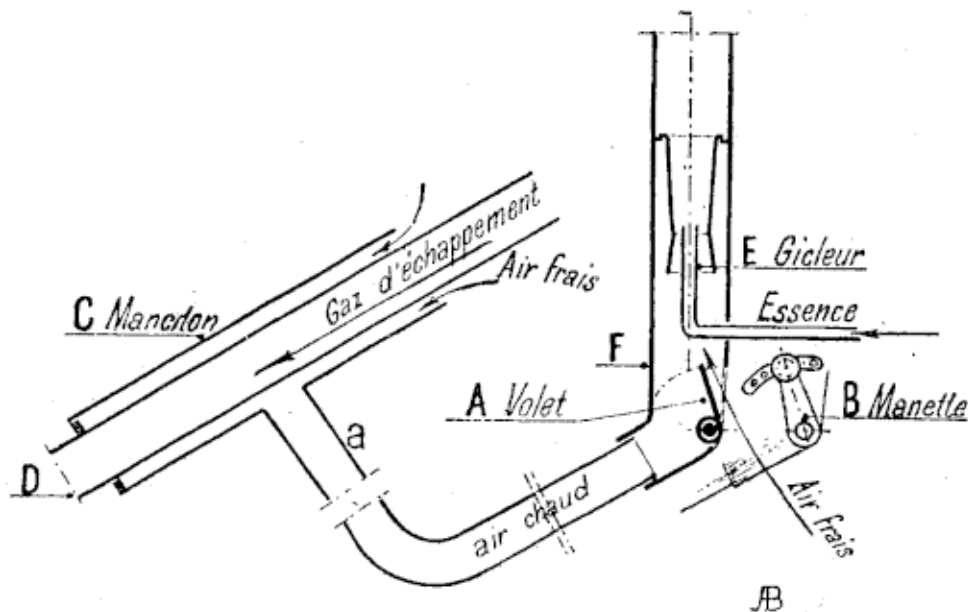


Fig. 15. — Réchauffage de l'air.

verture d'un volet A — manœuvré par B — donnant accès à l'air frais.

b) **Réchauffage du carburateur et de la tuyauterie.** — Le carburateur A (fig. 16) est entouré d'une chambre B, parcourue par un courant d'eau chaude prélevé sur la canalisation de réfrigération D à la sortie des cylindres. L'activité de la circulation dans B peut être modifiée à volonté par le pointeau C placé sur le retour à la pompe de circulation.

Assez souvent, c'est la tuyauterie qui est enveloppée,

immédiatement au-delà du volet d'admission, par le manchon de réchauffage.

Malgré toutes les précautions prises, malgré l'ingéniosité des dispositifs employés, le mélange préparé par le

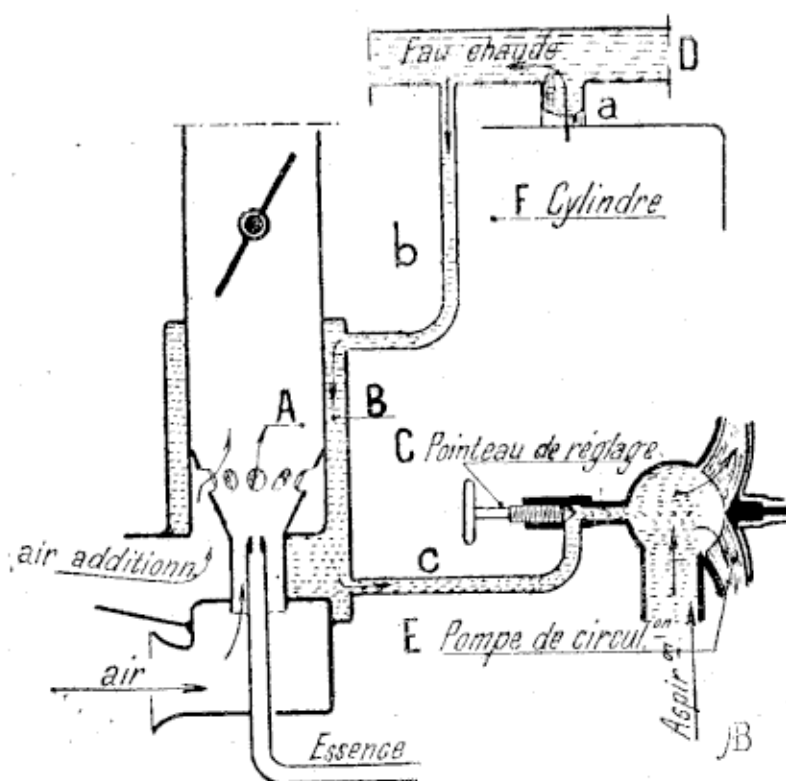


Fig. 16. — Réchauffage du carburateur.

carburateur ne remplit pas toutes les conditions requises pour brûler rapidement et donner au piston une impulsion vigoureuse. Il faut le brasser, en presser les molécules les unes contre les autres, l'échauffer pour faciliter son inflammation : ce rôle revient au piston qui, après avoir déterminé l'admission d'une cylindrée, en effectue la *compression*.

20. **Alimentation du carburateur.** — La cuve à niveau constant reçoit l'essence d'un *réservoir* C (fig. 40) disposé le plus souvent, à un niveau plus élevé, soit sur



le garde-crotte J, soit sous le siège. La différence de niveau doit être telle que l'alimentation soit assurée même dans une forte rampe, le réservoir étant presque vide.

Cette disposition permet, avant la mise en marche, de faire couler l'essence par le gicleur de manière que les premières cylindrées soient riches et favorisent ainsi le démarrage du moteur. Il suffit de lever le pointeau A (fig. 17) en abaissant le flotteur B au moyen d'un poussoir à ressort C. Le liquide monte dans la cuve et aussi dans le gicleur où il déborde.

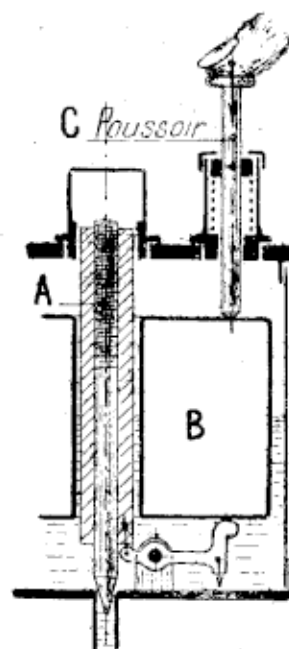


Fig. 17.

21. Montage. — Lorsque les axes du gicleur et du vase à

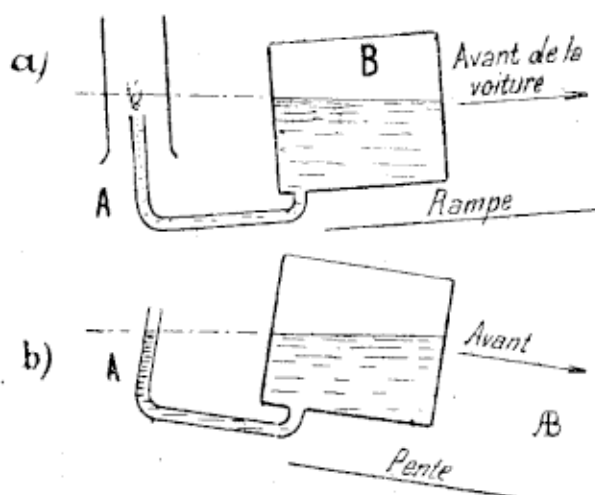


Fig. 18.

niveau constant sont dans un même plan parallèle au vilebrequin, le gicleur est à l'arrière, du côté de la planche garde-crotte. Par conséquent, dans les rampes où le moteur a une tendance à « peiner », le niveau se rapproche de l'orifice du gicleur et le liquide jaillit plus facilement (fig. 18, a) ; c'est l'inverse dans les pentes (fig. 18, b).

Quand la vitesse de la voiture augmente, et en parti-

culier lors de la mise en marche, l'essence, par suite de son inertie, tend à rester en place. Elle afflue vers le gicleur, circonstance favorable au démarrage. Elle reflue au contraire vers la cuve, quand la vitesse diminue.

QUESTIONNAIRE

15. Quels inconvénients présenterait un carburateur réduit à un gicleur, une cuve et une chambre de carburation ? — Quel est le principe de réglage de la composition du mélange ? — Comment fonctionne le vase à niveau constant et quel est son rôle ? — 16. Exposez le principe du carburateur à admission d'air additionnel. — 17. Quel est le principe du carburateur à deux gicleurs ? — 18. A quoi sert le gicleur de ralenti ? — 19. Pourquoi est-il nécessaire d'avoir un mélange à température suffisamment élevée ? — Comment assure-t-on au mélange une température convenable ? — 20. Comment le vase à niveau constant est-il alimenté ? — Comment détermine-t-on l'afflux d'essence au gicleur lors de la mise en marche du moteur ? — 21. Comment le carburateur est-il orienté ?

EXERCICES

1. Schéma d'un carburateur avec le vase à niveau constant.
 - 2. Schéma d'un carburateur avec entrée d'air additionnel.
 - 3. Schéma d'un carburateur à deux gicleurs.
 - 4. Dispositif de réchauffage de l'air d'admission.
 - 5. Dispositif de réchauffage du carburateur.
-

CHAPITRE V

LE MOTEUR (*Suite*).

LA DISTRIBUTION.

SOMMAIRE. — **Fonction.** — Quand les orifices d'admission et d'échappement doivent-ils être ouverts et fermés ? Cycle à quatre temps : *a*) admission, *b*) compression, *c*) explosion et détente, *d*) échappement. — Importance de la compression ; nécessité de la limiter. — Modifications apportées dans l'ouverture et la fermeture des orifices d'admission et d'échappement : retard à l'ouverture de l'admission ; retard à la fermeture de l'admission ; avance à l'ouverture de l'échappement ; retard à la fermeture de l'échappement. — Organes qui ouvrent et ferment les orifices d'admission et d'échappement : *a*) soupapes ; *b*) montage des soupapes ; *c*) disposition des soupapes. — Commande des soupapes. — Commande de l'arbre de distribution. — Ordre d'alimentation des cylindres. — Echappement.

22. Fonction. — Le carburateur a préparé un mélange de vapeur d'essence et d'air dans les proportions reconnues les meilleures pour obtenir une inflammation facile, suivie d'une combustion rapide et complète. Il s'agit maintenant d'introduire ce mélange dans le cylindre, de l'y enflammer, de faire agir sur le piston les gaz résultant de la combustion et d'évacuer ces gaz, après qu'ils auront effectué sur ce piston leur poussée motrice.

Interviennent pour faire passer le mélange par ces phases successives :

1° le piston, dont le va-et-vient détermine non seule-

ment l'aspiration du mélange, mais aussi l'évacuation des gaz brûlés ;

2° l'appareil d'allumage, chargé d'enflammer le mélange, et enfin :

3° la *distribution*, qui *établit* et qui *supprime*, à l'instant voulu, la *communication du cylindre*, d'une part, avec le *carburateur pour l'admission*, et, d'autre part, avec l'*extérieur pour l'évacuation*.

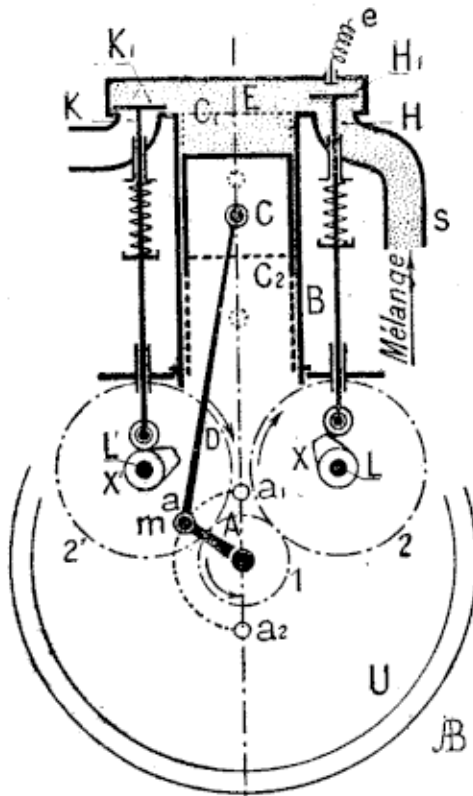
23. Quand les orifices d'admission et d'échappement doivent-ils être ouverts et fermés ? *Cycle à quatre temps.* — *a) Admission.* — Quand le piston est sur le point d'aspirer le mélange, il occupe sa position extrême supérieure C_1 (fig. 49) ; le maneton est en a_1 ; le mécanisme de distribution découvre l'orifice d'admission H ; l'orifice d'échappement K est fermé.

Le vilebrequin A est entraîné par le volant U, et aussi, lorsque la voiture est en marche, par les roues arrière de celle-ci qui, par suite de sa masse, ne peut perdre instantanément sa vitesse. Il tourne, et, par la bielle D, fait descendre le piston C jusqu'à sa position extrême inférieure C_2 correspondant à la position a_2 du maneton. Le mélange est aspiré pendant toute cette course. En fin de course, l'orifice d'admission H est fermé.

b) Compression. — Continuant à être entraîné par le volant U, le vilebrequin poursuit sa rotation ; le piston accomplit sa course ascendante pendant laquelle les deux orifices d'admission H et d'échappement K demeurent fermés.

Le mélange occupe ainsi une capacité : cylindre B et chambre d'explosion E, sans communication ni avec le carburateur, puisque H est fermé, ni avec l'extérieur, puisque K l'est également.

Au fur et à mesure que le piston s'élève, le volume du mélange gazeux se réduit et sa pression augmente, de sorte que le piston éprouve de la part du mélange une

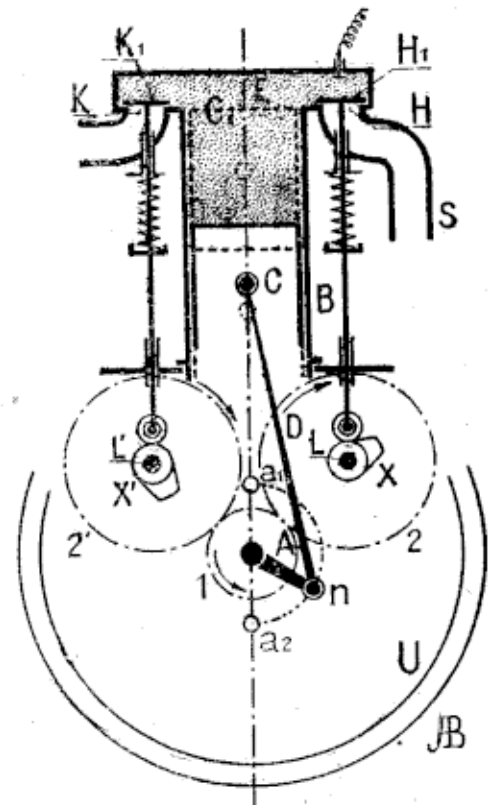
1^{er} temps

1^{re} demi-tour - Course descendante.

H ouvert - K fermé

Volant U entraîne vilebrequin A et piston C
Admission.

Fig. 19 (a)

2^e temps

2^e demi-tour - Course ascendante

H fermé - K fermé

U entraîne A et C

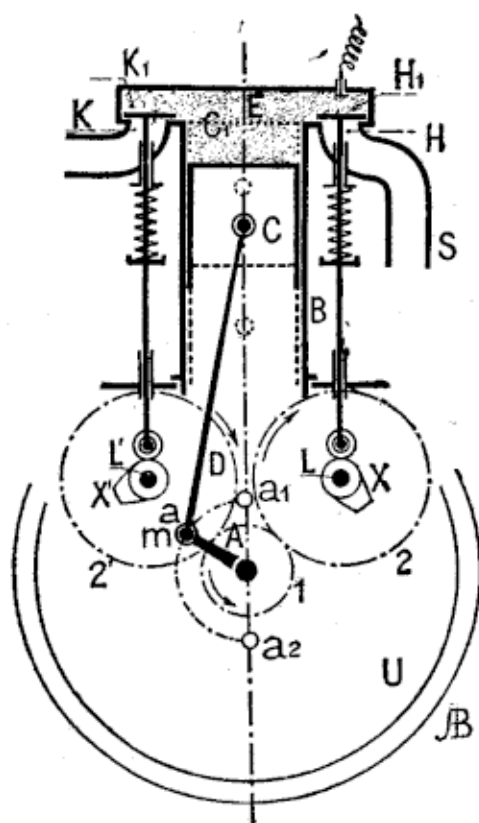
Compression

Fig. 19 (b)

résistance de plus en plus grande qui croît proportionnellement à la réduction du volume. Si, par exemple, au début du mouvement ascendant du piston, ce mélange occupe un volume de $1^{\text{dm}^3},200$ et est à la pression atmosphérique et si, en fin de course, ce volume se trouve

réduit au quart, c'est-à-dire à $0^{\text{dm}^3},300$, la pression est plus que quadruplée.

c) **Explosion et détente.** — Malgré cette résistance



3^e temps

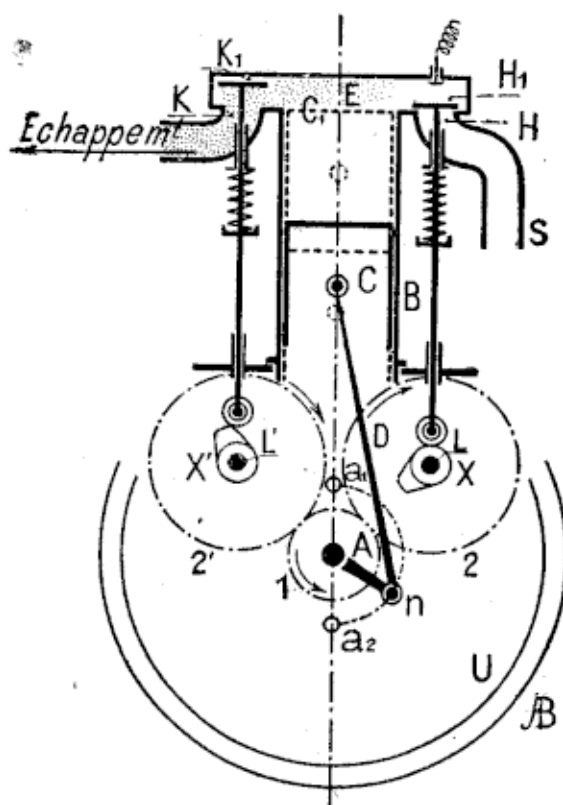
3^e demi-tour — Course descendante

H fermé — K fermé

Inflammation — Détente

Course motrice — Piston C entraîne A et U

Fig. 19 (c)



4^e temps

4^e demi-tour — Course ascendante

H fermé — K ouvert

U entraîne A et C.

Echappement

Fig. 19 (d).

croissante, le piston, poussé par la bielle, parvient jusqu'au haut de sa course. C'est le moment choisi pour faire jaillir l'étincelle : le mélange prend feu autour de celle-ci ; la flamme gagne de proche en proche toute la masse du gaz et assez rapidement pour que le piston qui

descend ne soit pas encore très éloigné de son point le plus haut quand la combustion est terminée.

Cette combustion est accompagnée d'un fort dégagement de chaleur : un peu plus de la moitié de cette chaleur s'incorpore, pour ainsi dire, aux gaz résultant de la combustion ; le reste pénètre dans les parties métalliques voisines : parois du cylindre, piston.

La température des gaz s'élève donc et ces gaz tendent à se dilater. Mais les orifices d'admission H et d'échappement K sont fermés et le piston s'oppose, dans une certaine mesure, à une augmentation de volume. Alors la pression de ces gaz s'accroît et devient 4 à 5 fois ce qu'elle était au début de l'inflammation.

Cette pression agit sur le piston. Celui-ci est lancé violemment, comme le serait un projectile, et, par la bielle, il donne au vilebrequin A, ainsi qu'à son volant U, une impulsion suffisamment énergique pour actionner tout le système : vilebrequin, bielle, piston, jusqu'à ce que l'explosion suivante se produise.

Au fur et à mesure que le piston descend, les gaz occupent un volume de plus en plus grand ; leur pression diminue, ainsi du reste que leur température. On dit que les gaz se *détendent*. Lorsque le piston arrive au bas de sa course, la pression se trouve réduite au $\frac{1}{5}$ environ de sa valeur après l'inflammation. C'est alors que l'obturateur K₁ découvre l'orifice d'échappement K.

d) Echappement. — Grâce à l'impulsion reçue, le système : vilebrequin, volant, continue à tourner et fait remonter le piston qui chasse devant lui les gaz brûlés. Cette évacuation par le conduit d'échappement — l'orifice d'admission demeurant encore fermé — se produit jusqu'à la fin de la course ascendante. A ce moment,

l'orifice d'échappement se ferme ; l'orifice d'admission s'ouvre, afin que le piston, qui va descendre à nouveau, puisse déterminer une aspiration de mélange frais, et ainsi de suite.

C'est donc après chaque période de deux tours du vilebrequin, ou de quatre courses du piston, que se retrouve dans le cylindre un mélange sous le même état, soumis à la même opération, et que les obturateurs d'admission et d'échappement se représentent dans la même position. Un moteur ayant ce régime est dit à *quatre temps* (fig. 19).

Le vilebrequin se trouve donc un peu dans les mêmes conditions qu'une manivelle sur la poignée de laquelle la main n'exercerait un effort que pendant un demi-tour sur deux tours ; pendant les trois autres demi-tours, la main se bornerait à accompagner la poignée dans sa rotation.

24. Importance de la compression. — Pendant le deuxième temps, le mélange, progressivement comprimé, oppose à la montée du piston une résistance croissante qui serait suffisante pour arrêter le mécanisme si — la voiture étant supposée au repos, par exemple — le volant n'avait pas été assez fortement lancé lors de l'explosion précédente ou si le poids de ce volant était trop faible.

Le piston étant parvenu au haut de sa course, supposons qu'il n'y ait pas inflammation du mélange. Ce mélange tend à reprendre son volume initial, c'est-à-dire celui qu'il avait à la fin du premier temps. Comme dans la course de compression, le mélange presse sur le piston, mais avec cette différence que, cette fois, le piston peut obéir à cette pression et actionner réellement le vilebrequin.

Le mélange combustible se comporte donc comme un véritable ressort : aux pertes près, il rend en se détendant le travail qu'il avait fallu fournir pour le comprimer. Si, pendant la compression, le vilebrequin a une tendance à ralentir, il tend au contraire à accélérer son allure pendant la détente et les deux effets se compensent sensiblement.

Réduite à ce rôle d'être la cause d'effets successifs contraires sur le piston, la compression apparaîtrait sans utilité. Et cependant, l'expérience montre qu'elle est indispensable au bon fonctionnement du moteur :

1° en raison de la rapidité avec laquelle elle se produit, elle opère un *brassage énergétique* des molécules ; elle détermine ainsi, dans toute la masse, l'uniformité de répartition des molécules de vapeur d'essence et des molécules d'oxygène, uniformité indispensable pour assurer une combustion complète ;

2° elle est accompagnée d'un *dégagement important de chaleur* ; la paroi du cylindre étant à une température plus élevée que le mélange admis, il en résulte que la chaleur dégagée par la compression demeure tout entière incorporée dans ce mélange, la température du gaz croît jusque vers 470° et s'approche ainsi de celle qui est nécessaire pour l'inflammation : l'allumage par l'étincelle se trouve par cela même mieux assuré ;

3° du fait que les molécules sont pressées les unes contre les autres, et que leur température est assez élevée, *l'inflammation se propage dans la masse avec plus de rapidité* et c'est là, ainsi qu'il a déjà été dit, une condition indispensable pour que le piston reçoive une impulsion énergétique ;

4° pendant la combustion du mélange, la température s'élève très rapidement ; elle atteint, presque instantané-

ment, 1500° environ. La dilatation des gaz ne pouvant s'opérer librement, car le piston ne se déplace pas assez vite pour qu'il en soit ainsi, c'est leur pression qui augmente ; elle devient 4 à 5 fois ce qu'elle était en fin de compression. *La poussée sur le piston est donc d'autant plus grande que la compression a été plus forte.* Et cela est vrai, même si l'on tient compte de la fraction de cette poussée qui correspond à la récupération du travail momentanément perdu pendant la compression.

Nécessité de limiter la compression. — Puisque la compression est une source de gain, puisque ce gain est d'autant plus marqué que la compression est plus forte, il semble qu'il y ait intérêt à l'augmenter le plus possible. Or, l'on serait vite arrêté dans cette voie :

1° un trop grand effort exercé brusquement sur le piston au moment de l'explosion *fatiguerait exagérément les articulations* de la bielle avec la traverse du piston et avec le vilebrequin ;

2° une pression trop élevée pendant l'explosion exigerait des *parois de cylindre plus épaisses*, et, conséquemment, entraînerait une augmentation de poids du moteur ;

3° la température en fin d'explosion devenant plus élevée, il serait nécessaire *d'accroître l'efficacité de la réfrigération*, sans quoi l'intérieur du cylindre cesserait d'être maintenu à une température convenable pour le graissage ;

4° en fin ou même en cours de compression, la température s'élevant démesurément pourrait atteindre un degré tel que le *mélange prendrait feu de lui-même*, et cela, d'une façon irrégulière, c'est-à-dire pour des positions variables du piston, selon le poids et la richesse de la cylindrée ou l'encrassement des parois de la chambre d'explosion.

C'est pour ces diverses raisons que la compression en volume doit avoir pour limite de 4 à 4,5, c'est-à-dire que le volume occupé par le mélange au début de la compression ne doit pas dépasser 4 fois à 4 fois $1/2$ celui auquel il est réduit en fin de compression. La pression maxima pendant l'explosion est ainsi voisine de 25 fois la pression atmosphérique.

25. Modifications apportées dans l'ouverture et la fermeture des orifices d'admission et d'échappement. — Nous avons supposé : 1° que l'orifice d'admission était ouvert au début de la première course et fermé en fin de cette même course ; 2° que l'orifice d'échappement était démasqué au début de la quatrième course et fermé également à la fin de cette course.

En réalité, les choses se passent différemment.

Retard à l'ouverture d'admission. — Le but de l'aspiration est, en marche normale, de remplir la chambre d'explosion et le cylindre d'un mélange à une pression aussi voisine que possible de la pression atmosphérique. C'est le piston qui détermine cette aspiration. Celle-ci est d'autant plus énergique que le piston va plus vite ; elle est donc faible au début de la course. La figure 20 montre les différences de chemins parcourus par le piston lorsque le maneton effectue le premier et le second douzième de tour à partir de a_1 (c plus petit que d). Il n'y a donc pas d'inconvénient à retarder légèrement l'admission, à ne la permettre que lorsque le

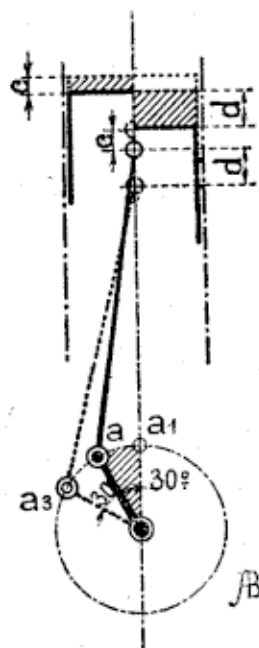


Fig. 20.

maneton a décrit un arc a de 10° par exemple : il y a dans ce cas *retard à l'ouverture d'admission* (fig. 21).

Retard à la fermeture de l'admission. — Quand le piston est arrivé au bas de sa course, le cylindre est rempli d'un mélange qui se trouve à une pression inférieure à la pression atmosphérique. Ce mélange qui arrivait avec une certaine vitesse ne demande qu'à continuer à péné-

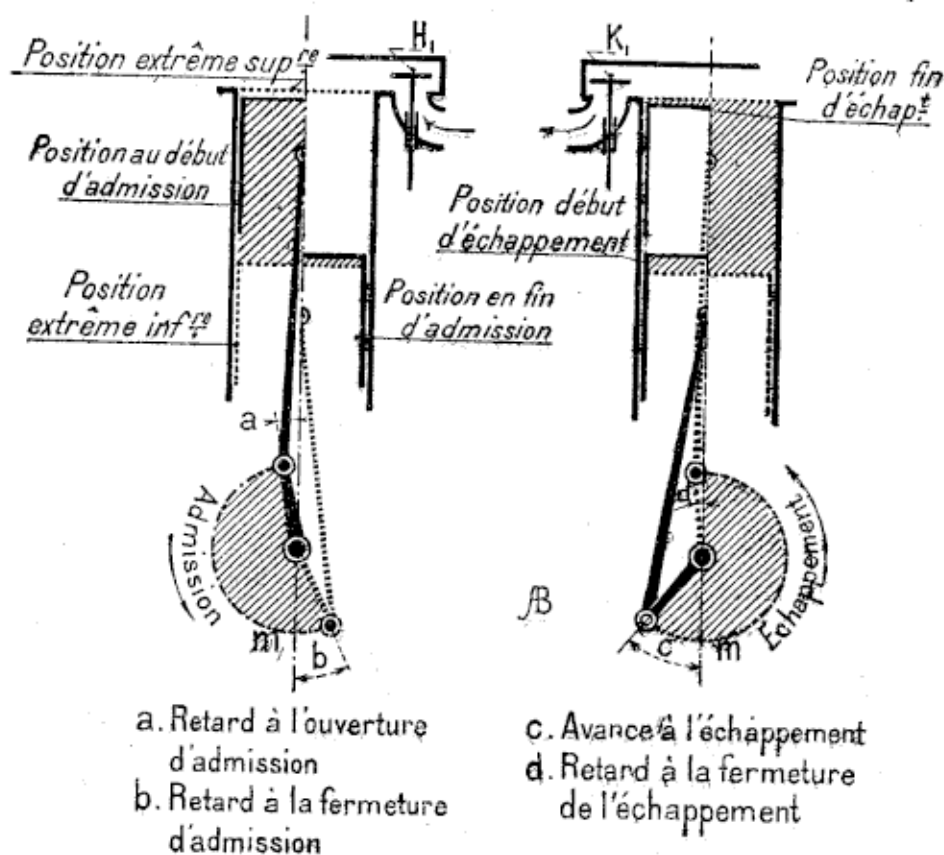


Fig. 21.

trer dans le cylindre, malgré le mouvement ascendant du piston. On ménage ce supplément d'introduction en fermant l'admission seulement après que le maneton a dépassé son point mort inférieur m (fig. 21) d'un certain angle b , de 25° en moyenne. Ce *retard à la fermeture d'admission* est général dans les moteurs.

Avance à l'ouverture de l'échappement. — En fin de

détente, la pression des gaz brûlés n'est guère inférieure à 5 atmosphères. Cette pression ne tombe pas instantanément dès l'ouverture de l'orifice d'échappement, parce que, en particulier, le piston chasse ces gaz devant lui. Tout au moins pendant une partie de sa course d'évacuation, le piston doit donc triompher de la résistance offerte par les gaz brûlés, non ramenés, dès le début de cette période, à la pression atmosphérique; il en résulte forcément une réduction dans la vitesse.

De sorte qu'il est plus avantageux d'ouvrir l'échappement bien avant la fin de la détente et assez tôt pour que la pression des gaz, du moment où cette ouverture a lieu jusqu'au moment où le piston arrive au bas de sa course, ait le temps d'être réduite à la pression atmosphérique.

Cette *avance à l'échappement* se retrouve dans tous les moteurs d'automobiles. Variable selon les constructeurs, elle est ordinairement tenue aux environs de 40°.

Retard à la fermeture de l'échappement. - Au cours de la période d'évacuation, les gaz brûlés s'engouffrent dans le tuyau d'échappement. L'on peut supposer qu'ils ne s'arrêtent pas en même temps que le piston et que leur écoulement se prolonge après que celui-ci a commencé une nouvelle course d'admission. Certains constructeurs prévoient ce supplément qui laisse au mélange frais une place libre plus grande : le *retard* adopté est du reste faible : 5° par exemple (fig. 21).

26. Organes qui ouvrent et ferment les orifices d'admission et d'échappement. — a) **Soupapes.** — Le plus souvent, ces orifices sont pourvus d'obturateurs dits *soupapes*. Les soupapes d'admission et d'échappement sont semblables.

Chacune d'elles comprend un *disque* ou tête A (fig. 22) muni d'une *tige* ou *queue* B. Le tout ressemble assez, comme forme, à un champignon, d'où la dénomination courante de *soupape à champignon*.

Le disque est la partie essentielle du dispositif d'obturation. Sa partie inférieure présente une surface *a*, le plus souvent conique, dégagée pour la facilité d'exécution.

Cette surface peut venir reposer sur une surface identique *c* que présente le *siège* fixe C.

La queue B sert de *guide* ; elle coulisce dans une douille D et, lors de la chute, oblige ainsi la tête à tomber correctement sur son siège pour assurer l'étanchéité.

Le disque A porte une fente *d* dans laquelle on peut engager un tournevis

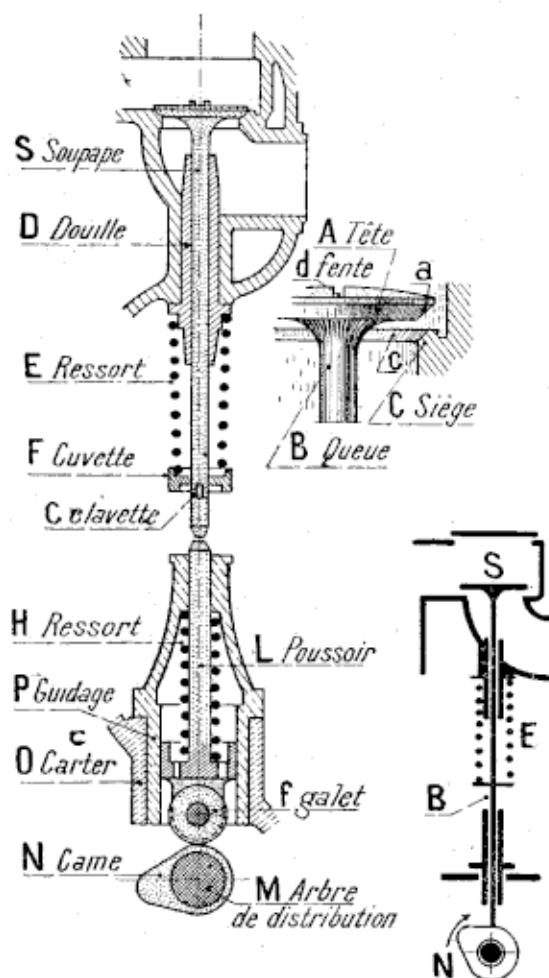


Fig. 22.

quand il est nécessaire de tourner la soupape pour la roder.

b) Montage des soupapes. — Les soupapes sont montées de telle façon que la pression qui règne dans le cylindre

pendant les périodes de compression, d'explosion et de détente, les applique sur leur siège. Ces soupapes s'ouvrent donc vers l'intérieur.

Un ressort E est prévu pour les ramener sur leur siège et pour s'opposer à la levée de la soupape d'échappement sous l'effet de succion du piston pendant l'aspiration. Ce ressort s'appuie sur une cuvette F retenue par une clavette e.

c) **Disposition des soupapes.** — Les deux soupapes d'un même cylindre peuvent être en face l'une de l'autre (fig. 23) ou à côté l'une de l'autre (fig. 24).

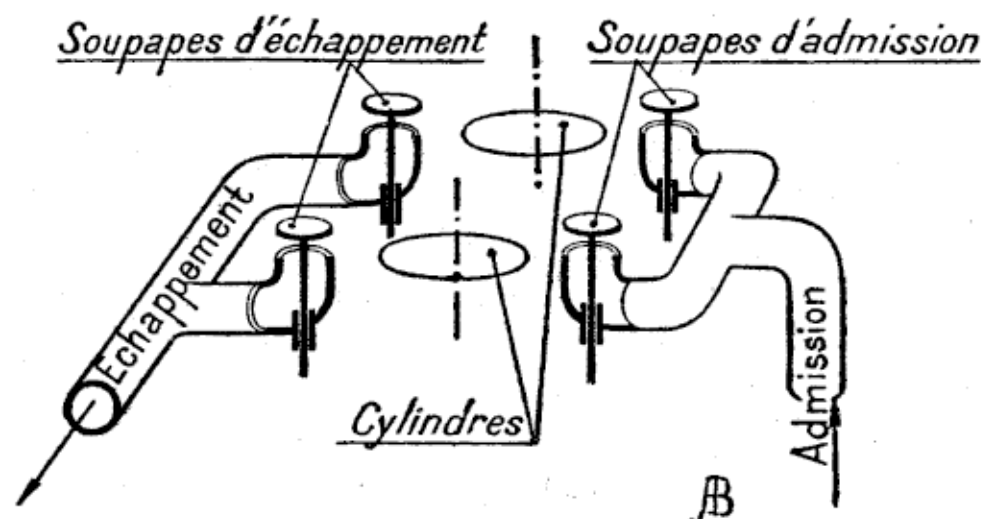


Fig. 23.

La première disposition donne un moteur plus symétrique, mais un peu plus lourd ; les soupapes et ressorts sont plus accessibles — avantage particulièrement marqué lorsqu'il s'agit de plusieurs cylindres — les tuyauteries d'admission et d'échappement, plus commodés à disposer.

Malgré ces avantages, la plupart des constructeurs préfèrent la seconde disposition : elle ne nécessite qu'un

seul arbre de distribution au lieu de deux, et il en résulte un mécanisme plus simple.

27. Commande des soupapes. — Il s'agit de lever les soupapes, lorsque le vilebrequin occupe une position déterminée, et de les maintenir soulevées pendant que le maneton décrit un arc également déterminé, variable avec la

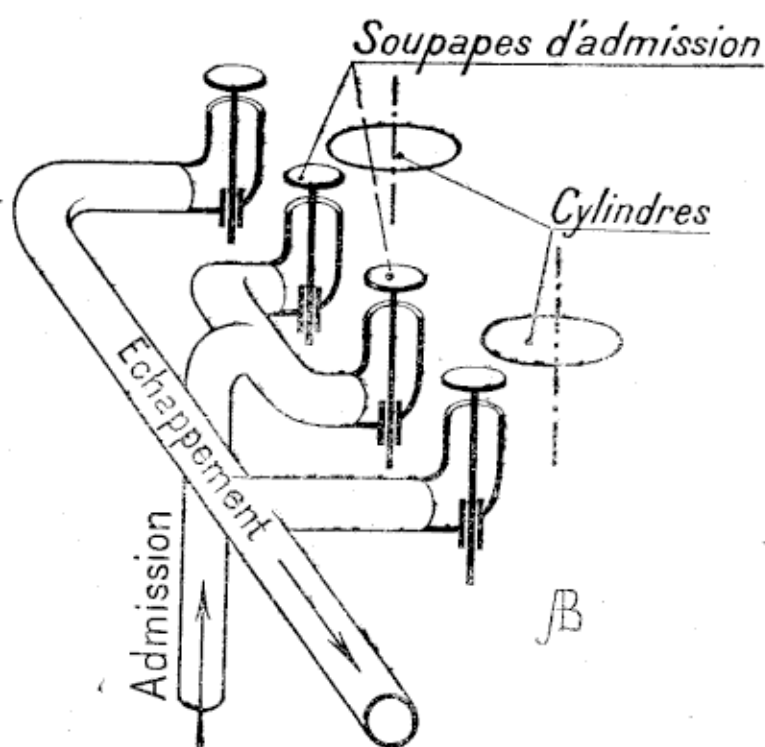


Fig. 24.

fonction de l'obturateur : aspiration ou échappement.

Ce mouvement de levée est obtenu au moyen de *comes*.

Une came n'est autre chose qu'un disque cylindrique B (fig. 25), concentrique à l'arbre de distribution A, et sur lequel on a réservé une saillie ou bosse C.

Tant que la tige de la soupape demeure en contact avec la partie cylindrique B, la soupape est immobile ; sa levée commence lorsque l'origine de la saillie at-

taque la tige. La hauteur de levée est égale à celle h de la saillie. La durée de la levée correspond à l'arc compris entre l'origine et la fin de cette saillie. Un fort ressort E (fig. 22) rappelle énergiquement la soupape sur son siège quand le contour de la came cesse de pousser la tige. Les rampes a qui raccordent le contour inactif à la surface la plus éloignée de l'axe, réduisent les chocs au début de levée et en fin de chute.

Pratiquement, la disposition est moins simple.

1° La soupape doit pouvoir reposer sur son siège. Sa tige ne peut donc, au montage, être en contact avec le contour inactif de la came : en effet, le disque de la soupape, surtout celui de la soupape d'échappement, est très chaud ; la tige s'échauffe par conductibilité, se dilate, et s'il y avait contact entre came et tige, le disque quitterait son siège.

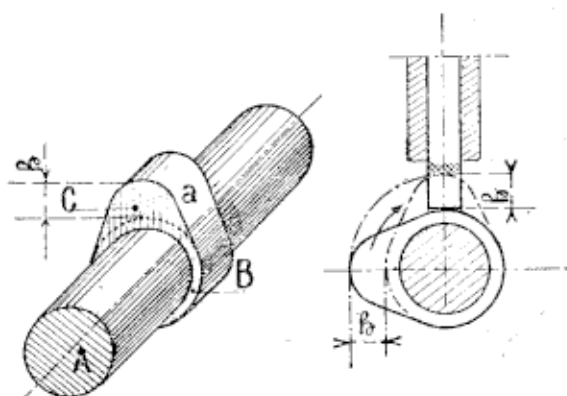


Fig. 25.



Fig. 26. — Arbre à cames (Moteur à 4 cylindres.)

Cet inconvénient est évité, en même temps qu'est diminuée la fragilité de la soupape, par le sectionnement, pour ainsi dire, de la tige en deux tronçons : la queue de la soupape n'a plus que la longueur exigée par le ressort de rappel E (fig. 22) ; elle est prolongée par une seconde tige ou *poussoir* L, également guidée, qui peut être main-

tenue au contact de la came par un second ressort de rappel H.

Entre la queue de la soupape et le poussoir est réservé un jeu de quelques dixièmes de millimètres : 3 à 10 dixièmes.

Un dispositif est parfois prévu pour régler ce jeu à la

valeur convenable (fig. 27). Ce jeu doit évidemment se retrancher de la hauteur de la saillie de la came pour obtenir la hauteur de levée. Il diminue également l'angle de rotation de l'arbre de distribution correspondant à la levée de l'obturateur.

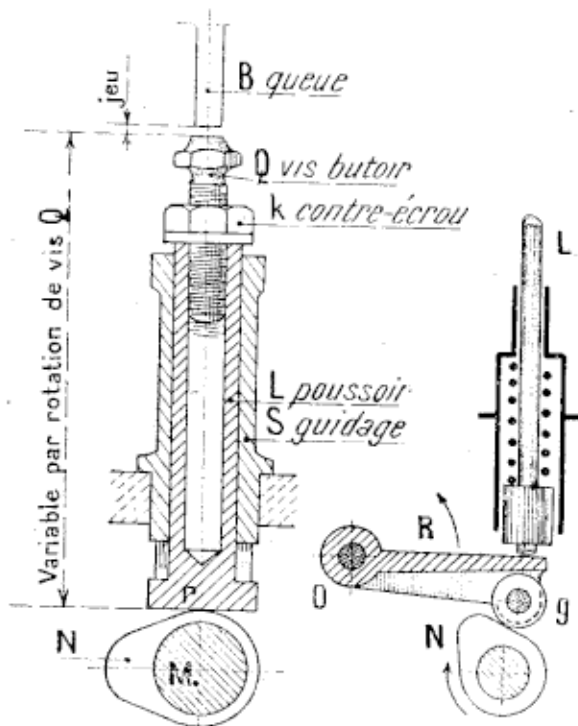


Fig. 27.

Fig. 28.

2° En attaquant directement le poussoir, la came a une tendance à le faire fléchir. Pour remédier, dans une certaine mesure, à cet inconvénient, on termine ce poussoir par un plateau *r* (fig. 27), de manière que la pression de la came s'exerce sur une surface plane et non sur une arête, ou encore on le munit d'un galet *f* (fig. 22), ce qui ne dispense pas de faire descendre le guidage aussi près que possible de la came.

Enfin, dans quelques cas, le poussoir est déplacé par un levier *R* dont le galet *g* est pressé par la came *N* (fig. 28).

28. Commande de l'arbre de distribution. — Chaque came d'admission ou d'échappement doit soulever la soupape correspondante une seule fois pendant que

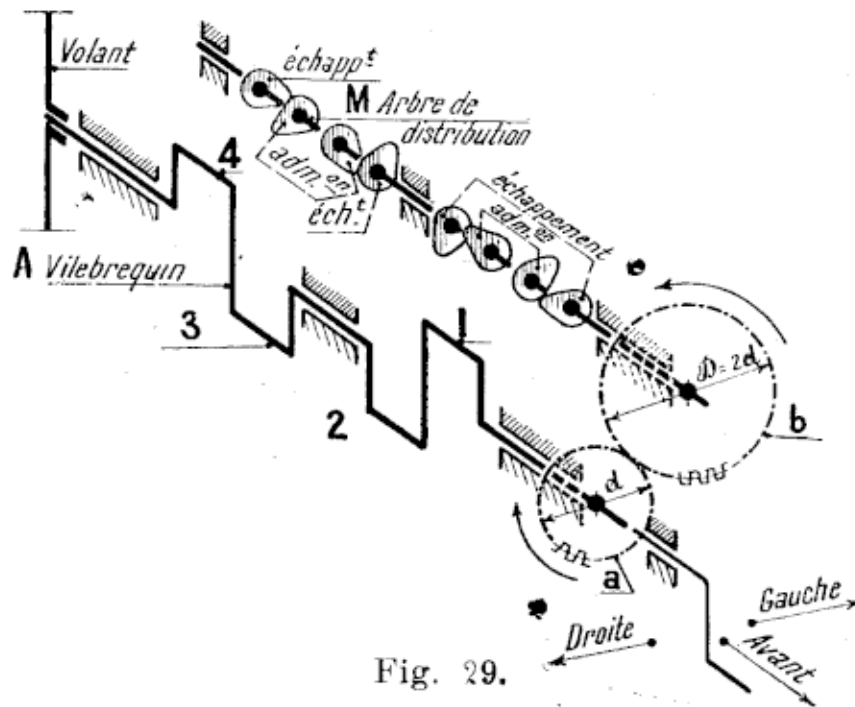


Fig. 29.

le vilebrequin fait deux tours ; c'est-à-dire que, pendant cette double révolution, l'arbre de distribution ne doit faire qu'un tour. Il est donc nécessaire que sa vitesse de rotation égale la moitié de celle du vilebrequin.

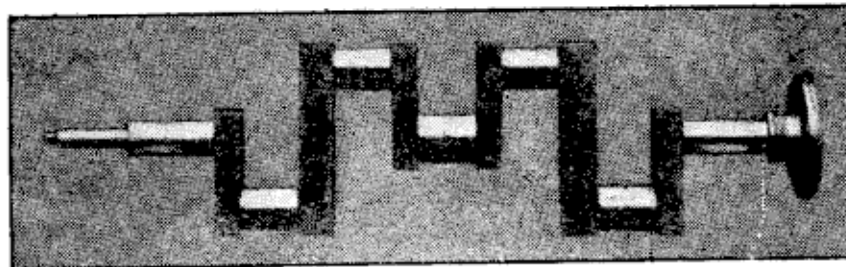


Fig. 30. — Vilebrequin.

Ce rapport est obtenu en calant sur le vilebrequin et sur l'arbre de distribution deux roues dentées, la roue

calée sur le vilebrequin ayant un diamètre qui est la moitié du diamètre de l'autre (fig. 29). Ces deux roues

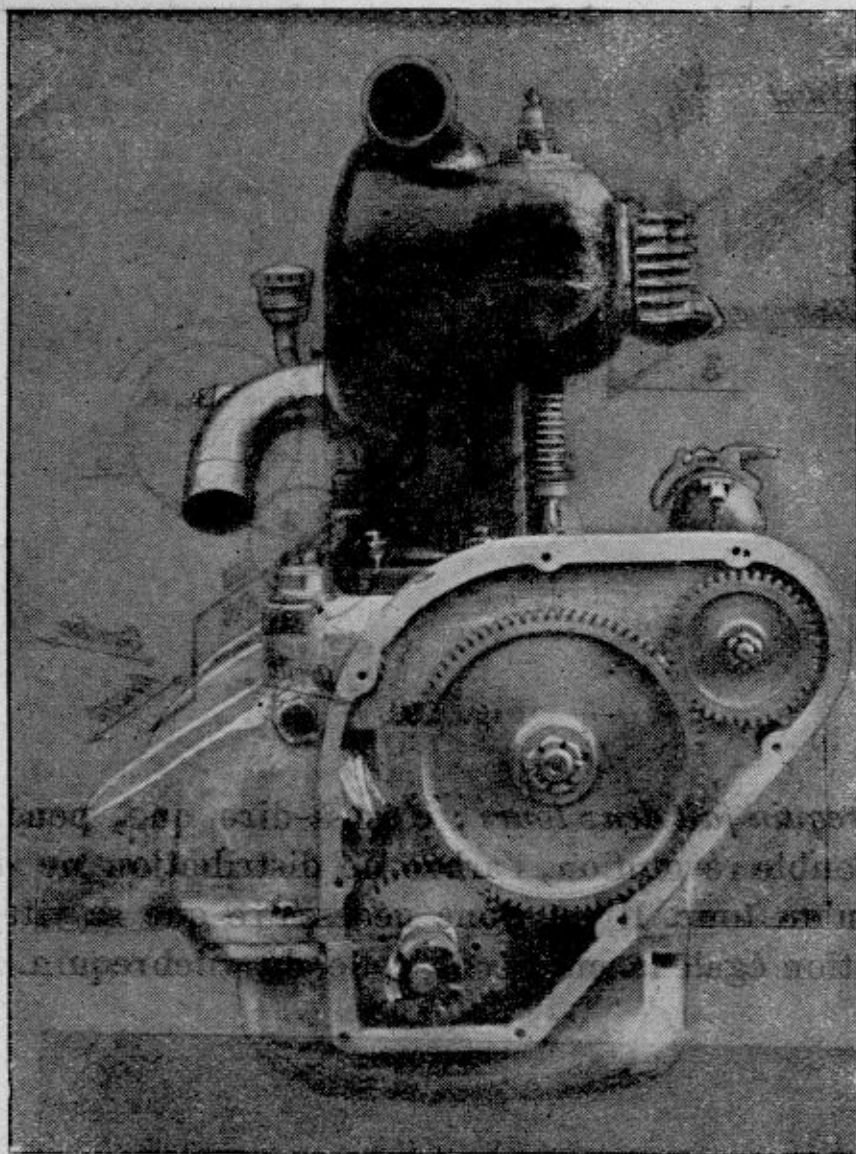


Fig. 31. — Commande de l'arbre de distribution.

Légende. L'arbre inférieur est le vilebrequin; il commande par pignon et roue dentés l'arbre de distribution, qui, de la même façon, communique le mouvement à l'arbre de commande de la magnéto.

engrènent entre elles (fig. 29), ou bien elles sont en prise avec un pignon intermédiaire. Ce pignon permet l'emploi

de roues de plus faible diamètre et diminue, en particulier, l'encombrement de celle qui est montée sur l'arbre de distribution (fig. 32).

Dans quelques moteurs, le vilebrequin et l'arbre de distribution reçoivent des roues à chaîne, dont les diamètres sont encore dans le rapport de 1 à 2. La transmission de l'une à l'autre s'opère au moyen d'une chaîne sans fin (fig. 33).

La transmission du mouvement s'opère de la même manière quand il y a deux arbres de distribution.

Les engrenages de distribution sont généralement placés à l'avant du moteur, où ils sont très accessibles.

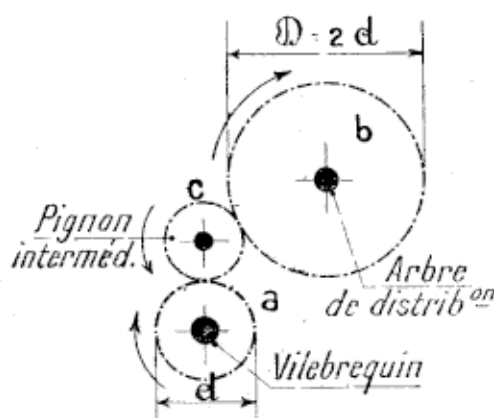


Fig. 32.

29. Ordre d'alimentation des cylindres. — Supposons qu'il s'agisse d'un moteur à 4 cylindres numérotés, de l'avant à l'arrière, 1, 2, 3, 4, ainsi que les manetons correspondants. L'alimentation est réglée pour obtenir une *explosion par demi-tour du vilebrequin A*. Celui-ci a

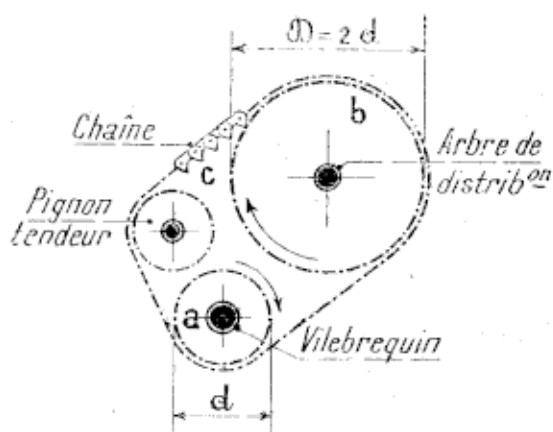
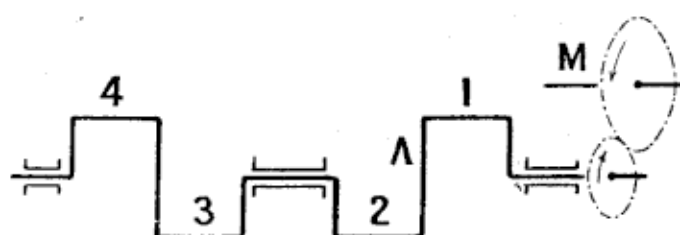


Fig. 33.

la forme indiquée (fig. 29) : les manetons 1 et 4 sont à l'opposé des manetons 2 et 3.

Si, à partir de la position figurée, le vilebrequin fait un demi-tour, le piston du cylindre 1 aspire, par exemple. En conséquence, dans le cylindre 4, il y a explosion et détente. Les manetons 2 et 3 remontent. Donc, il ne peut y avoir que compression dans le cylindre 2 avec échap-



<i>Expl Dét.</i>	<i>Échapp.</i>	<i>Compr.</i>	<i>Aspirat.</i>	1 ^{re} demi-t.
<i>Échapp.</i>	<i>Aspirat.</i>	<i>Exp. Dét.</i>	<i>Compr.</i>	2 ^e demi-t.
<i>Aspirat.</i>	<i>Compr.</i>	<i>Échapp.</i>	<i>Exp. Dét.</i>	3 ^e demi-t.
<i>Compr.</i>	<i>Exp. Dét.</i>	<i>Aspirat.</i>	<i>Échapp.</i>	4 ^e demi-t.

Aspiration successivement dans 1-3-4-2

ou

<i>Exp. Dét.</i>	<i>Compr.</i>	<i>Échapp.</i>	<i>Aspirat.</i>	1 ^{re} demi-t.
<i>Échapp.</i>	<i>Exp. Dét.</i>	<i>Aspirat.</i>	<i>Compr.</i>	2 ^e demi-t.
<i>Aspirat.</i>	<i>Échapp.</i>	<i>Compr.</i>	<i>Exp. Dét.</i>	3 ^e demi-t.
<i>Compr.</i>	<i>Aspirat.</i>	<i>Exp. Dét.</i>	<i>Échapp.</i>	4 ^e demi-t.

Aspiration successivement dans 1-2-4-3

pement dans 3, ou bien échappement dans 2 avec compression dans 3. Deux ordres d'alimentation sont donc possibles avec la même forme de vilebrequin.

A quel ordre de succession accorder la préférence ? Dans le premier cas, lorsque le cylindre 3 a aspiré, c'est le tour de 4.

1° Le courant conserve le même sens, ce qui ne peut que favoriser le remplissage de 4.

2° Par suite du retard à la fermeture d'admission dans 3, plus important que le retard à l'ouverture d'admission dans 4, les pistons des cylindres 3 et 4 aspirent en même temps au début de l'admission dans 4. Le cylindre 3 — si l'on suppose les cylindres ayant un conduit d'admission complètement distinct (fig. 34) — étant plus près de l'arrivée du mélange, pourra facilement compléter son remplissage.

3° Après 4, c'est 2 qui aspire, le courant du mélange changeant de direction. Ensuite, c'est 1. Les cylindres 2 et 1 se trouvent dans les mêmes conditions que 3 et 4.

Il serait facile de se rendre compte que ces avantages disparaissent avec le second ordre de succession, 1, 2, 4, 3.

Les cames seront donc orientées sur l'arbre de distribution pour réaliser l'admission et l'échappement dans l'ordre 1, 3, 4, 2.

Il en sera encore ainsi dans le cas des cylindres fondus en un seul bloc, ou fondus par paires, quoique l'avantage

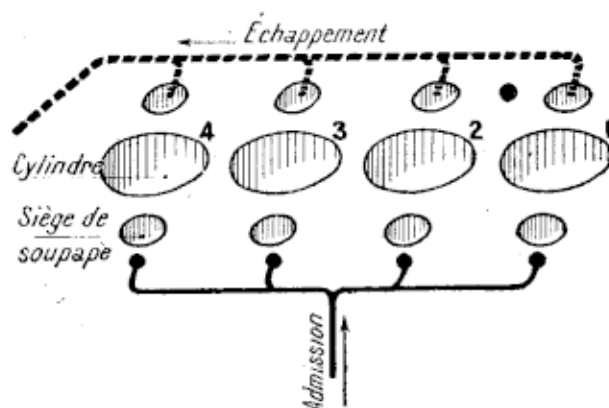


Fig. 34.

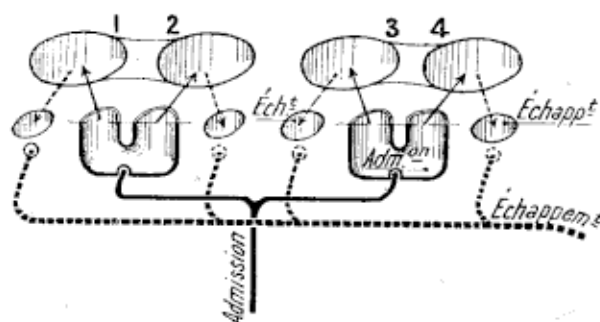


Fig. 35.

y soit moins marqué, à cause de la réunion, d'une part, des chambres d'admission des soupapes de 1 et 2, d'autre part, des chambres d'admission des soupapes de 3 et 4 (fig. 35).

30. Échappement. — Quand la soupape d'échappe-

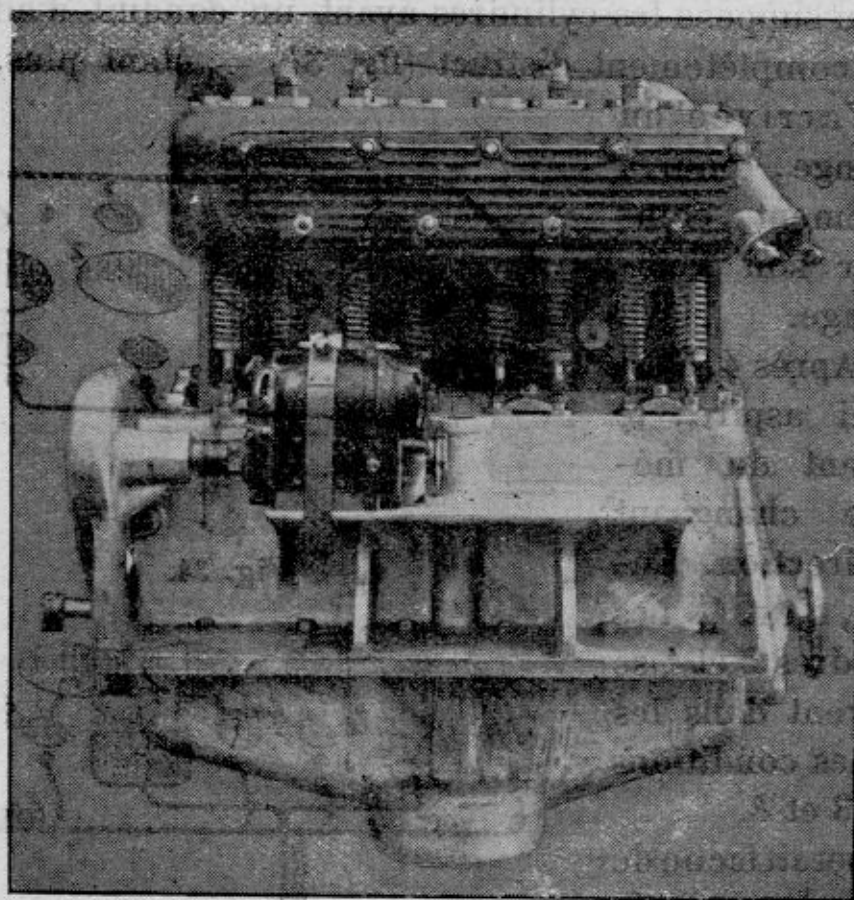


Fig. 36.

Moteur à 4 cylindres, soupapes d'un même côté.

ment se lève, les gaz brûlés en cours de détente se trouvent encore à une pression élevée : 3 à 5 atmosphères. Aussitôt que la communication du cylindre et de l'extérieur est établie, ces gaz se précipitent vers la sortie, choquent violemment l'air, produisant ainsi un bruit

désagréable et gênant, analogue à celui d'une détonation. Ce bruit se répète pour chaque cylindre une fois tous les deux tours du vilebrequin.

On a cherché à l'atténuer : 1° en diminuant la pression de ces gaz brûlés ; 2° en leur ménageant un débit régulier ; 3° en réduisant les vibrations de la conduite d'échappement.

1° Diminution de la pression des gaz. — Cette diminution tend à les faire déboucher à l'extérieur à une pression peu supérieure à la pression atmosphérique. La réduction de pression s'obtient à la fois par un *refroi-*

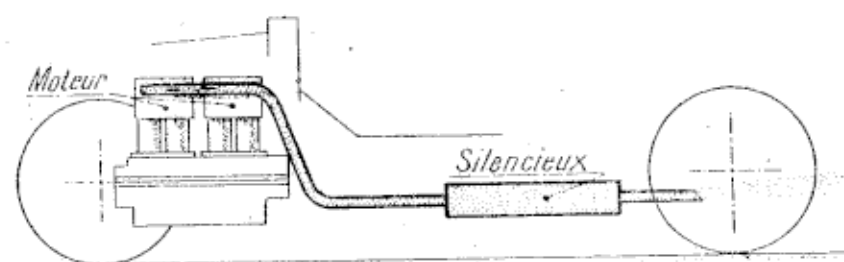


Fig. 37.

dissement et une *augmentation de volume*. L'augmentation de volume est réalisée en disposant, sur le tuyau d'échappement, un cylindre de grande capacité (5 à 6 cylindrées) dit *pot d'échappement* ou *silencieux* (fig. 37). Quant au refroidissement, il commence dans le *collecteur d'échappement*, rafraîchi soit par une circulation d'eau, soit simplement par contact de l'air, la dispersion de la chaleur étant favorisée par des ailettes. Il se poursuit dans le tuyau qui fait suite au collecteur et se complète dans le silencieux même.

2° Continuité du débit. — L'on a essayé de substituer à la sortie par bouffées successives un *débit continu, régu-*

lier en ménageant dans le silencieux des chicanes (fig. 38) qui ralentissent le courant gazeux, de façon qu'une bouffée ne soit pas encore complètement sortie quand arrive la suivante.

3° Réduction des vibrations. — L'on s'est efforcé, enfin, d'écartier toute cause de vibration en augmentant, par exemple, l'épaisseur des parois du collecteur d'échappement et du silencieux.

Un silencieux bien conditionné doit permettre aux gaz de s'échapper aussi facilement que s'ils étaient évacués

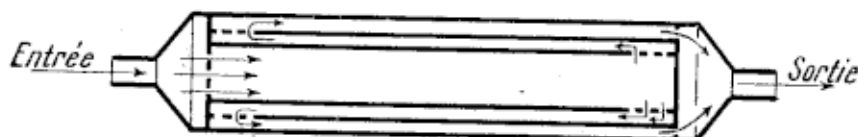


Fig. 38.

directement. S'il opposait à la sortie des gaz et, par conséquent, au mouvement du piston une résistance appréciable, il entraînerait forcément une réduction de puissance du moteur.

Le silencieux, placé le plus souvent contre un longeron et à l'intérieur, est prolongé par un tuyau qui aboutit à l'arrière de la voiture et dirige convenablement les gaz évacués (fig. 37).

QUESTIONNAIRE

22. — Comment le mélange, préparé dans le carburateur, est-il admis dans le cylindre, puis rejeté ? Par combien de phases passe le mélange introduit ? — En quoi consiste chacune d'elles ? — 23. Quels avantages présente la compression ? — Pour quelles raisons est-il nécessaire de la limiter ? — A quelle valeur moyenne s'arrête-t-on ? — 24. En quoi consistent 1° le retard à l'ouverture d'admission ? 2° le retard à la fermeture d'admission ?

3° l'avance à l'ouverture d'échappement ? 4° le retard à la fermeture d'échappement ? — 25. Comment les orifices d'admission et d'échappement sont-ils fermés ? — Que comprend une soupape ? — 26. Qu'est-ce qu'une came ? Comment la soupape est-elle montée ? — Comment les soupapes d'un moteur sont-elles placées ? — Pourquoi la tige de la soupape ne repose-t-elle pas sur la came quand celle-ci ne la pousse pas ? 27. Quel dispositif peut-on adopter pour éviter la flexion de l'extrémité du poussoir ? — Quel rapport y a-t-il entre la vitesse de rotation de l'arbre de distribution et celle du vilebrequin ? — 28. Comment l'arbre de distribution est-il commandé ? — 29. Dans combien d'ordres peut s'opérer l'alimentation des cylindres d'un moteur suivant la forme donnée de vilebrequin ? — Quel ordre préférer et pourquoi ? — 30. Quelle est la cause du bruit de l'échappement des gaz brûlés ? — Comment atténue-t-on ce bruit ?

EXERCICES

1. Croquis mettant en évidence les retards à l'ouverture de l'admission, l'avance à l'ouverture de l'échappement, le retard à la fermeture de l'échappement. — 2. Croquis d'une soupape. 3. Croquis d'une came. — 4. Schéma du montage d'une soupape sans poussoir. — 5. Schéma du montage d'une soupape avec poussoir. — 6. Croquis d'un dispositif permettant de régler le jeu entre la tige soupape et le poussoir. — 7. Schéma des emplacements adoptés pour les soupapes. — 8. — Schéma de dispositifs employés pour éviter la flexion du poussoir. — 9. Croquis de divers modes de commande de l'arbre de distribution. — 10. Schéma d'un vilebrequin pour moteur à 4 cylindres. — 11. Schéma de la canalisation d'échappement. — 12. Schéma d'un silencieux.

CHAPITRE VI

LE MOTEUR (*suite*).

L'ALLUMAGE.

SOMMAIRE. — But. — Quand l'allumage doit-il se produire. — Avance à l'allumage. — Comment l'allumage est réalisé. — Magnéto : a) magnéto proprement dite ; b) rupteur ; c) transformateur ; d) distributeur. — Bougie. — Vitesse de rotation de l'induit et du distributeur. — Emplacement et commande de la magnéto. — Variations de l'avance à l'allumage. — Emplacement de la bougie d'allumage ; allumage jumelé. — Arrêt de l'allumage.

31. **But.** — Quand la compression est terminée, la chambre d'explosion est remplie d'un mélange combustible, convenablement dosé, suffisamment homogène et déjà échauffé d'une façon appréciable, sa température ayant été portée à 470° environ par la compression. Ce mélange se trouve donc dans d'excellentes conditions pour brûler vite et complètement. Il suffit de l'enflammer : c'est le rôle du dispositif d'allumage.

Celui-ci doit être capable de développer, au moment opportun, en un point convenable du mélange, une quantité de chaleur suffisante pour faire brûler les molécules de gaz voisines ; la chaleur dégagée par ce début de combustion enflamme les couches environnantes ; la combustion gagne ainsi toute la masse de proche en proche.

32. Quand l'allumage doit-il se produire ? Avance à l'allumage. — C'est la pression développée lors de la combustion qui lance le piston ; au fur et à mesure que celui-ci s'éloigne du fond du cylindre, les gaz se détendent et leur pression diminue. Il est facile de comprendre que le travail produit est plus grand si le piston est sollicité dès le début de sa course par la pression maximum. Les gaz brûlés s'échappent alors à une pression et à une température moins élevées — puisque leur détente s'opère sur une fraction plus grande de la course du piston — et le moteur donne son maximum de puissance, eu égard, bien entendu, à la richesse de la cylindrée introduite.

Si la combustion de toute la masse du mélange était instantanée, il suffirait de la provoquer juste à la fin de la course de compression ; mais il est loin d'en être ainsi. L'explosion ne se propage qu'à une vitesse, de 40 à 45 mètres par seconde, assez peu supérieure, par conséquent, à la vitesse moyenne du piston ; d'autre part, l'allumage ne commence jamais dans le cylindre au moment précis où le mécanisme le provoque ; il y a toujours un certain retard dû aux jeux inévitables.

Pour ces raisons, le mécanisme d'allumage entre en fonctionnement avant que le piston soit arrivé à fin de course de compression ; il y a *avance à l'allumage*.

L'expérience indique la valeur la plus convenable de cette avance. Généralement, la commande d'allumage est déclenchée quand le maneton du vilebrequin a encore à parcourir un arc de 25° à 30° avant d'arriver au point mort. Dans ces conditions, la combustion est terminée, non pas quand le piston occupe sa position extrême, mais quand, l'ayant atteinte, il s'en est légèrement éloigné (fig. 39).

Dans le cas d'une avance exagérée, le piston serait sollicité à contresens vers la fin de sa course; il en résulterait des chocs, et aussi des retours du piston et du vilebrequin si l'entraînement par le volant était insuffisant. Ces retours seraient particulièrement dangereux à la mise en marche lorsque, pour lancer le moteur, le conducteur actionne la manivelle prévue à cet effet.

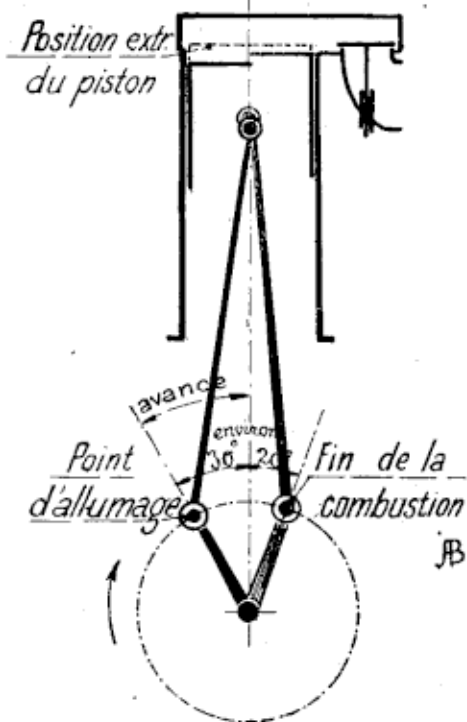


Fig. 39.

33. Comment l'allumage est réalisé. — Aujourd'hui, l'allumage est obtenu exclusivement au

moyen de l'étincelle électrique que l'on fait jaillir dans la chambre d'explosion même, entre les pointes d'un interrupteur spécial dit *bougie*. Le générateur d'électricité est une *magnéto*, installée sur le moteur et actionnée indirectement par le vilebrequin. Le moteur est ainsi chargé de déterminer, au moment voulu, la déflagration du mélange destiné à entretenir son propre mouvement.

34. Magnéto. — (fig. 40). — Elle comprend :

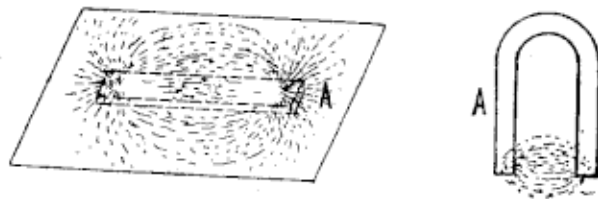
1° un générateur de courant, ou *magnéto* proprement dite, qui donne un *courant primaire*¹ de faible voltage

(1) a) Sur une feuille de papier posée sur un aimant droit A, projetons de la limaille de fer. Cette limaille s'oriente suivant des lignes régulières. Suspendons à une faible distance et au-dessus de la feuille de papier une aiguille légère en fer ; cette aiguille

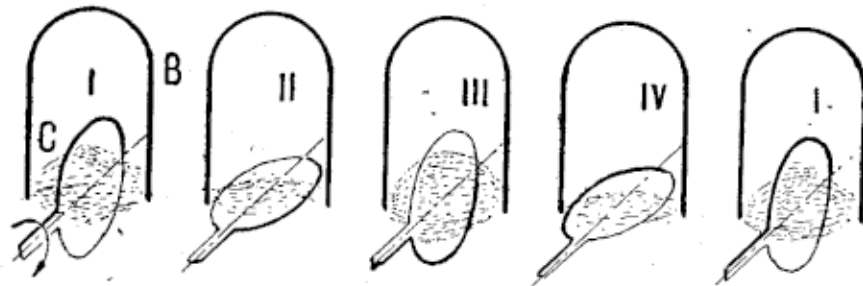
(60 volts) et alternatif, c'est-à-dire de sens périodiquement variable, l'intensité, pendant le temps que le courant conserve un sens déterminé, croissant depuis 0 jus-

prend la direction des lignes situées immédiatement au-dessous d'elle. Ces lignes sont dites lignes de force.

b) Les mêmes lignes peuvent être obtenues avec un aimant en fer à cheval. On en opère la concentration en disposant entre les extrémités des branches un morceau de fer doux.

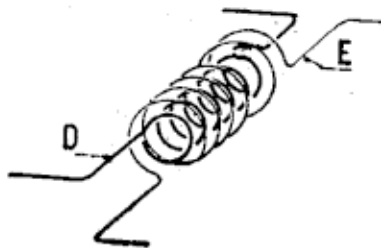


c) Soit une boucle C constituée par un fil de cuivre ; dans la position I elle est traversée par toutes les lignes de force de l'aimant B ; dans la position II, elle n'est traversée par aucune. Quand cette boucle passe de la position I à la position II, elle est le siège d'un courant, dont l'intensité est maximum quand elle atteint la position II. Cette intensité décroît pendant le second quart de tour.



Si nous coupons le circuit quand la boucle arrive à la position II, une étincelle jaillit.

d) Si la boucle effectue la demi-rotation suivante, elle est encore le siège d'un courant de sens opposé au précédent, et dont l'intensité est maximum pour la position IV.



e) L'intensité du courant croît si l'on multiplie le nombre des spires et si l'on accélère la vitesse de rotation de la bobine ainsi constituée.

f) Soient deux bobines : l'une D de fil gros et court ; l'autre E de fil long et fin. Faisons passer un courant dans D. Au moment où ce courant s'établit, la bobine E est le siège d'un courant dont le voltage est très

qu'à un maximum pour décroître ensuite jusqu'à 0 au moment où ce sens est renversé ;

2° un *rupteur*, chargé de couper le courant précédent lorsque son intensité est maximum ;

3° un *transformateur*, destiné à produire dans un se-

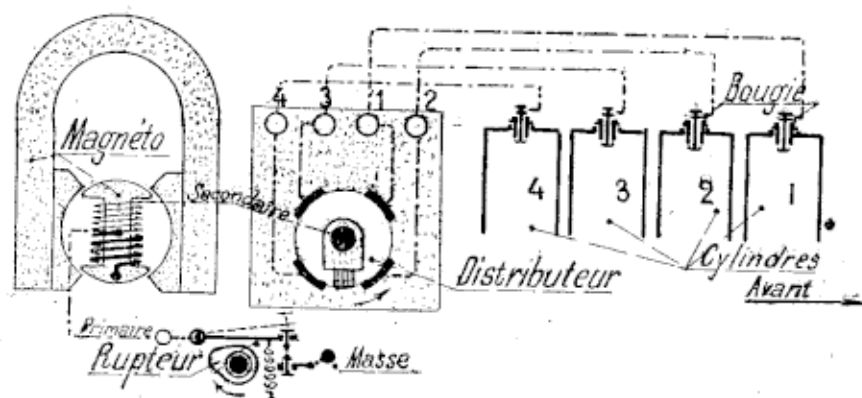


Fig. 40.

cond circuit, un *courant dit secondaire*, de haut voltage (15.000 volts environ), au moment où le rupteur coupe le circuit primaire ;

4° un *distributeur*, disposé pour introduire la bougie du cylindre où doit se produire l'inflammation dans le circuit du courant secondaire, quand naît ce dernier, et

élevé, et qui est capable, si le circuit de cette bobine **E** n'est pas fermé, de donner une forte étincelle.

Si l'on supprime le courant dans la bobine **D**, la bobine **E** est encore le siège d'un courant.

La tension du courant dans la bobine **E** est accrue par la présence d'un noyau de fer doux au centre de la bobine **D**.

Les courants des bobines **D** et **E** sont dits respectivement courant primaire et courant secondaire ; ces désignations s'appliquent également aux enroulements.

Un aimant fixe (fig. 40) dit *inducteur*, et un ensemble mobile constitué par un *noyau de fer doux* sur lequel sont disposés deux enroulements analogues à **C** et **D**, constituent la partie essentielle d'une *magnéto*.

g) Un circuit peut être constitué par un fil métallique seul, ou par un fil et une masse métallique quelconque.

par conséquent à l'instant où le rupteur agit sur le courant primaire.

a) **Magnéto proprement dite** (fig. 41, 41 bis et 42).
— Un groupe d'aimants permanents en acier A porte des

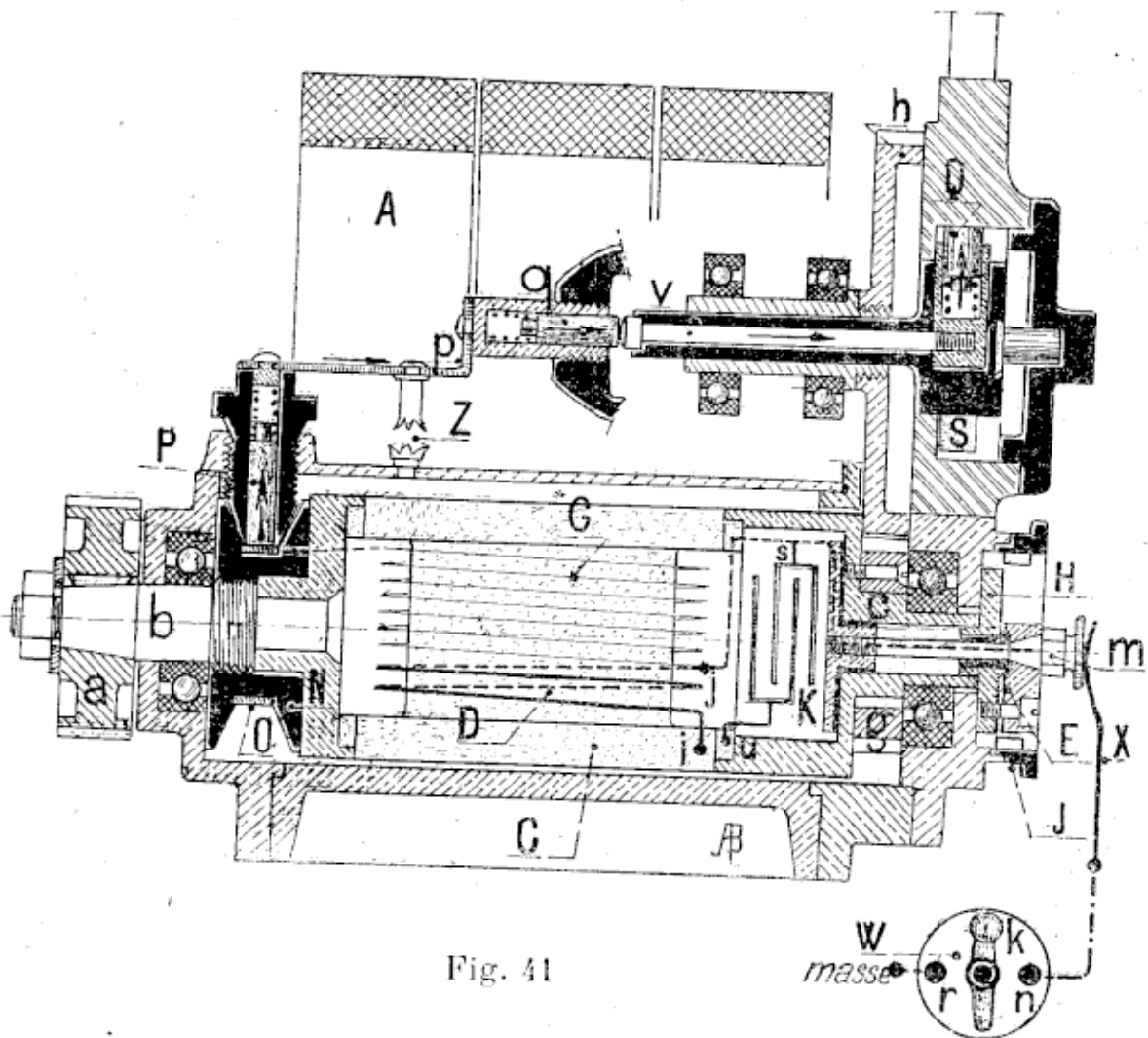


Fig. 41

pièces polaires B en fonte ; celles-ci enveloppent partiellement l'induit. En réduisant ainsi la distance des aimants au noyau de fer doux, ces pièces favorisent le passage des lignes de force d'un pôle de l'aimant à l'autre.

L'induit est constitué par un noyau de fer doux C

(fig. 42 et 43) à section en double I, portant un roulement D de fil gros et court (environ 100 mètres de fil de 1^m/_m de diamètre).

Le noyau C est solidaire de deux axes *b* et *c* s'engageant dans deux roulements à billes portés par le bâti de la magnéto ; l'un de ces axes reçoit un pignon *a* pour son entraînement.

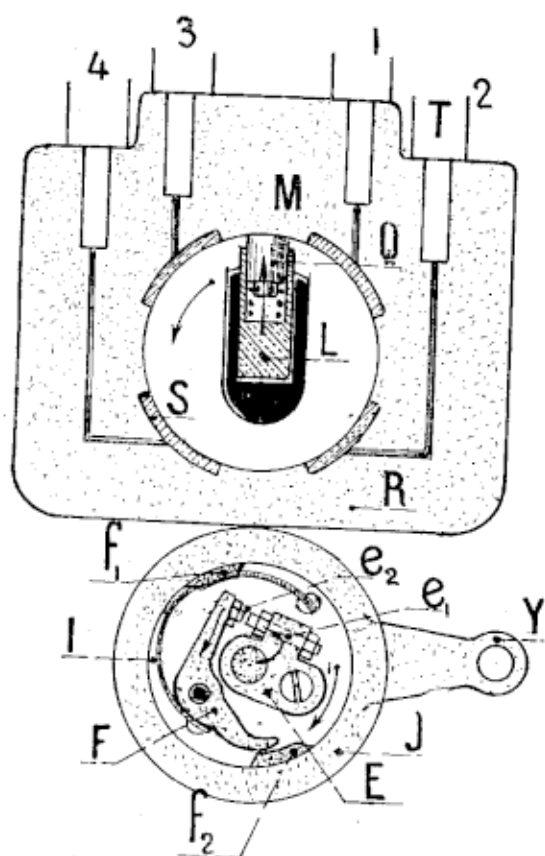


Fig. 41 bis.

Une extrémité *i* du gros fil est reliée au noyau C, par conséquent à la masse métallique de l'appareil ; l'autre *j* traverse l'axe *c*, dont il est isolé électriquement, pour se fixer sur l'une des pièces E du rupteur.

b) Rupteur. — Le bloc E, isolé, prolonge, pour ainsi dire, l'une des extrémités du circuit pri-

maire ; un levier F est fixé sur un plateau H relié électriquement à la masse.

Si le levier F et le bloc E étaient en contact, le circuit primaire (constitué par le noyau de fer doux C, c'est-à-dire la masse, le fil D, le bloc E, le levier F, le plateau H, c'est-à-dire encore la masse) serait fermé. Cette fermeture est assurée :

1° par deux vis à extrémités platinées *e*₁, *e*₂ dont l'une *e*₁ est de position réglable

2° par un ressort I qui, en agissant sur le levier F, assure le contact de ces deux vis.

Ce contact est supprimé brusquement quand le levier de rupture F est repoussé par l'une des cames f_1, f_2 portées par l'anneau isolant fixe J.

De la position de cet anneau dépend l'instant de la rupture ; celle-ci se produit quand l'intensité du courant primaire est maximum, le noyau C ayant légèrement dépassé la position moyenne verticale indiquée (fig. 42).

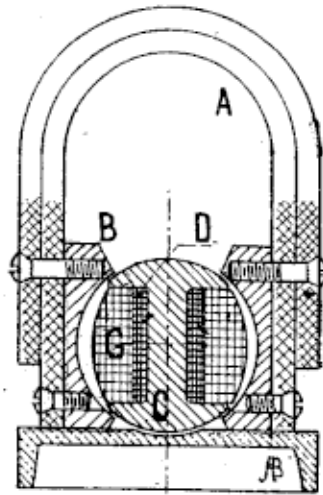


Fig. 42.

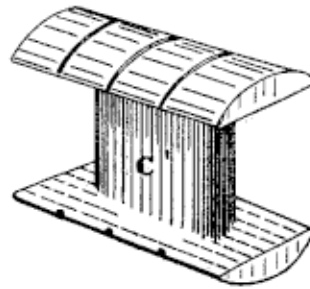


Fig. 43.

Sous l'influence des étincelles répétées qui en sont la conséquence, les extrémités platinées des vis e_1, e_2 s'arracheraient rapidement : on obvie à cet inconvénient en disposant en dérivation, sur le fil primaire D, un appareil dit *condensateur* K qui se charge d'électricité au moment de la rupture. Ce condensateur est formé de feuilles d'étain superposées et séparées par un isolant. Les feuilles impaires sont reliées entre elles et leur groupe est branché sur le conducteur du primaire en s ; le groupe des feuilles paires est mis, c'est-à-dire joint, à la masse, en u .

c) **Transformateur.** — Il comprend l'enroulement primaire D ainsi que le noyau de fer doux C déjà décrits, et un enroulement G de fil fin et long (diamètre $0^{\text{m}}/_{\text{m}} 15$, — 6000 spires environ). Cet enroulement est relié d'une part à la masse, par l'intermédiaire du fil primaire dont il constitue en quelque sorte le prolongement, d'autre part au porte-balai L du distributeur M. Une bague collectrice isolée O, sur laquelle frotte un balai fixe P, assure la continuité du circuit pendant la rotation de l'enroulement.

Ainsi qu'il sera expliqué plus loin, le courant secondaire est conduit à la bougie, franchit l'espace compris entre la pointe isolée de celle-ci et la partie solidaire de la masse, de sorte que le circuit se trouve ainsi fermé : masse (par fil primaire) collecteur O, balai P, lame *p*, balai *q*, tige *v*, balai Q, distributeur M, pointe isolée de la bougie, étincelle, masse.

d) **Distributeur.** — Supposons que la magnéto ait à assurer l'allumage de quatre cylindres, l'explosion devant se produire dans l'ordre 1, 3, 4, 2 adopté lors de l'étude de la distribution.

Le distributeur comprend alors :

1° un balai Q contenu dans un porte-balai central L, auquel arrive le courant secondaire et qui est animé d'un mouvement de rotation ;

2° une plaque en isolant R, dans laquelle sont incrustés quatre segments métalliques S séparés les uns des autres, mais reliés chacun à une borne de prise de courant T.

La rotation du porte-balai L est réglée de façon que le balai Q se trouve sur l'un des quatre plots S au moment où le circuit primaire est rompu. Comme cette rupture

est elle-même déterminée par la rotation de l'induit, c'est celui-ci qui, par les engrenages *g* et *h*, commande le porte-balai *L*.

35. **Bougie** (fig. 44 et 45). — Une bougie d'allumage comprend :

1^o une tige centrale *t* isolée, reliée à la borne convenable du distributeur ;

2^o une douille métallique *U* vissée dans la paroi de la chambre d'explosion, et, par conséquent, en relation avec la masse du moteur ;

3^o une gaine isolante *V* en mica ou en porcelaine, séparant la tige centrale de la douille.

La tige *t* est terminée par une ou plusieurs pointes *t₁*. Quand le courant se-

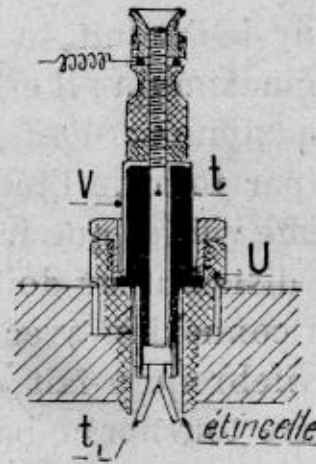


Fig. 44.



Fig. 45

condaire se produit, grâce à son voltage élevé, une étincelle jaillit entre les pointes et la base même de la douille ; la distance à franchir est d'environ un demi-millimètre.

Si cette distance était trop grande, ou encore si une connexion entre distributeur et bougie était supprimée, l'étincelle ne se produirait pas et la tension du courant secondaire pourrait atteindre une valeur suffisante pour traverser l'isolant qui sépare les diverses couches de l'enroulement correspondant, ce qui mettrait l'appareil hors de service. On évite cette détérioration en ménageant au courant un passage supplémentaire dit *para-*

foudre, qu'il ne peut utiliser que si son voltage atteint une valeur dangereuse.

Ce parafoudre Z (fig. 41) comprend deux tiges métalliques à pointes multiples ; la distance entre les pointes opposées est de 7 à 8 millimètres.

36. Vitesse de rotation de l'induit et du distributeur. — Dans le cas du moteur à 4 cylindres, il se produit une explosion par cylindre tous les deux tours du vilebrequin, et, conséquemment, deux explosions par tour dans l'ensemble des 4 cylindres.

Or : 1° par tour de l'induit, le courant primaire passe deux fois par un maximum ; il est coupé chaque fois qu'il passe par ce maximum ; d'où la possibilité d'obtenir deux étincelles par tour de l'induit. Celui-ci doit donc tourner à la même vitesse que le vilebrequin ;

2° le balai du distributeur doit passer sur chacun des quatre plots en connexion avec les bougies une seule fois quand le vilebrequin fait deux tours ; il est donc nécessaire de faire tourner ce balai deux fois moins vite que le vilebrequin et, par conséquent, que l'induit. C'est pourquoi la roue *h* commandant le porte balai *L* a un diamètre double de celui du pignon *g* calé sur l'induit.

37. Emplacement et commande de la magnéto. — Pour éviter la détérioration des enroulements et conserver le plus longtemps possible aux inducteurs une alimentation satisfaisante, la magnéto est disposée sur le moteur en un endroit où la température n'est pas trop élevée, par conséquent, aussi loin que possible du tuyau d'échappement. On la fixe généralement soit sur le côté, soit à l'avant, de façon qu'elle soit très accessible.

De sa position dépend le dispositif employé pour la

commande. L'entraînement peut se faire par la roue de l'arbre de distribution (fig. 30), ou par une roue à denture hélicoïdale rapportée sur celui-ci (fig. 46), ou encore par chaîne, le vilebrequin et l'axe de la magnéto portant deux pignons de même diamètre (fig. 47). La même chaîne peut aussi passer sur trois roues calées

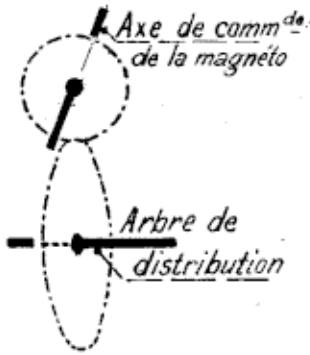


Fig. 46.

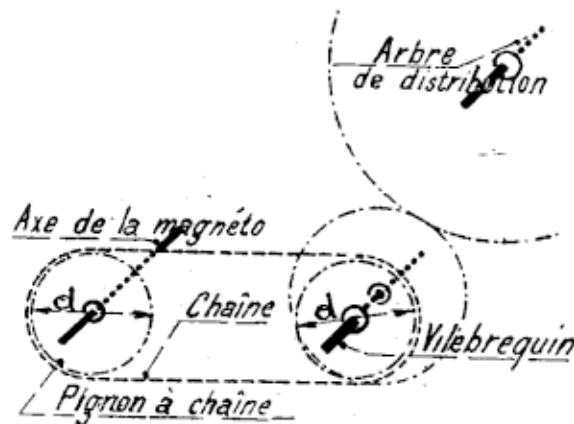


Fig. 47.

sur le vilebrequin, la magnéto et l'arbre de distribution ; la roue calée sur ce dernier a un diamètre double de celui des deux autres.

38. Variation de l'avance à l'allumage. — L'explosion se propage avec une rapidité d'autant plus grande : 1° que la composition du mélange se rapproche davantage de celle qui assure une combustion complète ; 2° que la compression est plus élevée ; 3° que le mélange est plus chaud ; 4° que l'étincelle est plus nourrie, plus chaude également.

Malgré ces circonstances, supposons, en premier lieu, que la durée de l'inflammation soit sensiblement constante ; en second lieu, que l'avance à l'allumage soit

réglée pour une certaine allure du moteur ; supposons alors que celui-ci tourne plus vite ; dans ce dernier cas, le chemin parcouru par le piston pendant la durée de l'explosion augmente ; de sorte que cette explosion peut n'être terminée que bien après le passage du piston à son point mort, c'est-à-dire trop tard. Le contraire se produirait dans le cas d'un ralentissement.

Il faut donc, pour que le piston occupe toujours à peu près la même position en fin d'explosion, que *l'avance à l'allumage augmente lorsque croît la vitesse du moteur*. Ce résultat est très sensiblement obtenu, et d'une façon automatique, avec la magnéto à haute tension.

L'intensité du courant primaire et, par suite, la force électromotrice du courant secondaire qui naît lors de sa rupture, sont d'autant plus grandes que l'induit tourne plus rapidement ; l'étincelle est ainsi plus forte et jaillit un peu plus tôt.

Cependant quelques magnétos sont pourvues d'un dispositif de variation d'avance à la main. Celui-ci peut consister dans la mobilité donnée à l'anneau isolant J (fig. 41 bis) portant les cames $f_1 f_2$. Un levier Y, commandé par une manette disposée sur le volant de direction, tout près de la manette de ralenti, permet de donner à cet anneau un léger mouvement de rotation. Les cames font alors basculer le levier plus tôt ou plus tard ; la rupture, et par conséquent l'allumage, se produisent ainsi pour une position différente de l'induit, autrement dit, pour une position différente du vilebrequin et des pistons.

39. Emplacement de la bougie d'allumage. — **Allumage jumelé.** — La bougie est fixée au-dessus de la soupape d'admission ; c'est la position reconnue la meil-

leure par l'expérience. Rafraîchie à chaque admission par les gaz frais, sa conservation est mieux assurée ; mais elle se trouve ainsi bien éloignée des particules du mélange qui occupent la région opposée du cylindre. C'est pourquoi, dans le but d'obtenir, d'une part, une combustion plus rapide et plus complète, d'autre part, de réduire l'importance de l'avance à l'allumage, deux bougies A et B (fig. 48) donnant des étincelles simultanées, sont parfois disposées sur chaque cylindre : l'une A, à l'emplacement habituel, c'est-à-dire au-dessus de la soupape d'admission ; l'autre B, au centre de la tête du cylindre. L'allumage est alors dit *jumelé*.

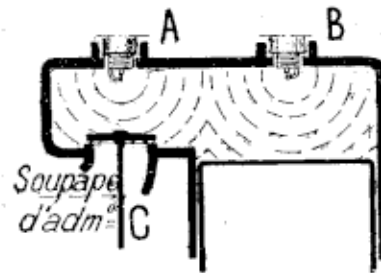


Fig. 48.

Afin de réduire la distance des pointes aux molécules gazeuses qui s'en trouvent les plus éloignées, de placer ces pointes dans un milieu de richesse convenable,

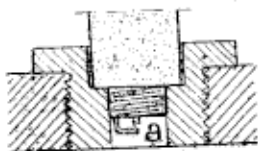


Fig. 49.

entièrement renouvelé à chaque aspiration, et de ne pas gêner la propagation de l'explosion, il convient de ne pas loger la bougie au fond d'une cavité *a* (fig. 49), mais de la placer de façon que les pointes affleurent la paroi ou soient légèrement en saillie : une pénétration exagérée dans la chambre d'explosion les exposerait à un encrassement et à un brûlage rapides.

40. Arrêt de l'allumage. — Le moteur stoppe évidemment si l'allumage cesse de fonctionner. Ce mode d'arrêt présente un avantage : les cylindres se rem-

plissent d'un mélange convenablement carburé pendant les derniers tours du moteur, de sorte que, si l'arrêt est de courte durée, le départ se fait facilement au premier tour de manivelle.

La suppression de l'allumage s'opère en maintenant fermé le circuit primaire. A cet effet, un ressort X (fig. 44), appuyé sur l'extrémité du conducteur *m* d'amenée du primaire au bloc E du rupteur, relie l'enroulement primaire au plot *n* d'un interrupteur W fixé sur le tablier de la voiture. Un second plot *r* est en relation avec la masse du véhicule. La fermeture du circuit s'obtient en poussant la lame *k* sur les deux plots.

QUESTIONNAIRE

31. Quand la combustion du mélange doit-elle être terminée ? — 32. Quand convient-il de provoquer l'allumage ? — Quels inconvénients présenterait un retard à l'allumage ? — une avance exagérée à l'allumage ? — 33. Comment est constitué le dispositif d'allumage ? — 34. Quelles sont les parties essentielles d'une magnéto ? — Quelle est la fonction de chacune d'elles ? Quel est le rôle de la magnéto proprement dite ? du rupteur ? du transformateur ? du distributeur ? Dites ce que vous savez de la constitution et du rôle du condensateur. — 35. Qu'est-ce qu'une bougie ? Comment est composé le parafoudre et quel est son rôle ? — 36. Quel rapport doit-il exister entre les vitesses de rotation de l'induit et du vilebrequin ? — du distributeur et de l'induit et comment réalise-t-on ce rapport ? — 37. A quel endroit, de préférence, convient-il de placer la magnéto ? — Comment l'induit est-il entraîné ? — 38. Est-il indispensable, avec l'allumage par magnéto à haute tension, de disposer d'un mécanisme de variation d'avance à l'allumage ? — En quoi peut consister ce mécanisme quand il est prévu ? — 39. Où la bougie est-elle placée ? — En quoi consiste l'allumage jumelé et quels avantages présente-t-il ? — La position des pointes de la bougie dans les chambres d'explosion est-elle indifférente ? — Quel avantage présente l'arrêt du moteur par suspension de l'allumage ? — 40. Comment peut-on supprimer l'allumage ?

EXERCICES

1° Schéma indiquant les positions du piston et du vilebrequin au moment où l'allumage est provoqué et au moment où la combustion est terminée. — 2. Schéma indiquant les différentes parties du dispositif d'allumage. — 3. Schéma de l'induit, du rupteur, du distributeur. — 4. Schéma d'une bougie. — 5. Schémas des dispositions susceptibles d'être employées pour l'entraînement de la magnéto. — 6. Schéma montrant comment l'avance à l'allumage peut être modifiée. — 7. Schéma d'un allumage jumelé. — 8. Schéma d'un montage correct et d'un montage défectueux de bougie.

CHAPITRE VII

LE MOTEUR (*Suite*).

LE GRAISSAGE.

SOMMAIRE. — Nécessité du graissage. — Quel lubrifiant employer ? — Quelles régions lubrifier ? — Procédés de graissage : a) graissage par barbotage ; b) graissage par circulation forcée ; pompes à huile. — Précautions contre l'expulsion de l'huile du carter. — Contrôle du graissage ; soupape de retour. — Approvisionnement du carter ; réservoir auxiliaire. — Vidange du carter.

41. Nécessité du graissage. — Pendant la période d'explosion et de détente, alors que le piston est poussé violemment par les gaz de la combustion, il se développe des pressions considérables entre l'axe du piston et le pied de bielle, entre la tête de bielle et le maneton du vilebrequin, entre les tourillons du vilebrequin et leurs paliers. La bielle, poussée par la traverse, oppose à son déplacement une certaine résistance ; elle réagit. Cette réaction, reçue d'abord par la traverse, se transmet au piston qui est ainsi fortement pressé sur le cylindre, du côté opposé à la bielle.

Ces pressions subsistent pendant les trois autres temps, mais elles sont beaucoup moindres.

S'il y a pression, il y a *frottement* (1), c'est-à-dire résis-

(1) a) Soit un parallélépipède de fonte B, du poids de 20 kilogrammes, par exemple, reposant sur un marbre d'atelier A.

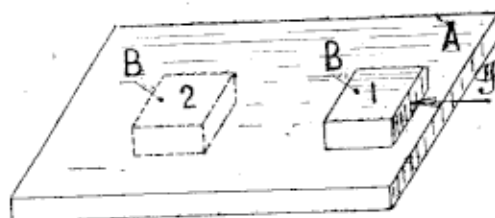
tance au glissement du piston dans le cylindre et difficulté éprouvée par le vilebrequin à tourner dans ses coussinets, même si le plateau d'embrayage est débrayé.

Une fraction de l'énergie, développée dans le cylindre,

Si nous voulons le faire passer de la position 1 à la position 2, il nous faut faire un effort F très appréciable, effort qui doit s'exercer, non seulement lors du démarrage, mais aussi pendant toute la durée du déplacement.

Il est facile de se rendre compte que cet effort devrait être plus grand si les surfaces en contact étaient rugueuses, si bloc et marbre étaient bruts de fonderie par exemple.

b) En tombant, un corps peut produire du travail ; au contraire, quand on l'élève, il absorbe un travail qu'il pourra récupérer plus tard en tombant. Si, tout en



changeant de place, en passant de la position 1 à la position 2, il ne s'élève ni ne s'abaisse, il ne produit pas de travail et on ne lui communique pas non plus la faculté d'en produire davantage plus tard, puisqu'il ne peut tomber de plus haut en 2 qu'en 1. L'énergie du corps B, comme on dit, demeure constante.

Le travail dépensé par l'opérateur qui a fait passer le parallépipède de 1 en 2 a servi uniquement à vaincre ce qu'on appelle le frottement. C'est un travail qui, au point de vue mécanique, n'a produit aucun effet utile, et n'a eu d'autre résultat que celui d'échauffer les deux corps en présence.

L'élévation de température serait vite sensible si l'on donnait au solide B un mouvement de va-et-vient assez rapide entre les positions 1 et 2.

En examinant attentivement les surfaces frottantes, il serait possible de distinguer des rayures, des arrachements de particules minuscules de métal, c'est-à-dire un début d'usure.

c) L'économie du travail, la conservation en bon état des surfaces en contact, l'avantage d'une usure lente, commandent de réduire au minimum la résistance due au frottement.

On arrive à ce résultat par un choix judicieux des métaux ou alliages constituant les parties frottantes, par un fini convenable de leur exécution, et surtout par le maintien entre les surfaces, pendant leur déplacement, d'une couche de lubrifiant, huile ou graisse.

est employée à vaincre ces résistances, sans profit pour la progression du véhicule et au détriment de la consommation d'essence.

D'autre part, en frottant l'une contre l'autre, les pièces s'échauffent, et s'échauffent d'autant plus que la résistance opposée à leur déplacement du fait du frottement est plus grande. Les métaux se dilatent ; les serrages entre les pièces sont plus accusés, ce qui diminue encore la mobilité relative de ces dernières.

Les aspérités des surfaces maintenues fortement en contact, se pénètrent, s'arrachent, puis ces surfaces arrivent à se souder, pour ainsi dire : il y a *grippage*. Le fonctionnement devient impossible, souvent même des réfections s'imposent.

Pour éviter ces inconvénients et assurer au moteur une marche régulière et économique, il importe donc de réduire le frottement, cause de tout le mal. Il ne serait pas suffisant de choisir judicieusement les métaux, de bien proportionner les surfaces frottantes aux efforts qui les appliquent l'une sur l'autre, de pousser presque jusqu'à la perfection le fini de leur exécution, il faut encore supprimer, dans la mesure du possible, le contact de ces surfaces. Ce résultat s'obtient en faisant pénétrer entre elles et en y maintenant une mince couche de lubrifiant, constamment renouvelée.

En circulant entre les pièces, le lubrifiant s'échauffe pour se refroidir ensuite, avant d'être ramené à nouveau dans les articulations ; il contribue ainsi à limiter l'élévation de température des parties irriguées.

42. Quel lubrifiant employer ? — Pour le moteur, l'huile seule convient. On choisit une huile minérale qui ne se décompose pas à une température inférieure à

250° ou 300°, semi-fluide, suffisamment visqueuse pour adhérer aux surfaces et se maintenir entre elles malgré la pression qui tend à l'expulser.

43. Quelles régions lubrifier ? — L'huile doit arriver dans toutes les régions où peut s'établir le contact de deux surfaces se déplaçant l'une par rapport à l'autre, à la condition que ces surfaces ne soient pas exposées à une température à laquelle l'huile serait vaporisée et brûlée.

On assurera donc la lubrification de la partie du cylindre voisine du carter, de l'articulation de la traverse du piston et du pied de bielle, ainsi que celle de la tête de bielle et du maneton, des tourillons du vilebrequin, des portées de l'arbre de distribution.

Sur le cylindre, un excès d'huile serait nuisible ; en effet, une partie de cette huile pourrait filtrer entre le piston et le cylindre et pénétrer dans la chambre de combustion ; en y brûlant, elle donnerait un dépôt carbonneux qui encrasserait les parois et serait susceptible de déterminer des inflammations prématurées.

Le graissage doit être d'autant plus abondant que les pressions entre organes sont plus élevées : or, ces pressions atteignent leur maximum, quand la puissance fournie par le moteur atteint elle-même son maximum ; elles sont très fortes, notamment lorsque le véhicule gravit une longue rampe. C'est pourquoi certaines voitures portent un dispositif permettant d'envoyer, dans ce cas, un supplément d'huile au carter, et cet envoi se fait, soit à l'aide d'une pompe manœuvrée à la main ou au pied, soit à l'aide du pointeau d'un réservoir auxiliaire que lève le mécanisme de manœuvre du robinet ou papillon d'admission du mélange aux cylindres ;

le pointeau ne commence à ouvrir l'orifice de départ de ce réservoir que pour une position du robinet voisine de son ouverture maximum.

44. Procédés de graissage. — Une quantité convenable d'huile, variable du reste avec le mode de graissage

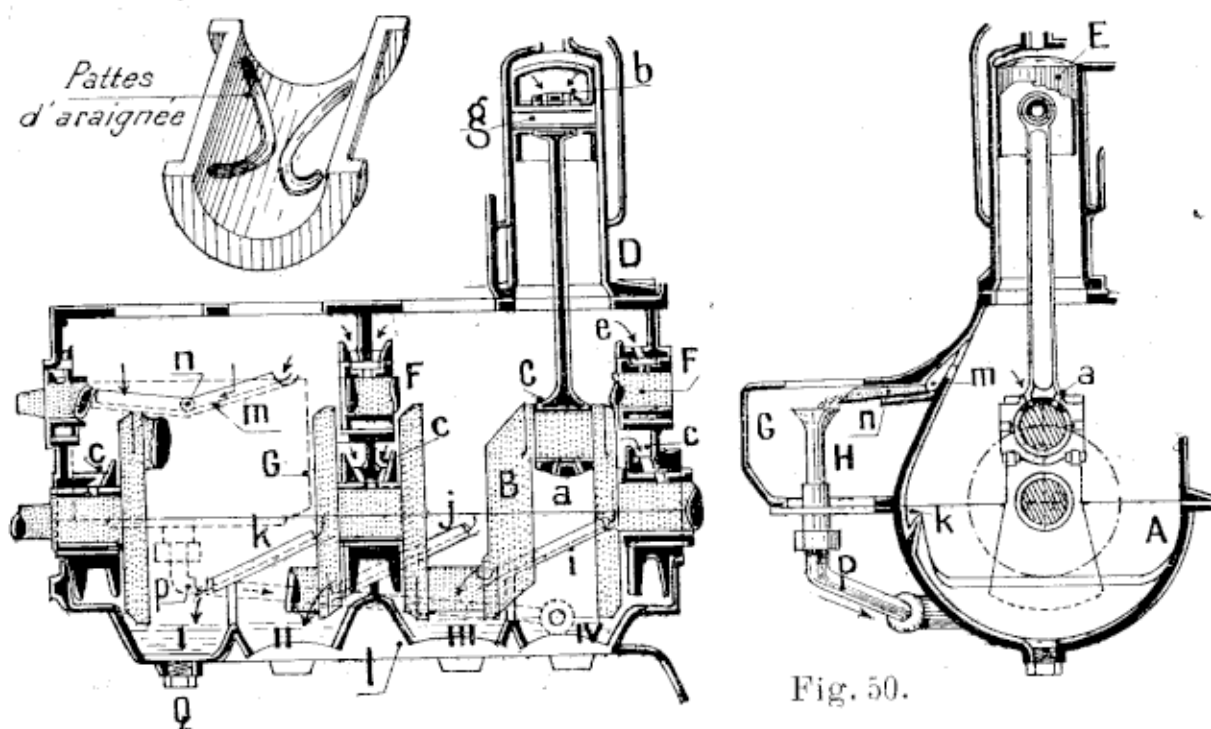


Fig. 50.

adopté et la puissance du moteur, est versée dans le carter inférieur, qui forme réservoir. Selon le moyen employé pour amener cette huile sur les surfaces à lubrifier, le graissage est dit par *barbotage*, ou par *circulation forcée*.

a) Graissage par barbotage. — Le niveau du lubrifiant dans le carter A (fig. 50) est suffisamment élevé pour qu'à chaque révolution du vilebrequin B, les têtes de bielle C viennent y plonger. Des trous a, pratiqués

dans l'épaisseur des têtes et des coussinets permettent à l'huile d'arriver au contact du maneton. En remontant, les têtes de bielle projettent le liquide dans toutes les directions et le carter se remplit d'une façon permanente d'un brouillard gras constitué par des particules d'huile. Celles-ci atteignent ainsi les parois du cylindre D. Des trous coniques *b*, pratiqués sur le pied de bielle, recueillent les gouttelettes parvenues jusque vers le fond du piston et les conduisent à l'axe *g* de celui-ci.

Des cuvettes *c*, ménagées sur les parois du carter constituent de vé-

ritables collecteurs qui, par des canaux, alimentent les paliers. Les portées *F* de l'arbre de distribution sont graissées d'une façon analogue. Des rainures, ou pattes d'araignée, pratiquées dans les coussinets, favorisent la répartition de l'huile sur toute leur longueur.

L'huile qui s'échappe des paliers, après les avoir lubrifiés, retombe dans le carter pour être projetée de nouveau.

La hauteur de la couche d'huile dans la cuvette n'est uniforme que si la voiture est horizontale. Sur une route inclinée, l'huile se porterait à une extrémité du carter, avant ou arrière, selon que la voiture serait sur une pente ou sur une rampe ; le graissage manquerait aux organes correspondant au premier ou aux deux premiers cylindres

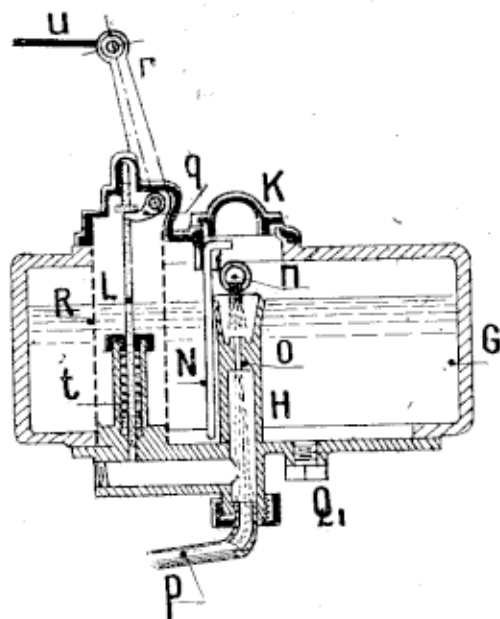


Fig. 51.

situés du côté le plus élevé. Pour obvier à cet inconvénient, le carter est souvent divisé par des cloisons *l* en autant de compartiments I, II... qu'il y a de cylindres. Dans chaque compartiment vient barboter une tête de bielle.

Afin d'assurer la répartition du lubrifiant entre les

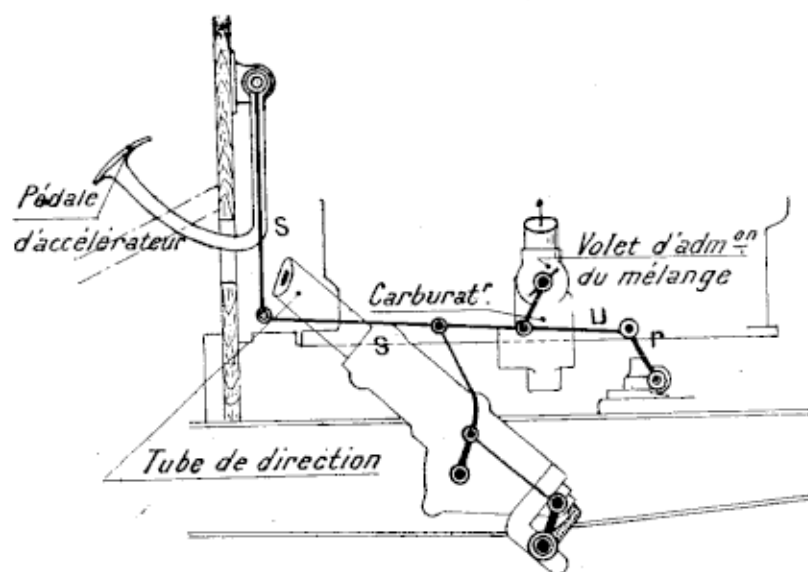


Fig. 52.

divers compartiments, une partie de l'huile projetée dans le compartiment IV est recueillie par une gouttière *i* qui la conduit dans le précédent III ; une partie de l'huile du troisième compartiment passe de même au second et une partie de celle du second au premier. Enfin, l'huile recueillie par la gouttière *m* du premier compartiment tombe dans un entonnoir H, d'où elle retourne au compartiment arrière IV par un conduit *p*. Ce conduit peut également recevoir l'huile du réservoir auxiliaire G lorsque la tringlerie *s s*, qui commande le volet d'admission du mélange, lève suffisamment le pointeau L.

Dans la figure 53, le barbotage se fait d'une façon légèrement différente. Le carter inférieur A forme encore

réservoir, mais les têtes de bielle portent des cuillères *v* qui puisent l'huile dans des augets I, II, ... Une pompe *S* prend le lubrifiant dans la cuvette et le remonte dans les augets II et III ; une partie de l'huile qui ruisselle le long des parois est recueillie par des gouttières latérales

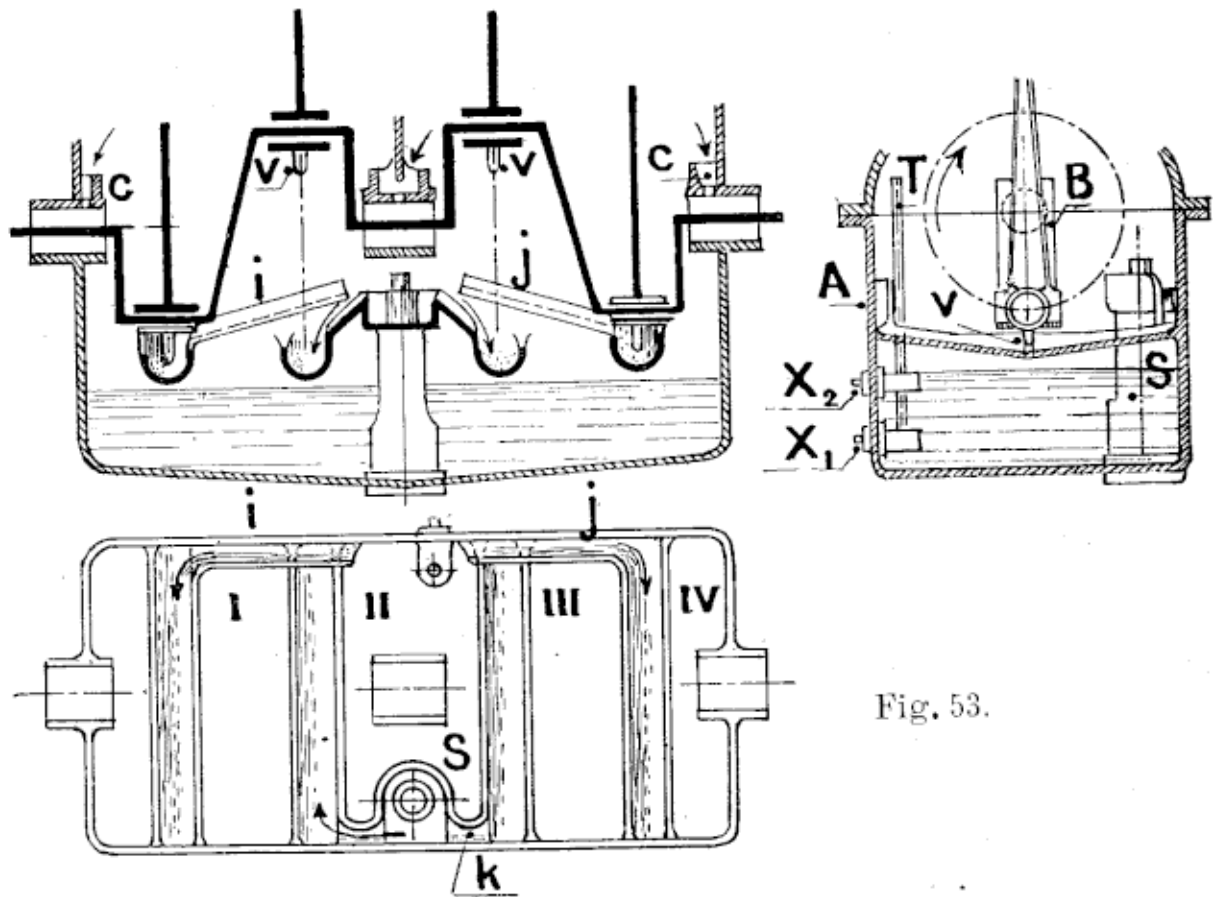


Fig. 53.

i, j, alimentant les augets I et IV. Les mêmes dispositions sont prévues pour le graissage des divers organes.

Le piston *U* de la pompe *S* (fig. 54) est abaissé par une came portée par l'arbre de distribution ; un ressort *w* le lève, dès que cesse l'action de la came. Dans la position haute, l'huile, filtrée par la crépine *R*, peut passer par de larges ouvertures *h* dans l'intérieur *V* du corps de pompe. Pendant la descente du piston *U*, les ouver-

tures *h* sont fermées par le piston lui-même, et le lubrifiant, refoulé, n'a d'autre issue que le canal central *y* et le trou *z* par lequel il se déverse dans les augets II et III.

b) Graissage par circulation forcée (fig. 55). — Comme

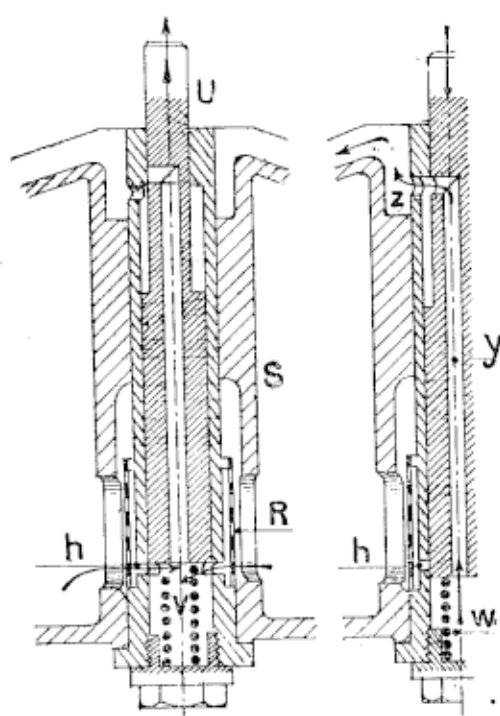


Fig. 54.

dans le système précédent, la réserve d'huile est contenue dans le carter inférieur. Une pompe *S* y puise l'huile pour la refouler dans une canalisation 1, 2, 3, 4, 5 qui aboutit aux tourillons *b*, aux manetons *c* du vilebrequin, quelquefois aussi aux portées de l'arbre de distribution. Dans quelques moteurs, le corps de bielle *C* est creux et constitue une communication permanente 6 entre le maneton *c* et l'axe *g* du piston.

L'huile en excès s'échappe des articulations en une pluie très fine qui est aspirée par les pistons, puis projetée sur les parois du cylindre, les pieds de bielle et les cames.

Elle retombe ensuite au fond du carter où elle est reprise par la pompe, après avoir traversé la crépine *R*.

Pompes à huile. — Les pompes employées sont à engrenages ou à piston.

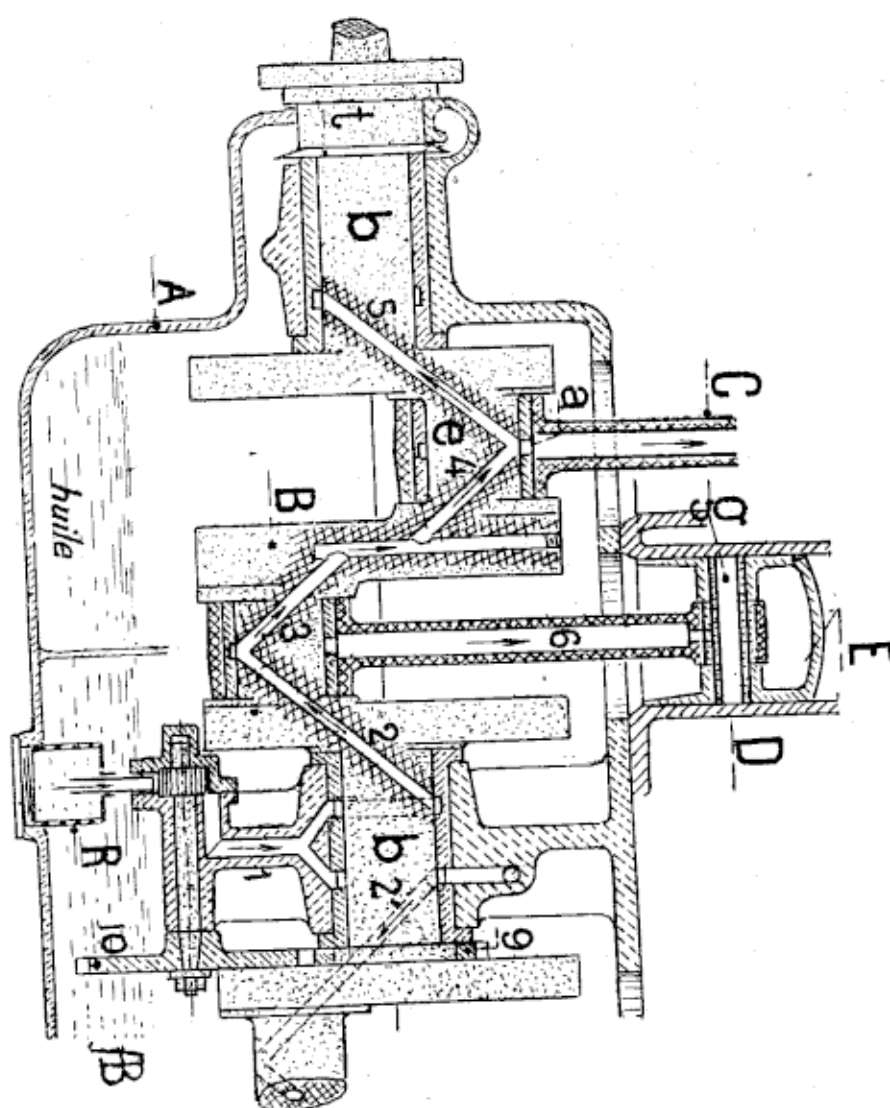
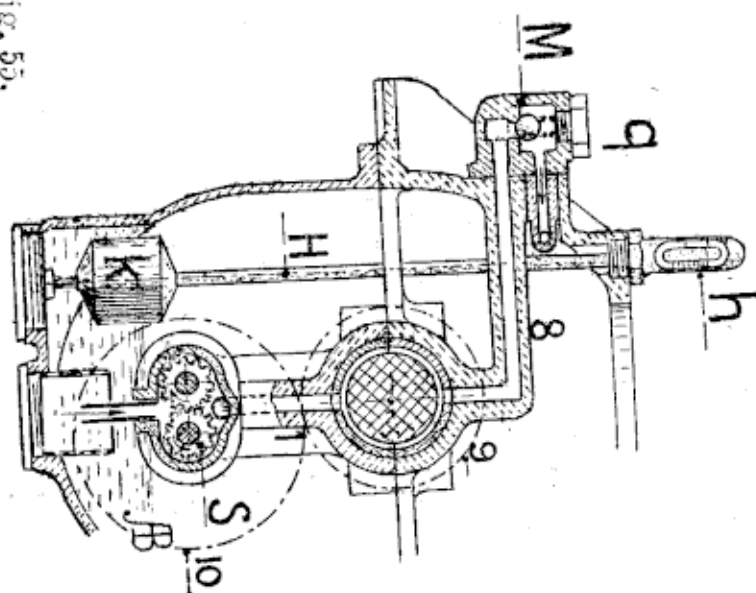


Fig. 55.



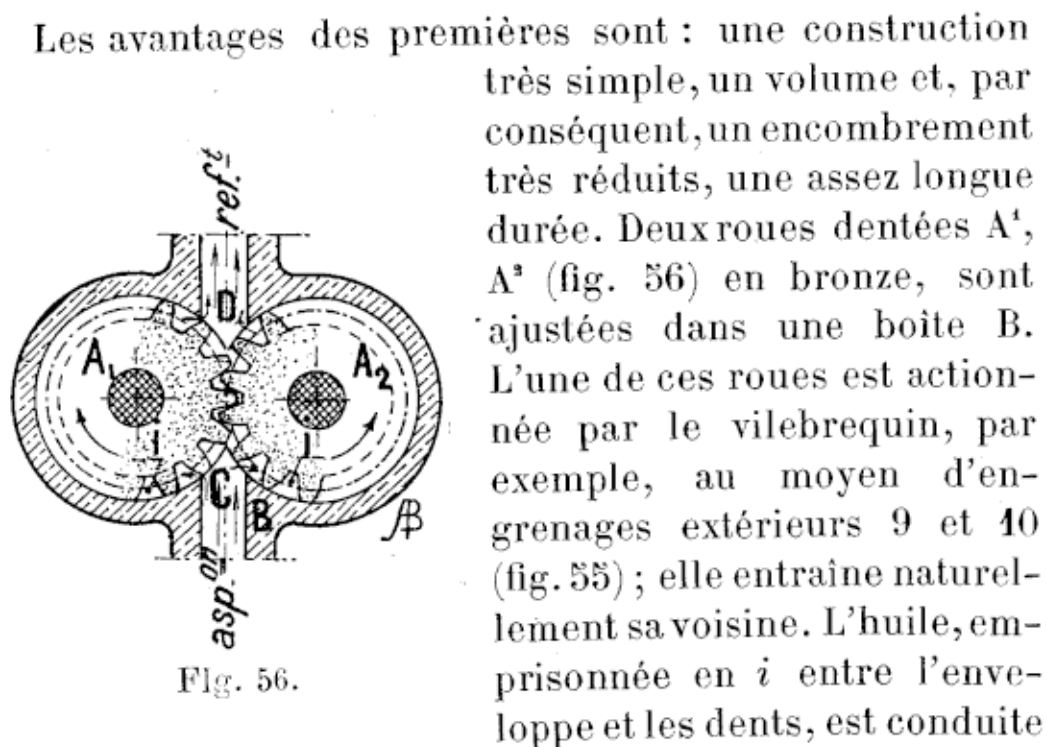


Fig. 56.

Les avantages des premières sont : une construction très simple, un volume et, par conséquent, un encombrement très réduits, une assez longue durée. Deux roues dentées A^1 , A^2 (fig. 56) en bronze, sont ajustées dans une boîte B. L'une de ces roues est actionnée par le vilebrequin, par exemple, au moyen d'engrenages extérieurs 9 et 10 (fig. 55) ; elle entraîne naturellement sa voisine. L'huile, emprisonnée en i entre l'enveloppe et les dents, est conduite

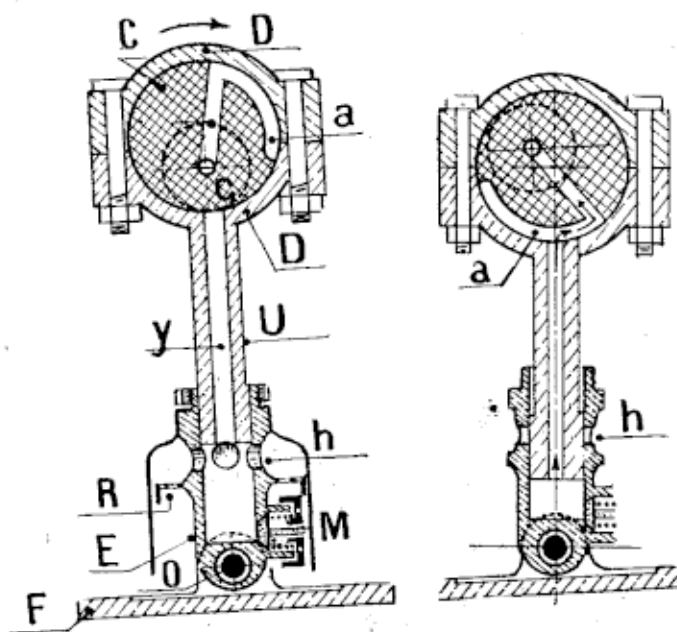


Fig. 57.

par ces dernières vers la chambre D prolongée par le conduit de refoulement. Le vide qui se produit dans la chambre C permet l'afflux de l'huile de la cuvette.

Les pompes à piston sont de types très variés. En ce qui concerne celle que représentent les figures 57 et 57 *bis*, le vilebrequin B est pourvu d'une portée excentrée C qu'enveloppe un collier D en deux pièces ; une tige creuse U formant piston prolonge le demi-collier D₁. Le cylindre E est articulé en o sur une semelle F fixée sur le fond du carter.

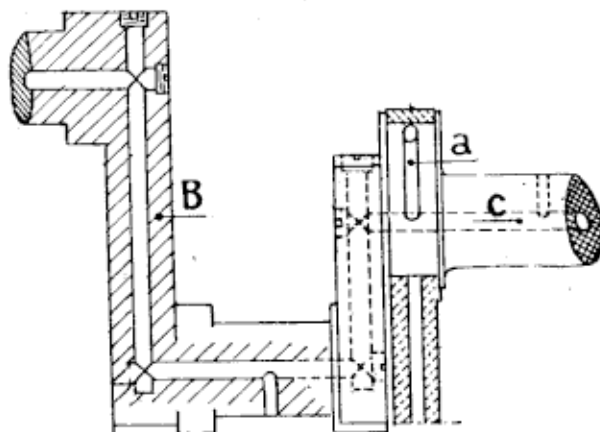


Fig. 57 bis.

La portée C imprime au piston U et au cylindre E un mouvement d'oscillation autour de o, pendant lequel le piston s'abaisse et s'élève dans le cylindre. Une rainure *a*, pratiquée dans la portée, et en communication constante avec le canal axial *c*, vient en face du trou *y* pendant la descente du piston.

Pendant la montée de celui-ci, l'huile s'introduit dans le cylindre par les orifices *h* ; lors de la descente, ces orifices sont obturés par le piston et l'huile n'a pour s'échapper que le trou central *y* prolongé par la rainure *a*, qui s'est placée en regard, et le canal *c* du vilebrequin.

45. Précautions contre l'expulsion de l'huile du carter. — Pour préserver de la boue et de la poussière les organes en mouvement, le carter est clos et ne présente que les ouvertures de passage du vilebrequin. Il s'ensuit que si le moteur ne comporte qu'un seul cylindre, il y a, pendant la montée du piston, augmentation de volume de cette capacité close, donc dépression et aspi-

ration de l'air extérieur. Au contraire, pendant la descente, il y a surpression et refoulement de l'air, lequel n'a d'autre issue que le jeu entre le carter et le vilebrequin. L'huile adhérente aux tourillons extrêmes peut ainsi être entraînée au dehors par l'air refoulé.

Dans un moteur à quatre cylindres où deux pistons descendent pendant que deux autres montent, les variations de pression sont moindres. Néanmoins, des précautions y sont aussi prises pour éviter les pertes d'huile.

Il suffit de mettre l'intérieur du carter en communication per-

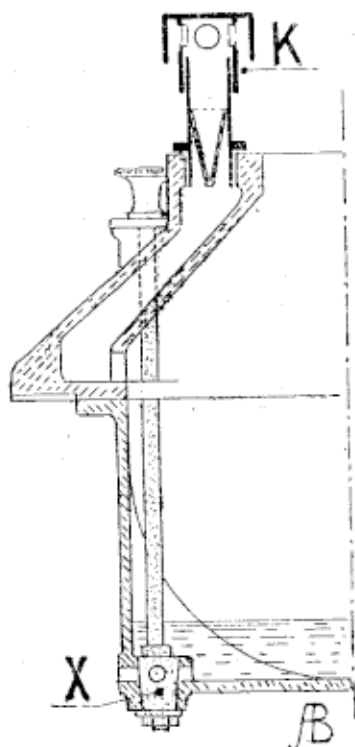


Fig. 58.

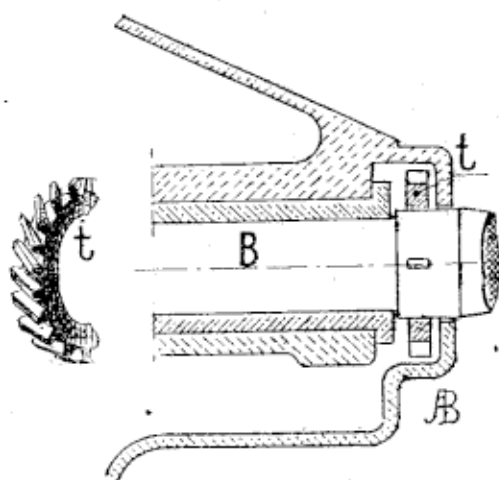


Fig. 59.

manente avec l'atmosphère. L'orifice ou *évent* K (fig. 58) doit avoir une section suffisante pour que l'air puisse y passer facilement dans un sens ou dans l'autre, de façon que la pression dans le carter demeure sensiblement constante et égale à la pression atmosphérique.

Avant sa sortie du carter, le vilebrequin B (fig. 55) peut aussi porter une bague conique *t* tournant avec lui. Pour s'échapper, les gouttelettes d'huile doivent suivre

cette bague ; elles atteignent son arête tranchante, sur laquelle elles ont peu d'adhérence ; la force centrifuge les oblige à s'en détacher ; elles retournent ainsi à la cuvette.

Une petite roue à ailettes *t* (fig. 59) ou turbine peut remplacer cette bague ; les ailettes en sont orientées de manière que, dans leur rotation, elles ramènent vers l'intérieur du carter l'huile qui tendrait à s'en échapper.

46. Contrôle du graissage. — Le conducteur doit être vite averti de l'insuffisance ou de la cessation du graissage, sans quoi, si ces cas se produisaient, les articulations s'échaufferaient exagérément ainsi que le piston, l'huile se vaporiserait, brûlerait et il pourrait être trop tard pour y remédier lorsqu'il percevrait l'odeur caractéristique de la vapeur d'huile. Un contrôle du graissage, de sa suffisance, est donc nécessaire.

En ce qui concerne le graissage par barbotage, représenté figure 54, un trou permet, lorsque le bouchon *K* qui l'obture est enlevé, de voir l'huile couler de la gouttière *n* dans l'entonnoir *H*.

Lorsque la circulation se fait sous pression, un manomètre, branché sur la canalisation de refoulement (fig. 62) et placé sur le tablier de la voiture, indique à chaque instant la pression de l'huile refoulée. Un tube de verre ou *visueur* peut aussi être disposé de telle manière qu'il permette d'observer, par exemple, l'huilé en excès qui s'écoule d'un palier. En fig. 55, il est facile de vérifier le débit de la pompe en dévissant le bouchon *q* : l'huile doit s'écouler abondamment si, le moteur étant au ralenti, la pompe débite.

Soupape de retour. — Pour que le graissage présente

son maximum d'efficacité et pour que la même huile puisse servir plus longtemps, la circulation doit se faire à une certaine vitesse. Il va de soi que cette vitesse dépend elle-même d'une certaine pression supportée par l'huile, pression dont la valeur la plus favorable indiquée par l'expérience est limitée à 1,5 ou à 2 kilogrammes par centimètre carré.

Une soupape, dite de *retour*, M (fig. 55 et fig. 57) constituée généralement par une bille ou un disque pressé par un ressort, s'ouvre quand la pression dépasse la valeur maximum ; l'huile qu'elle laisse alors échapper retourne au carter.

47. **Approvisionnement du carter.** — La quantité

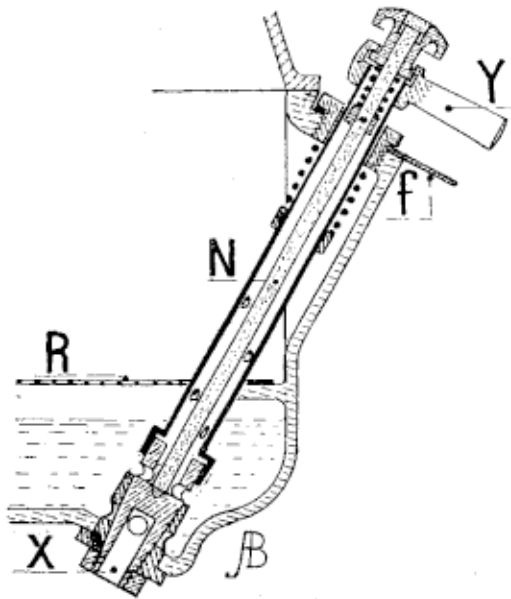


Fig. 60.

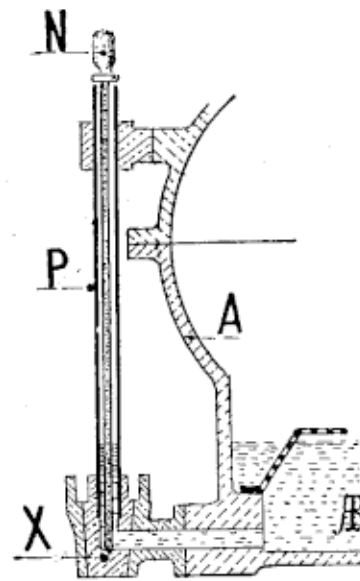


Fig. 61.

convenable d'huile est versée par un orifice fermé en temps normal par un bouchon K (fig. 58). Celui-ci peut être disposé pour fonctionner comme évent. La vérification du niveau se fait par l'un des moyens suivants :

a) deux robinets x_1 , x_2 (fig. 53) sont fixés sur le car-

ter à des niveaux différents. A l'arrêt, le plan d'huile doit se trouver entre ces deux robinets, ce qu'il est facile de contrôler en les ouvrant successivement ;

b) une tige N ou jauge (fig. 60) porte deux traits gravés correspondant l'un au niveau maximum, l'autre au niveau minimum ; l'examen de cette jauge, après qu'on l'a sortie, permet également de situer le niveau de l'huile. La réglette N peut aussi être graduée en litres ; plongée

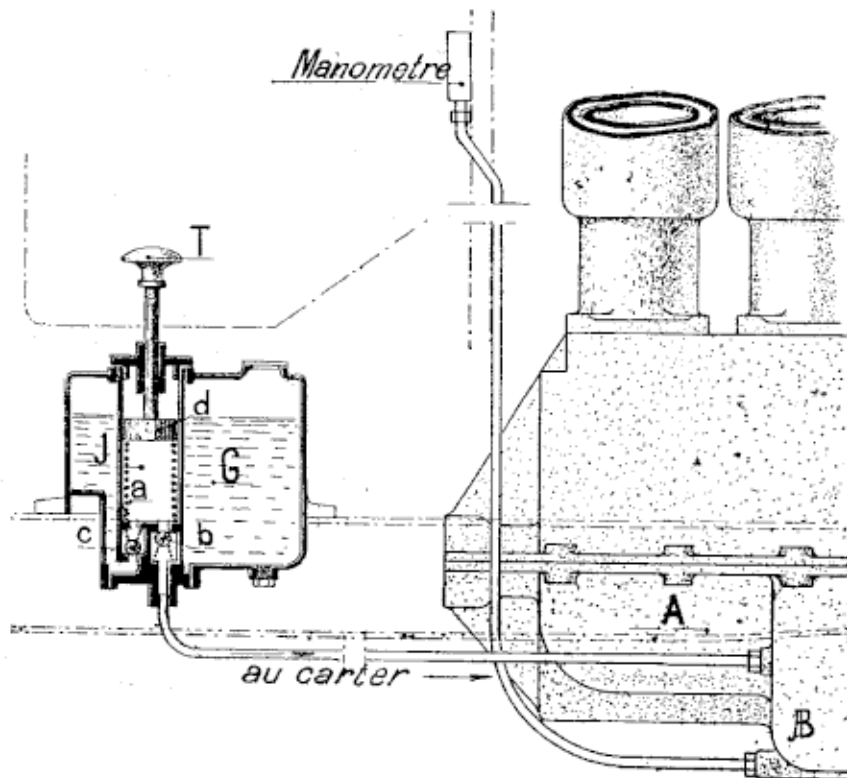


Fig. 62.

dans un *tube de niveau* P (fig. 64) extérieur au carter, elle indique la hauteur d'huile dans celui-ci ;

c) l'enlèvement de la jauge est évité en fixant à l'extrémité inférieure d'une tige H (fig. 55) un flotteur K ; l'extrémité supérieure se déplace dans un viseur h avec fenêtre ; la position relative des repères de la tige et de la fenêtre indique la hauteur du niveau de l'huile (traits

de gauche, par exemple, de la fenêtre) et le nombre de litres de lubrifiant que contient encore le carter (graduation de droite).

Réservoir auxiliaire. — Une réserve d'huile peut compléter celle du carter ; elle est renfermée dans un réservoir G (fig. 62) installé, par exemple, sous le plancher de la voiture. L'huile ne peut passer de ce réservoir dans le carter A que si l'on manœuvre la petite pompe aspirante et foulante J : une pression sur la talletonnette T éloigne la bille *b* et provoque l'envoi au carter du lubrifiant qui remplit le cylindre J ; le ressort antagoniste *a* relève le piston *d*, ce qui détermine une aspiration, dans le cylindre, du liquide du réservoir ; l'entrée du liquide s'effectue par la soupape *c* ouverte par la dépression.

48. Vidange du carter. — L'huile perd à la longue ses qualités lubrifiantes ; on estime que son renouvellement complet s'impose après un parcours de 4000 à 4500 km.

La vidange du carter s'opère par un orifice inférieur, fermé par un bouchon fileté Q (fig. 50) qu'il suffit de dévisser, ou par un robinet X (fig. 61) dont le dispositif de manœuvre est ramené généralement sur la face supérieure du carter. La poignée Y de commande de ce robinet se déplace au-dessus d'une plaquette *f* ; celle-ci porte deux repères indiquant les positions du robinet qui conviennent à la marche ou à la vidange.

QUESTIONNAIRE

41. Pourquoi est-il nécessaire d'assurer le graissage du moteur ? Que se produit-il si le graissage devient insuffisant ou s'il cesse ? — 42. Quel est le lubrifiant qui convient pour le mo-

teur ? — 43. Quelles sont les parties qui doivent être lubrifiées ? — Quel inconvénient présenterait un graissage trop abondant du cylindre ? — Quand le graissage est-il surtout nécessaire ? — 44. Quels sont les procédés courants de graissage ? — 44 a). En quoi consiste le procédé par barbotage ? — Qu'est-il prévu pour que le graissage soit assuré quelle que soit la position de la voiture ? — Indiquez une variante du graissage par barbotage. — 44 b). Comment se fait le graissage par circulation forcée ? — Que devient l'huile qui s'échappe des articulations ? — Comment l'huile peut-elle être envoyée sous pression dans la canalisation ? — Quels sont les types de pompes le plus souvent en usage ? — 45. Comment l'huile peut-elle être entraînée hors du carter ? — Quels moyens peut-on employer pour l'empêcher d'en sortir ? — 46. De quels moyens dispose-t-on pour contrôler la circulation ? Quel est le rôle de la soupape de retour ? — 47. Comment approvisionne-t-on le carter ? — A quoi sert le réservoir auxiliaire ? — 48. Quand et comment vide-t-on le carter ?

EXERCICES

1. Schéma d'un moteur monocylindrique avec indication des dispositions prévues pour le graissage du maneton, de la traverse du piston et des paliers. — 2. Schéma du fond du carter d'un moteur à 4 cylindres. — 3. Schéma dans lequel on fera figurer uniquement les dispositions employées dans un moteur à 4 cylindres, pour assurer la circulation libre de l'huile. — 4. Schéma d'une disposition de graissage avec augets. — 5. Schéma d'une pompe à huile pour graissage par barbotage avec indication de son fonctionnement. — 6. Schéma d'un vilebrequin, d'un palier d'extrémité et du palier du milieu, d'une bielle, d'un piston, tels que ces organes sont prévus pour la circulation d'huile sous pression. — 7. Croquis d'une pompe à engrenages et indication de son fonctionnement. — 8. Schéma d'une pompe à huile à piston pour graissage sous pression et indication de son fonctionnement. — 9. Croquis des dispositions adoptées pour éviter la sortie de l'huile autour du vilebrequin. — 10. Croquis d'une soupape. — 11. Croquis des dispositifs permettant de se rendre compte de la position du niveau de l'huile, ou de la quantité d'huile contenue dans le carter. — 12. Schéma de l'installation d'un réservoir auxiliaire et de sa pompe.

CHAPITRE VIII

LE MOTEUR (*suite*).

LA RÉFRIGÉRATION.

SOMMAIRE. — Nécessité de la réfrigération. — Comment on la réalise. — Radiateur : fonction ; constitution ; emplacement. — Circulation de l'eau : a) par thermosiphon ; b) par pompe : pompe centrifuge ; pompe à engrenages ; emplacement ; commande ; manomètre ; tuyauterie ; contrôle de la circulation d'eau. — Circulation de l'air ; ventilateur ; emplacement ; commande. — Précautions contre les incrustations et contre la gelée.

49. Nécessité de la réfrigération. — L'explosion de chaque cylindrée est accompagnée d'un important dégagement de chaleur. C'est cette chaleur qui élève la température et la pression des gaz (gaz non brûlés et gaz produits pendant la combustion) et qui les rend capables d'exercer une violente poussée sur le piston.

En se déplaçant, malgré la résistance que lui oppose la bielle, le piston effectue un travail. Ce travail ne peut être produit que grâce à la transformation progressive de l'énergie calorifique des gaz. Une masse déterminée de gaz renferme d'autant moins de chaleur que sa température est moins élevée. C'est ce qui explique pourquoi la température de ces gaz diminue pendant leur détente.

La fraction de la chaleur dégagée pendant l'explosion, qui est transformée en travail, est donc d'autant plus grande que les gaz sont évacués à plus faible tempéra-

ture. Or, dans la pratique, la nécessité de réaliser un moteur léger oblige à réduire la course du piston et les gaz sortent du cylindre alors que leur température est encore d'environ 800°. Il en résulte une perte très importante : *les gaz emportent dans l'atmosphère environ les 40 centièmes de la chaleur dégagée par la combustion de l'essence.*

Une autre perte doit être consentie si l'on veut assurer la continuité du fonctionnement. Les gaz chauds, renfermés dans la chambre de combustion et le cylindre, en échauffent les parois. Si aucune disposition n'était prévue, ces parois atteindraient vite une température voisine de la moyenne des températures que prendrait successivement le mélange depuis son introduction dans le cylindre jusqu'à son évacuation. Le métal rougirait, se fissurerait, perdrait de sa résistance et une rupture ne tarderait pas à se produire.

Il est vrai que le fonctionnement cesserait bien avant l'accident : le piston gripperait dans le cylindre, faute de lubrification. Les huiles, en effet, ne résistent pas aux températures supérieures à 350° : elles se décomposent ou se carbonisent.

Il devient donc peu utile d'ajouter qu'avec une température élevée des parois, la cylindrée admise aurait un faible poids — puisque le mélange serait très dilaté — et, par suite, une faible puissance explosive ; et que le mélange, qui prendrait très rapidement la température des parois, s'enflammerait bien avant que ne jaillisse l'étincelle.

Comme il faut, avant tout, que la lubrification soit assurée, il est indispensable de maintenir les parois à une température ne dépassant pas 250° environ. Ce résultat est obtenu en entourant la chambre de combustion et

le cylindre d'une couche d'eau constamment renouvelée : les parois cèdent de la chaleur au liquide, lequel s'échauffe et est aussitôt remplacé par du liquide froid.

Il en résulte que, pendant l'explosion et la détente, en particulier, les gaz sont beaucoup plus chauds que la paroi ; ils cèdent à celle-ci de la chaleur, et, évidemment, cette chaleur, emportée quelques instants après par l'eau, ne peut être transformée en travail sur le piston. Elle constitue donc une perte, mais une perte obligée, puisque sans cela, le moteur ne pourrait fonctionner. *L'eau de réfrigération soutire ainsi, à son tour, 35 à 40 centièmes de la chaleur dégagée pendant la combustion.*

Plus la réfrigération est active, plus la température moyenne des parois est abaissée ; par suite, les gaz se refroidissent davantage pendant la détente, et ils sortent du cylindre à une température moins élevée, emportant ainsi une quantité de chaleur moins grande. Ainsi, plus l'eau emporte de chaleur, moins il en part avec les gaz ; autrement dit, *la somme des pertes de chaleur par l'eau et par les gaz d'échappement est sensiblement constante.* Cependant, l'expérience montre que, pour une même consommation d'essence, une réfrigération trop intense fait baisser la puissance du moteur.

50. Comment on réalise la réfrigération. — Une chemise A (fig. 63) (1) venue de fonte avec le cylindre B, enveloppe complètement la chambre de combustion C ainsi que le cylindre, ce dernier sur la moitié supérieure seulement de la hauteur, c'est-à-dire dans la région découverte par le piston.

1. Dans les moteurs polycylindriques, la même chemise peut être commune à deux, et même à quatre cylindres.

Le cylindre et la chemise limitent ainsi une chambre close que l'on fait parcourir par un courant d'eau. Si le moteur était fixe, il suffirait de mettre cette chambre en relation avec un réservoir d'eau supérieur. Sollicité par son propre poids, le liquide affluerait tout naturellement dans la chambre, la traverserait, absorbe-

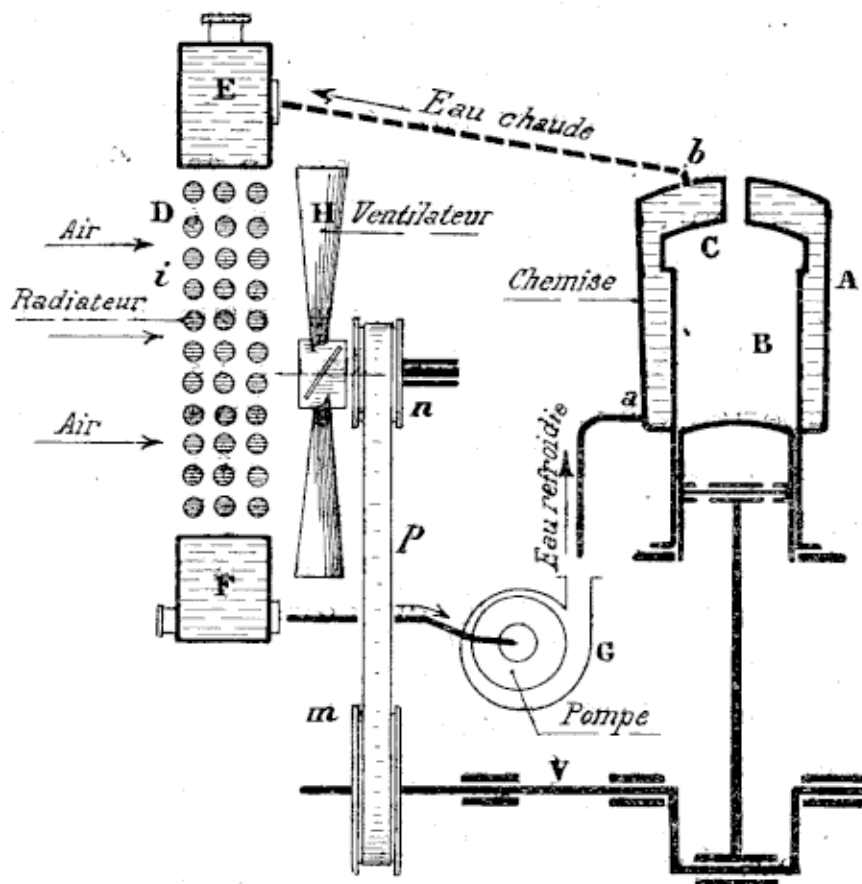


Fig. 63.

rait une partie de la chaleur du cylindre et serait ensuite évacué d'une façon définitive. Cette réfrigération avec de l'eau froide constamment renouvelée pourrait être très efficace, mais la consommation, on le conçoit, serait importante.

La mobilité du moteur ne permet pas de recourir à

une disposition aussi simple : la quantité d'eau qu'une voiture peut emporter est très limitée : au bout de quelques minutes de marche, la réserve du liquide réfrigérant serait épuisée.

Il est donc indispensable de réemployer l'eau qui s'est échauffée : cela exige :

1° l'installation d'un appareil capable de refroidir énergiquement et rapidement l'eau chaude : c'est le réfrigérant ou *radiateur* D (fig. 63) ;

2° l'adoption d'un dispositif qui assure l'écoulement continu de l'eau chaude de la chambre d'eau du cylindre vers le radiateur, et le retour de l'eau refroidie du radiateur à ladite chambre.

L'eau froide admise à la partie inférieure *a* de l'enveloppe, dans la région la moins chaude, est évacuée à la partie supérieure *b* ; avec un parcours inverse, l'eau, très échauffée au contact de la tête C du cylindre, pourrait être à une température trop peu supérieure à celle de la paroi latérale pour que les échanges calorifiques fussent appréciables, et le cylindre se trouverait mal refroidi.

D'autre part, l'introduction d'eau froide cheminant irrégulièrement le long d'une paroi très chauffée, comme l'est celle de la culasse C, risquerait de provoquer des contractions inégales du métal, susceptibles de déterminer des ruptures.

Enfin, l'admission à la partie inférieure simplifie plutôt la tuyauterie.

51. Radiateur. — C'est le nom donné au réfrigérant.

Fonction. — Sa fonction a un double but : 1° constituer un *réservoir d'eau* ; 2° former *refroidisseur*.

A proprement parler, le radiateur ne constitue que la paroi qui sépare le liquide à refroidir du fluide réfrigérant ; ce fluide, c'est l'air extérieur, qui s'engouffre tout naturellement dans l'appareil pendant la marche de la voiture, et d'autant plus énergiquement que le véhicule va plus vite. L'eau cède sa chaleur à la paroi ; le courant d'air la prend aussitôt et les échanges peuvent ainsi se poursuivre tant que les circulations de l'eau et de l'air sont assurées.

L'eau étant mauvaise conductrice de la chaleur, seules, les molécules qui sont en contact avec la paroi peuvent abandonner leur chaleur à cette paroi ; les échanges ne sont donc actifs que si le liquide se présente en couches minces, autrement dit, s'il est très divisé.

L'air chemine très rapidement le long des parois du réfrigérant ; il a à peine le temps de leur prendre un peu de chaleur. D'autre part, un gaz ayant avec un solide un contact moins intime qu'un liquide, les échanges calorifiques entre gaz et solide se font plus difficilement qu'entre liquide et solide. Il ne suffit donc pas d'augmenter la surface mouillée par l'eau, — la surface exposée au courant d'air se trouve aussi accrue de ce fait — il faut encore que la surface du refroidisseur en contact avec l'air soit plus grande que celle qui est en contact avec l'eau. C'est pourquoi les tubes, à l'intérieur desquels circule l'eau, sont pourvus extérieurement d'ailettes.

Constitution. — Le réservoir a la forme d'un cadre L (fig. 64) dont le contour extérieur est accommodé à la forme du capot. Deux cloisons *c, d*, divisent ce réservoir en deux compartiments J, K ; l'un J, en relation avec la partie haute de la chambre du cylindre (arrivée d'eau chaude) ; l'autre K, en communication avec la partie

basse (départ d'eau refroidie). Le liquide ne peut passer du premier au second qu'en traversant un faisceau de tubes nombreux M.

Ces tubes en cuivre, métal bon conducteur de la chaleur, sont garnis extérieurement d'ailettes. Celles-ci ne sont efficaces que dans la mesure où elles font corps avec le tube qui les porte ; l'intimité du contact est, en effet,

indispensable pour que la chaleur puisse passer du tube à ces disques minces. Leur fixation est obtenue par soudure, ou bien leur collerette est simplement appliquée sur le tube par une forte pression.

Le nombre et le diamètre des tubes, les dimensions des ailettes sont choisis

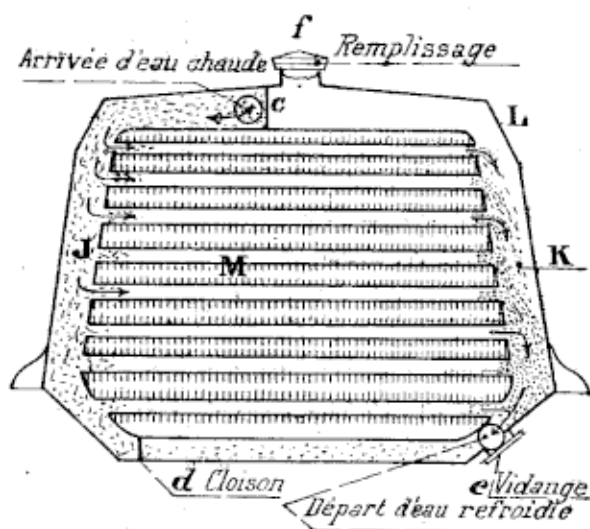


Fig. 64.

de façon que l'appareil se laisse facilement traverser par l'eau, par l'air, et qu'il ne soit pas trop fragile.

Avec la circulation d'eau libre, les tubes sont verticaux et soudés dans les parois en regard des deux caisses constituant le réservoir (voir ci-après fig. 67). Dans certains appareils, le diamètre des tubes est assez petit et leur nombre est assez élevé pour qu'une surface suffisante soit obtenue sans ailettes.

Une surface d'échange maximum pour un encombrement déterminé peut être réalisée avec la disposition en *nid d'abeilles*, ainsi appelée à cause de sa ressemblance avec un gâteau de miel.

Quatre à cinq mille tubes N (fig. 65 a) en cuivre, ronds, de $\frac{3}{40}$ de millimètre d'épaisseur, de 8 à 10 millimètres de diamètre et de 8 à 14 centimètres de longueur, sont épaissis en carré à leurs extrémités (c) et plissés dans leur partie moyenne (b), pour faciliter les échanges de chaleur et favoriser la circulation de l'eau. Ces tubes, placés horizontalement, sont disposés en quin-

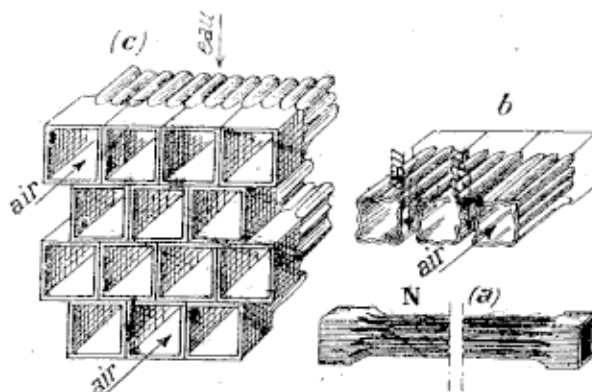


Fig. 65.

conce. Lorsque, par leur superposition, on a réalisé un ensemble de contour convenable, les extrémités sont trempées dans un bain de soudure qui assure la liaison de tous les éléments. Le gâteau ainsi obtenu est enchâssé dans un cadre dont les parties, supérieure et inférieure, forment le réservoir. L'eau qui afflue dans le réservoir supérieur doit circuler *entre tous les tubes* pour parvenir au compartiment inférieur ; l'air, au contraire, passe *dans les tubes*.

Ce groupement des éléments réfrigérants porte au maximum la surface d'échange, mais les sections offertes au passage de l'eau sont assez faibles et sujettes à être obstruées par les incrustations, si l'eau n'est pas pure. D'autre part, un aussi grand nombre de tubes reliés par soudure, donne un ensemble forcément fragile, et sujet aux fuites.

Emplacement. — Le radiateur est disposé, soit à l'avant

de la voiture (fig. 66 a), soit derrière le moteur (fig. 66 b) près de la planche qui sépare le capot de la carrosserie.

Dans la première position, l'appareil expose à la pénétration de l'air toute la face avant, ce qui ne peut qu'activer le refroidissement.

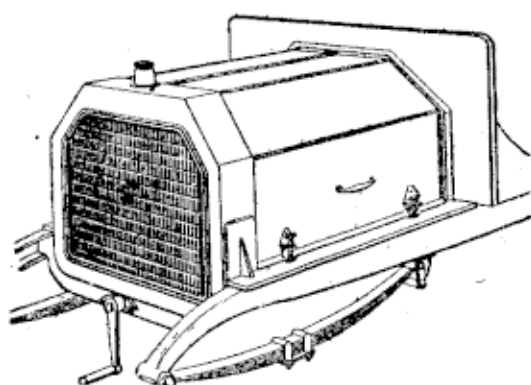


Fig. 66 a.

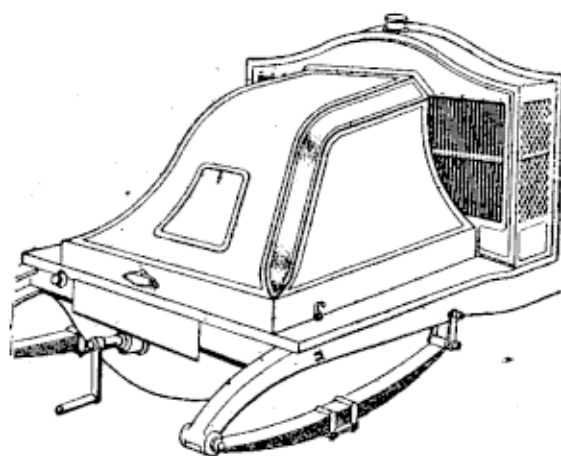


Fig. 66 b.

L'air qui a traversé le radiateur circule autour du moteur qui se trouve ainsi également rafraîchi. Le radiateur est ordinairement placé à l'avant quand la circulation est obtenue par pompe.

La seconde position convient surtout au cas où la circulation s'effectue librement, par différence de température, et où la hauteur totale du radiateur doit être grande. Le moteur est mieux dégagé, plus accessible. Enfin, l'air ne circulant pas autour du moteur, le carburateur aspire un air moins

chargé de poussières : la propreté et la durée du cylindre y gagnent.

52. Circulation de l'eau. — Elle est obtenue, soit par *thermosiphon*, soit par *pompe*.

a) **Par thermosiphon.** — Les deux caisses A et B

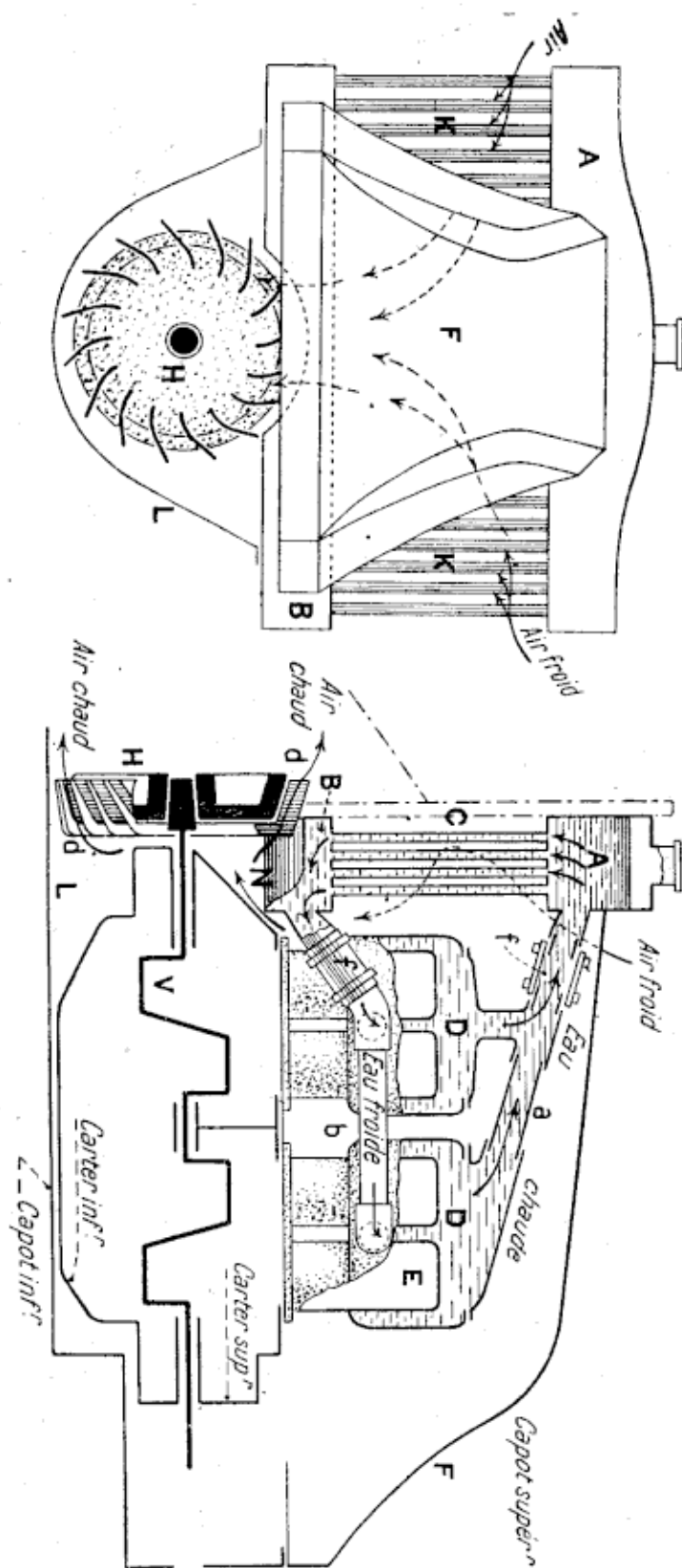


Fig. 67.

(fig. 67) du radiateur, les tubes C, la chambre D ne constituent en réalité qu'une seule capacité. En D, l'eau est chaude ; plus légère, elle se rend par le tuyau *a* dans la caisse A ; elle est remplacée par de l'eau froide venant de B ; l'eau des tubes se refroidissant, descend dans B et est remplacée par l'eau de A. Il s'établit ainsi un courant continu, et de sens constant, de la chemise du cylindre au radiateur.

La force qui détermine cette circulation croît avec la différence des températures moyennes de l'eau dans la chambre et dans le radiateur, et aussi avec les hauteurs des colonnes d'eau. On l'augmente en surélevant le compartiment A, ce qui peut se faire sans nuire au bon aspect de la voiture, lorsque le radiateur est à l'arrière du moteur. Malgré cette précaution, cette force demeure assez faible ; aussi la tuyauterie doit-elle avoir une section largement suffisante, être aussi directe que possible, ne pas présenter de coudes brusques, afin d'atténuer les causes de ralentissement du courant.

b) Par pompe. — Une pompe G (fig. 63) prend l'eau dans le compartiment inférieur du radiateur et la refoule dans la chambre du cylindre. La pression qui peut atteindre 5 à 10 kg. par cm² imprime à l'eau une vitesse 4 à 6 fois plus grande que dans la disposition précédente. La valeur élevée de cette pression permet d'adopter des canalisations plus longues, de plus faible section et donne plus de latitude dans le choix des tubes, de leur nombre et de leur disposition.

La pompe est, soit *centrifuge*, soit à *engrenages*.

Pompe centrifuge. — Un disque A (fig. 68) entraîné en rotation rapide par un arbre *a*, porte des ailettes *b*

qui obligent l'eau à participer au mouvement de rotation. Sous l'action de la force centrifuge les particules d'eau sont rejetées sur le pourtour ; elles se rendent dans la volute C prolongée par le tuyau de refoulement. L'eau expulsée est remplacée par celle qu'amène la tubulure d dans la partie centrale de l'appareil.

Cette pompe ne fonctionne bien qu'à grande vitesse : 1200 à 4000 tours et plus par minute. Son débit, c'est-à-

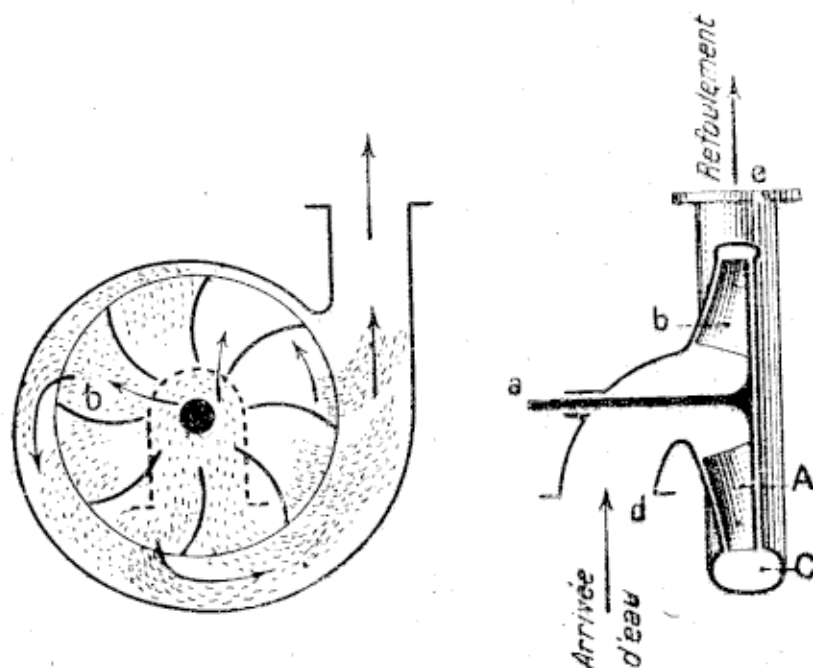


Fig. 68.

dire le poids d'eau qu'elle refoule par seconde, décroît quand le nombre de tours de son arbre diminue. Elle peut continuer à tourner sans grand inconvénient, si le débit est fortement diminué ou même annulé par suite de l'obstruction de la canalisation.

Pompe à engrenages. — Elle est analogue à celle qui a été représentée fig. 54, mais fonctionnant dans une eau rarement très propre, les dentures s'usent plus rapidement qu'avec l'huile, surtout si elles ne sont

pas taillées avec grand soin ; la marche devient alors bruyante, et le rendement médiocre par suite de fuites.

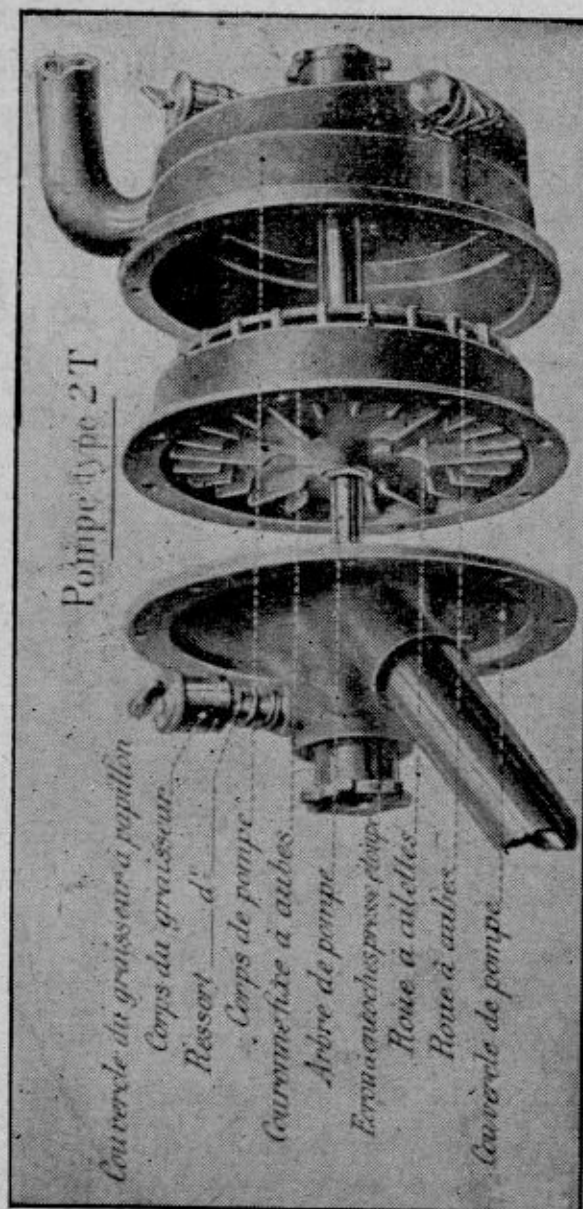


Fig. 69.

de la canalisation de refoulement entraîne fatalement une rupture : rupture soit de la pompe, soit de la tuyauterie.

1. Voir filtre R (fig 55).

Une crépine (1) est disposée à l'entrée pour arrêter les particules grossières qui, en s'interposant entre les dents, pourraient déterminer la rupture de l'axe d'une des roues.

Peu encombrante, la pompe à engrenages débite, quelle que soit sa vitesse de rotation, et son débit est *forcé*, c'est-à-dire que l'eau refoulée doit trouver une issue. C'est là un avantage très appréciable au point de vue de la sécurité de la circulation, mais par contre, toute obstruction

Emplacement de la pompe. — Les pompes centrifuges et à engrenages aspirent mal ; on les place donc à la

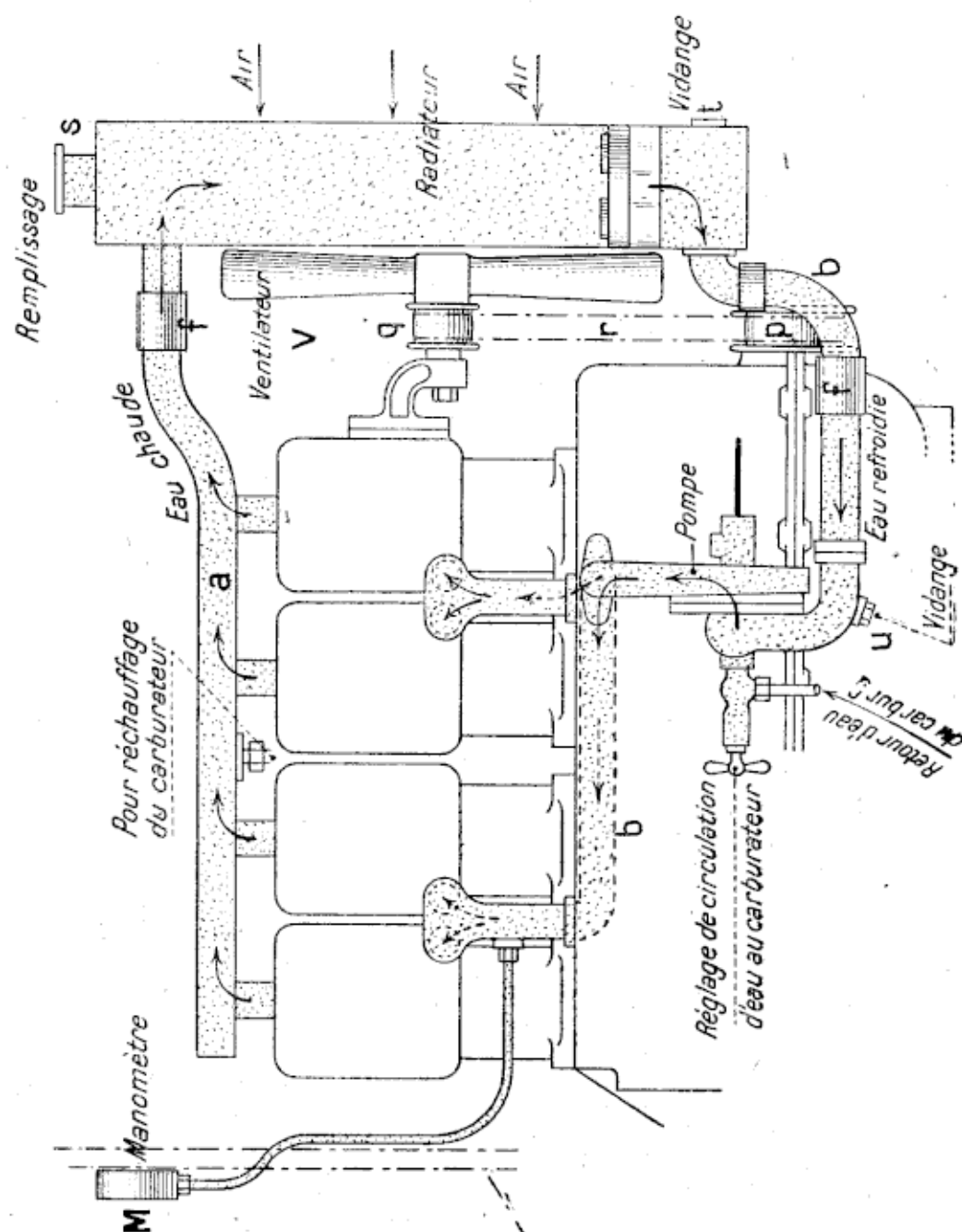


Fig. 70.

partie basse du circuit (fig. 63 et 70) de façon que l'eau y afflue naturellement. L'installation de la pompe tout près du moteur la met mieux à l'abri de la gelée en hiver.

Commande. — La pompe est commandée par engrenages : la prise peut se faire sur l'arbre de distribution,

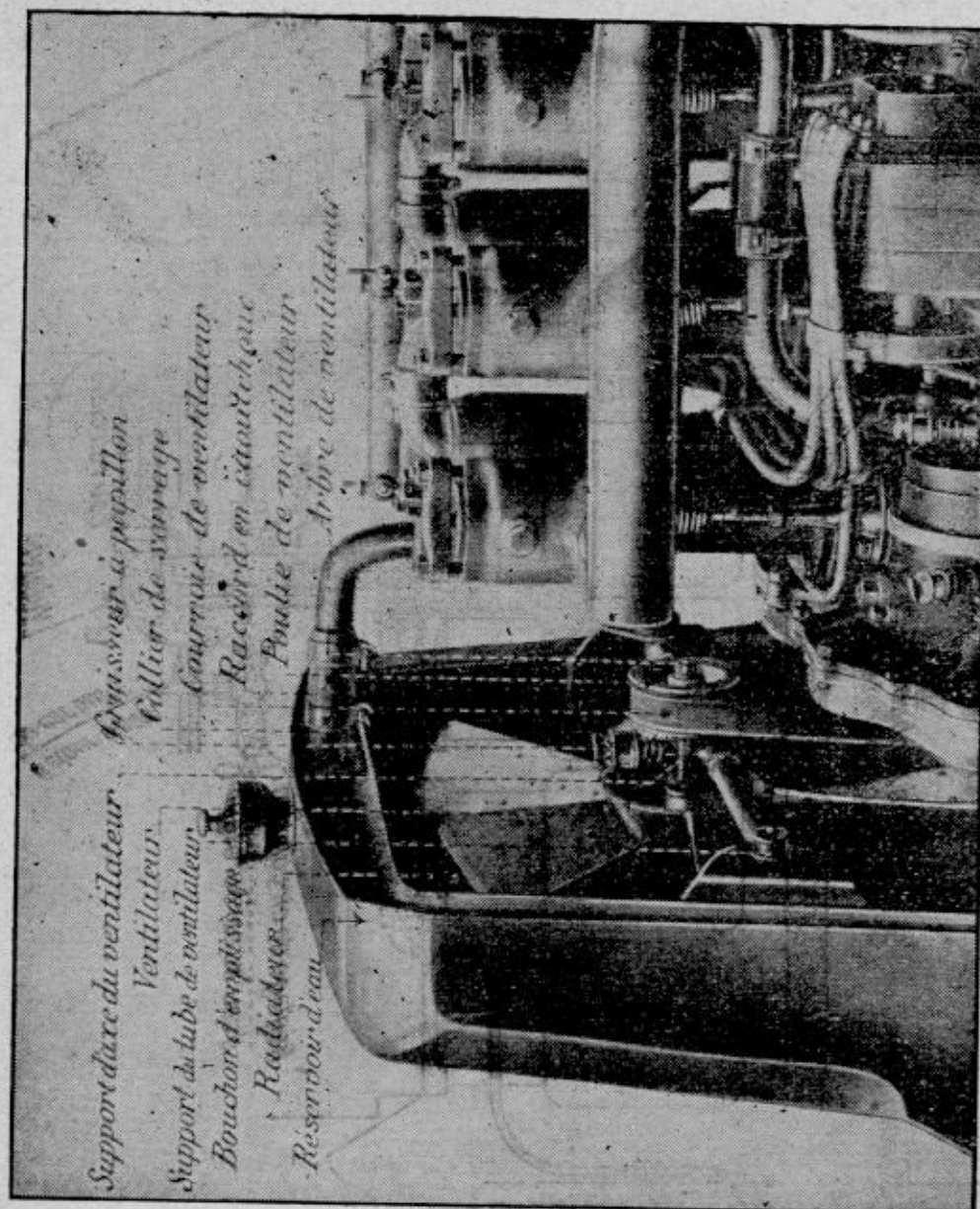


Fig. 71.

par exemple. On interpose quelquefois entre l'arbre de commande et l'axe de la pompe une pièce, lame ou ressort, juste assez forte pour assurer le fonctionnement normal de l'appareil, mais qui se brise si les ailettes ou

l'un des pignons rencontrent dans leur rotation une résistance exagérée.

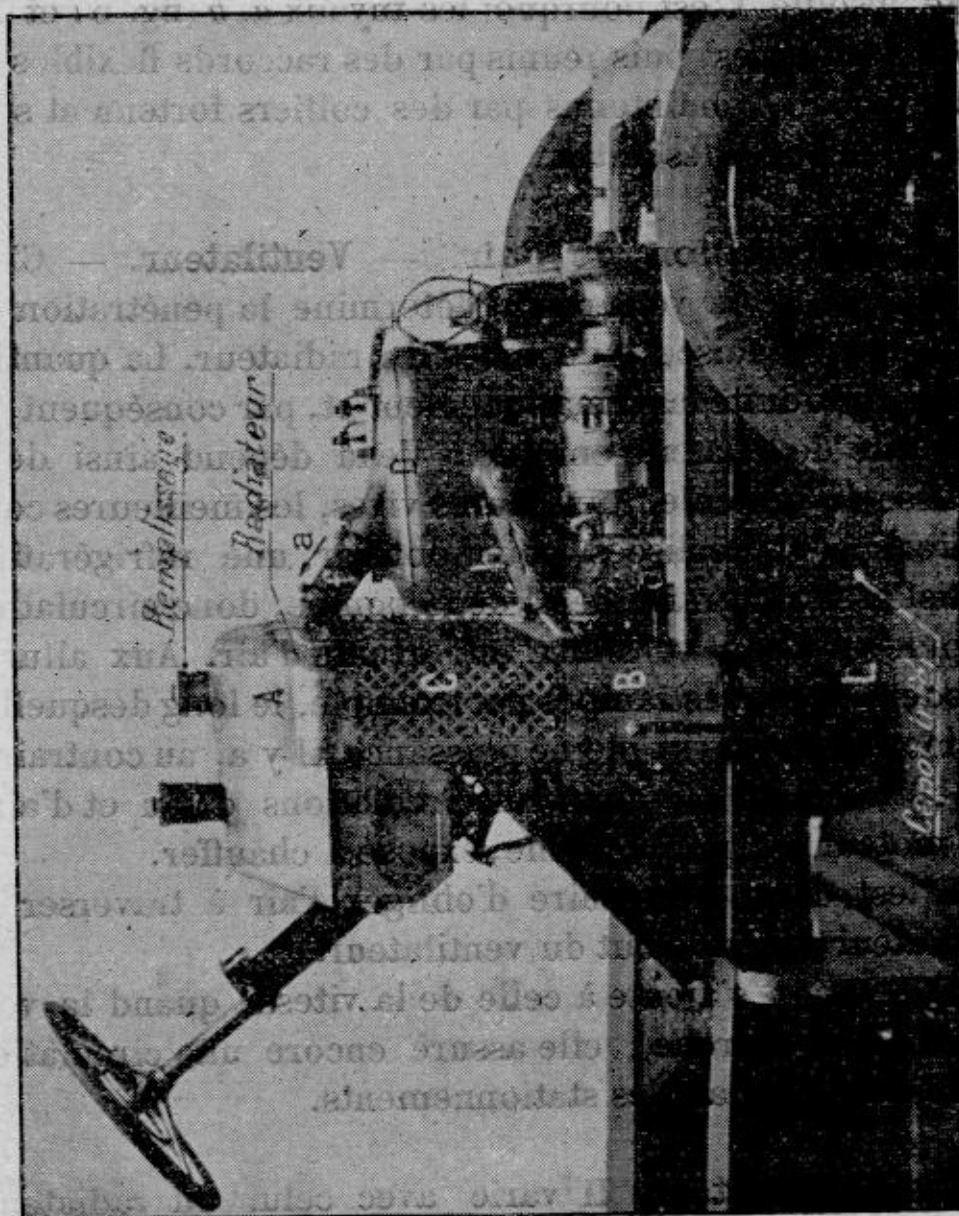


Fig. 72.

Manomètre. — Un manomètre M (fig. 70), fixé sur le tablier de la voiture à la vue du conducteur, donne à chaque instant la pression de refoulement.

Tuyauterie. — Par suite des soubresauts de la voiture,

la partie supérieure du radiateur ne conserve pas une position invariable par rapport au moteur ; les canalisations qui les raccordent ne sauraient donc être d'une rigidité absolue. C'est pourquoi les tuyaux *a*, *b* (fig. 67 et 70) sont sectionnés, puis réunis par des raccords flexibles en caoutchouc *f*, maintenus par des colliers fortement serrés pour éviter les fuites.

53. Circulation de l'air. — Ventilateur. — C'est la marche de la voiture qui détermine la pénétration de l'air dans le faisceau de tubes du radiateur. La quantité d'air introduite automatiquement et, par conséquent, la quantité de chaleur enlevée à l'eau dépend ainsi de la vitesse du véhicule. Aux allures vives, les meilleures conditions sont réalisées pour obtenir une réfrigération satisfaisante : grand débit de la pompe, donc circulation rapide de l'eau et afflux important d'air. Aux allures modérées, sur les rampes par exemple, le long desquelles le moteur donne sa pleine puissance, il y a, au contraire, ralentissement à la fois des circulations d'eau et d'air : le moteur est, par là même, exposé à chauffer.

Il est donc nécessaire d'obliger l'air à traverser le radiateur : c'est le but du ventilateur.

Son action s'ajoute à celle de la vitesse quand la voiture est en marche ; elle assure encore une circulation suffisante pendant les stationnements.

Emplacement. — Il varie avec celui du radiateur. Quand le radiateur est placé à l'avant, le ventilateur *V* est souvent placé immédiatement derrière (fig. 70 et 71). Lorsque le radiateur est à l'arrière, c'est le volant *H* du moteur (fig. 67) qui joue le rôle de ventilateur, soit que sa jante porte des ailettes *d*, soit que les bras réunissant

la couronne au moyeu reçoivent une forme hélicoïdale pour déterminer l'appel d'air.

Dans certaines voitures (fig. 67 et 72), le capot est entièrement clos, aussi bien dessous que dessus. Il n'y a de communication avec le dehors, à l'avant, que par la partie K du faisceau tubulaire C du radiateur, laissée découverte par le capot supérieur F, et, sous la voiture, que par l'ouverture N, balayée par la couronne d'ailettes du volant ventilateur. Celui-ci aspire donc l'air extérieur qui est ainsi obligé de circuler entre les tubes latéraux, puis entre les tubes du milieu, avant d'entrer dans le volant qui le rejette sous la voiture.

Commande. — Dans le cas du ventilateur distinct du volant, la commande en est ordinairement faite par le vilebrequin au moyen de poulies p , q , et courroie r (fig. 70) ; un dispositif permet de déplacer légèrement l'axe du ventilateur pour assurer à la courroie une tension convenable. .

54. Précautions contre les incrustations et contre les gelées. — Le radiateur porte, à sa partie supérieure, un orifice de remplissage s (fig. 70) et, à la partie inférieure, un orifice de vidange t ; un second orifice de vidange u est prévu au point le plus bas de la canalisation.

Le plein doit être fait avec de l'eau propre, avec de l'eau de pluie, si possible. L'eau de rivière abandonne, en effet, en s'échauffant, des sels calcaires, qui, en se déposant sur les régions chaudes du cylindre, diminuent l'activité des échanges de chaleur. Pour cette raison et pour le maintien en bon état des canalisations, des rinçages assez fréquents et des détartrages à l'eau de potasse s'imposent.

En hiver, l'eau est exposée à geler pendant les arrêts ; on abaisse le point de congélation en l'additionnant d'un quart d'alcool dénaturé, ou d'un quart de glycérine. Comme la glycérine ne se vaporise pas, il n'y a à la remplacer que dans le cas de vidange du radiateur.

QUESTIONNAIRE

49. Que devient l'énergie calorifique dégagée pendant la combustion du mélange d'essence et d'air ? — Pourquoi la réfrigération est-elle nécessaire ? — Y a-t-il intérêt à avoir une réfrigération par trop active ? — Sinon, pourquoi ? — Quelle fraction approximative de la chaleur dégagée est emportée : 1° par les gaz d'échappement ? 2° par l'eau réfrigérante ? — 50. Pourquoi est-il indispensable de réemployer l'eau qui s'est échauffée ? Au moyen de quel dispositif réalise-t-on la réfrigération ? — 51. Qu'est-ce qu'un radiateur ? Quelle est sa fonction ? Sa constitution ? Quelles sont les deux positions qu'il peut occuper et dans quel cas l'une est-elle préférable à l'autre ? — 52. Comment la circulation de l'eau est-elle obtenue ? En quoi la pompe centrifuge diffère-t-elle de la pompe à engrenages ? — 53. Expliquez le mécanisme de la circulation de l'air. Quel est l'emplacement du ventilateur ? — 54. Quelles précautions convient-il de prendre : a) contre les incrustations ; b) contre les gelées ?

EXERCICES

1. Coupe schématique d'une chambre de combustion. — 2. Croquis des dispositifs destinés à la circulation de l'eau (par thermosiphon ou par pompe) et de l'air (par ventilateur).

CHAPITRE IX

LE MOTEUR (*suite*).

RÉGULARISATION ET ÉQUILIBRAGE.

SOMMAIRE. — **RÉGULARISATION** : Variation de l'effort qui sollicite le maneton. Inconvénients. — Régularisation de la rotation : augmentation du nombre des cylindres ; volant. **ÉQUILIBRAGE**. — But de l'équilibrage. — Efforts développés sur le cylindre et le bâti du moteur pendant les différentes phases du cycle : 1° pendant l'explosion et la détente ; 2° pendant la compression ; 3° pendant l'aspiration et l'échappement ; conséquences. Fatigue et usure dues à la rotation du vilebrequin. — Procédés d'équilibrage : moteurs : 1° à un cylindre ; 2° à deux cylindres ; 3° à quatre cylindres. — Effet du mouvement alternatif du piston. — Force d'inertie du piston. — Équilibrage approximatif de la force d'inertie du piston : moteurs : 1° à un cylindre ; 2° à deux cylindres ; 3° à quatre cylindres.

RÉGULARISATION.

55. Variation de l'effort qui sollicite le maneton. — **Inconvénients.** — La rotation du vilebrequin est transmise aux deux roues arrière par l'intermédiaire des axes et engrenages de la boîte des vitesses et du différentiel (4). Les roues éprouvent, pour rouler sur le sol, une résistance d'importance variable selon la charge de la voiture, l'état et le profil de la route.

1. Se reporter au Chapitre Premier « Qu'est-ce qu'une voiture automobile ? ».

Supposons cette résistance constante sur un certain

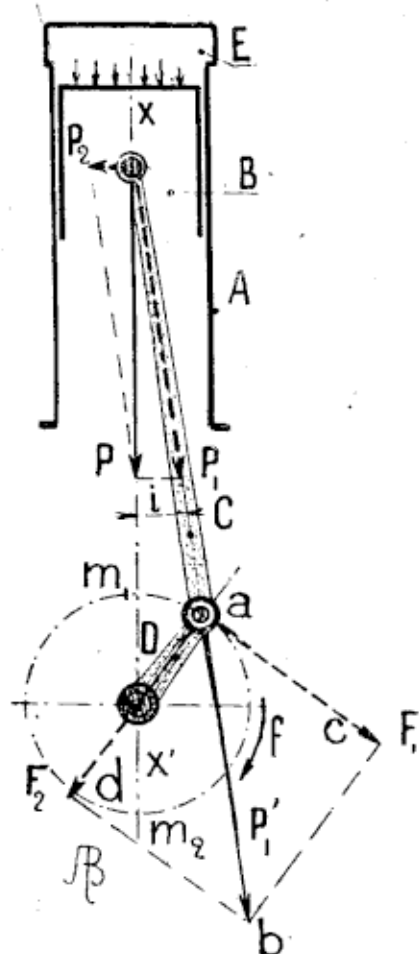


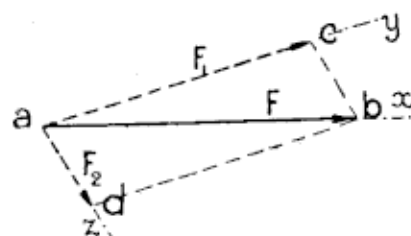
Fig. 73.

trajet rectiligne. Les roues parcourent des chemins égaux. La progression de la voiture sera-t-elle d'une régularité parfaite? Il faudrait, pour cela, que le vilebrequin transmitt, par les intermédiaires rappelés, un effort constant, aux axes des roues arrière. Or, il n'en n'est pas ainsi.

Considérons, pendant la période d'explosion et détente, le cylindre et le système : piston, bielle, vilebrequin (*fig 73*). Les pressions, que les gaz exercent en tous les points de la face supérieure du piston B, peuvent être remplacées par une pression résultante P. Il est possible de décomposer cette force P en deux autres : (1)

l'une P_1 agissant suivant l'axe de la bielle C ; l'autre P

1. Une force F, agissant suivant ax, peut toujours être remplacée par deux autres F_1 et F_2 agissant suivant les directions ay az. Si la longueur ab représente le nombre de kg de F, les nombres de kg. de F_1 et F_2 s'obtiendront en terminant le parallélogramme dont ab est la diagonale et dont ay, az, sont les directions des côtés. (Par b, mener la parallèle bc à az, puis la parallèle bd à ay). F_1 , F_2 sont dites les composantes de F, laquelle est leur résultante :



dirigée perpendiculairement à la surface du cylindre.

La bielle, qui est rigide, transmet au maneton a la poussée P_1 qu'elle reçoit. Cet effort P_1 , agissant en a (P'_1) peut alors être décomposé en deux autres :

un effort F_1 , dirigé suivant le rayon ;

un effort F_2 , dirigé suivant la tangente ac , en a , à la circonférence décrite par le maneton.

C'est cette composante F_1 qui pousse le maneton du vilebrequin ; son rôle est le même que celui de la main agissant sur la poignée de la manivelle d'un arbre pour le mettre en mouvement.

Or, la valeur de F_1 n'est pas constante : elle dépend de la position du piston, ou, ce qui revient au même, de celle du maneton.

En effet, la pression P diminue graduellement pendant la détente, c'est-à-dire, au fur et à mesure que le piston descend. D'autre part, P_1 diffère d'autant plus de P que l'angle i de la bielle avec l'axe xx' est plus grand. Le rapport de F_1 à P'_1 varie également avec l'angle que forment la bielle C et la manivelle D ; en particulier, F_1 est nul pour les points morts m_1 , m_2 du maneton.

En résumé, pendant la détente, le vilebrequin est sollicité par un effort F_1 , qui s'exerce dans le sens f de la rotation et qui est, par conséquent, moteur ; c'est ce qui donne, pendant la demi-révolution correspondante du maneton, une impulsion à la voiture. Mais, la grandeur de cet effort F_1 est variable.

Pendant l'échappement, aucun effort moteur n'est transmis au maneton. Au contraire, c'est le vilebrequin qui, entraîné par la voiture, doit agir, par la bielle, sur le piston pour le pousser afin de chasser les gaz brûlés. L'expulsion rapide de ces derniers par l'orifice d'échappement ne se fait pas, sans une certaine difficulté.

Il en est de même pendant l'admission, au cours de laquelle le mélange frais ne peut pénétrer assez rapidement dans le cylindre, de sorte que la pression sur la face supérieure du piston est légèrement plus faible que celle qui s'exerce sur la face inférieure.

Pendant la compression, ce fait se produit également, mais il est plus accusé encore, puisque le mélange frais oppose au piston une résistance qui s'accroît à mesure que le piston réduit son volume.

Donc, au cours de ces trois périodes : échappement, aspiration, compression, non seulement la voiture doit triompher des résistances de la route, mais il lui faut en outre entraîner vilebrequin, bielle et piston, de sorte que, tant qu'elles durent, sa vitesse diminue progressivement pour augmenter de nouveau à l'explosion suivante et ainsi de suite.

Si le moteur était capable de tourner assez lentement, on verrait la voiture, surtout si elle était très légère, avancer par saccades, par bonds.

En pratique, ces bonds se succèdent à intervalles fort rapprochés. Avec un moteur monocylindrique faisant 1200 tours par minute, on aurait ainsi 600 bonds par minute, c'est-à-dire 10 par seconde. Néanmoins, on a recherché une plus grande régularité dans la marche. Deux moyens, le plus souvent associés, sont employés : *l'augmentation du nombre des cylindres*, et *l'usage d'un volant*.

56. Régularisation de la rotation. — Augmentation du nombre de cylindres. — Au lieu d'une seule explosion, et, par conséquent, d'une seule impulsion, tous les deux tours du vilebrequin, on peut obtenir deux, quatre, six explosions et impulsions en groupant deux, quatre,

six cylindres. Les manetons du vilebrequin sont disposés et les cames de l'arbre de distribution sont orientées de telle façon que les explosions se succèdent à intervalles réguliers (1).

Naturellement, le nombre de tours demeurant constant, si, au lieu d'un cylindre unique, il y en a quatre, les cylindrées, quatre fois plus nombreuses, devront être quatre fois moins fortes, à supposer que l'on veuille conserver sensiblement la même puissance.

La régularité peut encore être mieux assurée, si, à égalité de puissance, on augmente le nombre de tours, en diminuant corrélativement le volume des cylindres ; les explosions deviennent, en effet, moins violentes et plus rapprochées.

Volant. — Supposons le véhicule à l'arrêt et le moteur au ralenti. Le robinet d'admission du mélange (2) est presque fermé ; la cylindrée est peu dense, la puissance de l'explosion très atténuée. Le vilebrequin ne reçoit donc, pendant la phase d'explosion et de détente, qu'une faible impulsion. Dans les trois phases suivantes, le piston, rencontrant dans son déplacement une résistance due aux frottements et à la pression soit des gaz qui s'échappent, soit du mélange qui se comprime, devra être entraîné par le vilebrequin.

Cela ne sera possible que si le vilebrequin a une vi-

1. On a vu au cours du Chapitre V qu'avec le vilebrequin A, à 4 coudes, il y avait une explosion à chaque demi-révolution, et que ces explosions se succédaient dans l'ordre 1-3-4-2.



2. Se reporter aux chapitres II et III : Carburation et carburateur.

tesse acquise suffisante et une inertie convenable (1).

Pour accroître l'inertie d'un corps qui tourne, il

1. La matière est *inerte*. On entend par là qu'elle est incapable de se mettre en mouvement d'elle-même. Il faut pour la déplacer, l'intervention d'une cause extérieure, d'une *force*. Quand elle est en mouvement, elle ne peut pas non plus modifier son mouvement.

Un corps en mouvement et soustrait à toute action extérieure se déplace en ligne droite et son mouvement est uniforme ; c'est-à-dire que sa vitesse est constante, ou encore que les espaces, qu'il parcourt pendant des intervalles de temps égaux, sont égaux.

L'inertie est encore caractérisée par ce fait qu'un corps tend à persister dans son état de repos, s'il est immobile, et à conserver son mouvement, s'il se déplace.

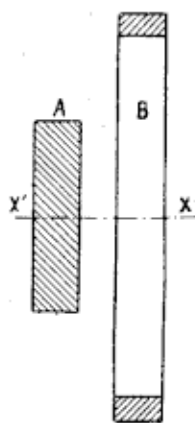
Un corps paraît opposer à sa mise en mouvement une certaine résistance, d'autant plus grande qu'il est plus lourd et que le déplacement qu'on veut lui communiquer est plus rapide. C'est absolument comme si une force tendait à le retenir en place. Cette force fictive est dite *force d'inertie*.

De même, quand il est en mouvement, rectiligne par exemple, si une cause ralentit son mouvement, il se raidit pour ainsi dire contre ce ralentissement, comme si une force s'opposait à cette cause de diminution de vitesse. Cette force qui se manifeste ainsi quand la vitesse décroît est encore une force d'inertie. D'après ce qui précède, on peut comprendre qu'elle est dirigée dans le sens du mouvement.

Une force d'inertie apparaît également lors de l'augmentation de vitesse, mais elle est dirigée en sens inverse du déplacement.

Les mêmes remarques peuvent se faire sur un corps susceptible de tourner autour d'un axe. L'inertie de ce corps se traduit par la rapidité avec laquelle il passe du repos à une vitesse déterminée, ou d'une vitesse déterminée au repos, sous l'influence d'une force de grandeur donnée, motrice dans le premier cas, résistante dans le second.

Pour un poids donné, l'inertie d'un corps susceptible de tourner autour d'un axe, croît, quand la matière s'éloigne de l'axe. Ainsi, pour la rotation autour de $x\ x'$, l'anneau B a une inertie plus grande, ou mieux un « moment d'inertie » plus grand, que le disque A, supposé de même poids.



aut, ou augmenter son poids, ou, sans changer son poids, répartir la matière de manière à l'éloigner de l'axe. Or, il serait difficile de modifier le vilebrequin; en particulier, on ne peut augmenter le rayon de manivelle, lequel est nécessairement calculé suivant la course du piston; on munit alors l'arbre d'un *volant*.

Le volant est un disque en fonte dont la jante C (fig. 74)

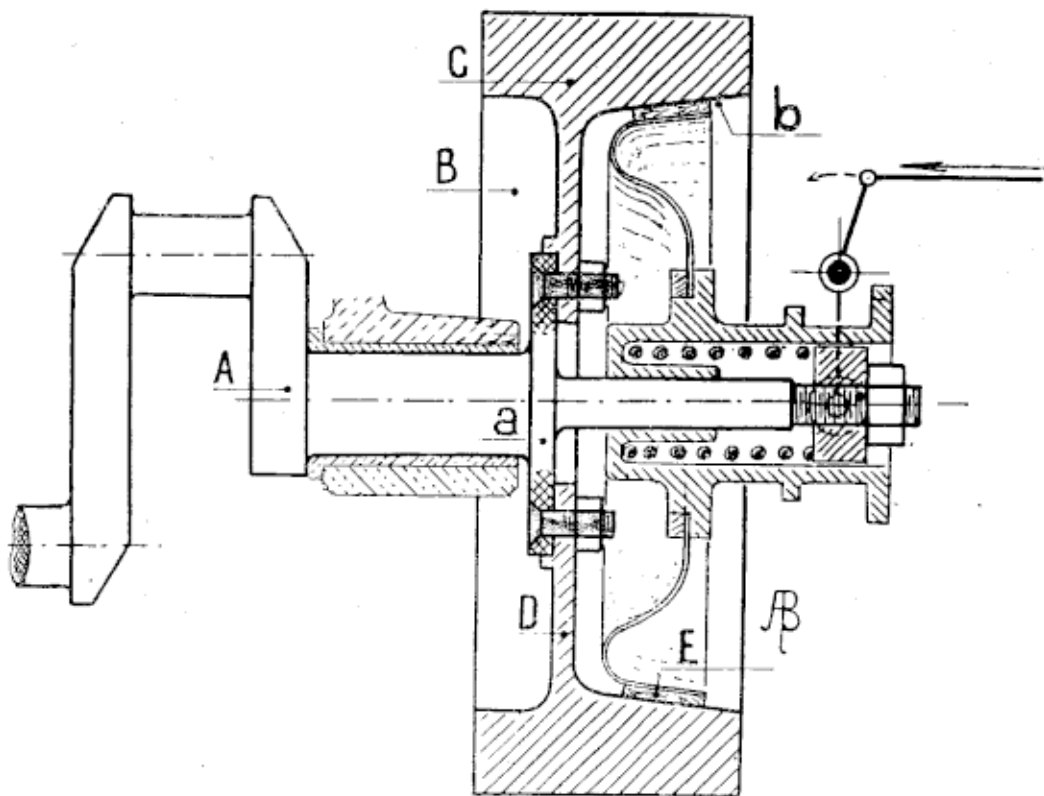


Fig. 74.

est relativement massive par rapport à la cloison centrale D. Celle-ci est fixée solidement sur un collet *a* du vilebrequin.

Pendant l'explosion, le volant est entraîné par le vilebrequin, en opposant, il est vrai, une certaine résistance à l'augmentation de vitesse qui tend à se produire. Mais, dans les trois périodes suivantes, le volant essaie

de résister, dans la mesure où le lui permet son inertie, à la réduction du nombre de tours ; il entraîne ainsi le vilebrequin et le piston et d'autant plus sûrement que son inertie est plus grande.

D'après ce qui a été dit plus haut, pour une puissance donnée du moteur, l'inertie du volant pourra être réduite, si l'on augmente le nombre des cylindres.

Le volant alourdit la voiture, mais pendant les stationnements, il permet d'obtenir un ralenti plus grand, donc une moindre consommation. Au démarrage, étant lancé en même temps que le vilebrequin, il vient au secours de ce dernier pour entretenir sa rotation, et l'empêcher de s'arrêter, devant la résistance qu'oppose la voiture à cet instant. On évite ainsi que le moteur ne « se cale ».

Généralement, le volant présente une surface plane ou conique *b* sur laquelle vient s'appliquer, pour la marche, la partie mobile de l'embrayage (1).

On a vu précédemment (10^e leçon : réfrigération), que, dans certaines voitures, il porte des ailettes pour former ventilateur.

EQUILIBRAGE.

57. But de l'équilibrage. — Observons une voiture à l'arrêt, le moteur étant en rotation. Toute la voiture, mais en particulier la région avant, est animée d'un tremblement saccadé, dont on se rend mieux compte en regardant les garde-boue. Ces secousses se produisent également quand la voiture est en marche, mais comme elles se composent avec le mouvement de celle-ci, elles paraissent moins sensibles.

1. Voir chapitre premier : « Qu'est-ce qu'une voiture automobile ? »

On devine combien ces vibrations fatiguent les assemblages, agissent sur les écrous pour les desserrer, et donnent du jeu aux articulations. En rechercher les causes, pour les atténuer, est donc une nécessité.

58. Efforts développés sur le cylindre et le bâti du moteur pendant les différentes phases du cycle.

1° Pendant l'explosion et la détente. — Pendant l'explosion et la détente, les gaz exercent leur pression non seulement sur le piston qu'ils lancent vers le vilebrequin, mais aussi sur le fond du cylindre qui tend ainsi à se soulever (fig. 75). Or, le cylindre A repose sur le carter B qui porte les paliers du vilebrequin O. Le cylindre et les boulons qui l'assujettissent au carter sont ainsi soumis à un effort d'extension.

D'autre part, les gaz qui lancent le piston vers le bas, prennent, pour ainsi dire, appui sur le fond du cylindre; ils ont ainsi une tendance à projeter vers le haut le cylindre et tout ce qui en est solidaire, par conséquent le châssis même de la voiture, lequel se soulève en courbant les ressorts (fig. 76).

Mais il y a plus. Les gaz exercent sur le piston des

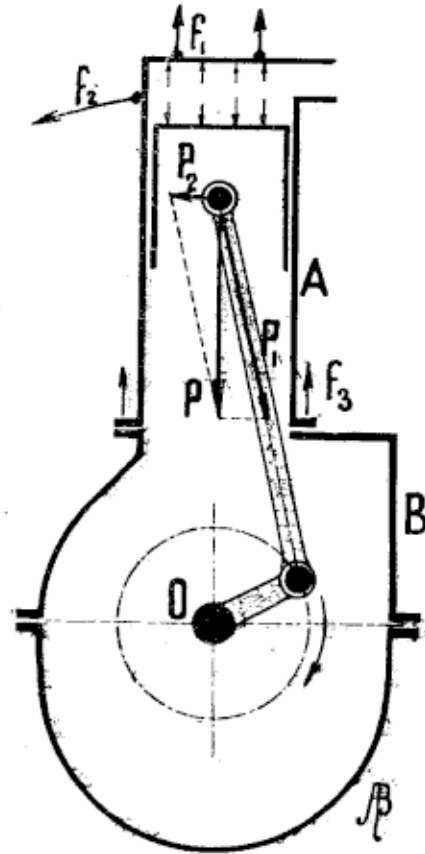


Fig. 75.

pressions dont l'ensemble peut être remplacé par une force P (fig. 75). Cette pression P peut être décomposée en deux forces : 1° une force P_1 , dirigée suivant la bielle, met l'arbre en mouvement ; 2° une force P_2 , perpendiculaire à la surface du piston, appuie le piston sur le cylindre, et tend à faire basculer ce dernier, ainsi que le bâti, autour de l'axe de l'arbre, dans le sens f_2 , c'est-à-dire vers la droite (par rapport au conducteur).

2° **Pendant la compression.** — C'est le vilebrequin qui, par la bielle, conduit le piston. Le mélange frais,

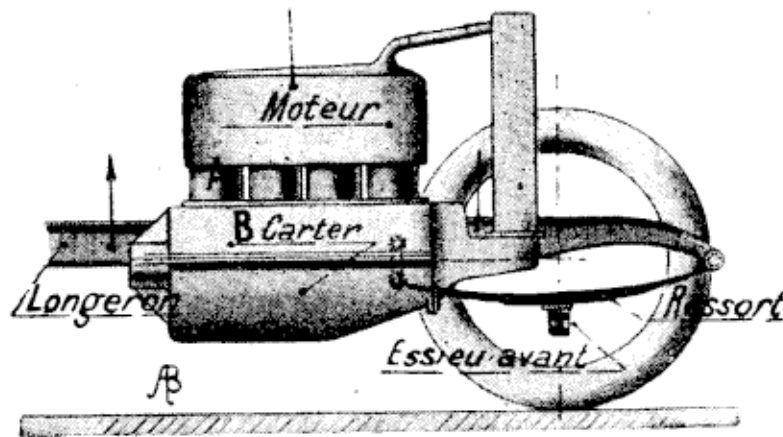


Fig. 76.

quand on le comprime, exerce sur le fond du cylindre une pression croissante qui allonge le cylindre. En même temps, le vilebrequin, pour agir sur le piston, prend appui sur le carter. Carter et cylindre tendent donc à être projetés vers le bas : le châssis s'abaisse en faisant fléchir les ressorts de la voiture.

Enfin, la poussée P (fig 77), exercée par la bielle, admet une composante P_1 , suivant l'axe du piston, et une composante P_2 , perpendiculaire à la surface du cylindre ; c'est cette dernière qui entraîne le cylindre et le carter dans

une rotation autour de l'arbre, vers la gauche, dans le sens f_4 .

3° Pendant l'aspiration et l'échappement. — Les efforts en jeu sont beaucoup moins importants et leurs effets peuvent être négligés.

CONSÉQUENCES. — Il est facile de se rendre compte que le moteur et, par conséquent, la partie antérieure du châssis seront animés de mouvements dans le sens vertical, et d'un balancement transversal déterminant, à toutes les explosions, une compression des ressorts sur la droite du conducteur.

Ce qui sera gênant, ce sera, non pas la rapidité de cette succession de mouvements, mais surtout leur amplitude, et celle-ci croîtra avec la pression des explosions et les dimensions de l'alésage. Là encore, la répartition de la puissance d'explosion par l'emploi de plusieurs cylindres sera un remède efficace.

A ces fatigues, dues aux pressions, viennent s'ajouter celles qui résultent du mouvement même du vilebrequin et du piston.

59. **Fatigue et usure causées par la rotation du vilebrequin.** — Quand un corps tourne autour d'un axe,

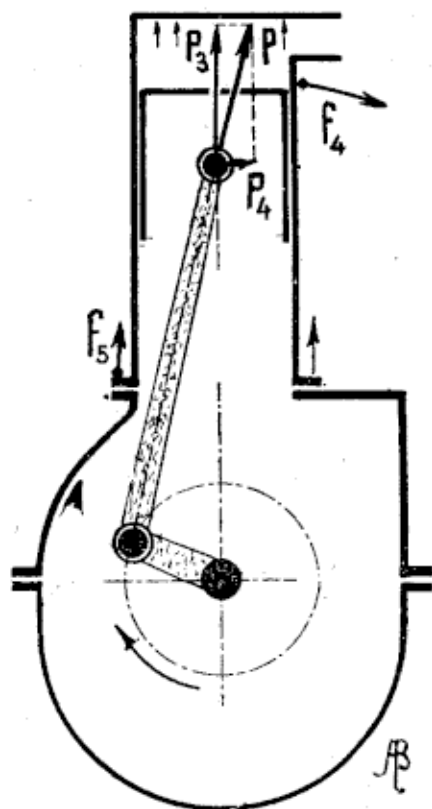


Fig. 77.

toutes les parties, qui le constituent, tendent à s'éloigner de cet axe, et par conséquent le corps tend à se déformer. Un disque, par exemple, en rotation autour de son axe tend à augmenter de diamètre. Il se romprait si la vitesse était assez grande et sa résistance insuffisante.

De plus, si le solide qui tourne n'est pas en équilibre, s'il présente du « balourd », c'est-à-dire si le centre de gravité est en dehors de l'axe de la rotation, une flexion de cet axe se produit. C'est le cas d'un vilebrequin : le maneton A (fig. 78) et les flasques B tirent sur les touril-

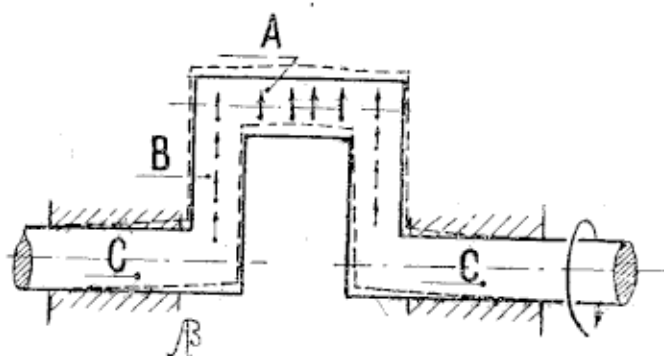


Fig. 78.

lons C ; l'arbre prend la forme indiquée par les lignes pointillées ; les tourillons exercent sur les portées, pendant toute la rotation, une forte pression qui entraîne un échauffement et une usure rapide.

Enfin, l'arbre tout entier tend à être projeté dans le plan qui passe par l'axe et par le coude ; autrement dit, le châssis se soulève, quand le maneton occupe son point mort haut, et les ressorts sont comprimés, quand il atteint sa position basse. Un déplacement transversal se produit successivement à droite et à gauche, lorsque le maneton passe par sa position horizontale.

On atténue ces inconvénients en *équilibrant* le vilebrequin, c'est-à-dire en disposant à l'opposé du maneton,

des masses qui soient sollicitées, elles aussi, à s'écarter de l'axe. L'importance de ces masses et leur position sont choisies de façon que les forces centrifuges (1), qui les sollicitent pendant leur rotation, donnent une force résultante égale et directement opposée à celle qui résulte de la rotation des flasques et du maneton du vilebrequin.

60. Procédes d'équilibrage. — Moteurs : 1° à un cylindre. — Lorsqu'il s'agit de moteurs monocylindriques, le vilebrequin est généralement constitué par deux axes A et B (fig. 79) deux volants C et D, dans lesquels est engagé un maneton E. Le maneton détruit, pour ainsi dire, la symétrie de l'ensemble : axes et volants. On ramène le centre de gravité sur l'axe, en réservant, sur les volants, des surépaisseurs *a a* à l'opposé du maneton. On pourrait aussi rapporter sur le vilebrequin des contre-poids, comme il sera expliqué dans le cas suivant.

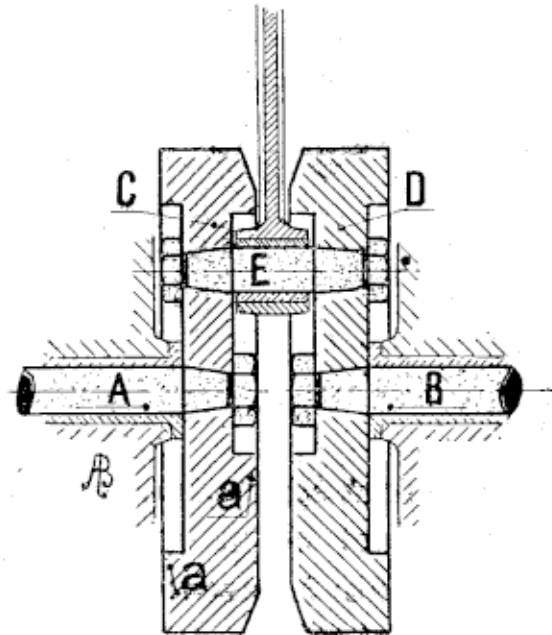


Fig. 79.

La tête de bielle, articulée au maneton, participe à son mouvement de rotation, et entraîne dans un mouvement peu différent la partie voisine du corps de bielle. On tient compte de ce fait, dans la détermination des

1. Les forces qui, pendant la rotation, sollicitent les diverses particules d'un corps à s'éloigner de l'axe de la rotation, sont dites *forces centrifuges*.

contrepoids, en ajoutant au poids du maneton les $\frac{2}{3}$ du poids de la bielle.

2° à deux cylindres. — Les deux coudes sont ordinairement opposés, c'est-à-dire à 180° . Les manetons A et B (fig. 80) sont sollicités par des forces $F_1 - F_2$. Ces

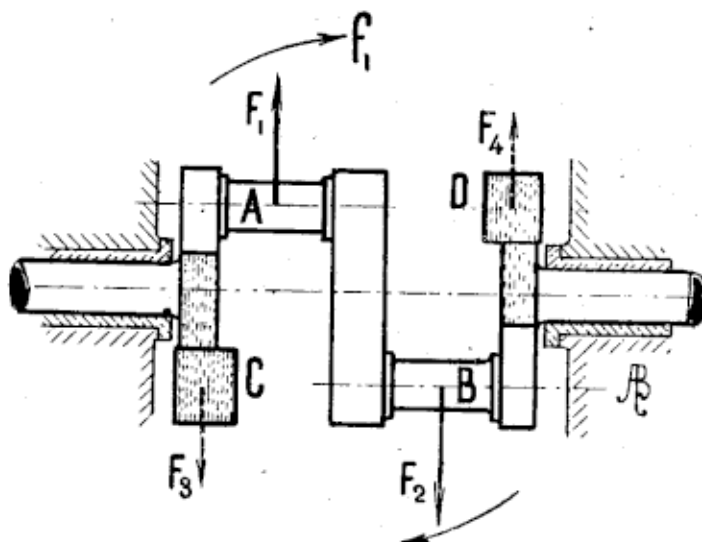


Fig. 80.

forces sont égales, mais non directement opposées. Elles constituent ce qu'on appelle un *couple* qui sollicite le vilebrequin à basculer dans le sens f_1 , ce qui produit une usure irrégulière des paliers.

Le remède consiste à susciter des forces $F_3 - F_4$, dont le couple $F_3 - F_4$ contrebalance exactement celui des forces $F_1 - F_2$. A cet effet, des contrepoids C et D prolongent les flasques du vilebrequin.

3° à quatre cylindres. — Les forces égales $F_1 - F_2$, appliquées aux manetons A et D (fig. 81), admettent une résultante R_1 , appliquée au milieu M de la portée E. Les forces $F_3 - F_4$, de sens opposé à celui des précédentes et de même intensité, admettent une résultante R_2 , égale

et directement opposée à R_1 , et cela, quelle que soit la position occupée par le vilebrequin. Celui-ci se trouve donc équilibré.

Il faut cependant remarquer que le couple des forces $F_1 - F_2$ sollicite la moitié H de l'arbre, dans le sens f_1 , tandis que le couple $F_3 - F_4$ sollicite la seconde moitié K, dans le sens opposé f_2 .

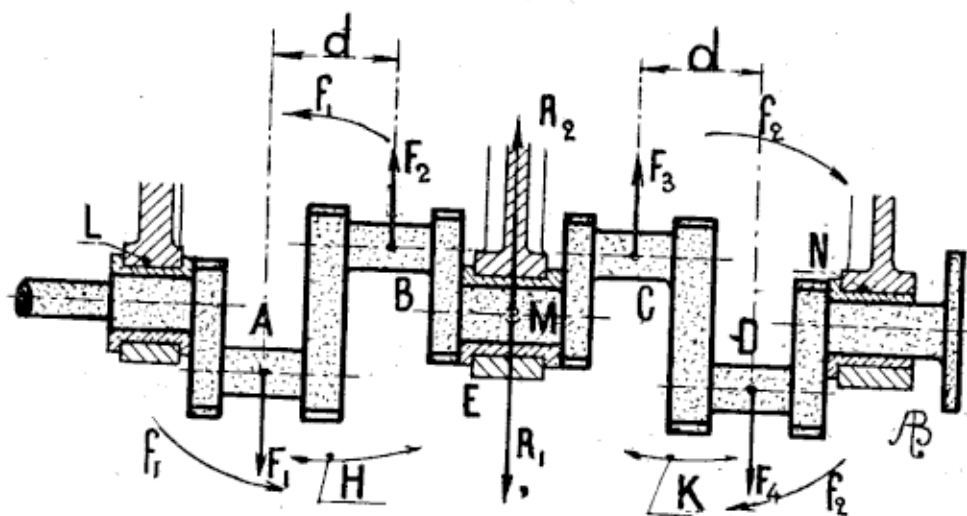


Fig. 81.

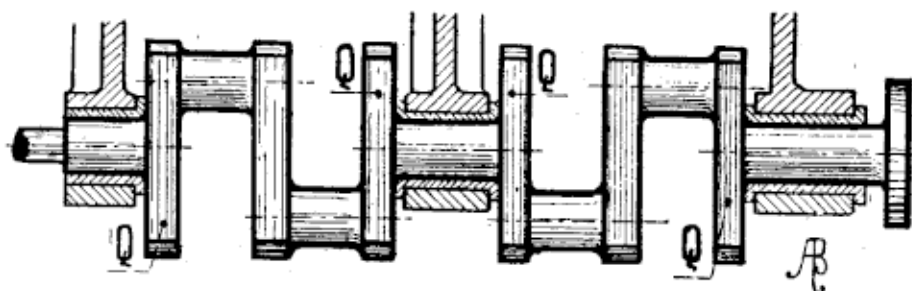


Fig. 82.

K, dans le sens opposé f_2 . Les deux couples tendent ainsi à courber le vilebrequin tout entier, le palier milieu E étant, pour cette position particulière de l'arbre, pressé vers le haut, et les paliers extrêmes L, N, vers le bas.

Si la rotation était rapide, il y aurait intérêt à s'opposer à cette déformation, en équilibrant séparément chaque moitié de l'arbre par des contrepoids Q prolongeant les

flasques (fig. 82). En tout cas, on réduit l'importance de chaque couple en diminuant leur bras de levier d (fig. 81), par rapprochement au maximum des deux cylindres avant et des deux cylindres arrière.

Il est facile de constater qu'avec la disposition présentée par la fig. 83, les deux couples $F_1 - F_2$, et $F_3 - F_4$ conjuguent leur action de façon à faire chavirer le moteur dans le sens f_1 . Cette forme d'arbre est donc à écarter.

61. Effet du mouvement alternatif du piston — Force d'inertie du piston. — Voyons d'abord le carac-

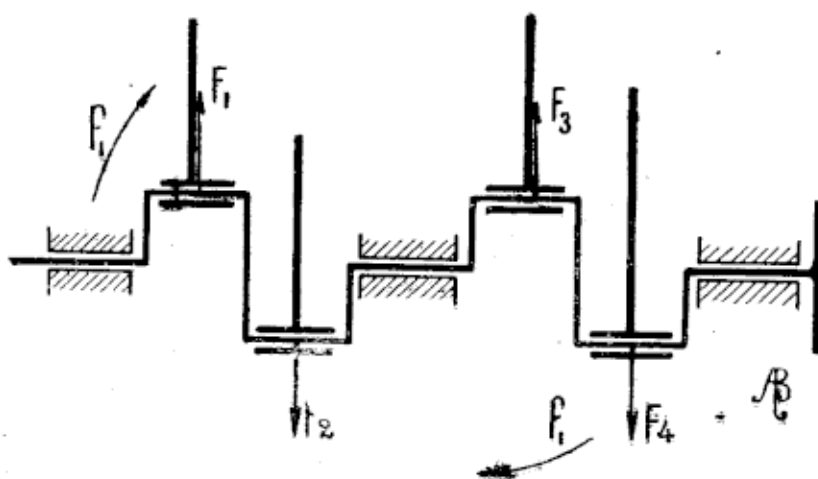


Fig. 83.

tere que présente le mouvement rectiligne alternatif du piston, ou de son articulation avec la bielle.

Cette articulation occupe sur la droite xx' du déplacement, les points $0', 1', 2', \dots, 6'$ (fig. 84) lorsque le maneton est sur la circonférence E , aux points $0, 1, 2, \dots, 6$. Ces derniers ont été choisis de manière à diviser la demi-circonférence $0 - 6$ en 6 parties égales. On constate que la même égalité n'existe pas pour les segments $0'1', 1'2', 2'3', \dots$ de xx' .

La rotation du vilebrequin étant supposée régulière,

uniforme, comme on dit, les arcs $0-1$, $1-2...$ de la circonférence E sont parcourus en des temps égaux, ainsi du reste que les chemins rectilignes correspondants $0'-1'$, $1'-2'....$ de xx' .

Le piston met donc le même temps par parcourir $1'-2'$ que pour parcourir $0'-1'$, c'est dire qu'il va plus vite de $1'$ en $2'$, que de $0'$ en $1'$. Il va encore plus vite de $2'$ en $3'$. Le segment $3'-4'$ est parcouru à allure un peu moins vive, et la vitesse redevient progressivement nulle, quand le piston atteint la fin de sa course. La course suivante donne évidemment lieu aux mêmes remarques.

En résumé, le déplacement du piston s'opère plus rapidement au voisinage du milieu de la course qu'aux extrémités.

De ces variations de vitesse, il résulte que le piston, en vertu de son inertie, tend à conserver la vitesse qu'il a acquise dans sa position moyenne, lorsqu'il atteint sa position supérieure ; il tire ainsi sur la bielle et par conséquent sur le vilebrequin.

Lorsqu'il redescend, il oppose, à l'augmentation de vitesse qu'il doit prendre, une certaine résistance Fi (fig. 85) qui se traduit également par une traction ascendante sur l'arbre.

Quand le piston se rapproche de son point mort inférieur, il tend à conserver la vitesse prise vers le milieu

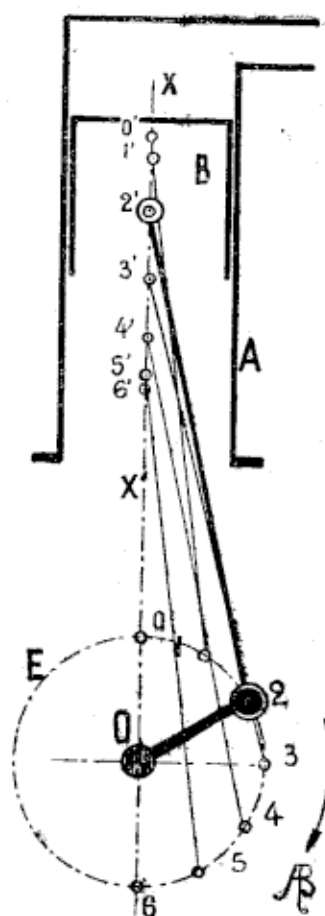


Fig. 84.

de la course ; il voudrait aller plus vite qu'il ne lui est permis par la bielle et il exerce sur le pied de celle-ci une poussée $F'i$ (fig. 85) également transmise à l'arbre.

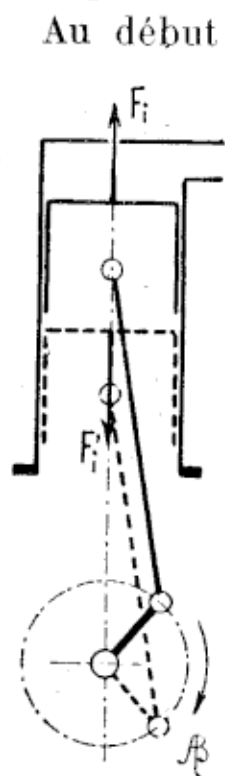


Fig. 85.

Au début de la montée, la résistance, que le piston oppose à l'accroissement de vitesse, équivaut à une force de sens descendant, produisant sur l'arbre le même effet que la précédente.

En somme, il y a traction ascendante sur la bielle et le vilebrequin, pendant environ la moitié supérieure de la course, quel que soit le sens du déplacement ; et il y a poussée vers le bas, pendant la moitié inférieure.

62. Equilibrage approximatif de la force d'inertie du piston. — Moteurs : 1° à un cylindre. — Ces tractions et poussées alternatives sur le vilebrequin augmentent la pression sur

les coussinets, et, par conséquent, les usent. Leur importance croît avec le nombre de tours. On atténue ces causes d'usure en faisant le piston aussi léger que possible. D'autre part, on annihile partiellement leurs effets en augmentant les contrepoids d'équilibrage d'un supplément qui donne lieu, pendant la rotation, à des forces centrifuges dont la résultante est opposée à la force d'inertie du piston. Dans le calcul de ce supplément, il faut tenir compte de la liaison du piston avec la bielle : le poids du piston est augmenté du tiers du poids de la bielle.

Cet équilibrage est du reste loin d'être rigoureux. Dans la position haute, par exemple, du piston, la force centri-

fuge F_c (fig. 86), due au contrepoids supplémentaire, est bien directement opposée à la force d'inertie F_i du piston ; mais lorsque celui-ci atteint le milieu de sa course, c'est-à-dire quand le maneton est sensiblement en n , la force

d'inertie du piston est nulle, puisqu'au voisinage de cette position sa vitesse ne varie pas sensiblement. Quant à la masse supplémentaire Q , elle donne toujours lieu à la même

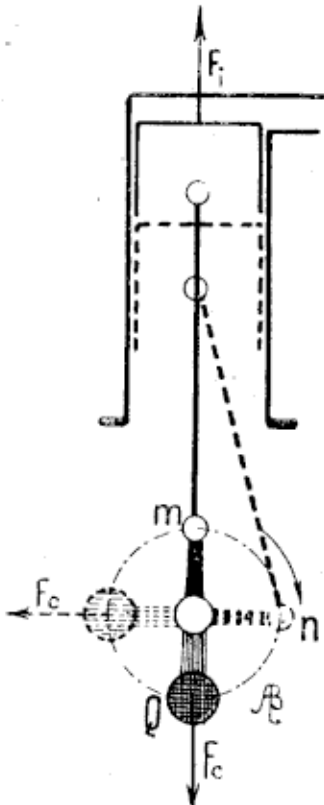


Fig. 86.

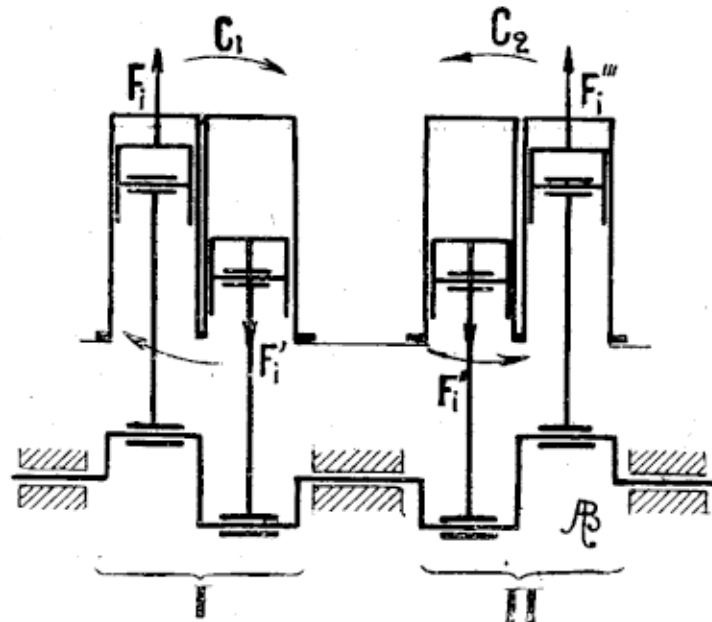


Fig. 87.

force centrifuge et celle-ci tend alors à entraîner le châssis latéralement, ce qui est d'ailleurs peu gênant.

2° à deux cylindres. — Quand il y a deux cylindres (fig. 87, groupe I), les forces d'inertie F_i , F'_i , relatives aux deux pistons, sont peu différentes et forment sensiblement un couple, dont on réduit les effets en modifiant, comme dans le cas précédent, les contrepoids utilisés pour neutraliser la force centrifuge développée sur les maneton.

3° à quatre cylindres. — Enfin, la disposition à quatre cylindres (fig. 87) donne lieu à deux couples C_1, C_2 de même valeur et de sens opposés, qui se détruisent en tant qu'effet sur l'ensemble du moteur, mais qui combinent leur action à celle des couples qui sont dus aux forces centrifuges relatives aux manetons, pour faire fléchir l'arbre.

QUESTIONNAIRE

55. Montrez comment la pression exercée par les gaz sur le piston est transmise au maneton. — L'effort exercé sur le maneton est-il constant ? — Dans la négative, montrez pourquoi, en examinant les diverses périodes du cycle. — Pendant quelle fraction seulement du cycle, l'effort est-il moteur ? — Quels sont les inconvénients qui résultent de l'absence d'effort moteur pendant trois périodes ? — 56. Quels moyens sont employés pour remédier à cette irrégularité ? Comment se fait sentir l'augmentation du nombre des cylindres ? Comment agit le volant ? — A quoi le volant peut-il encore servir ? — 57. Que peut-on remarquer en observant une voiture automobile à l'arrêt, le moteur fonctionnant ? — 58. Quels efforts sont développés sur le cylindre, pendant la détente ? — Quels mouvements tend à prendre le moteur pendant cette période ? — Quels efforts sont développés pendant la compression ? — Comment moteur et châssis tendent-ils à être entraînés ? — Quels sont les inconvénients que présentent ces mouvements ? — 59. Le vilebrequin, réduit au coude, d'un moteur monocylindrique est-il équilibré. Sinon, pourquoi ? Que se produit-il pendant la rotation ? — Quels inconvénients présente la déformation du vilebrequin ? — Les efforts développés sur le coude pendant la rotation ne sont-ils pas transmis au châssis ? Quels mouvements celui-ci prend-il ? Comment, d'une façon générale, atténue-t-on l'inconvénient que présentent ces mouvements ? — 60. Indiquez, avec croquis à l'appui, le moyen de réaliser l'équilibrage d'un moteur monocylindrique. — Comment opère-t-on avec un moteur à deux cylindres ? — avec un moteur à quatre cylindres ? — Ne peut-on équilibrer les couples qui tendent à faire fléchir le vilebrequin ? — Montrez pourquoi la forme de vilebrequin adoptée est préférable à celle dans laquelle les coudes intermédiaires sont à 180° . — 61. Que se passe-t-il quand la vitesse d'un corps varie ? — La vitesse du piston est-elle constante ? Montrez quels efforts agissent sur le piston pendant deux courses consécutives, du fait de la variation de sa vitesse. — Est-il nécessaire d'é-

quilibrer ces efforts ? — Pourquoi ? — 62. Comment équilibre-t-on la force d'inertie du piston dans un moteur monocylindrique ? — Cet équilibrage est-il exact ? — Comment tient-on compte de ces forces d'inertie dans un moteur à deux cylindres ? — dans un moteur à quatre cylindres ?

EXERCICES

1. Croquis d'un volant. — 2. Croquis d'un vilebrequin dans un moteur monocylindrique. — 3. Croquis d'un vilebrequin à deux coudes, d'un vilebrequin à quatre coudes ; d'un vilebrequin à quatre coudes, avec chaque double coude équilibré.



CHAPITRE X

LE MOTEUR (*suite et fin*).

QUELQUES DÉTAILS DE CONSTRUCTION DU CYLINDRE,
DU PISTON ET DE LA BIELLE. — CARTER. — CAPOT.

SOMMAIRE. — De quoi dépend la forme d'un organe. — Cylindre : description et détails de construction ; groupement des cylindres. — Piston ; conditions qu'il doit remplir ; résistance, légèreté, étanchéité, lubrification ; axe du piston, sa fixation. — Bielle ; corps, tête, pied. — Carter. — Capot.

63. De quoi dépend la forme d'un organe. — La forme et les dimensions d'un organe dépendent de considérations nombreuses. L'épaisseur d'un cylindre de moteur à essence, la section d'une bielle varient avec les *efforts développés*, lors de l'explosion ; l'obligation d'assurer le *graissage* entre deux surfaces conduit à leur donner une étendue suffisante pour que l'huile ne soit pas expulsée par suite d'une compression exagérée ; un *fonctionnement à haute température*, tel que celui du piston dans le cylindre, rend impossible l'ajustage des deux pièces devant jouer l'une dans l'autre ; si l'*étanchéité* doit néanmoins être assurée, l'interposition d'une pièce élastique, formant joint sur les deux précédentes, s'impose ; la *légèreté* ; la plus ou moins grande *commodité d'exécution*

à l'atelier ; la précision et le coût de l'usinage ; la commodité d'entretien ; le bon aspect ; peuvent également avoir leur répercussion sur la forme.

Le plus souvent, le même résultat peut être obtenu au même degré, de différentes façons, sinon, il n'existerait pas tant de variété dans la construction d'un même organe ou d'une même machine.

Faire la technologie d'un organe, c'est précisément étudier les relations entre, d'une part, les conditions auxquelles il doit satisfaire, et, d'autre part, ses dimensions et sa forme (forme de l'ensemble et forme des détails) ; et c'est raisonner les particularités que révèle l'examen de l'organe lui-même ou du dessin qui le représente.

Il ne peut être question ici d'une telle étude ; nous nous bornons à justifier quelques dispositions intéressantes.

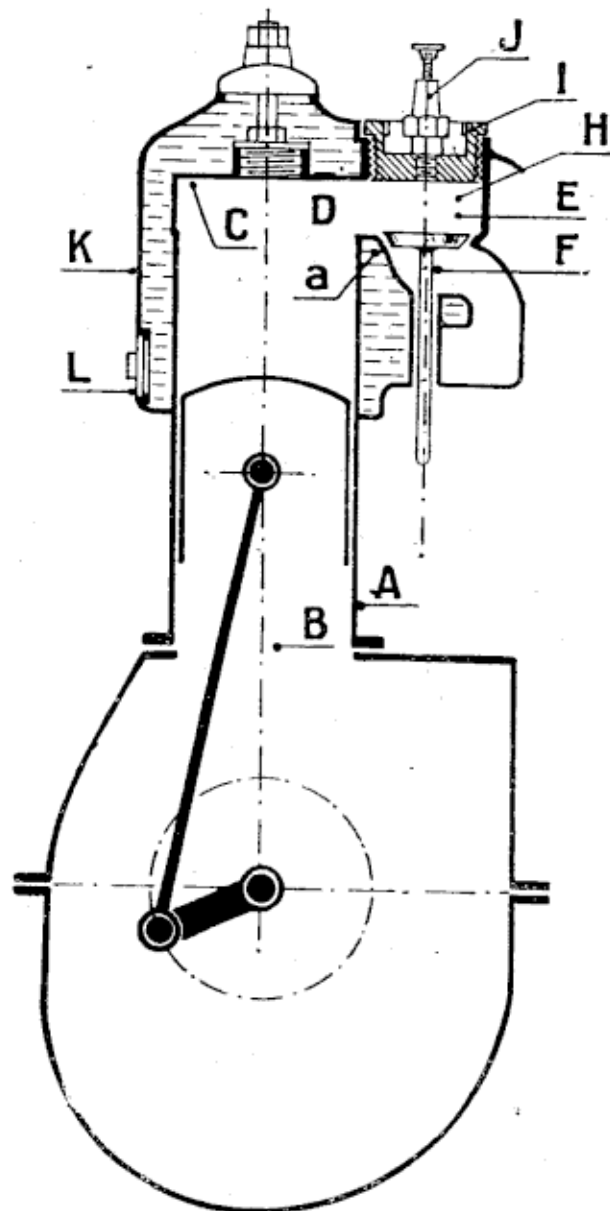


Fig. 88

64. Cylindre. — Description et détails de construc-

tion. — Le « cylindre » est un manchon, qui doit son nom à sa forme A (fig. 88) ; il est ouvert à une extrémité B (celle du côté carter), et fermé à l'autre C. La partie C qui, avec le piston en haut de course, circonscrit la chambre d'explosion, est dite *culasse*. Le plus souvent, la culasse D est prolongée latéralement pour former une chambre ou *chapelle* E ; dans celle-ci débouchent les conduits d'admission et d'échappement dont les orifices sont pourvus de *soupapes* F. Un orifice H, réservé dans la culasse, au-dessus de chaque soupape, livre passage à l'outil employé pour le travail du *siège a* ; de plus, il permet l'introduction et la sortie de la soupape : à cet effet, son diamètre est légèrement supérieur à celui de cette soupape. Un *bouchon* fileté I le ferme. Le bouchon situé au-dessus de la soupape d'admission peut recevoir la *bougie* d'allumage J.

La forme étant assez compliquée, le procédé par moulage est tout indiquée pour l'obtenir. Le métal employé est la fonte assez dure. Le plus souvent, cylindre proprement dit et culasse sont fondus d'une seule pièce. Quelquefois aussi, ces deux parties sont exécutées séparément et réunies ensuite par

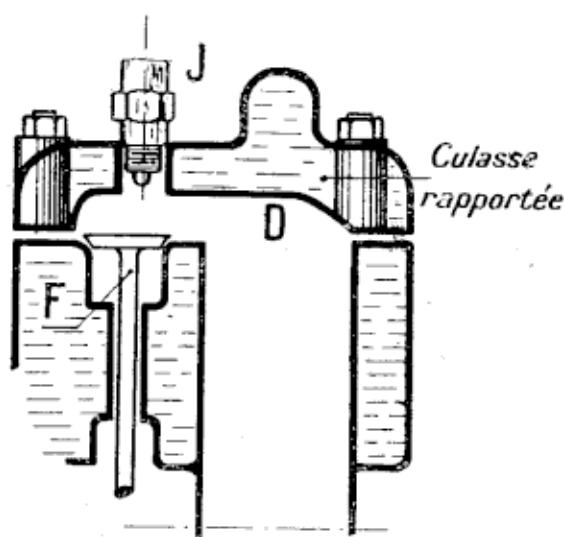


Fig. 89.

un joint (fig. 89) ; l'alésage du cylindre peut être obtenu avec une plus grande précision, puisque la barre d'alésage peut traverser le cylindre et être maintenue à ses

deux extrémités ; mais l'enlèvement des soupapes exige le démontage de la culasse.

La chambre d'explosion et la partie du cylindre découverte par le piston sont rafraîchies par un courant d'eau, qui circule entre le cylindre A (fig. 88) et une enveloppe K ou *chemise*. Celle-ci est venue de fonderie avec le cylindre, dont elle complique encore la forme.

Lors de la coulée, l'emplacement du vide de la chambre d'eau est occupé par du sable, qu'après solidification et refroidissement du métal on retire par des trous L (fig. 88 et 91) dits *trous de dessablage* ; plus tard, ces trous sont obturés par des bouchons ou des tampons, qu'on démonte, pour enlever le tartre que l'eau de réfrigération a pu déposer dans l'enveloppe.

A quels efforts le cylindre doit-il résister ? C'est au moment de l'explosion que sa fatigue est la plus grande. La pression des gaz tend à accroître son diamètre, tandis que la poussée sur le fond tend à l'allonger (fig. 90). Il faut que l'épaisseur des parois soit prévue selon l'importance de ces efforts ; cependant, il n'y a pas lieu de l'exagérer : une trop forte épaisseur alourdirait le moteur et rendrait plus difficile le refroidissement du cylindre.

Lorsque, dans une pièce, certaines surfaces doivent seules être usinées, on les fait venir de fonderie en saillie sur les voisines, de façon à faciliter le travail et à obtenir pour la partie travaillée un contour plus régulier.

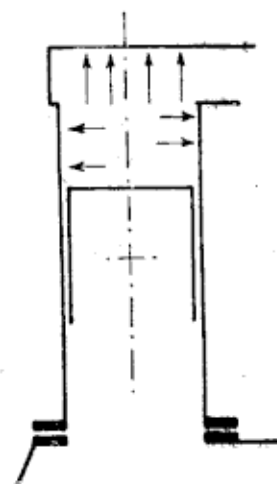


Fig. 90.

C'est ce qui a lieu pour le cylindre ; la chambre d'explosion D (fig. 91) a un diamètre légèrement plus grand, ce qui permet, d'autre part, le dégagement de l'outil, en fin de travail ; l'arête extrême du cylindre est du reste dépassée par le piston aux fins de course.

Du côté du carter, l'alésage est prolongé par une par-

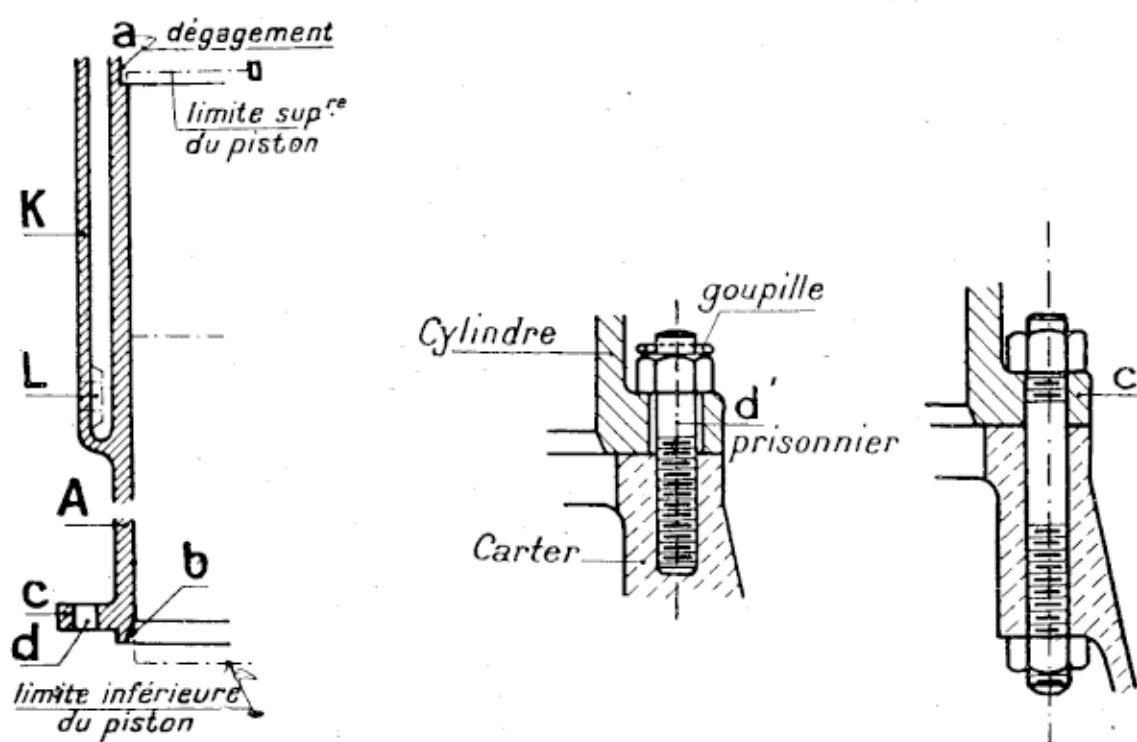


Fig. 91.

tie conique *b*. L'introduction du piston muni de ses segments est plus facile, les segments se fermant d'eux-mêmes, quand on pousse le piston dans le cylindre, ou le cylindre sur le piston. De plus, cet évasement, en laissant plus de place à la bielle pour prendre son inclinaison maximum, permet l'emploi d'une bielle plus courte.

Pour son montage sur le carter, le cylindre se termine par un rebord épais c , dont les trous d livrent passage aux prisonniers ou aux boulons de fixation.

Groupement des cylindres. — Lorsque le moteur comporte quatre cylindres, plusieurs dispositions peuvent être adoptées :

1° Les quatre cylindres sont *coulés séparément* (fig. 92). La perte est alors moins grande, si un cylindre est reconnu défectueux après usinage ; de même, quand

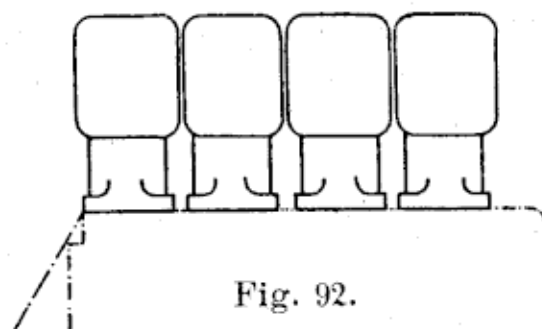


Fig. 92.

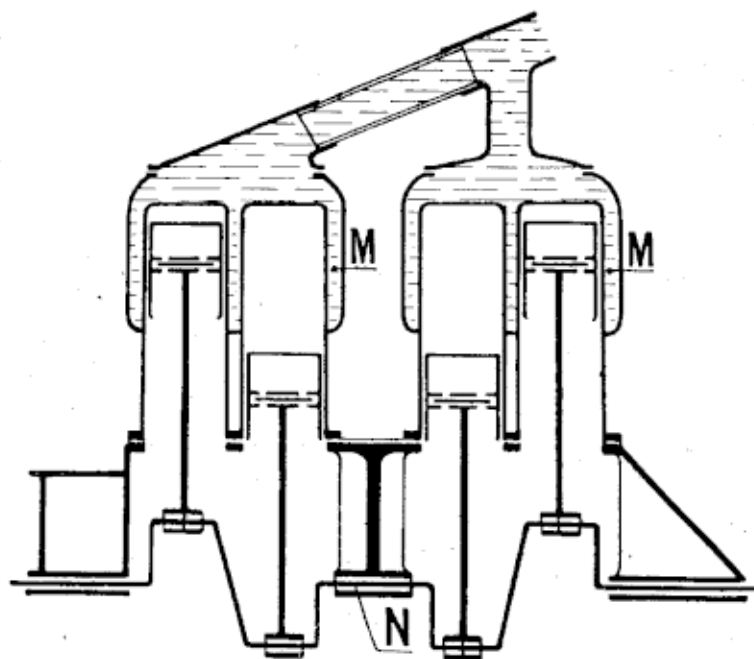


Fig. 93.

un cylindre est avarié, le remplacement est moins coûteux. Les frais de modèle sont aussi moins élevés. La

circulation de l'eau autour de chaque cylindre, et, par conséquent, la régularité de la réfrigération est mieux assurée.

Mais, la longueur du moteur, et par suite, celle du vilebrequin, est augmentée ; ce dernier a une plus grande tendance à fléchir et un palier serait presque nécessaire entre chaque coude, ce qui annulerait l'économie signalée plus haut.

2° Les cylindres sont *fondus par paires* (fig. 93). Les parties inférieures peuvent être distinctes, mais les parties supérieures sont enveloppées par une chemise com-

mune M. Le montage est ainsi plus rapide ; la longueur de l'arbre étant moindre, un seul palier intermédiaire N suffit.

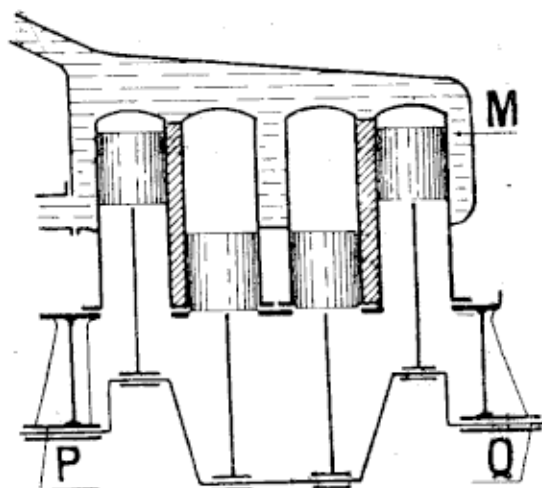


Fig. 94.

3° Enfin, les quatre cylindres peuvent être *venus d'un seul bloc* (fig. 94), avec une enveloppe d'eau unique pour l'ensemble. la longueur du moteur est réduite au minimum,

et, en ce qui concerne les petites puissances tout au moins, il suffit de deux paliers extrêmes P et Q pour supporter le vilebrequin.

65. Piston. — Conditions qu'il doit remplir. — Le piston est chargé de transmettre à la bielle la poussée qu'il reçoit de la part des gaz de la combustion. La liaison se fait par un *axe V* (fig. 95), engagé dans le piston et dans le pied de bielle.

Pour que le piston puisse fonctionner de façon satisfaisante, il est nécessaire qu'il soit *résistant, léger, étanche* ; il faut encore qu'il permette le *graissage* entre lui et le cylindre.

Résistance. — Les gaz exercent sur le fond une pression qui, lors de l'explosion, peut s'élever à $25 \text{ kg} : \text{cm}^2$ ce qui correspond pour un diamètre de 100 mm , à une poussée de près de 2000 kg . Sous cette charge, le fond ayant tendance à s'incurver, une épaisseur suffisante doit lui être donnée.

Légèreté. — Lorsque le piston arrive en haut de course, et que, sous l'influence de l'explosion ou de la traction de

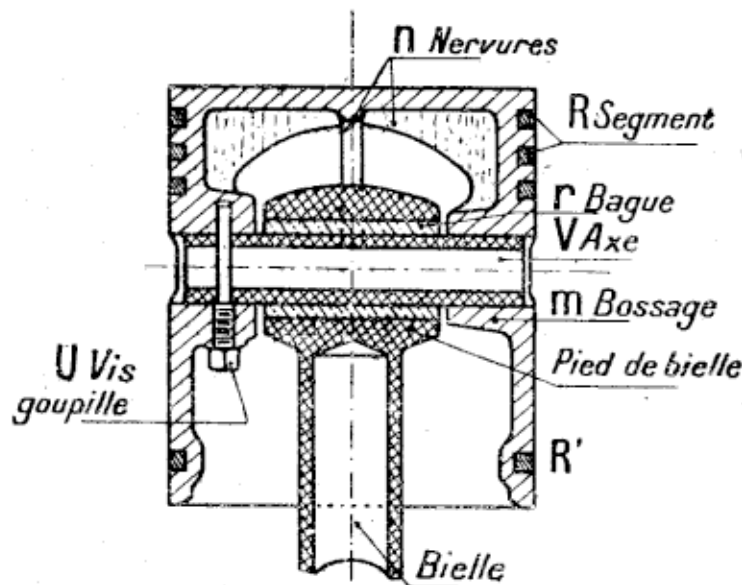


Fig. 95.

la bielle, il est entraîné en sens inverse, son inertie le sollicite à poursuivre son mouvement ascendant ; il tire ainsi sur la bielle, ce qui fatigue l'articulation et provoque des chocs ; cet inconvénient est d'autant plus marqué que le piston est plus lourd et le mouvement plus rapide ; il se reproduit naturellement au point mort opposé.

Pour en réduire l'importance, on fait le piston aussi léger que possible. Résistance et légèreté paraissent inconciliables ; cependant la solution de cette difficulté n'est pas impossible : le choix d'un métal convenable, une répartition judicieuse de la matière peuvent y conduire.

Si l'on emploie la fonte, on peut ne donner au fond

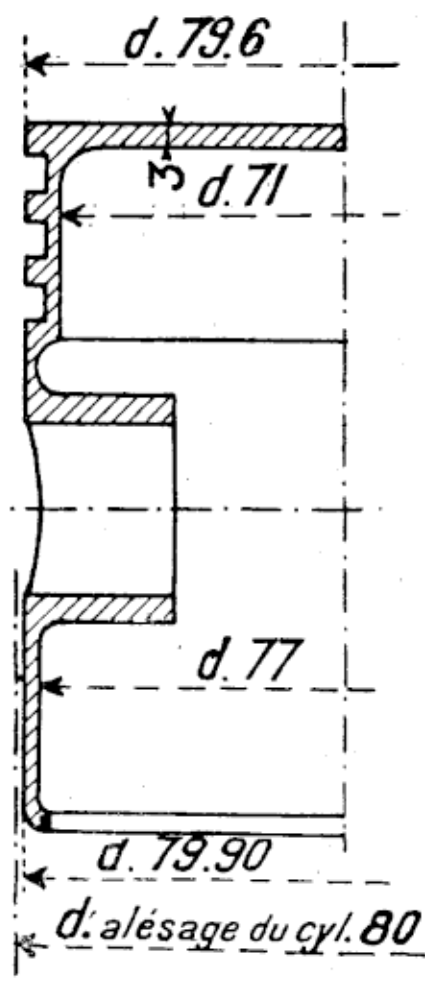


Fig. 96.

qu'une épaisseur relativement faible, en le soutenant, par des nervures *n* (fig. 95) venues de fonderie, qui le relie à la partie cylindrique. Ces nervures facilitent, d'autre part, la dissémination de la chaleur qui lui est communiquée par les gaz, et contribuent à le maintenir à une température acceptable.

L'acier est plus résistant que la fonte. L'exécution en acier, par matriçage, permet une réduction sensible du poids. Un piston de 80 m/m de diamètre peut ainsi n'avoir qu'une épaisseur de 3 m/m au fond et de 4,5 m/m dans la partie opposée (fig. 96).

A la fonte et à l'acier, on substitue quelquefois l'aluminium, ou un alliage dans lequel prédomine l'aluminium (densités : de l'aluminium : 2,6 ; de la fonte : 7,2 ; de l'acier : 7,8).

Étanchéité. — Au moment de l'explosion, la pression

dans la culasse peut atteindre, comme il a été dit, 25 kg. ; cm² et être ainsi supérieure de 24 kg. ; cm² à la pression atmosphérique. Cette différence de pression sollicite les gaz à passer par tous les interstices pour fuir à l'extérieur et, naturellement, les gaz qui s'échappent ainsi n'exercent pas toute leur action motrice sur le piston, ce qui constitue une perte.

Les gaz tentent donc de passer entre le cylindre et le piston. Il est, pour cette raison, nécessaire que, tout en jouant dans le cylindre, le piston forme obturateur.

La réalisation d'une telle condition paraît bien difficile. Peut-on y parvenir par un ajustage des deux pièces ? Ce ne serait pas impossible, tout au moins tant qu'il n'y aurait pas une usure appréciable, si piston et cylindre se dilataient de la même façon et prenaient, à chaque instant, la même

température ; mais il est loin d'en être ainsi. D'abord, pour une même variation de température, les dilatations sont légèrement différentes, même si l'on suppose que cylindre et piston sont tous deux en fonte. Rarement, en effet, deux échantillons de fonte ont, dans des condi-

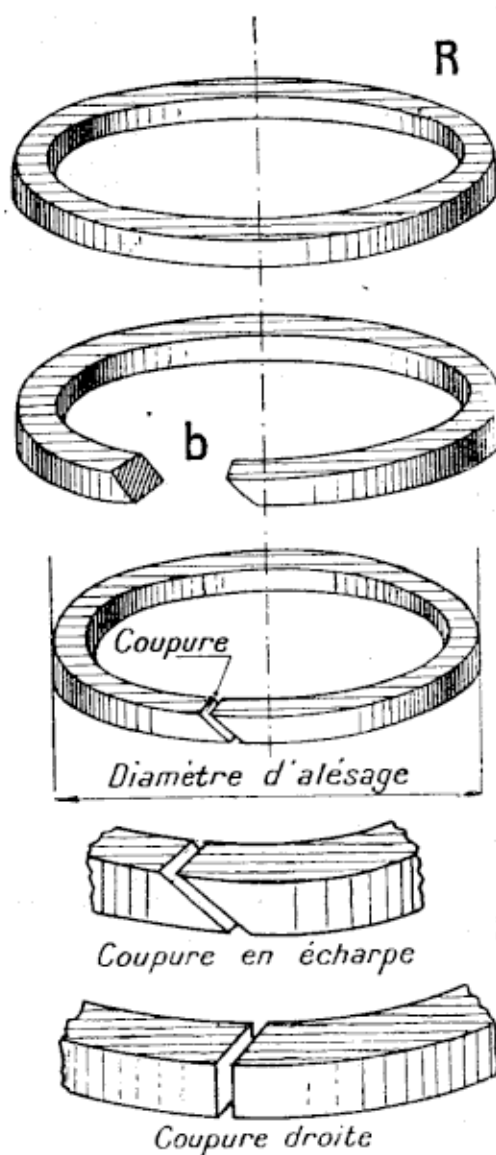


Fig. 97.

ions identiques, la même dilatation par unité de longueur : la composition de la fonte, les conditions du moulage influent sur l'importance de cette dilatation.

D'autre part, le cylindre, rafraîchi régulièrement par l'eau de circulation, se maintient à une centaine de degrés au moins au-dessous de la température moyenne du piston. Enfin, le fond du piston, en contact, pendant une course sur quatre, avec des gaz très chauds, est à une température plus élevée que le reste.

Pour tenir compte de ces inégalités de température :

1° Le *diamètre du piston est un peu plus faible que le diamètre d'alésage du cylindre* ; la réduction est sensiblement plus forte au voisinage du fond (fig. 96).

2° Entre le piston et le cylindre, on interpose des anneaux élastiques ou *segments*, R (fig. 95) entraînés par le piston dans son mouvement de va-et-vient, et faisant pression par tout leur pourtour sur les parois du cylindre.

Les segments sont généralement en fonte ; ils sont tournés extérieurement à un diamètre un peu supérieur à celui du cylindre (fig. 97), puis coupés ; on en enlève une certaine longueur b , ce qui permet en les renfermant de les introduire dans le cylindre après les avoir engagés dans les gorges du piston. Une fois en place, ils tendent à reprendre leur diamètre primitif et exercent aussi une certaine pression sur la surface cylindrique.

Autant que possible, cette pression doit, par cm^2 , être la même, quelle que soit la région de l'anneau ; dans ce but, on donne souvent au segment une épaisseur croissante, depuis la coupure jusqu'au point opposé (fig. 98).

La gorge qui reçoit le segment est un peu plus haute que lui, de façon à ne pas le brider et à lui laisser toute liberté d'expansion (fig. 99).

Pour obtenir une étanchéité plus certaine, on dispose plusieurs segments, deux ou trois, dans la région voisine du fond (fig. 98) ; un autre R' , situé près du bord opposé, sert, surtout quand le piston descend, à racler l'excès d'huile projeté sur la paroi et s'oppose à son

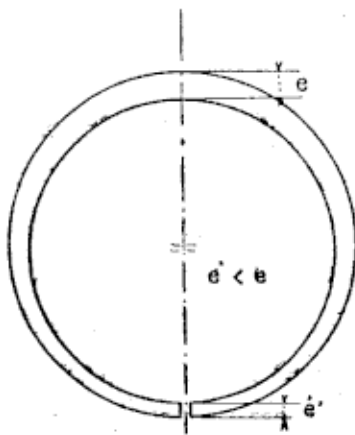


Fig. 98.

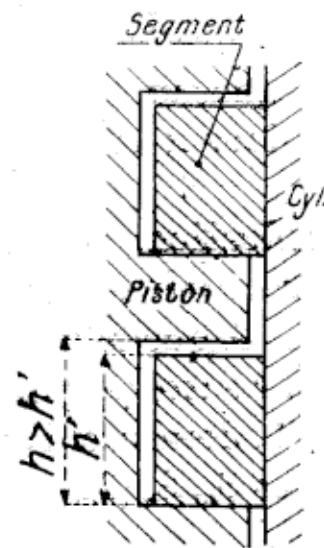


Fig. 99.

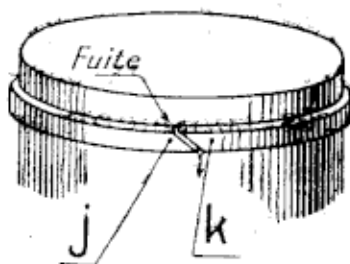


Fig. 100.

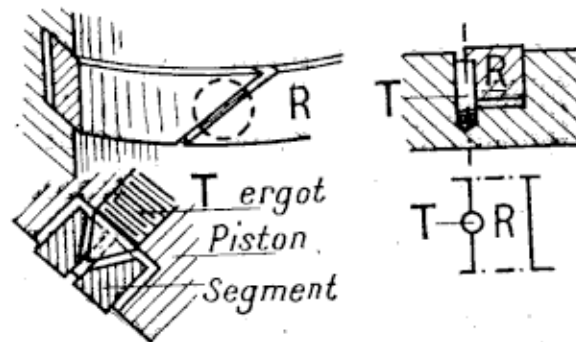


Fig. 101.

introduction dans la partie supérieure du cylindre, où elle pourrait se carboniser.

Quand le piston fonctionne dans le cylindre, les extrémités j , k (fig. 100) du segment, quoique très voisines, ne se touchent pas. Qu'elle soit droite ou en écharpe (fig. 97), la coupure n'en offre pas moins une petite sec-

tion libre que les gaz peuvent franchir (fig. 400); il est tout naturel de placer cette coupure du côté où la résistance a offerte par la bielle ou la poussée de celle-ci, appuie le piston sur le cylindre, c'est-à-dire dans le plan d'oscillation de la bielle, et de l'y maintenir. Les fentes des segments successifs sont placées alternativement à droite et à gauche; enfin, la rotation de chaque anneau peut être empêchée par un *ergot* T, engagé dans le corps du piston (fig. 404).

Lubrification. — Il a été dit, au chapitre sur le graissage, comment l'huile était projetée sur les parois du cylindre. A quelle condition cette huile pourra-t-elle se maintenir entre le cylindre et le piston? Un lubrifiant, quel qu'il soit, demeure d'autant mieux entre deux surfaces parallèles S_1, S_2 (fig. 402) que celles-ci sont moins pres-

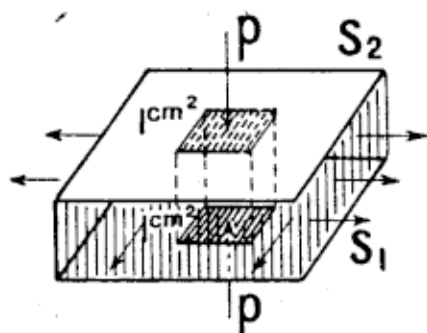


Fig. 402.

sés, ou, pour deux surfaces rapprochées par une pression déterminée, que ces surfaces sont plus étendues; autrement dit, il faut que la force p , qui tend à rapprocher deux centimètres carrés, considérés en regard sur les deux surfaces, ne soit pas trop élevée, sinon

le lubrifiant s'échappe latéralement.

Pendant l'explosion et la détente, la bielle oppose à son déplacement une résistance R (fig. 403a), qui peut se décomposer en une force L dirigée suivant l'axe, et en une force N , perpendiculaire à la surface cylindrique. C'est cette force N qui presse le piston sur le cylindre. On peut admettre que le piston s'appuie ainsi, dans le sens de la force N , par la moitié de sa surface latérale:

Il faut que de A en B, la pression par cm^2 soit sensiblement la même, ce qui exige que l'axe soit placé à une distance convenable des extrémités ; trop près du fond, il donne un excédent de pression en A ; trop près du bord opposé, il détermine une augmentation de pression en B.

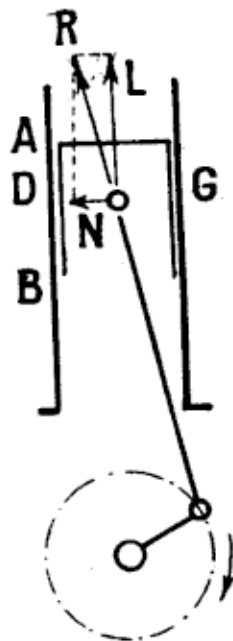


Fig. 103a.

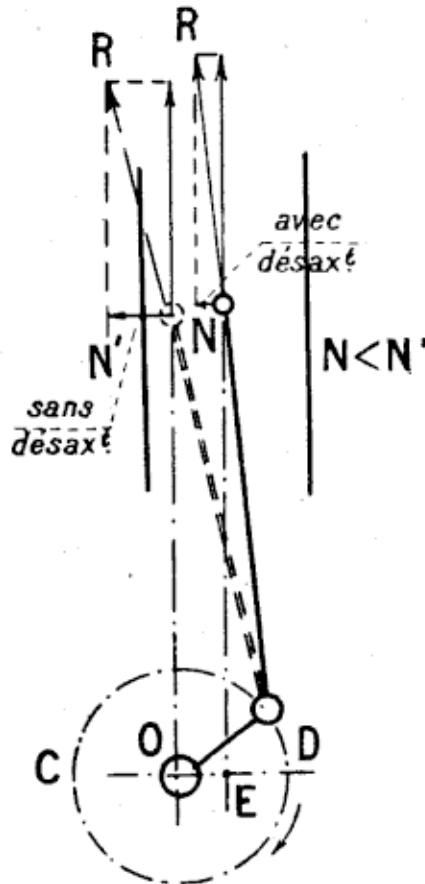


Fig. 103b.

D'autre part, le piston doit être assez long pour que la surface d'appui sur le cylindre soit suffisante.

Durant la compression, le portage s'opère du côté opposé, mais les efforts étant moindres, c'est le cas précédent, plus désavantageux, qu'il importe surtout de considérer.

Il est possible de diminuer la composante N de la force R en *désaxant le cylindre* ; l'axe de celui-ci ne rencontre plus l'axe du vilebrequin, mais il coupe le diamètre CD, en E, entre l'axe O et l'extrémité D du côté opposé à N (fig. 103b).

Axe du piston ; sa fixation. — L'axe V du piston, (fig. 104) est sollicité à la flexion par la résistance que la

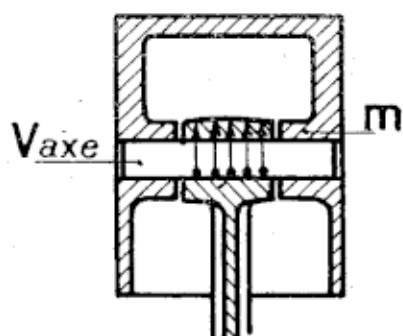


Fig. 104.

bielle oppose à son mouvement. Il peut être plein ; mais, le plus souvent, c'est un tube qui, malgré sa légèreté relative, offre la même résistance à la déformation.

Cet axe s'engage dans des bossages *m* (fig. 95 et 104) venus de fonderie ou de matriçage, avec le corps du piston, et ensuite percés. Parfois, on s'oppose à la rotation de cet axe et à son glissement longitudinal par le moyen d'une vis goupille *U*, engagée dans le bossage et traversant l'axe de part en part (fig. 95). Ainsi, fixé à une seule extrémité, cet axe a toute liberté pour se dilater sans forcer sur le

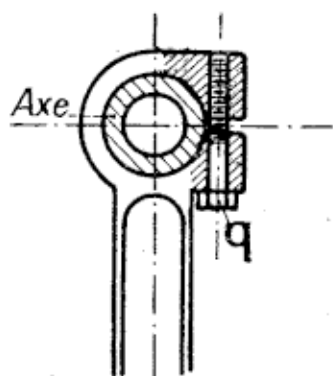


Fig. 105.

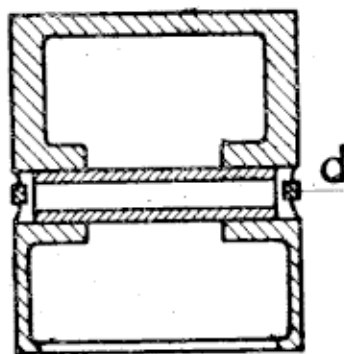


Fig. 106.

piston ni le déprimer ; parfois, une vis *q* (fig. 105) le rend solidaire du pied de bielle, il peut alors osciller librement dans les bossages. Enfin, dans quelques cas, l'axe est libre dans le pied de bielle et, également, dans les bossages ; un segment *d* (fig. 106), formant ressort, s'oppose à sa sortie.

66. Bielle. — Elle comprend trois parties :

le *corps* C, réunissant les deux parties suivantes : (fig. 407)
la *tête* A, articulée au vilebrequin ;
le *pied* B, relié par l'axe au piston.

Corps. — Pendant la phase d'explosion, la bielle poussée par l'axe est chargée d'entraîner l'arbre ; celui-ci oppose une certaine résistance à la rotation et la *bielle est comprimée*. Il en est encore ainsi, mais à un degré moindre, pendant la compression et l'échappement au cours desquels la bielle, actionnée par le vilebrequin, pousse le piston. Comme toute pièce de longueur assez grande, pressée en bout, elle tend à s'incurver ou, comme on dit, à *flamber*.

Cette déformation est d'autant plus à craindre que l'inertie de la bielle agit, elle aussi, de façon à l'accentuer. En effet, après avoir atteint son maximum d'inclinaison, la bielle se rapproche de l'axe ; mais tous ses points, lancés vers cette position extrême, tendent à poursuivre leur mouvement, même quand la bielle revient vers l'axe (fig. 408) ; d'où, une convexité vers l'extérieur ; le même fait se produit dans la position symétrique.

Cette tendance à la flexion est d'autant plus accusée que la bielle est plus lourde et plus longue. Dans cet organe aussi, il faut associer la légèreté à la robustesse. On y parvient en adoptant un métal résistant (acier demi-dur ou mieux acier spécial au nickel-chrome) et en donnant au corps soit une section annulaire (fig. 95) soit une section en **I**, plus forte du côté de la tête (fig. 407).

Tête. — Elle est formée par un épanouissement du corps et par un chapeau D, qui enveloppent deux coussinets E (fig. 407). La rotation de ceux-ci est empêchée par

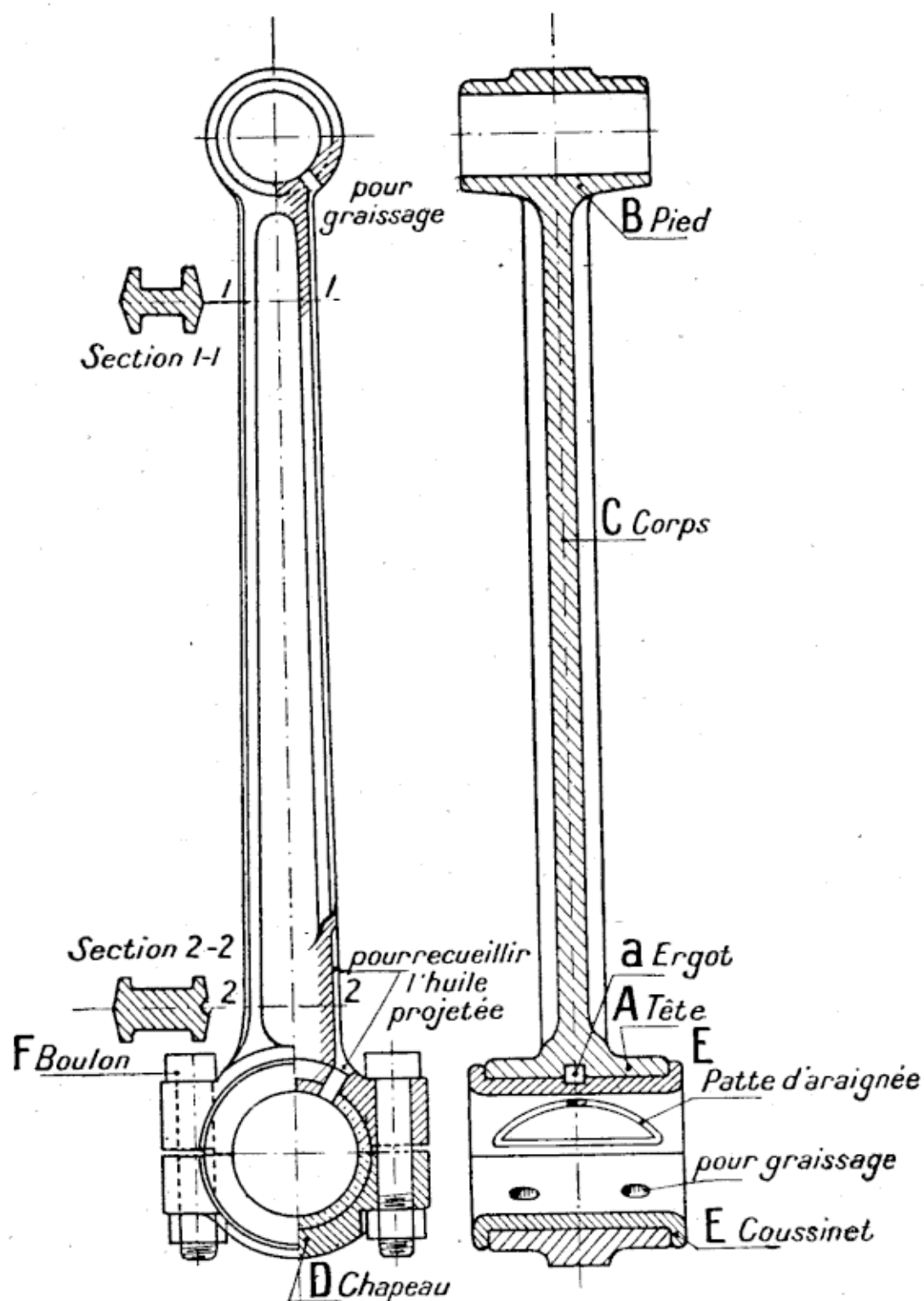


Fig. 107.

un ergot cylindrique *a* engagé mi-partie dans le coussinet supérieur et mi-partie dans le corps de bielle. Le serrage des coussinets est obtenu par boulons F.

Pied. — Le pied est venu de matriçage avec le corps, puis a été percé, pour former douille (fig 95 et 107). Ainsi qu'on l'a vu plus haut, l'axe peut être solidaire du pied

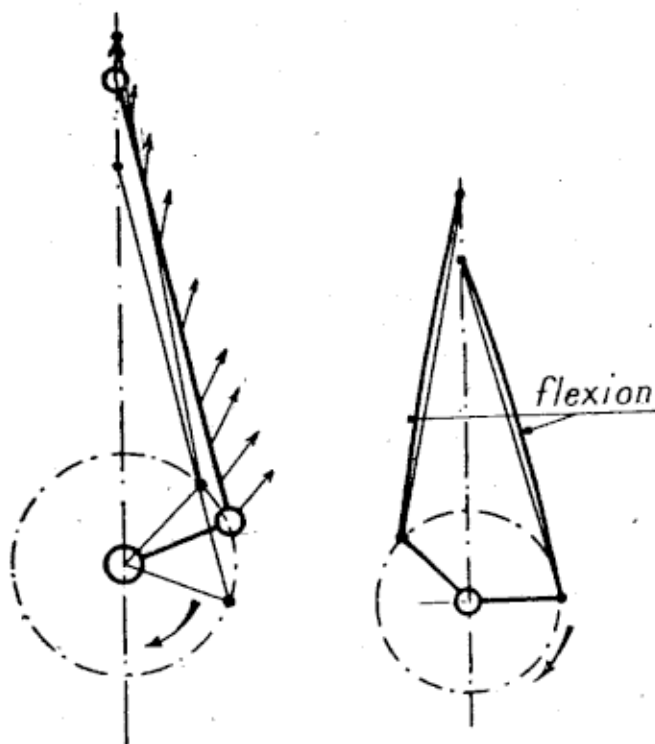


Fig. 108.

et libre dans le piston, mais le pied peut aussi recevoir une bague en bronze (fig. 95) ; celle-ci, emmanchée à force, oscille sur l'axe, libre, ou bien immobilisé sur le piston.

67. Carter. — Pour que le piston se déplace toujours entre les mêmes points du cylindre et pour que son axe demeure perpendiculaire à celui du vilebrequin, condition indispensable à la conservation en bon état des articulations de la bielle, il est nécessaire que le cylindre soit relié

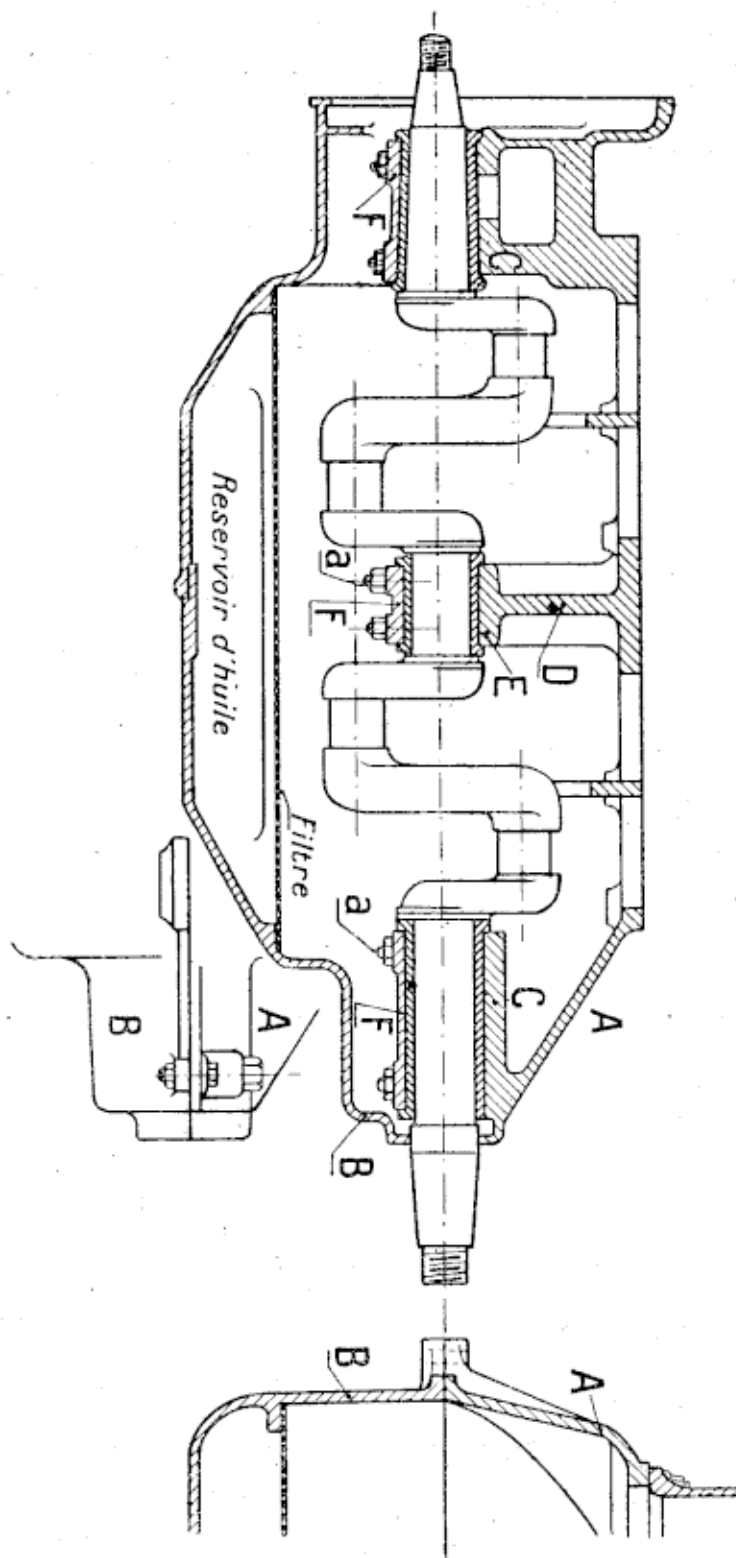


Fig. 109.

invariablement au vilebrequin. Cette liaison est assurée par le carter, qui forme ainsi le bâti du moteur. C'est enfin par le carter que le moteur repose sur le châssis.

Le carter est en deux pièces A et B (fig. 109). La partie supérieure A, la plus importante, reçoit les cylindres qui y sont fixés comme on l'a déjà vu ; elle porte les paliers C de l'arbre. Quand il y a plus de deux paliers, des bras D, venus de fonderie avec l'enveloppe, portent le ou les paliers intermédiaires E. Les chapeaux indépendants F de ces paliers sont fixés à l'aide de prisonniers *a*.

Les pattes d'attache H (fig. 110) du moteur sur le châssis sont également venues de fonderie avec cette moitié supérieure. Celle-ci présente quelquefois des plaques-formes G pour la fixation de quelques organes accessoires, tels que magnéto, pompe, etc. (fig. 111).

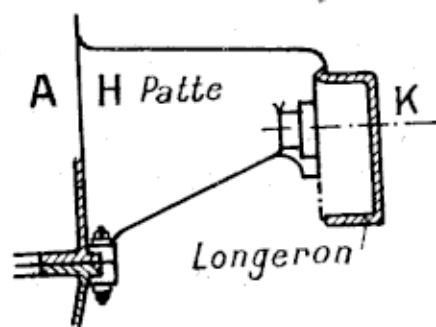


Fig. 110.

La partie inférieure B, boulonnée sur la précédente, sert uniquement de réservoir d'huile.

Cette disposition de l'arbre qui n'est solidaire que du carter supérieur, et la fixation du moteur sur le châssis, au moyen de bras solidaires de ce même carter, permettent de visiter le vilebrequin sans sortir le moteur de la voiture, puisqu'il suffit d'enlever le carter inférieur.

Réunies, les deux moitiés A et B constituent une coquille qui enveloppe complètement le vilebrequin et met l'intérieur du moteur à l'abri de la poussière et de la boue. Afin de ne pas trop alourdir la voiture, toutes deux sont en aluminium.

Le carter repose généralement par des pattes soit sur

les longerons K du châssis (fig. 110), soit sur les longeronnets L d'un faux châssis (fig. 111), ce qui permet de faire les bras de fixation moins longs.

A l'arrêt, les deux longerons sont parallèles et les points de fixation du carter sont dans un même plan ;

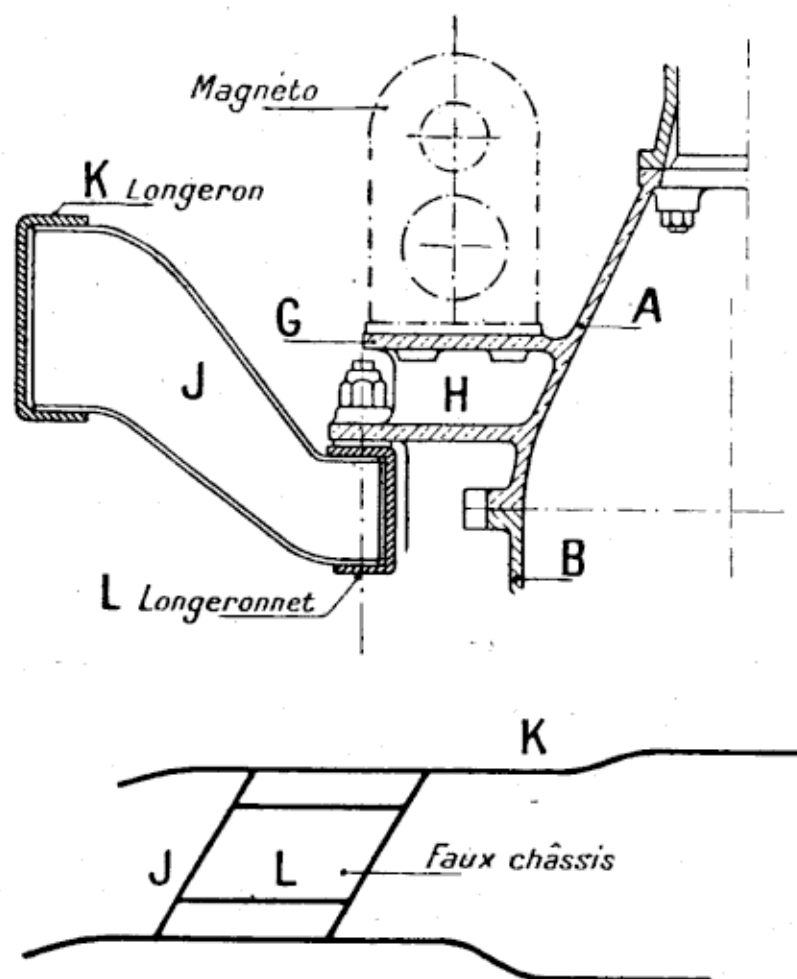


Fig. 111.

mais, quand la voiture franchit une dénivellation, il se produit toujours, quelle que soit la rigidité du châssis, un gauchissement qui détruit le parallélisme des longerons ; le carter est alors obligé de se prêter à cette déformation, ce qui peut nuire au bon fonctionnement du vilebrequin. C'est pourquoi quelques moteurs sont seule-

ment fixés en trois points : deux pattes d'attache à l'arrière et un appui à l'avant.

68. **Capot.** — On appelle capot l'enveloppe en tôle, qui entoure le moteur et protège le mécanisme extérieur contre la boue et la poussière (fig. 112). Sa forme en

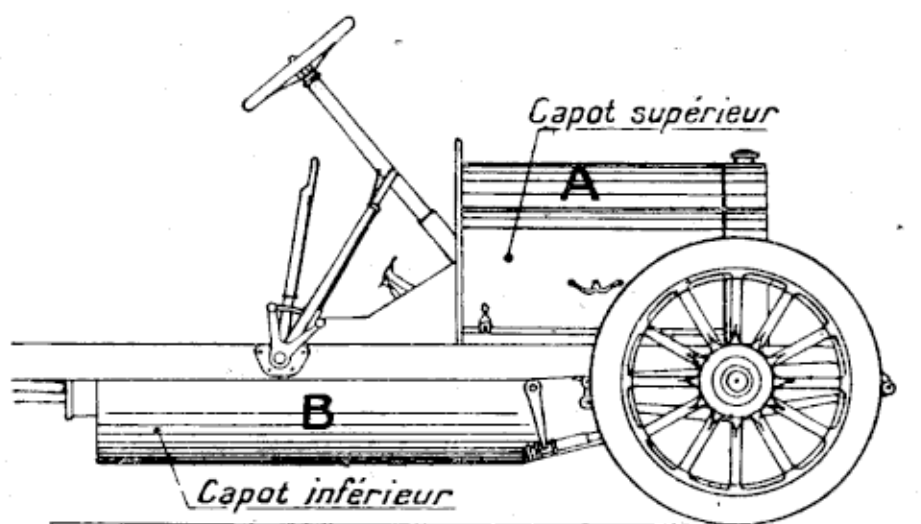


Fig. 112.

tonneau, en bec, en parallépipède est surtout déterminée par la position et la forme du radiateur. Dans quelques voitures, il joue (1) un certain rôle dans le refroidissement du radiateur.

Avec la carrosserie, le capot supérieur contribue à donner de la « ligne » à la voiture : chaque constructeur tient à sa forme de capot.

Le capot inférieur sert uniquement d'organe protecteur du carter, du volant et de la boîte des vitesses.

QUESTIONNAIRE

63. Quelles sont les considérations qui doivent intervenir dans le choix des dimensions et de la forme d'un organe? —

(1) Voir chapitre VIII : *Réfrigération* (p. 116 et suiv.)

64. Que comprend le cylindre? — Quelles pièces porte-t-il — Comment cylindre et culasse sont-ils fondus? — Qu'appelle-t-on trous de dessablage? A quoi servent-ils? — Quels efforts sollicitent le cylindre? — Comment assure-t-on sa résistance? — Quelles particularités présente l'intérieur du cylindre en vue de la commodité de l'usinage? — Quel avantage présente, en outre, l'évasement du côté carter? — Comment peuvent être groupés les cylindres d'un moteur à quatre cylindres? — Quels sont les avantages et les inconvénients de chaque mode de groupement? — 65. Quelles conditions doit remplir le piston? — Comment satisfait-on à la condition de résistance? — Pourquoi le piston doit-il être léger et comment fait-on pour réduire son poids? — Comment réalise-t-on l'étanchéité entre piston et cylindre? — Comment est fait un segment? — Combien place-t-on de segments? — Comment répartit-on les coupures? — A quelle condition le graissage entre piston et cylindre peut-il être assuré? — La position de l'axe du piston est-elle indifférente? Sinon, pourquoi? — Comment réduit-on, pendant l'explosion et la détente, la pression du piston sur le cylindre? — Quelle forme a l'axe du piston? Comment cet axe est-il fixé? — 66. Combien de parties comprend la bielle? — A quels efforts est soumis le corps de bielle? — Comment fait-on pour assurer sa résistance, sans trop augmenter son poids? — Que comprend la tête de bielle? Que comprend le pied de bielle? — 67. Quel est le rôle du carter? — Comment est-il constitué? — Quel avantage présente l'indépendance du vilebrequin et du carter inférieur? — Comment le carter est-il fixé sur le châssis? Pourquoi adopte-t-on quelquefois une suspension en trois points seulement? — 68. A quoi sert le capot?

EXERCICES

1. Schéma d'un cylindre avec les organes qu'il peut porter. — 2. Schéma d'un cylindre avec culasse rapportée. — 3. Croquis d'un cylindre montrant le dégagement du côté culasse, l'évasement du côté carter, et le rebord pour la fixation. — 4. Schémas des divers modes de groupement des cylindres. — 5. Croquis d'un piston. — 6. Croquis d'un segment. — 7. Croquis indiquant la position des segments sur le piston. — 8. Croquis indiquant l'immobilisation d'un segment en rotation. — 9. Schéma d'un cylindre désaxé. — 10. Croquis de la traverse et de ses modes de fixation. — 11. Croquis d'un corps de bielle; d'une tête de bielle. — 12. Schéma du carter. — 13. Schéma de la fixation du carter sur le châssis.

CHAPITRE XI

CHASSIS, ESSIEUX, ROUES ET SUSPENSION

SOMMAIRE. — Le châssis, son rôle, sa constitution. — Les essieux : essieu avant ; essieu arrière. — Les roues ; constitution et montage ; roues amovibles. — La suspension ; ressorts employés ; montage des ressorts. — Mode d'action des ressorts.

69. Le châssis ; son rôle, sa constitution. — On appelle châssis, le cadre qui repose sur les essieux par l'intermédiaire des ressorts et sur lequel sont fixés le moteur, les organes de transmission du mouvement et la carrosserie.

L'examen d'une voiture en marche montre ce cadre soumis à d'incessantes oscillations, très faibles, quand les surfaces d'appui des roues sur le sol sont sensiblement dans un même plan, plus accentuées, aussitôt qu'au passage d'une inégalité de la route, une roue monte ou descend.

A la fatigue due au poids de tout ce que le bâti supporte vient ainsi s'ajouter celle qui résulte de ce balancement ininterrompu, plus ou moins brutal, qui tend à le gauchir.

Or, ne serait-ce que pour le maintien de l'alignement des paliers du vilebrequin, toute déformation permanente tant soit peu accentuée du cadre est inacceptable. Le cadre doit donc être :

assez résistant, pour offrir toute sécurité ;

assez *rigide*, pour que les déformations qu'il subit soient limitées ;

assez *élastique*, pour que les efforts ayant disparu, il reprenne sa forme initiale ;

assez *léger*, pour ne pas imposer aux roues une surcharge inutile ;

enfin, les assemblages des pièces qui le constituent doivent pouvoir résister, sans prendre de jeu, aux efforts qui les sollicitent en cas de dénivellations.

La conciliation de ces diverses exigences a été obtenue grâce à la tôle d'acier emboutie : les sections, en forme d'⌈ ont pu ainsi être proportionnées aux efforts développés et les contours parfaitement adaptés aux conditions à remplir.

La forme générale est celle qu'indique la fig. 113 ; deux *longerons* ou *brancards* A, B sont entretoisés de distance en distance par des *traverses* E₁, E₂... La longueur des longerons, leur écartement, la répartition des traverses, les sections varient avec la marque et l'importance du véhicule. Longerons et traverses sont réunis par des rivets ; des épanouissements *a* que portent les ailes des traverses et des longerons, forment, pour ainsi dire, goussets et permettent de mieux assurer l'invariabilité des angles.

La réduction d'écartement des longerons à l'avant facilite le braquage des roues ; un cintre *b* à l'arrière permet le rapprochement de l'essieu arrière du châssis, lors de l'aplatissement des ressorts.

A l'avant, deux faux longerons ou longeronnets, reposant sur des traverses et constituant un *faux châssis*, peuvent être prévus pour recevoir le moteur et la boîte des vitesses.

Selon leur emplacement, les traverses sont droites ou

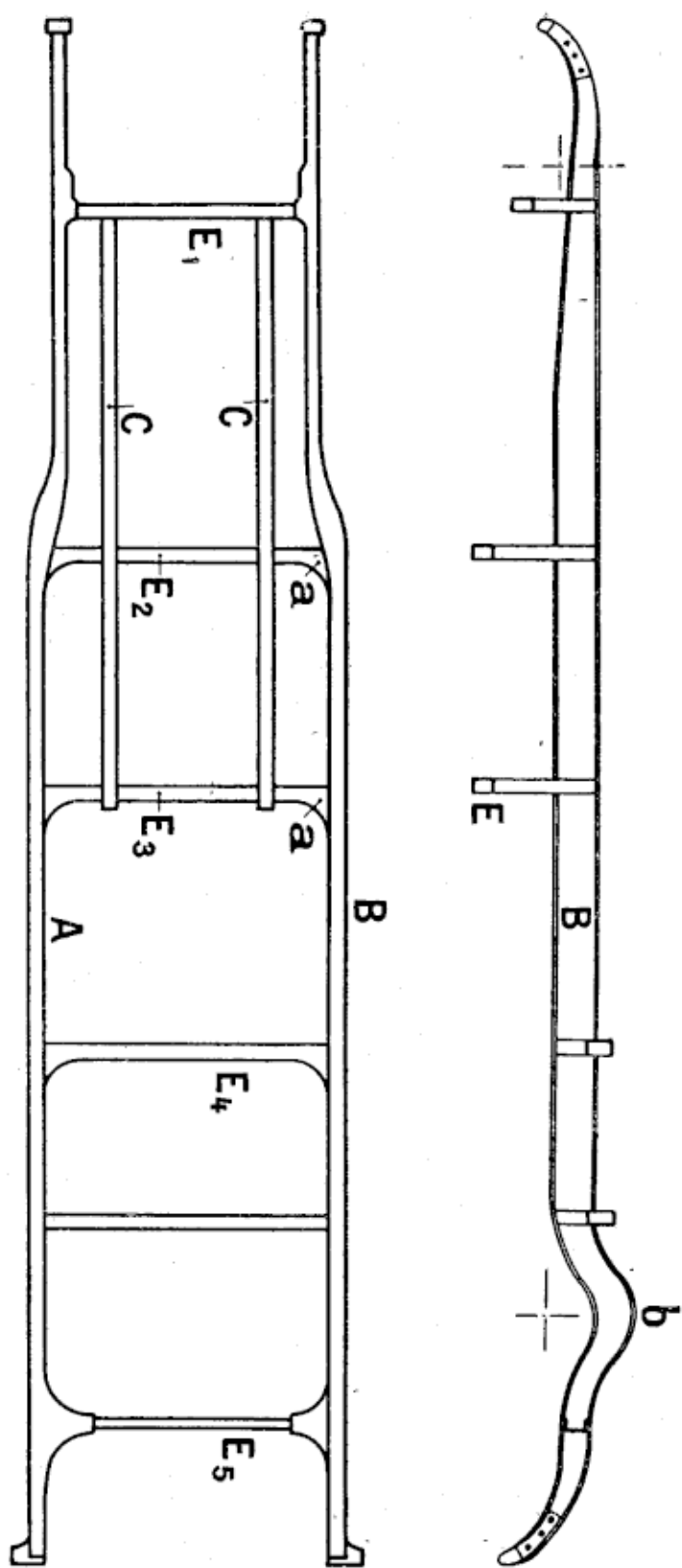


Fig. 113.

CHASSIS, ESSIEUX, ROUTES ET SUSPENSION

cintrées ; par exemple, la traverse arrière E_3 , sur laquelle viendra reposer la carrosserie, est droite, alors que les traverses avant E_1 , E_2 sont cintrées, pour permettre l'abaissement du moteur et de la boîte des vitesses.

70. Les essieux. — Ils sont au nombre de deux : à l'avant, un *essieu directeur* ; à l'arrière, un *essieu moteur*. Les roues, que porte ce dernier, empruntent, en effet, leur mouvement de rotation au moteur lui-même et déterminent la progression du véhicule ; les roues avant tournent par entraînement : ce sont des roues *porteuses* ; mais, outre qu'elles supportent une partie du poids de la voiture, elles sont susceptibles d'un *braquage* qui permet au véhicule de prendre un virage, puis de se redresser.

Essieu avant (fig. 114). — Il est composé de trois parties : une partie centrale ou *corps* A et deux *fusées* B, articulées sur le corps.

Le corps est en acier ; une section en **I** (double té) lui assure le maximum de résistance pour le minimum de poids ; sa forme surbaissée permet de descendre un peu le moteur ; deux parties plus larges ou *patins* C sont réservées pour la fixation des ressorts.

Selon la forme des extrémités du corps, l'essieu est dit à *chape ouverte* ou à *chape fermée*.

Dans l'essieu à chape ouverte, le corps se termine à chaque bout par une fourche ou chape ; la chape reçoit le pivot d'articulation de la fusée.

La fusée est en forme de té ; l'une des branches D (fig. 114) entoure le pivot ou forme elle-même pivot ; l'autre branche B, ou fusée proprement dite, s'engage dans le moyeu de la roue.

Le moyeu est lui-même en deux pièces : l'une E est centrée sur la fusée par deux roulements à billes *a*, *b*,

qui sont maintenus à l'écartement convenable par un tube entretoise *c* ; l'autre *F*, qui peut glisser sur la pré-

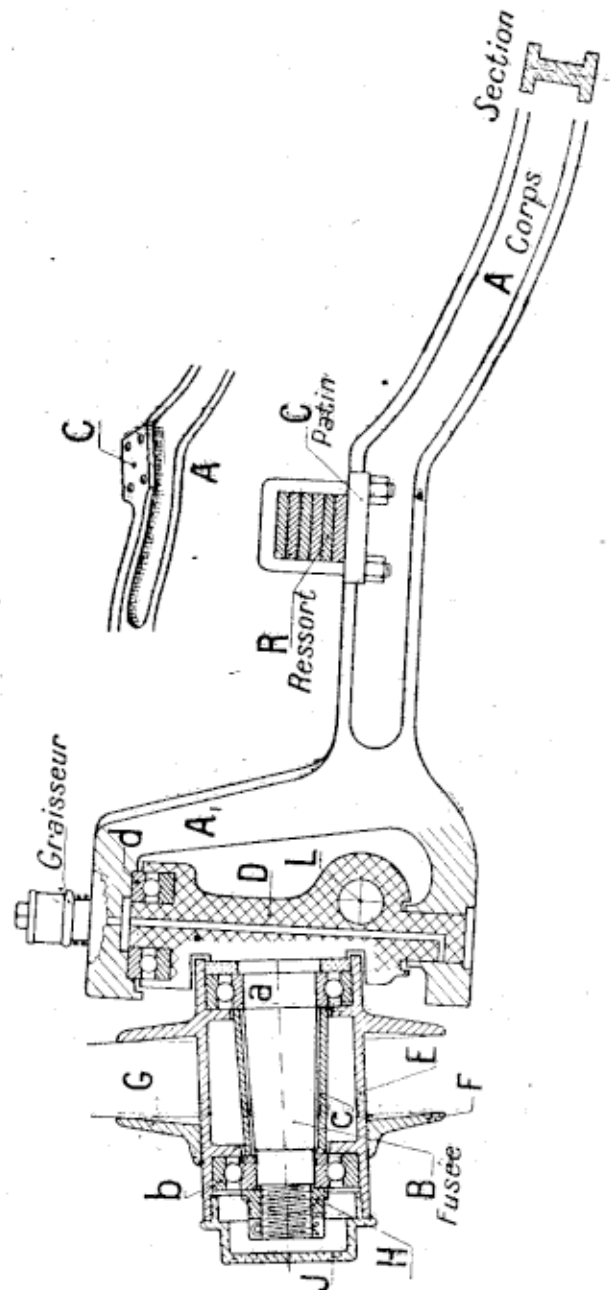


Fig. 114.

cédente, est serrée fortement sur celle-ci pour saisir les rais *G* de la roue ; la forme légèrement tronconique des flasques s'oppose à la sortie de ces rais. Un écrou *H*

retient la roue sur le moyeu, et un chapeau J protège les roulements contre la poussière en même temps qu'il constitue un réservoir pour le lubrifiant.

La fraction du poids de la voiture reportée sur une roue est transmise à la fusée par la branche supérieure A, de la chape ; il en résulte, entre cette branche et la fusée, une pression égale à la charge ainsi reportée ; à cette

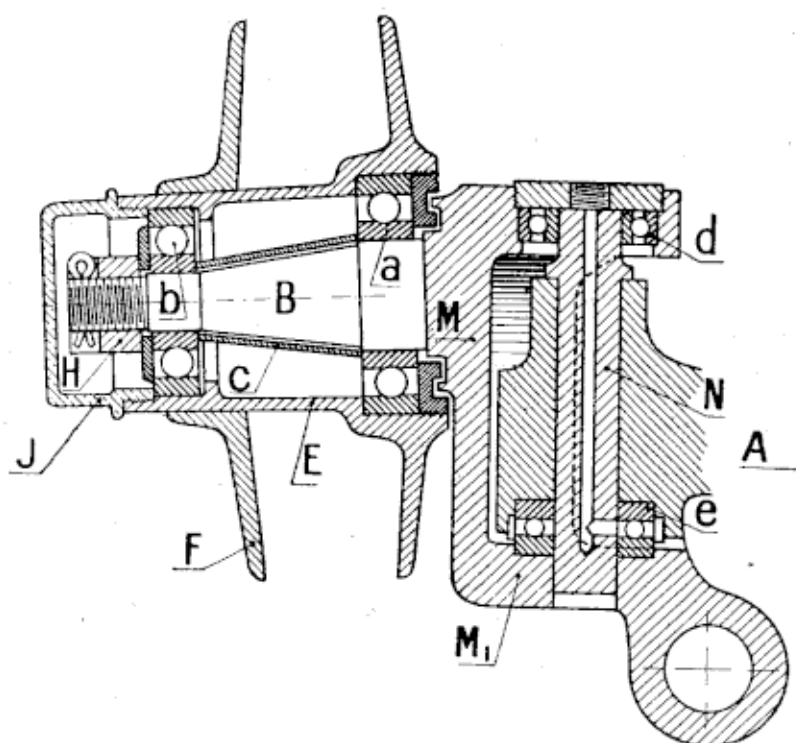


Fig. 115.

pression correspond un frottement qui rendrait difficile le pivotement de la fusée autour de l'axe et de la chape, si une butée à billes *d* ne réduisait ce frottement. Enfin, la fusée porte un œil L pour la fixation du levier d'orientation.

Dans l'essieu à chape fermée (fig. 115), la chape M, solidaire de la fusée B, enveloppe sur une partie de son pourtour le pivot N qui est alors porté par le corps A de

l'essieu. Un roulement à billes d centre le pivot à la partie supérieure; la pression reportée sur la branche inférieure M_1 de la chape M est reçue, soit par une butée à billes e , soit par un grain très dur suffisamment lubrifié.

Assez fréquemment, pour mieux résister aux chocs latéraux, les roues présentent de l'*écuanteur*, c'est-à-dire que les rais forment un cône dont le sommet est sur l'axe du moyeu et dont la base est à l'extérieur (fig. 116). Mais alors, pour que les rais soient à peu près perpen-

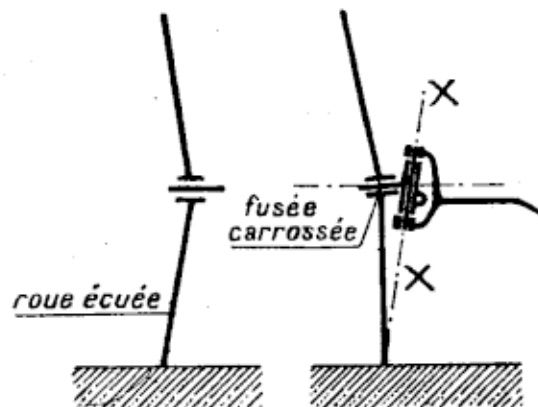


Fig. 116.

diculaires au sol quand ils passent au-dessous de l'axe, l'axe de la fusée doit être incliné vers le sol; c'est ce qui s'appelle donner du *carrossage* à la fusée.

La roue est montée en porte à faux sur la fusée et, par conséquent, sur le pivot. Afin de réduire les effets de ce porte à faux, l'axe xx du pivot est lui-même incliné en sens inverse de la roue (fig. 116) de telle sorte que, prolongé, il passerait au voisinage du contact de la roue et du sol.

Essieu arrière. — La constitution de cet essieu varie selon que la transmission se fait par chaîne ou par cardan

(voir fig. 2 et 3). Dans le premier cas, corps et fusées sont en une pièce ; il est droit ou légèrement coudé (fig. 117) ; des patins C sont ménagés pour recevoir les ressorts. Le moyeu de la roue est monté sur roulements à billes *a*, *b*, comme dans l'essieu avant ; la roue porte en plus une den-

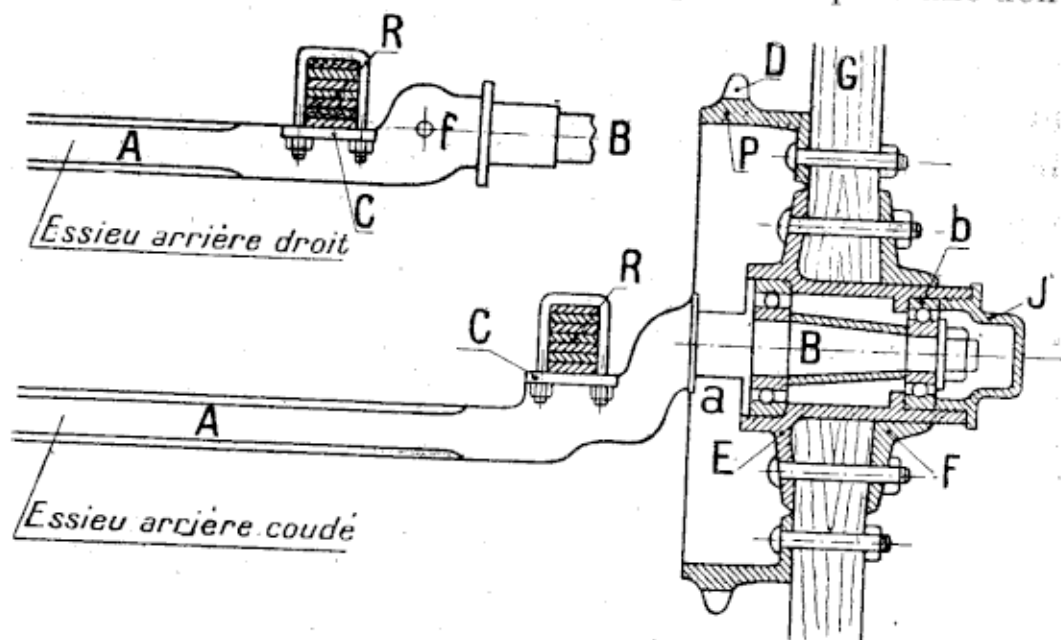


Fig. 117.

ture D, taillée sur une couronne P, dont la surface cylindrique intérieure forme tambour de frein.

Lorsque la transmission se fait par cardan, l'essieu arrière, dit encore *pont arrière*, a généralement une forme tubulaire particulière dont il sera parlé plus loin, en même temps que de la transmission du mouvement aux roues.

71. Les roues. — Constitution et montage. — Une roue comprend :

- 1° un moyeu A (fig. 118), monté sur la fusée de l'essieu ;
- 2° des rayons ou rais B ;
- 3° une jante C ;
- 4° un bandage D.

Les rais sont en bois, ou métalliques. En bois, ils sont ajustés autour du moyeu par leur pied trapézoïdal *a* et serrés entre les deux flasques du moyeu ; à l'extrémité opposée, ils se terminent par une broche *b* engagée dans la jante *C* également en bois. Un cercle métallique *E*,

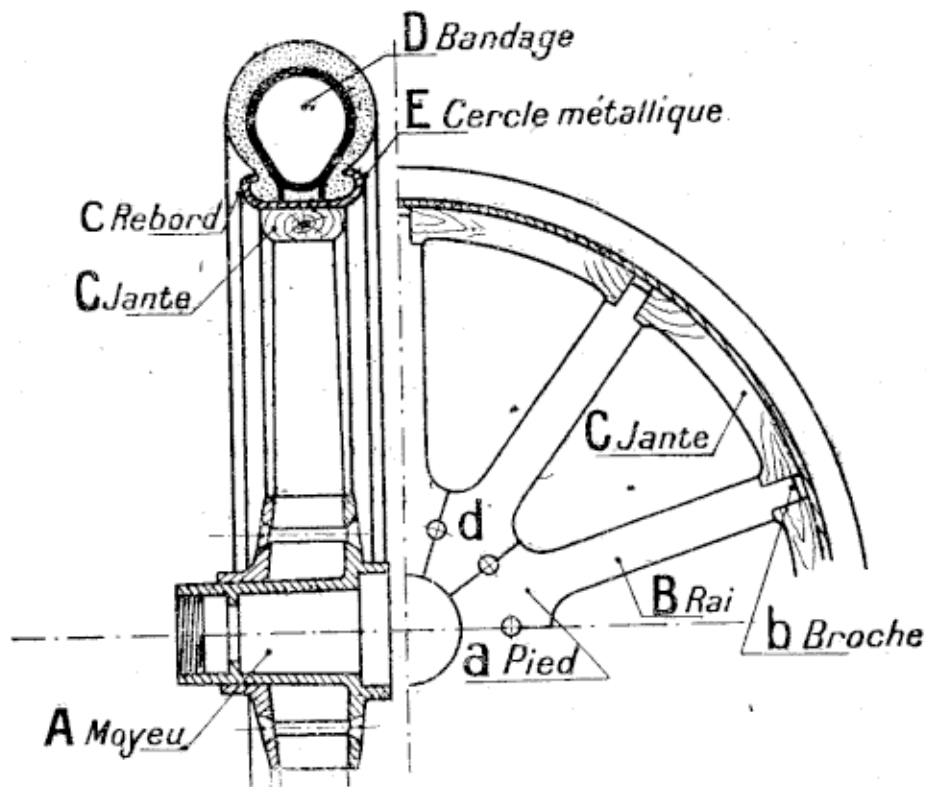


Fig. 118.

posé à chaud sur la jante, présente des rebords *c* pour l'accrochage de l'enveloppe pneumatique.

Les rais métalliques consistent en des fils d'acier, comme dans les roues de bicyclettes, montés avec une certaine tension entre le moyeu et la jante complètement métallique. Ces roues sont plus élastiques que les roues en bois et paraissent mieux résister aux chocs transversaux.

Un voile plein *F* (fig 449), assemblé sur le moyeu et sur une jante métallique *E*, peut remplacer les rais.

Quelle que soit leur constitution, les roues reçoivent un bandage pneumatique. Celui-ci, en effet, est indispensable et jusqu'ici aucun dispositif n'a pu le remplacer.

D'abord, du fait qu'il s'écrase légèrement sous le poids de la voiture, la surface de contact avec le sol augmente ; les réactions R , exercées par la route sur la roue, sont ainsi reportées sur une plus grande longueur de la jante qui se trouve ainsi moins fatiguée (fig. 120).

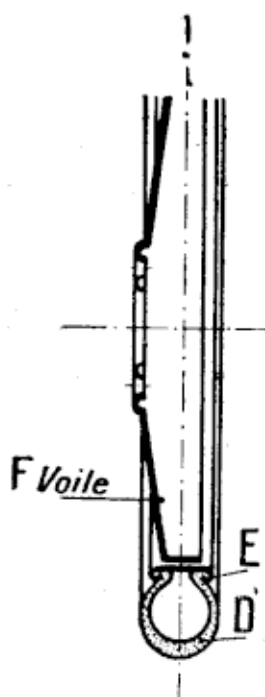


Fig. 119.

D'autre part, si le bandage était métallique, chaque rugosité de la route, chaque caillou même minuscule soulèverait la roue qui retomberait aussitôt l'obstacle franchi. En même temps qu'ils énerveraient les ressorts, ces soubresauts répétés détermineraient dans le châssis des trépidations désagréables pour les voyageurs et pernicieuses pour

les divers assemblages, au point que la vitesse du véhicule devrait être réduite.

Le pneumatique se laisse pénétrer par ces menus obstacles ; il se moule sur eux, permettant ainsi à l'axe de la roue de demeurer à une hauteur constante, et, par conséquent, de n'exercer aucune action sur les ressorts et le châssis.

Le bandage comprend une *chambre à air* H (fig. 120) et une enveloppe J. La chambre à air est un simple boyau en gomme pure : une valve K, qui traverse la jante, permet son gonflement. L'enveloppe forme gaine protectrice ; sa section est en fer à cheval ; plusieurs toiles et feuilles de gomme superposées en constituent la carcasse

L ; à la base, deux talons *d* servent à l'agrafage sur la jante. Une *chape* ou *croissant* M, collée sur la carcasse, forme la bande de roulement.

Sur un sol gras, la *chape* glisse avec la plus grande facilité ; le dérapage est évité en montant, sur les roues arrière, par des pneus *antidérapants* ; la *chape* en cuir, toile

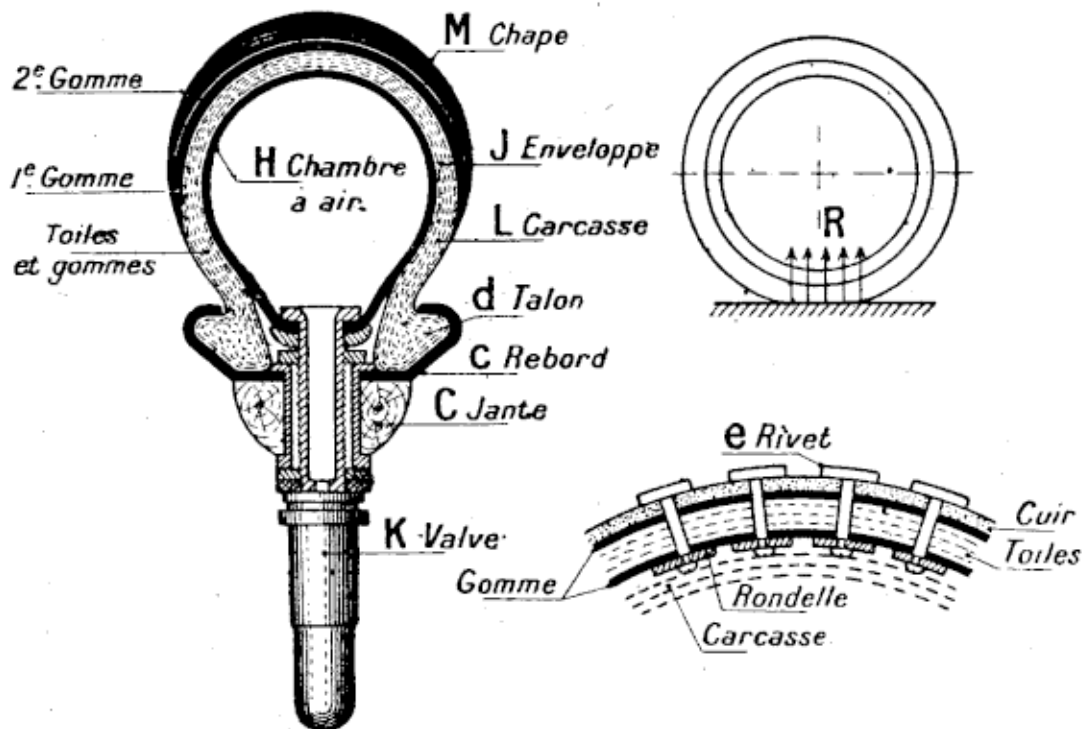


Fig. 120.

et gomme est garnie de rivets *e* à tête cimentée et trempée, pour opposer plus de résistance à l'usure (fig. 120).

C'est le pneumatique des roues arrière qui, en s'accrochant au sol, détermine le déplacement du véhicule ; c'est sur lui qu'est reportée la résistance à l'avancement. Or, ce n'est pas à lui que l'effort moteur est appliqué, mais au moyeu de la roue ; il en résulte que, lorsque la roue tourne, un glissement tend à se produire entre la jante qui est entraînée en rotation et le bandage qui est retenu par le sol, avec, comme conséquence, le glisse-

ment de la chambre à air et l'arrachement de la valve. Seule, une forte adhérence du bandage sur le cercle peut s'y opposer. Cette adhérence résulte du gonflement à une pression d'environ 5 à 6 kg. ; cm² de la chambre à air ; cette dernière force sur les parois de l'enveloppe et oblige ses talons à épouser les rebords du cercle métallique. Mais un glissement pourra se produire en cas de forçement insuffisant, si la chambre à air est trop peu gonflée par exemple : c'est pourquoi des boulons de sécurité, appuyant énergiquement les talons sur les gouttières, étaient quelquefois prévus.

Roues amovibles. — La chambre à air, de faible épaisseur pour conserver au bandage toute sa souplesse, peut se perforer, se couper, ce qui oblige à l'arrêt, au démontage, à la réparation ou au changement de chambre et d'enveloppe. Pour éviter les ennuis d'une longue réparation, on se munit généralement d'une roue de rechange ; tout se borne ainsi au démontage de la roue avariée et à son remplacement.

72. Suspension. — On appelle suspension l'ensemble des ressorts par lesquels le cadre repose sur les essieux.

Ressorts employés. — Ce sont des *ressorts à lames*, c'est-à-dire constitués par plusieurs lames A de même largeur (fig. 124), cintrées et appliquées les unes sur les autres ; la longueur varie d'une lame à la suivante ; la lame la plus longue ou *maîtresse-lame* a ses extrémités *a* roulées pour permettre l'articulation.

Les feuilles sont maintenues longitudinalement par un boulon d'assemblage *d*, et transversalement soit par *étoquiau*, soit par *nervure*.

Dans la première disposition, chaque lame porte vers ses extrémités un tenon ou étoquiau *c*, qui glisse dans

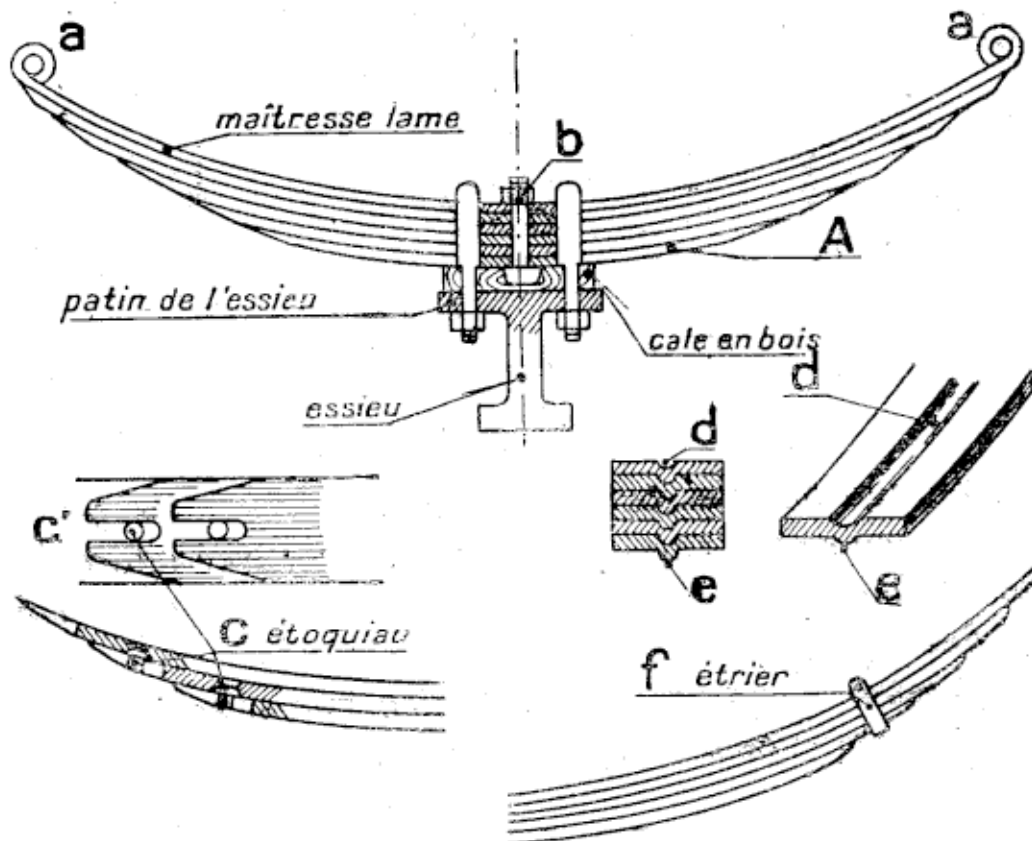


Fig. 121.

une rainure *c*, que présente la lame voisine.

Dans la seconde disposition, chaque lame présente sur l'une de ses faces une nervure *e* à laquelle correspond, sur l'autre face, une dépression *d*; quand les

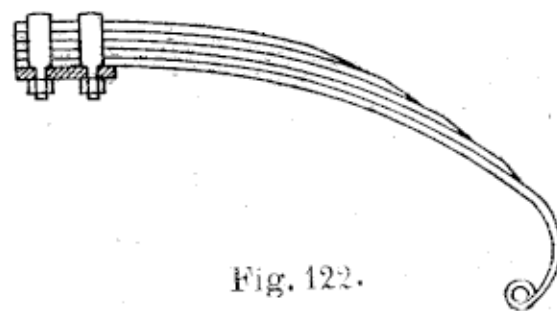


Fig. 122.

lames sont superposées, la nervure de l'une s'emboîte dans la gouttière de l'autre. Quand il n'y a ni nervure, ni étoquiau, les lames sont maintenues par un étrier *f*.

Outre le ressort à lames ordinaire, dit *demi-pincette*, on emploie encore le *ressort à crosse* (fig. 122) ; c'est une demi-pincette que l'on aurait sectionnée en deux, les lames étant maintenues dans la région sectionnée.

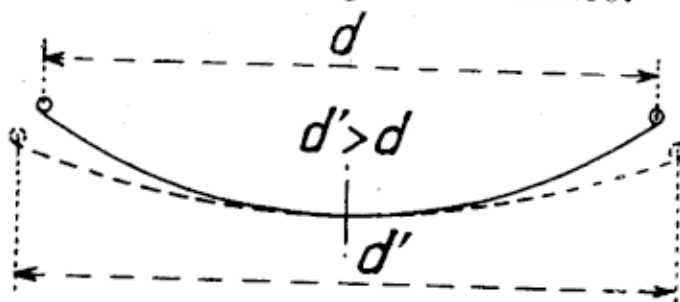


Fig. 123.

Montage des ressorts. — La fixation sur les patins de l'essieu se fait par le moyen d'étriers, avec interposition d'une cale en bois ; l'essieu passe sous le ressort ou au-dessus.

Le ressort ne peut jouer son rôle que si sa déformation est libre ; cette déformation entraîne une modifica-

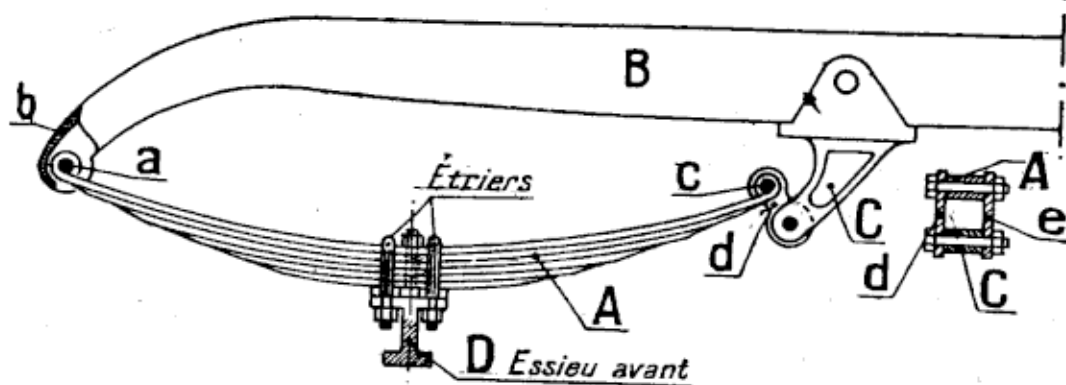


Fig. 124.

tion de la distance des axes des rouleaux (fig. 123) ; le montage doit permettre cette variation.

1° A l'avant. — Ce sont presque toujours deux demi-pincettes A (fig. 124), qui sont employées ; une articula-

tion *a* est fixée et portée par une main forgée *b*, rivée à l'extrémité du brancard B; l'autre *c* est mobile et faite sur deux jumelles *d*, *e* articulées elles-mêmes sur une main C fixée au longeron.

2° **A l'arrière.** — Souvent, on monte aussi deux demi-pincettes A (fig. 125), dont les extrémités sont articulées sur deux jumelles mobiles *a*, *b*, alors que la partie médiane repose sur l'essieu C.

Pour qu'une même surcharge, placée en un même

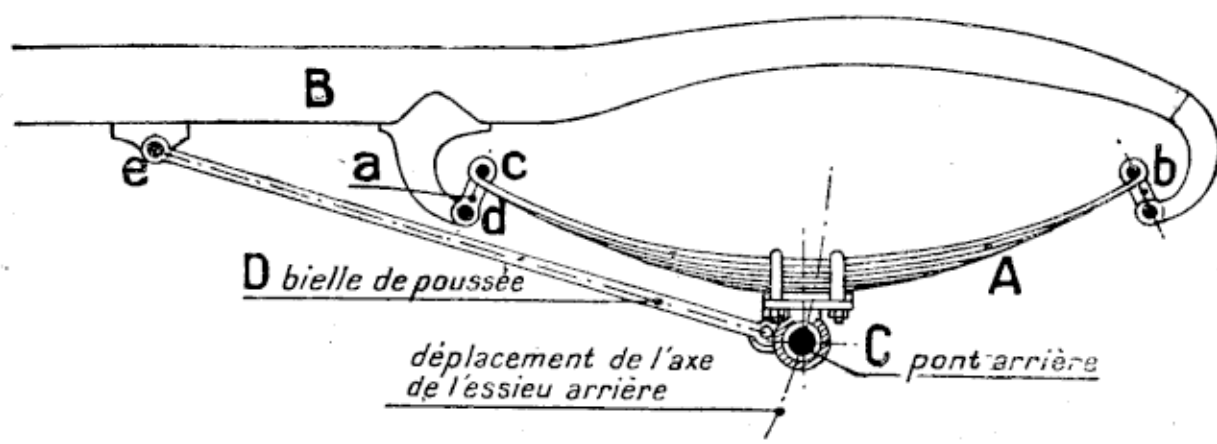


Fig. 125.

point de la caisse et en dehors de l'axe, produise sur le ressort voisin une flexion moindre, et que la caisse prenne une inclinaison plus faible, les ressorts sont avantageusement reportés à l'extérieur des longerons, au lieu de se trouver au-dessous (fig. 126).

Assez fréquemment aussi, on associe la demi-pincette et le ressort à crosse, l'articulation des extrémités voisines de ces ressorts se faisant sur jumelles (fig. 127).

En se développant sur le sol, les roues arrière poussent les essieux en avant, et, par les ressorts arrière A (fig. 125) et leurs articulations avant *c*, *d*, entraînent le

châssis B; ce rôle de transmetteur d'effort, pour lequel le ressort n'est pas fait, gêne ses déformations; il est

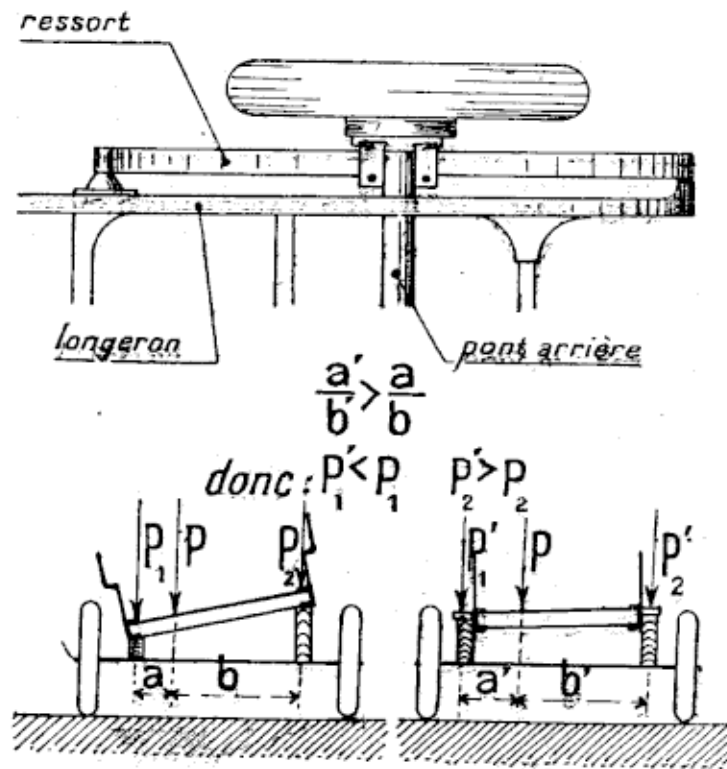


Fig. 126.

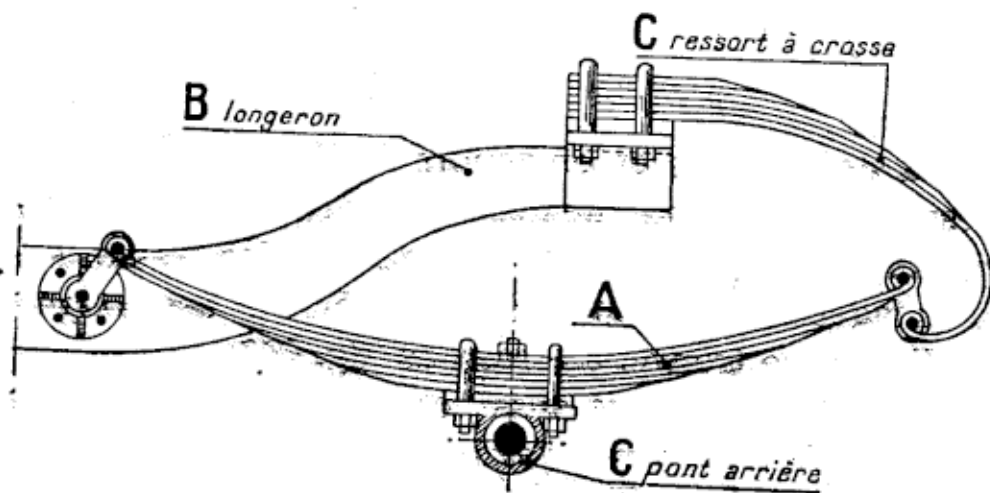


Fig. 127.

donc assez naturel de l'en décharger; c'est pourquoi deux *bielles de poussée* D peuvent être disposées pour

relier l'essieu arrière au cadre ; les connexions sont à articulation. Pendant la déformation des ressorts, l'axe de l'essieu arrière est ainsi astreint à tourner légèrement autour de l'axe *e* des articulations de bielles D avec les longerons, ce qui ne peut contrarier le jeu des res-

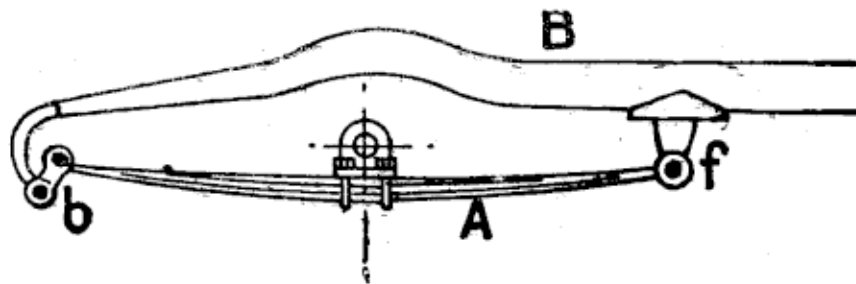


Fig. 128.

sorts. Assez souvent aussi, il n'y a pas de bielle de poussée et l'articulation avant / est fixe (fig. 128).

Dans certaines voitures, la suspension arrière comporte trois ressorts : deux ressorts latéraux A, B, (fig. 129) et

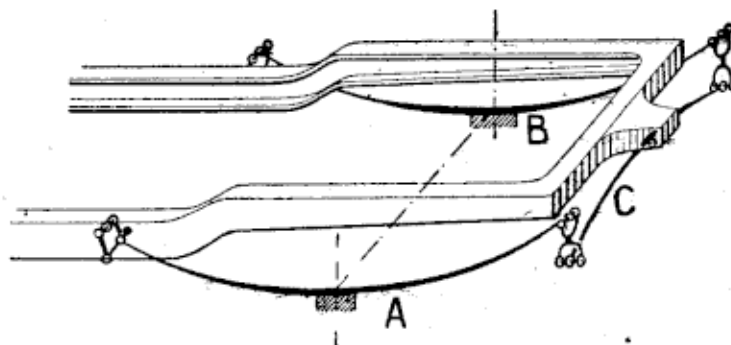


Fig. 129.

un ressort transversal C, fixé sur une queue du châssis.

73. Mode d'action des ressorts. — Supposons le châssis relié rigidement aux essieux et une roue A abordant une saillie, par exemple (fig. 130) ; cette roue s'élève (A_1) ; par suite de la vitesse qu'ont acquise cette

roue et la partie voisine de l'essieu, l'ascension continue après le passage de la bosse, et la roue quitte le sol (A_2); ensuite, sous l'effet du poids qu'elle supporte, elle reprend contact avec le sol, mais à une certaine vitesse, puisqu'elle tombe d'une certaine hauteur (A_3), d'où un

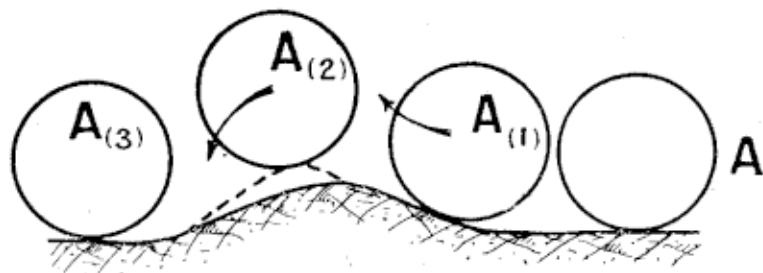


Fig. 130.

choc. Le cadre étant supposé solidaire des essieux, son soulèvement est ainsi plus grand que la saillie de la bosse. On peut se faire une idée de l'ébranlement du châssis et du moteur ainsi que des sursauts des voyageurs, si aucune mesure n'était prise pour en atténuer les effets.

La suspension a précisément pour but de s'opposer à

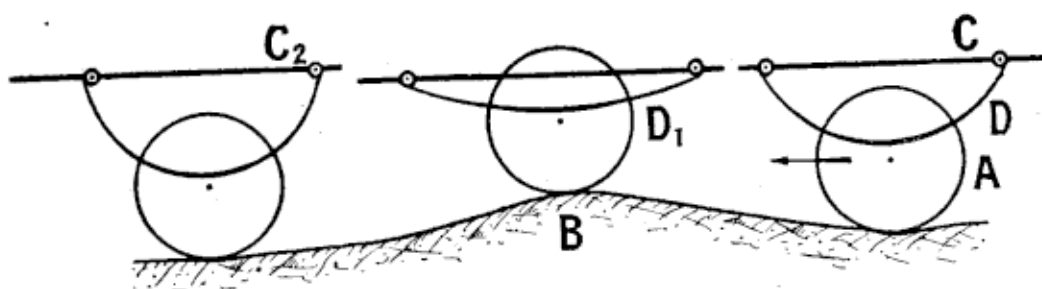


Fig. 131.

la transmission intégrale au châssis des déplacements correspondant aux hauteurs des saillies ou aux profondeurs des dépressions, et de substituer à une chute trop brutale une succession d'oscillations d'amplitude décroissante et sans danger pour le mécanisme.

Soit en effet, la même roue A (fig. 131) arrivant sur la

bosse B ; l'axe de la roue s'élève ; par suite de l'inertie du châssis et du poids que celui-ci supporte, le cadre C tend à demeurer à la même hauteur ; donc le ressort D fléchit et prend la position D₁. L'obstacle franchi, le ressort réagit, se détend avec une certaine vitesse et sollicite la roue vers le sol ; mais celle-ci se trouvant arrêtée, c'est le châssis qui est obligé de se soulever (C₂). En raison de son inertie, il monte plus haut que ne le pousse le ressort lequel se referme ; ensuite, ce ressort, prenant appui sur l'essieu, réagit en sens contraire, tire à lui le châssis qui s'abaisse avec une certaine vitesse pour être repoussé à nouveau par le ressort et ainsi de suite : d'où une succession d'oscillations de moins en moins fortes.

Il importe que ces oscillations n'aient qu'une faible durée de façon à être éteintes quand se présente l'obstacle suivant ; sinon, les oscillations déterminées alors pourraient s'ajouter aux précédentes et communiquer au châssis des mouvements dangereux. Le glissement qui se produit entre les lames des ressorts pendant leur déformation constitue déjà un frein dont on peut compléter l'action par des *amortisseurs*.

QUESTIONNAIRE

69. Qu'entend-on par châssis ? — Quelles sont les causes de fatigue du châssis ? — Quelles conditions le châssis doit-il remplir ? — Comment est-il constitué ? — Quelles particularités présente-t-il ? — 70. Combien y a-t-il d'essieux et quel rôle joue chacun d'eux ? — Quelles sont les différentes parties de l'essieu avant ? — Qu'entend-on par essieu à chape ouverte ? — par essieu à chape fermée ? — Qu'appelle-t-on écuaneur d'une roue ? — Pourquoi donne-t-on de l'écuaneur aux roues avant ? — Qu'entend-on par fusée carrossée ? — Quelle orientation donne-t-on au pivot d'articulation de la fusée ? — 71. Que comprend une roue ? — Quel est le rôle du bandage pneumatique ? — Que comprend ce bandage ? — Le bandage ne tend-il pas à

glisser sur la jante pendant la marche et pourquoi ? — De quel moyen dispose-t-on pour réduire les pertes de temps qu'entraînent sur route les réparations ou les changements de pneumatique ? — 72. Qu'appelle-t-on suspension ? — Quel ressort emploie-t-on ? — Comment les lames sont-elles maintenues ? — Comment sont montés les ressorts avant ? — Comment sont montés les ressorts arrière ? — 73. Quel avantage présente la disposition des ressorts arrière en dehors des longerons ? — Quelle disposition adopte-t-on pour décharger les ressorts arrière du rôle de transmettre l'effort de poussée au châssis ? — Quand le ressort arrière transmet la poussée, comment est disposée son articulation avant ? — Que se produirait-il si le châssis était relié rigidement aux essieux ? — Que se passe-t-il si, au contraire, des ressorts sont interposés ? — Pourquoi complète-t-on la suspension par des amortisseurs ?

EXERCICES

1. Schéma indiquant les parties constitutives d'un châssis et ses particularités. — 2. Croquis d'un corps d'essieu à chape ouverte. — 3. Croquis d'une fusée. — 4. — Croquis du montage d'une roue sur une fusée avec justification des dispositions adoptées. — 5. Croquis d'un corps d'essieu à chape fermée. — 6. Croquis du montage d'une fusée pour essieu à chape fermée. — 7. Schéma d'une roue avec écuaneur, d'une fusée carrossée. — 8. Croquis d'un essieu arrière pour transmission par chaînes avec montage de la roue. — 9. Croquis d'une roue en bois. — 10. Croquis de la section d'un bandage pneumatique. — 11. Croquis d'un ressort à lames, avec dispositions maintenant les lames en place. — 12. Croquis du montage d'un ressort sur un essieu. — 13. Croquis d'un ressort à crosse. — 14. Croquis du montage d'un ressort avant. — 15. Croquis du montage d'un ressort arrière. — 16. Schéma d'une suspension arrière à trois ressorts.

CHAPITRE XII

MÉCANISME DE TRANSMISSION

EMBRAYAGE

SOMMAIRE. — Embrayage : sa fonction. — Principaux types d'embrayages. — Embrayage à cônes. — Embrayage à disques ; types à disque unique ou à plateau ; type à disques multiples. — Transmission du mouvement à l'arbre du changement de vitesse.

74. **Embrayage : sa fonction.** — Nous venons de procéder à la mise en marche du moteur, opération des plus désagréables, mais que nous renouvellerons d'autant moins fréquemment que le moteur ne demande qu'à tourner, pourvu que nous sachions assurer dans ses cylindres l'introduction régulière d'un mélange suffisamment riche et aussi pourvu que nous n'exigions pas de lui un effort disproportionné à ses forces.

Or, cet effort excessif, il faut déjà quelque habitude pour ne pas le lui imposer au démarrage, si la voiture, cessant d'être au repos, prend, sans trop tarder, une certaine vitesse. Que serait-ce, si (le vilebrequin étant invariablement lié à la boîte des vitesses, et le levier du changement de vitesses étant placé au cran de la plus petite) la voiture démarrerait brusquement à cette vitesse ? Sauf sur une pente, le plus souvent le moteur « calerait ».

Il faut donc un organe constitué de telle façon que le vilebrequin tournant à une certaine vitesse, l'arbre conduit puisse demeurer à l'arrêt ou tourner à une vitesse

inférieure. L'idéal serait même que cet arbre pût prendre *progressivement et à volonté* toutes les vitesses intermédiaires entre l'arrêt et la vitesse du vilebrequin. Cet organe, c'est *l'embrayage*.

La voiture avance à une certaine allure et voici qu'un obstacle se présente, qui nécessite un stationnement de quelques instants... Les moyens ne manquent pas pour obtenir le ralentissement, puis l'arrêt. Tout d'abord, nous disposons des freins, mais ils seraient vite hors d'usage, si nous les faisons agir sur des surfaces qui continuent à être entraînées par le moteur et leur action cesserait bientôt d'être efficace. Il est donc indispensable que les parties du véhicule auxquelles ces surfaces appartiennent soient libérées du vilebrequin.

Comment? En plaçant le levier du changement de vitesse dans une position particulière, dite *point mort*, position pour laquelle l'arbre qui sort de la boîte des vitesses (arbre secondaire) n'est plus conduit par celui qui y entre (arbre primaire). Mais, dans une circonstance qui peut réclamer toute la présence d'esprit du conducteur, est-ce prudent de détourner son attention sur la manœuvre d'un levier?

Reste l'arrêt du moteur, soit par la fermeture du robinet d'admission du mélange, soit par le jeu de l'interrupteur d'allumage. Mais il y a l'ennui de la remise en marche ultérieurement et, ce qui est plus grave, l'impossibilité pour le conducteur de diriger la voiture selon les éventualités, tant que le danger n'est pas conjuré.

Supprimer la liaison entre le vilebrequin et l'arbre primaire de la boîte des vitesses, voilà la nécessité qui s'impose. Cela est possible et c'est encore l'embrayage qui, fonctionnant comme *débrayage*, permettra ce désaccouplement. Il le permettra d'une façon simple, rapide : il

suffit de l'action du pied sur une pédale, et cette manœuvre a l'avantage de laisser libre la main du conducteur, pour agir sur le levier du frein ou sur le levier des vitesses.

A ces cas ne se borne pas l'intervention de l'embrayage. Le conducteur aperçoit-il devant lui, sur la route, une dépression transversale assez prononcée ; soupçonne-t-il un tournant un peu brusque ; d'une façon générale, se trouve-t-il devant une partie de son parcours qu'il ne doit aborder qu'à une vitesse réduite, autant pour ménager le mécanisme que pour éviter un accident?... C'est encore à l'embrayage qu'il a recours : une pression sur une pédale et voici les roues « déliaisonnées » d'avec le moteur ; la voiture n'avance plus que grâce à sa vitesse acquise et elle se trouve ainsi toute prête à subir l'action modératrice des freins, si celle-ci est jugée nécessaire.

Le véhicule gravit une rampe ; le moteur halette ; il faut changer de vitesse, c'est-à-dire amener en prise un groupe d'engrenages donnant un rapport plus faible entre les nombres de tours, en correspondance, des roues d'une part, et du moteur, d'autre part. Le débrayage, là encore, est nécessaire.

Il l'est encore davantage pour l'opération inverse.

C'est grâce à l'embrayage et aux freins que le conducteur est maître de sa voiture et qu'il peut parer à toute éventualité dans la mesure où la faculté lui en est laissée. L'embrayage constitue donc un organe de première importance ; c'est dire que son état doit être constamment surveillé, son réglage opéré à temps, pour que son fonctionnement soit toujours sûr.

Des dispositions sont prévues pour le régler commodément et aussi pour le protéger contre les poussières

et la boue. A cet effet, dans certaines voitures, l'embrayage est enfermé dans un carter complètement clos, faisant corps avec celui de la boîte des vitesses et ajusté sur le carter du moteur.

Progressivité, possibilité et commodité de réglage ne sont pas les seules conditions à réaliser en ce qui concerne le fonctionnement de cet organe ; il en est d'autres que nous exposerons en même temps que nous passerons en revue les principales dispositions adoptées aujourd'hui.

75. Principaux types d'embrayages. — Tous sont des applications du frottement.

Soient un disque A (fig. 132), fixé sur l'arbre à entraîner B, un et sabot C, pressé sur le disque par des ressorts D.

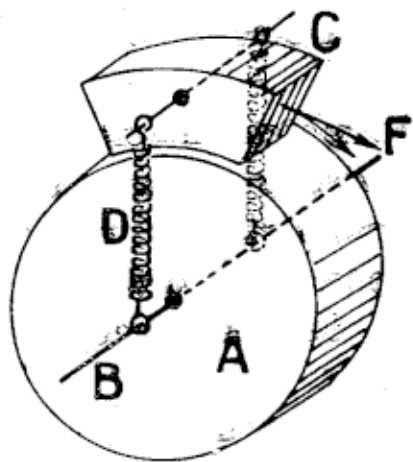


Fig. 132.

Si la traction des ressorts est assez grande, un effort tangentiel F, exercé sur le sabot C, détermine la rotation du disque A, par adhérence, comme on dit, absolument comme une courroie entraîne la poulie conduite.

Si en même temps que F, on applique au sabot une force qui tende à l'éloigner du disque de façon à diminuer sa pression sur ce der-

nier, deux cas peuvent se produire : ou le sabot entrainera encore le disque, mais en glissant plus ou moins sur lui, ou il glissera sur le disque sans l'entraîner. En augmentant cette force, on conçoit qu'on arriverait à décoller le sabot et à supprimer tout contact.

On aurait ainsi réalisé un *débrayage* progressif, abso-

lument comme en opérant inversement, on pourrait obtenir un *embrayage* progressif, c'est-à-dire successivement : absence de contact, contact sans pression appréciable, donc glissement du sabot sans entraînement du disque, puis entraînement avec glissement plus ou moins prononcé, et enfin entraînement sans glissement.

On se rend compte aussi que la tension des ressorts doit être augmentée, si la surface de contact diminue, et que cette tension dépend également de la nature des surfaces. Il y a intérêt, dans la pratique, à choisir *la forme des surfaces*, leur *étendue*, leur *nature* de façon que l'entraînement puisse être assuré avec des ressorts de force modérée ; la déformation de ceux-ci, lors du débrayage, peut ainsi s'effectuer plus facilement, avec un effort moindre et, par conséquent, sans brusquerie.

Les embrayages utilisés aujourd'hui appartiennent le plus souvent à l'un des types suivants :

- 1° le type à *cônes* ;
- 2° le type à *disques*.

76. Embrayage à cônes. — Un premier cône A, cône femelle (fig. 133), pratiqué sur le volant B, est solidaire du vilebrequin C ; un deuxième cône D, cône mâle, peut coulisser, tout en l'entraînant, sur l'arbre conduit E. Un ressort F, appuyé sur une surface fixe G, oblige le cône D à s'engager dans le cône A et le maintient pressé contre ce dernier. Il se produit ainsi, entre surfaces coniques, une sorte de coincement qui assure l'entraînement sans nécessiter une pression trop élevée.

Cette pression peut être réduite :

- 1° en diminuant le demi-angle au sommet S des cônes ; mais, lors du débrayage, les deux cônes dans ce cas offrent une certaine résistance à leur dégagement ;

2° en choisissant convenablement les surfaces frottantes : la surface conique femelle est en fonte, le cône mâle est garni de cuir.

Le débrayage s'effectue en éloignant le cône D du cône A, malgré le ressort F. A cet effet, le moyeu du cône mâle

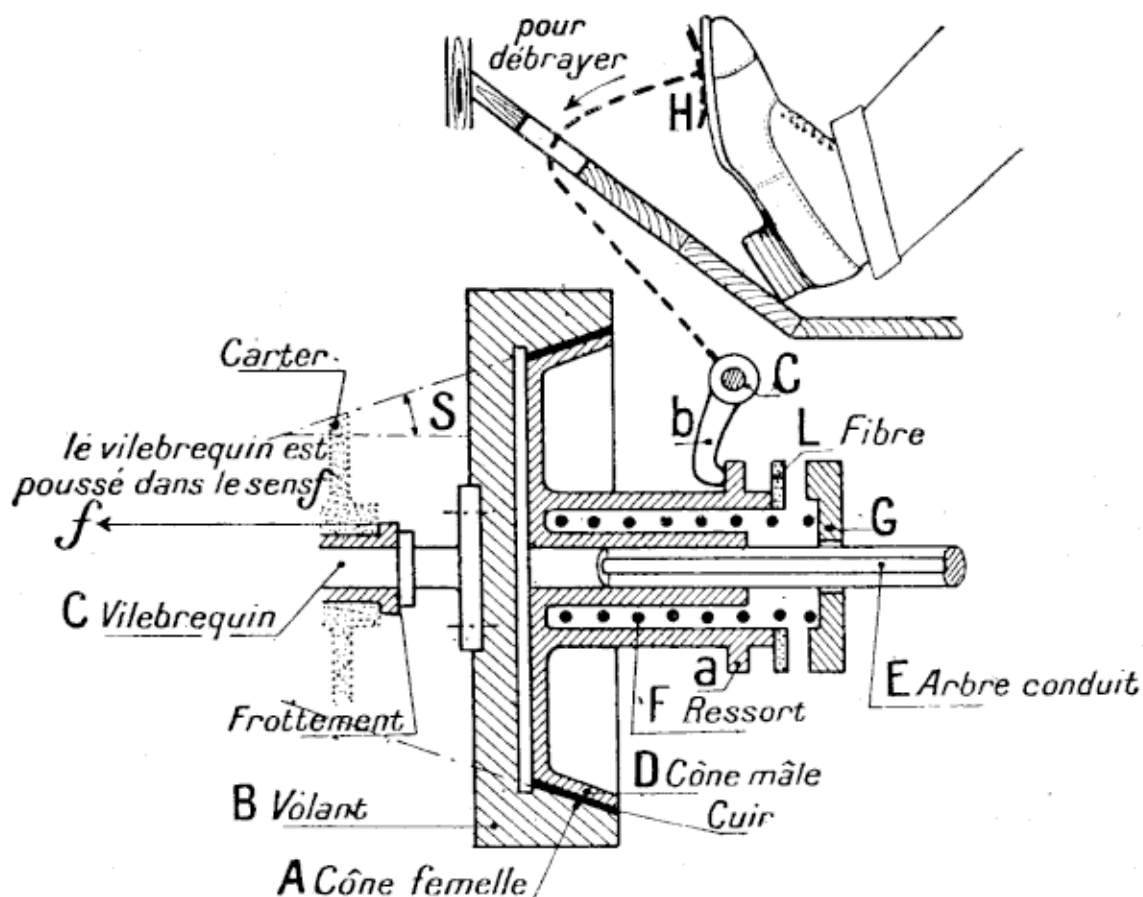
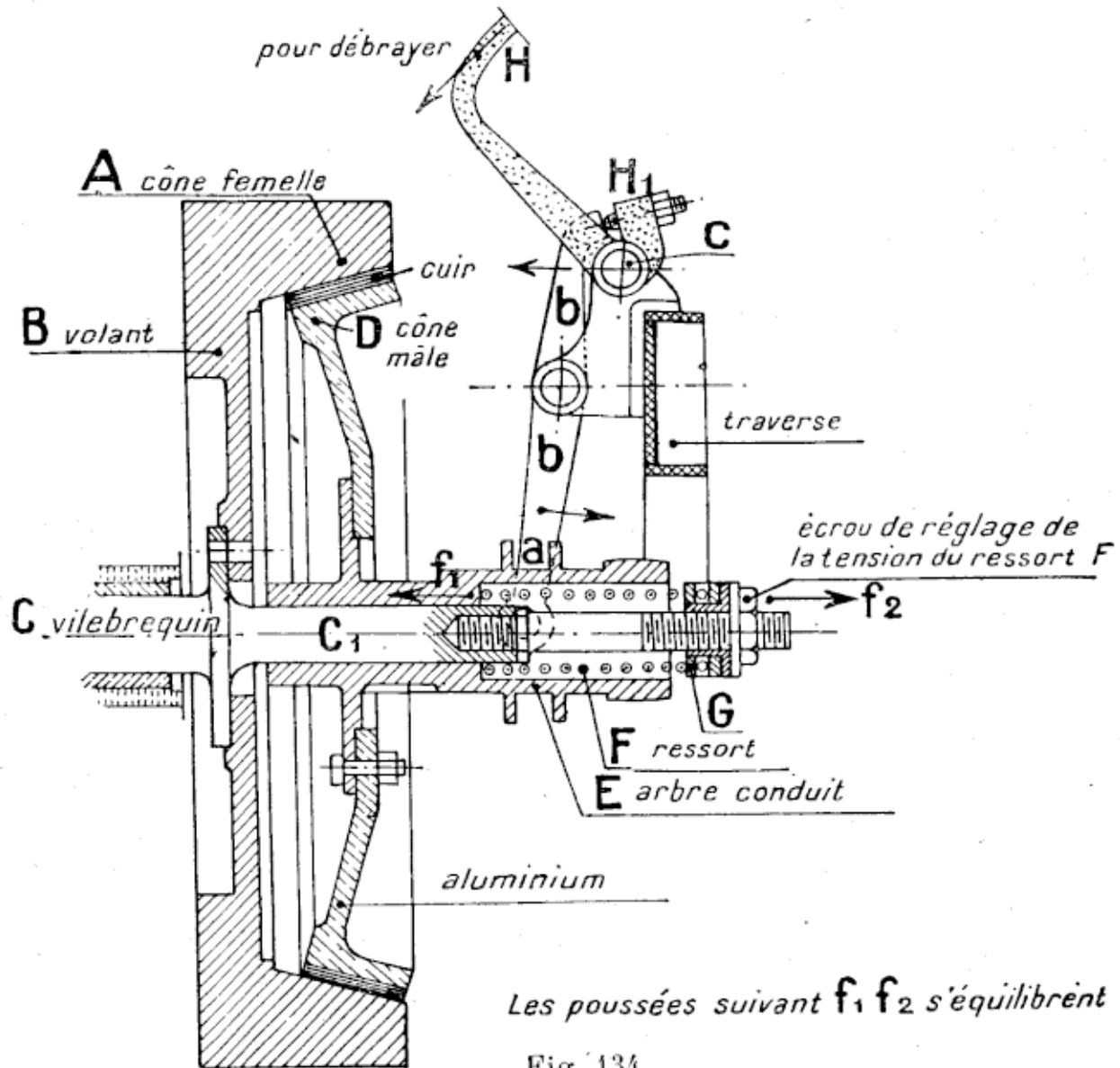


Fig. 133.

porte une couronne *a*, sur laquelle agit un levier *b*, lié à une pédale *H* articulée en *c* ; une pression du pied sur la pédale détermine le mouvement du levier *b*. Si l'on abandonne progressivement la pédale, le ressort *F* ramène les cônes en contact, dans la mesure que lui permet le conducteur. Donc la *position normale des cônes est celle d'embrayage* ; le débrayage ne peut se faire qu'en agissant sur la pédale.

La disposition précédente présente deux inconvénients sérieux :

1° les deux surfaces coniques ne sont pas centrées,



c'est-à-dire qu'au moment de l'entrée en contact, les sommets des deux cônes peuvent ne pas coïncider ; de sorte que la pression n'est pas la même en tous les points de ces deux surfaces et que l'entraînement peut n'être pas progressif.

Le remède consiste à engager, par exemple, le moyeu du cône mâle, sur un prolongement C_1 , du vilebrequin (fig. 134-135) ;

2° l'embrayage n'est pas *équilibré*.

En effet, pendant l'embrayage qui est — cela vient d'être dit — la période de marche normale, donc, celle qu'il faut considérer particulièrement, le ressort sollicite, vers le moteur, le cône mâle ; celui-ci presse le cône femelle qui, à son tour, repousse, vers l'avant de la voi-

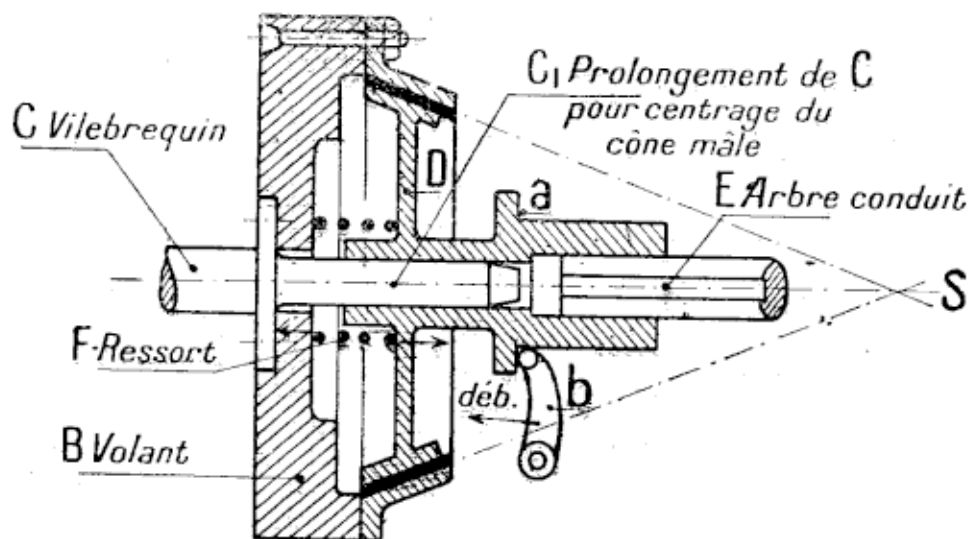


Fig. 135.

ture, le volant et le vilebrequin. Le carter, fixé sur le châssis, ne peut suivre ce mouvement ; les collets du vilebrequin viennent donc appuyer fortement sur les joues des coussinets, solidaires du carter ; il en résulte une usure et un échauffement excessifs ; en outre, le moindre déplacement du vilebrequin suivant son axe peut faire naître d'autres frottements aux articulations des têtes de bielle.

Une solution de ces difficultés de construction consiste à prolonger le vilebrequin et à y fixer la butée G du ressort (fig. 134) ; le ressort F sollicite ainsi le vilebre-

quin vers l'arrière, avec une force égale à celle qu'il exerce sur le volant et vers l'avant.

La disposition dite à *cônes inverses* (fig. 135), dans laquelle le sommet commun S des cônes se trouve vers l'arrière au lieu d'être à l'avant, avec ressort F compris entre le volant et le cône mâle, conduit au même résultat : le débrayage s'opère alors par déplacement du cône vers l'avant.

Dans la position de débrayage, l'embrayage n'est plus équilibré ; mais cette période n'est que l'exception et il suffit d'une butée à billes, qui en sera peu fatiguée, pour recevoir la poussée sur le vilebrequin.

Le moteur ayant été lancé, lorsque le conducteur s'assied sur son siège pour démarrer, il appuie du pied sur la pédale de débrayage pour débrayer ; puis il place le levier des vitesses dans la position qui correspond à la vitesse la plus faible (la première). Mais cette manœuvre ne peut être faite correctement que si la vitesse de l'arbre primaire (celui qui entre dans la boîte de vitesses) est faible ; dans le cas contraire, des chocs entre engrenages se produisent.

Or, au moment du lancer du moteur, cet arbre primaire tourne à la vitesse du vilebrequin ; il faut donc attendre que cette vitesse se réduise, ce qui peut demander certain temps, car seuls les frottements agissent comme frein sur cet arbre. Pour éviter cette incommodité, le cône mâle, ainsi que toute la partie qui en est solidaire, ont été faits aussi légers que possible : leur inertie s'en trouve diminuée. Mais, comme l'inertie dépend (1), non pas seulement du poids de la matière, mais encore de l'éloignement, par rapport à l'axe de rota-

(1) Voir page 140.

rotation, de cette matière, on a donné aussi à la jante conique, aux bras ou à la toile le maximum de légèreté compatible avec la résistance qu'ils doivent con-

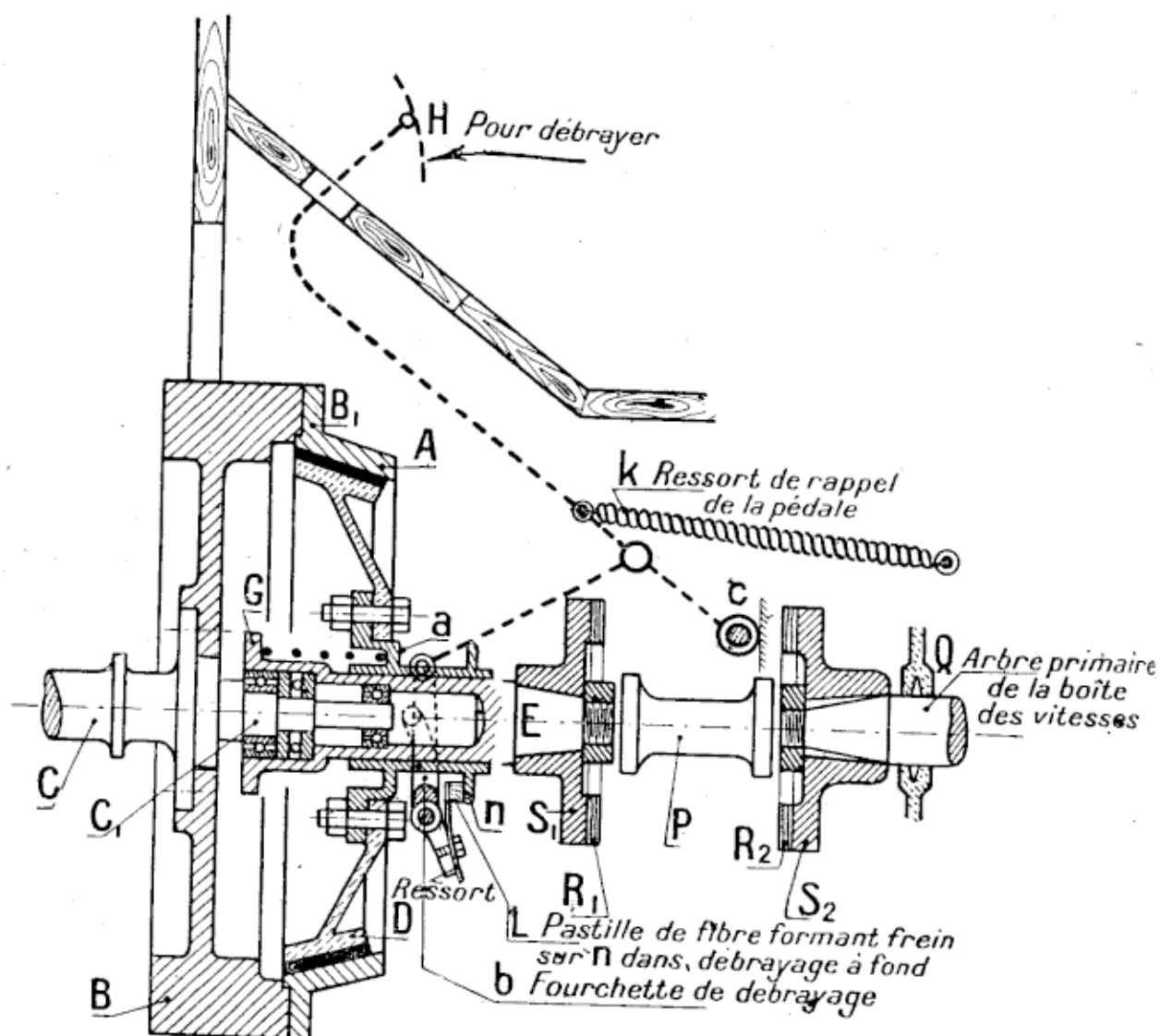


Fig. 136.

server ; la couronne elle-même est en aluminium ou en tôle emboutie.

Estimant ces dispositions insuffisantes, certains constructeurs ménagent quelquefois une couronne fixe G (fig. 133) contre laquelle, lors du débrayage à fond, c'est-à-dire

de la poussée extrême vers l'arrière, vient frotter une couronne de fibre L solidaire du cône mâle.

Enfin, d'autres constructeurs se sont ingénies à augmenter la progressivité de l'embrayage conique en relevant, du côté de l'entrée, les bandes de cuir par des ressorts (fig. 137), de manière que ces parties saillantes entrent les premières en contact et déterminent, avec douceur, un début d'entraînement.

Centrage et butées sont à billes. Les fig. 134 et 136 permettent de se rendre compte des principales dispositions adoptées.

77. Embrayage à disques.

— On s'est proposé, dans cette disposition, de faciliter le dégagement des surfaces de frottement, en évitant le coincement, toujours à craindre avec les surfaces coniques et de diminuer l'inertie de la partie entraînée.

Deux types d'appareils sont à noter : l'un est à disque unique ou à plateau ; l'autre comporte un groupe plus ou moins important de disques, une quarantaine, par exemple.

Type à disque unique ou à plateau. — L'arbre entraîné A (fig. 138) est solidaire d'un disque B portant une couronne C en fibre ou en férodo (tissu de fils d'amiante et de fils de laiton).

La couronne C est normalement pressée entre le volant D, solidaire du vilebrequin E, et une couronne F sollicitée par une douzaine de ressorts, tels que G, logés dans des alvéoles du couvercle D, du volant.

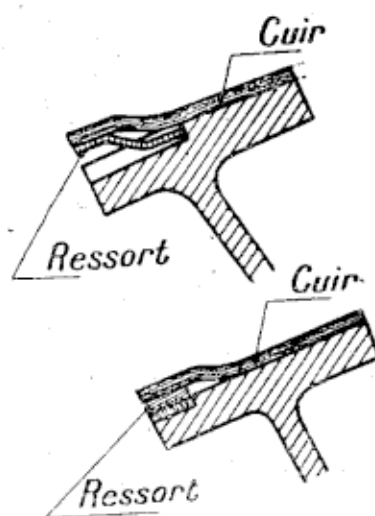


Fig. 137.

On opère le débrayage en éloignant la couronne F du disque ; ce mouvement résulte du déplacement de la douille L vers l'avant, par la pédale H et la fourchette K.

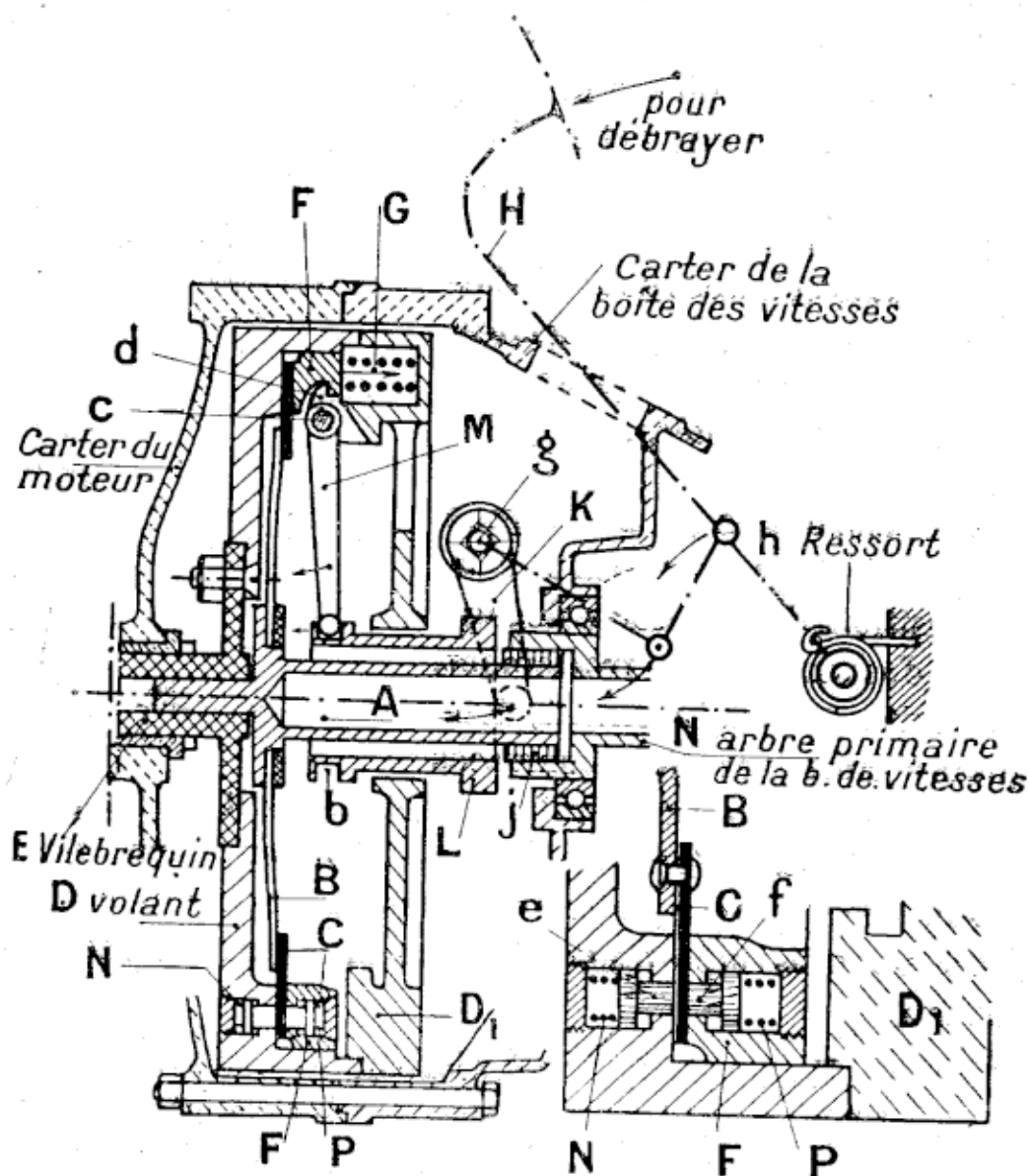


Fig. 138.

La gorge *b* de la douille attaque six leviers *M* et les fait pivoter autour de leurs articulations *c* portées par le volant, et les becs *d* entraînent la couronne *F*.

Des ressorts N, P facilitent le décollement ; comprimés pendant l'embrayage, ils réagissent lors du désembrayage ; ceux de gauche actionnent les doigts *e* qui repoussent la couronne de fibre C ; ceux de droite, prenant appui sur les doigts *f*, agissent sur la couronne mobile F.

Types à disques multiples. — Une boîte A (fig 139),

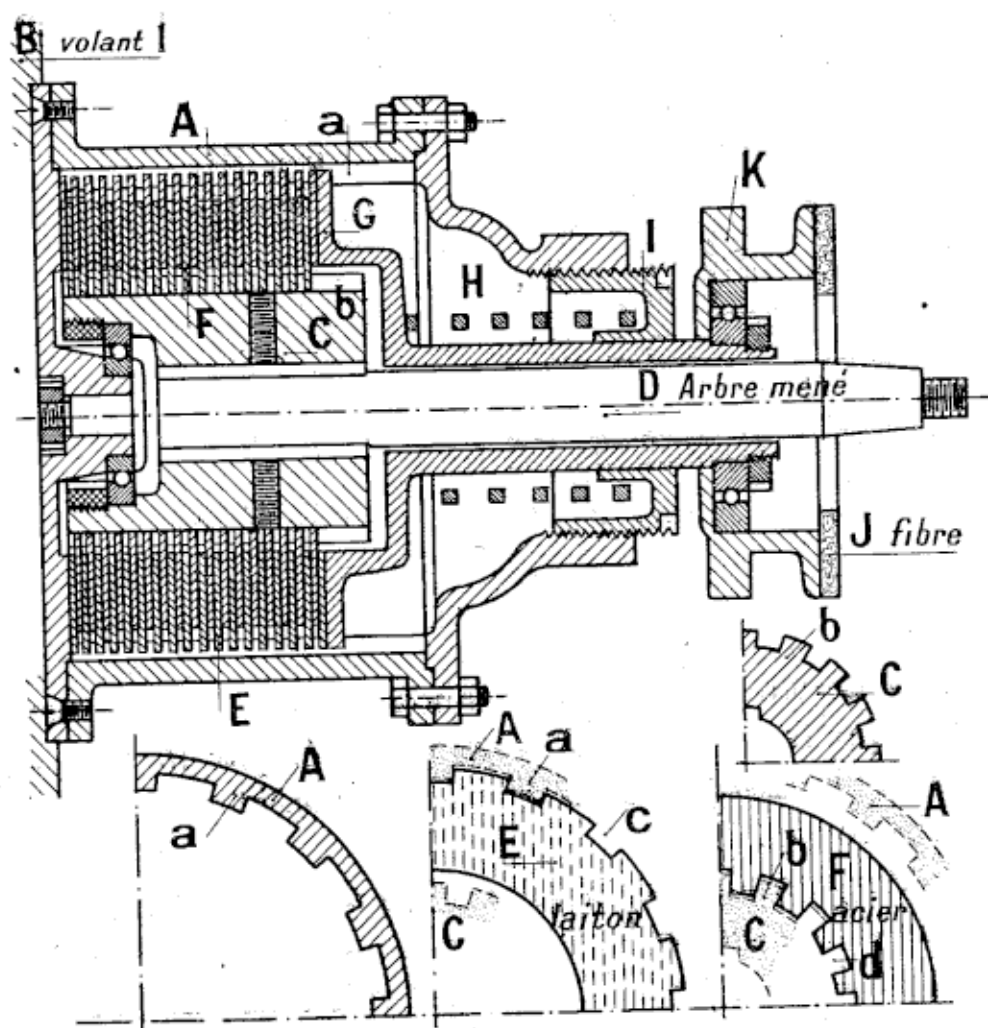


Fig. 139.

boulonnée sur le volant B du moteur, porte intérieurement une série de languettes *a* ; un tourteau C, solidaire

de l'arbre à conduire D, porte également des tenons longitudinaux *b*.

Des disques E en laiton ou en acier de 1 ^m/_m d'épaisseur présentent des encoches *c* s'ajustant sur les languettes *a* de A ; leur diamètre intérieur est plus grand que le diamètre extérieur du tourteau.

D'autres disques F, en acier, d'un diamètre extérieur inférieur à celui de la boîte, présentent intérieurement des encoches *d* qui s'engagent sur les tenons *b* du tourteau.

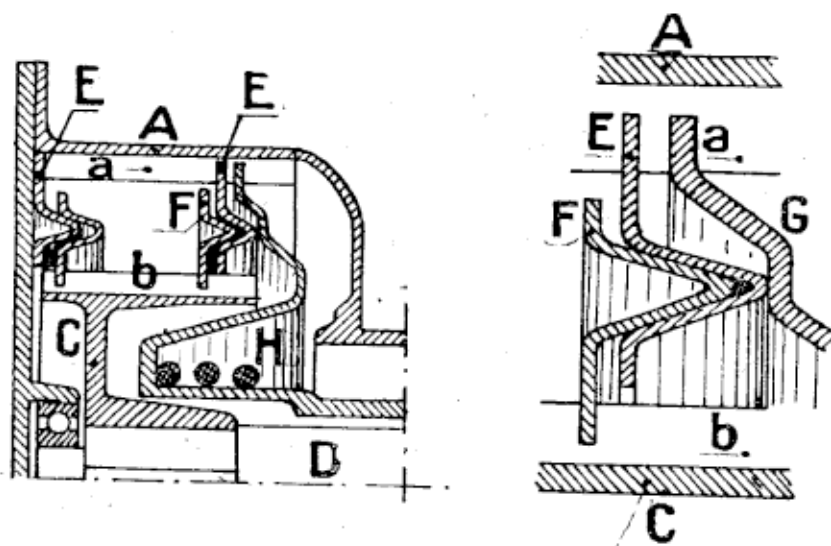


Fig. 140.

Les disques F sont ainsi solidaires de l'arbre mené, tandis que les disques E sont entraînés par le moteur ; de plus, les disques d'un groupe alternent avec ceux de l'autre groupe.

Ces disques sont serrés les uns contre les autres par un plateau G, poussé par un ressort H ; celui-ci s'appuie sur un écrou I, qui permet d'en modifier la tension. Par suite de l'adhérence, les disques E entraînent les disques F et, conséquemment, le tourteau C et l'arbre D.

Il suffit, pour débrayer, de supprimer la compression des disques et, par conséquent, d'éloigner le plateau G,

ce qu'on obtient à l'aide d'une fourchette agissant sur le collier K.

Dans le débrayage à fond, un disque de fibre J vient frotter contre un plateau fixe et faire frein.

Une lubrification des disques est nécessaire, si l'on veut obtenir la progressivité dans l'embrayage et éviter une usure trop rapide.

Tout en respectant cette disposition générale, on substitue parfois aux disques plans, des disques E, F (fig. 140) présentant une saillie annulaire biconique; le partage, lors de l'embrayage, se fait ainsi entre surfaces coniques.

78. Transmission du mouvement à l'arbre du changement de vitesse. — Le carter du moteur et la

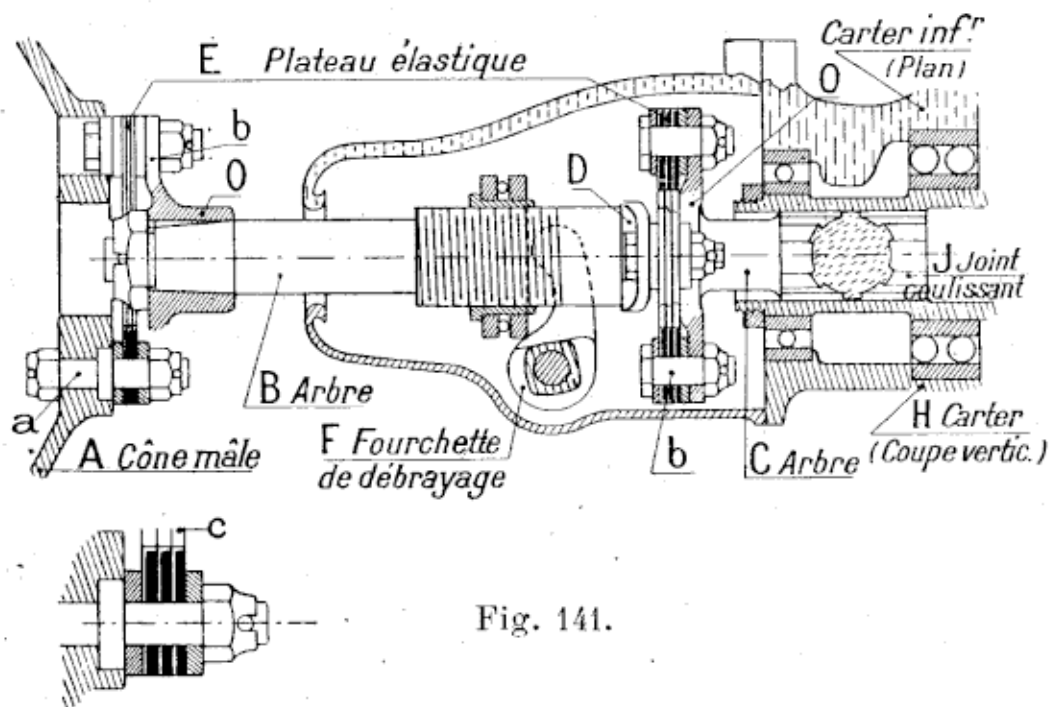


Fig. 141.

boîte des vitesses sont rapportés sur le châssis; de sorte que si, au montage, l'axe de l'arbre qui entre dans la boîte des vitesses et l'axe de l'embrayage sont en pro-

longement, la coïncidence ne peut subsister en marche qu'à la condition que le châssis soit indéformable. Mais il se produit toujours un gauchissement dû aux inégalités de la route; embrayage et arbre du changement de vitesse doivent donc être réunis par accouplement élastique.

La jonction peut être faite, par les moyens indiqués aux (fig. 141 et 142). Les deux parties d'arbre à réunir B, C portent des têtes D placées perpendiculairement l'une à l'autre, ces têtes sont boulonnées sur quelques disques de tôle mince *c* (fig. 141); ou bien encore, ils sont réunis par des languettes *c* (fig. 142).

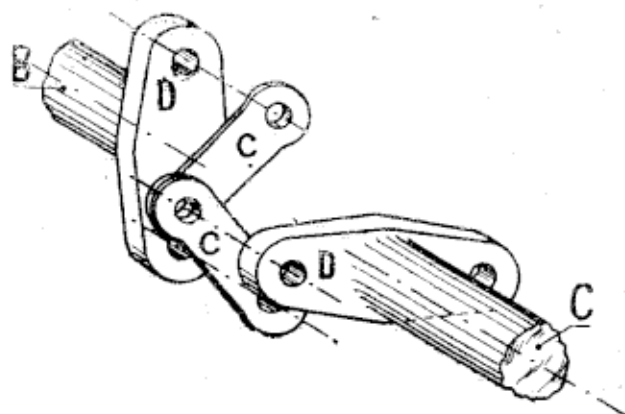


Fig. 142.

Dans la fig. 141, il est prévu, en outre, un arbre intermédiaire B, relié par joints flexibles au cône mâle A de l'embrayage et à l'arbre du changement de vitesse C; comme le cône mâle se déplace pendant le débrayage, l'entraînement est assuré par un joint coulissant J.

Pour de faibles puissances, les disques ou bandes de tôle peuvent être remplacés par des disques de toile caoutchoutée.

Dans la disposition dite bloc-moteur, le carter du changement de vitesses est assemblé sur celui du moteur;

l'arbre d'embrayage A (fig. 138) est donc très court et les effets des déformations du châssis sont moins à craindre. L'accouplement flexible peut alors être supprimé et il suffit, pour l'entraînement, d'un assemblage coulissant à cannelures *j*.

QUESTIONNAIRE

74. Pourquoi l'embrayage est-il nécessaire pour la mise en marche? — Pourquoi l'embrayage est-il commode, pour obtenir un ralentissement ou un arrêt? — Existe-t-il encore d'autres cas où l'on doit recourir à l'embrayage? Quelles sont les qualités essentielles que doit présenter un embrayage? — Donnez une idée du principe du fonctionnement d'un embrayage. — 75. Combien y a-t-il de types principaux d'embrayages? — 76. Quand l'embrayage est-il à cônes directs? — Donnez, avec schéma à l'appui, la description d'un embrayage à cônes directs et indiquez son fonctionnement; dites comment s'opère le débrayage. — Quels inconvénients présenterait la disposition précédente? — Comment obtient-on le centrage des cônes? — Comment évite-t-on la poussée longitudinale sur le vilebrequin? — Quand l'embrayage est-il à cônes inverses? — L'embrayage est-il aussi bien équilibré pendant le débrayage que pendant l'embrayage? — Indiquez pourquoi le cône mâle doit avoir une faible inertie? — Quelle disposition emploie-t-on pour obtenir un ralentissement plus rapide du cône mâle? — Que fait-on quelquefois pour réaliser une meilleure progressivité de l'embrayage? 77. Pourquoi emploie-t-on les embrayages à disques? — Que comprend un embrayage à plateau? Comment s'opère le débrayage? — Qu'est-il prévu pour faciliter le débrayage? — Comment est constitué un embrayage à disques multiples? — Comment obtient-on le débrayage? — Comment ralentit-on la rotation de la partie entraînée? — Quels disques peuvent remplacer les disques plans? — Sur quelles surfaces se fait le portage dans la position d'embrayage? — 78. Pourquoi l'axe de l'embrayage et celui de l'arbre de changement de vitesses ne demeurent-ils pas en prolongement pendant la marche? — Que fait-on en prévision du manque d'alignement de ces axes pendant la marche? — Comment l'accouplement flexible peut-il être constitué? — Quelle précaution supplémentaire faut-il prendre lorsque l'un des accouplements flexibles est porté par le cône mobile de l'embrayage? — Comment peut-être constitué le joint

flexible dans les voitures portant un moteur de faible puissance ? — Dans quel cas l'accouplement flexible peut-il être supprimé ?

EXERCICES

1. Schéma d'un embrayage à cônes directs avec description et fonctionnement. — 2. Schéma de la disposition assurant le centrage des cônes. — 3. Schéma de la disposition évitant la poussée longitudinale sur le vilebrequin. — 4. Schéma d'un embrayage à cônes inverses. — 5. Schéma des dispositions adoptées : a) pour obtenir plus rapidement le ralentissement du cône mâle ; b) pour avoir un embrayage plus progressif. — 6. Schéma d'un embrayage à plateau montrant le volant, son couvercle, la couronne mobile, le plateau et les ressorts appuyant sur la couronne. — 7. Schéma indiquant le volant, le plateau, la couronne mobile, le couvercle du volant, un ressort assurant l'embrayage, un levier et la douille de commande. — 8. Croquis représentant la disposition des ressorts facilitant le décollement. — 9. Croquis des disques d'un embrayage à disques. — 10. Croquis du tourteau avec ses cannelures. — 11. Croquis de la boîte de l'embrayage avec les languettes. — 12. Schéma d'un embrayage à disques multiples avec description et indication de son fonctionnement. — 13. Schéma du dispositif permettant de régler la tension du ressort. — 14. Schéma de disques à couronne biconique. — 15. Représentation d'un joint flexible. — 16. Schéma indiquant le cône mâle d'embrayage, l'arbre qui entre dans la boîte de vitesses ; l'arbre intermédiaire et les accouplements flexibles.

CHAPITRE XIII

MECANISME DE TRANSMISSION *(suite)*.

CHANGEMENT DE VITESSE.

SOMMAIRE : Nécessité d'un changement de vitesse. — Principe d'un changement de vitesse : vitesses ; point mort, marche arrière ; commande du baladeur. — Prise directe. — Changements de vitesse à deux et trois baladeurs : inconvénients d'un baladeur unique ; emploi de deux ou trois baladeurs ; déplacement des baladeurs ; verrouillage. — Carter. Graissage. — Passage des vitesses : démarrage ; passage d'une vitesse à une vitesse supérieure ; passage d'une vitesse à une vitesse inférieure.

79. Nécessité d'un changement de vitesse. — Grâce surtout aux perfectionnements apportés au carburateur, le moteur d'aujourd'hui peut tourner à des vitesses comprises entre des limites fort éloignées : de 200 à 2000 tours : minute, par exemple ; mais *il ne développe pas, à toutes les vitesses, la même puissance*, c'est-à-dire qu'il n'est pas capable de produire, par seconde, le même travail (fig. 143).

Aux faibles vitesses, cela se comprend aisément, puisqu'en supposant que, lors de l'explosion, la poussée sur le piston demeure constante, les explosions sont moins fréquentes.

Aux vitesses élevées, les explosions sont plus rapprochées, mais moins fortes, le cylindre n'ayant pas le temps de se remplir convenablement.

La meilleure allure du véhicule, dans des conditions données de marche, est donc réalisée, quand le nombre de tours du moteur est compris entre 1000 et 1600 par

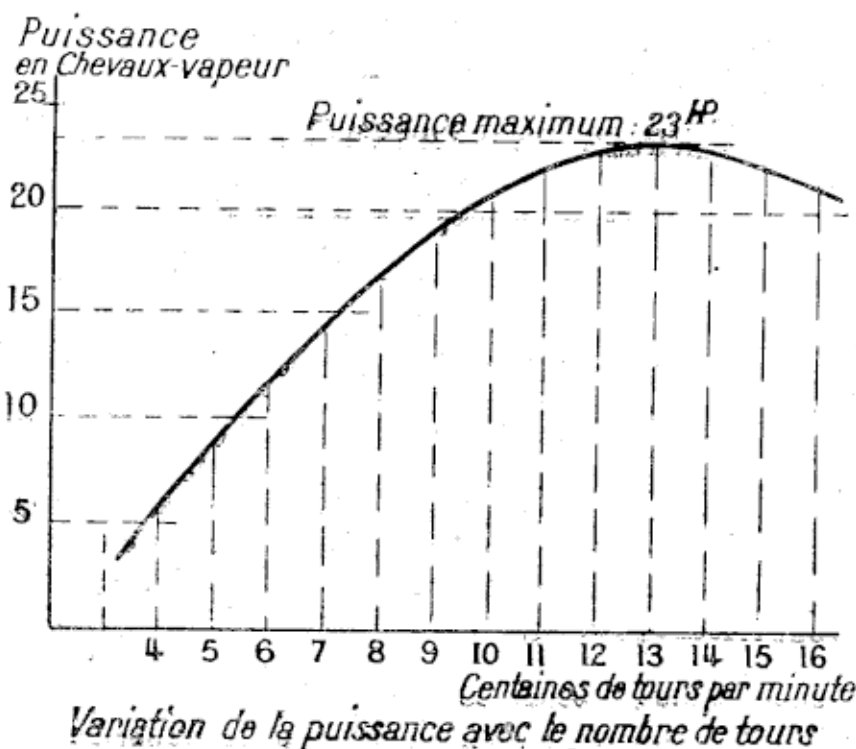


Fig. 143.

exemple, 1300 en moyenne, si c'est entre ces limites que la puissance se maintient assez voisine du maximum.

Supposons que la voiture roule sur une route rectiligne

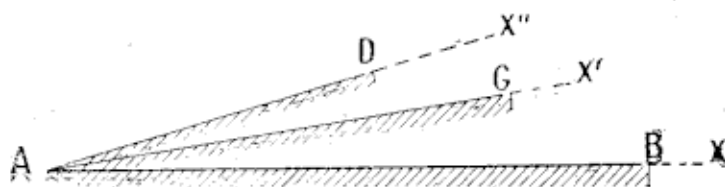


Fig 144.

en palier A x (fig. 144) et que deux engrenages coniques *a, b* (fig. 145) réduisent, dans le rapport de 1 à 4, le nombre de tours du moteur pour le transmettre aux roues. Soit

820 m/m le diamètre de ces roues ; leur circonférence mesure 2^m,57.

Quand le moteur fait 1300 tours par minute, les roues en font $1300 : 4 = 325$ et la voiture progresse, en une minute, de : $AB = 2^m,57 \times 325 = 835$ m.

Sur une rampe A x' , le même travail absorbé par le véhicule ne correspond plus qu'à une distance AC plus courte que AB, c'est-à-dire que, pendant une montée, les roues doivent faire, en une minute, un nombre de tours moindre que 325, 250, par exemple.

Sur une rampe plus raide A x'' , le nombre de tours par minute des roues doit encore être plus faible.

Si le maximum de puissance du moteur correspondait à la vitesse de 1300 tours par minute, on serait amené, pour utiliser cette puissance maximum, à modifier pour chaque pente le rapport de réduction des engrenages a, b , ce qui ne serait nullement pratique.

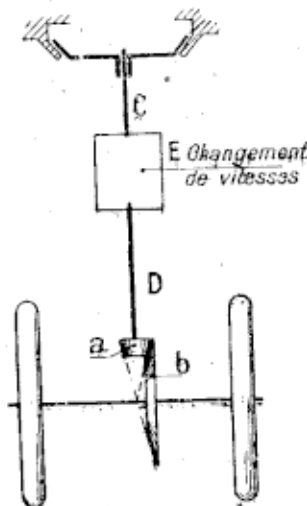


Fig. 146,

On se contente de disposer d'un certain nombre de rapports de réduction, trois ou quatre, et ces rapports sont obtenus, non pas en modifiant les engrenages a et b , mais en coupant l'arbre de transmission C et en reliant les deux tronçons C, D par des engrenages dont l'ensemble constitue ce qu'on appelle le *changement de vitesse* E (fig. 146).

Les diamètres de ces engrenages sont choisis de façon

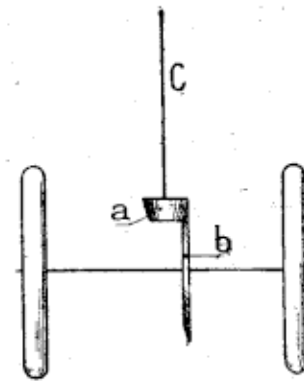


Fig. 145,

que la voiture puisse prendre en marche normale toutes les allures comprises entre la plus rapide et la plus lente, le nombre de tours du moteur se maintenant entre des limites qui correspondent à une puissance acceptable.

La vitesse la plus faible transmise aux roues pour une rotation donnée du moteur est dite *première vitesse*, puis viennent, par ordre de grandeur croissante, la *seconde*, la *troisième*, et assez souvent la *quatrième* vitesse.

En outre, le changement de vitesses comporte une combinaison d'engrenages qui permet de faire tourner le tronçon D en sens inverse du sens normal et par conséquent d'obtenir la *marche arrière*.

Lorsqu'on lance le moteur, pour la mise en marche, la voiture doit rester immobile. Or, l'embrayage est embrayé, il faut donc que, pendant que tourne le tronçon C (fig. 146), le tronçon D demeure immobile. Les engrenages du changement de vitesses doivent pouvoir occuper une position telle que ce résultat soit obtenu ; cette position est dite *point mort*.

80. Principe d'un changement de vitesse. — **Vitesses.** — A est le tronçon commandé par le moteur, ou *arbre primaire* (fig. 147) ; B, celui qui communique le mouvement aux roues, ou *arbre secondaire* ; des guidages, engagés dans les parois de la boîte C les supportent.

Des roues dentées D, E, F sont calées à demeure sur l'arbre secondaire ; l'arbre primaire présente des cannelures. Un groupe N de plusieurs engrenages G, H, K — trois ici, si l'on désire obtenir trois vitesses — et dit *baladeur* peut, grâce aux cannelures, coulisser sur l'arbre primaire A, tout en étant entraîné par lui.

Le baladeur est susceptible, en particulier, d'occuper les trois positions indiquées (a), (b), (c) :

Position (a) : 1^{re} vitesse : transmission de A à B par engrenages G, D ; si le diamètre de D est 4 fois celui de G, B tournera quatre fois moins vite que A.

Position (b) : 2^e vitesse : le baladeur a été déplacé vers l'arrière, de façon que H se trouve en prise avec E ; si le diamètre de E est le double de celui de H, la vitesse de B est la moitié de celle de A.

Position (c) : 3^e vitesse : un nouveau déplacement du baladeur vers la droite amène les engrenages K et F en prise ; si K et F ont des diamètres égaux, les arbres B et A tournent à la même vitesse.

Avec quatre couples d'engrenages, on aurait pu obtenir de la même façon quatre vitesses.

Point mort. — Si, par un glissement vers l'avant, le baladeur est placé dans la position (*d*), aucun de ses engrenages n'est en prise avec ceux de l'arbre secondaire B ; ce dernier reste immobile, même si A tourne ; c'est donc la position correspondant au point mort.

Marche arrière. — Enfin, un dernier déplacement vers l'avant (position *e*) fait engrener le pignon G avec le pignon L porté par un arbre intermédiaire fixe ; le pignon L engrène lui-même d'une façon permanente avec la roue M calée sur l'arbre secondaire. La rotation du vilebrequin et, par conséquent, celle de l'arbre primaire ayant toujours lieu dans le même sens, l'arbre secondaire tourne dans un sens contraire à celui qui correspond à l'une quelconque des vitesses ; le baladeur se trouve ainsi dans la position qui donne la marche arrière.

Commande du baladeur. — Le passage d'une vitesse

à une autre ne peut s'opérer facilement que si la

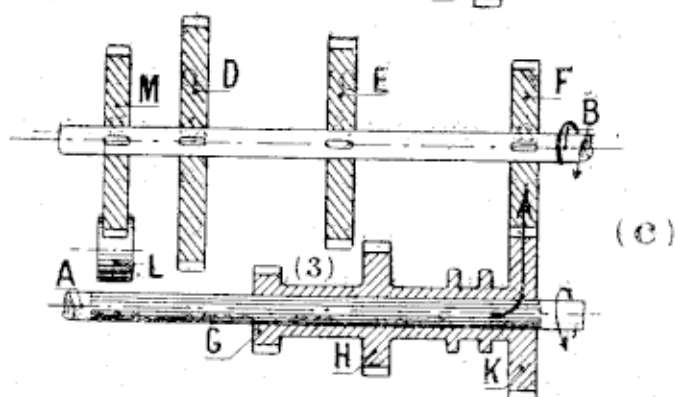
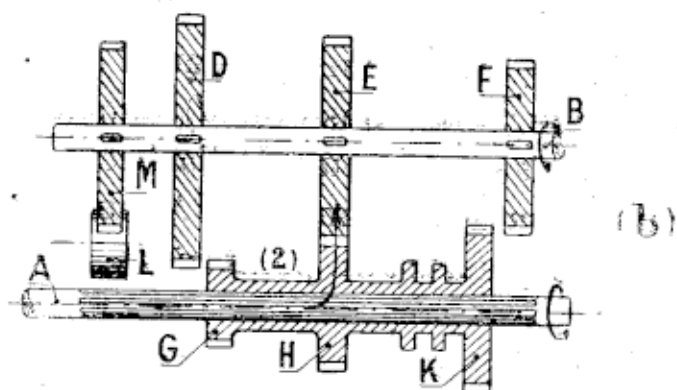
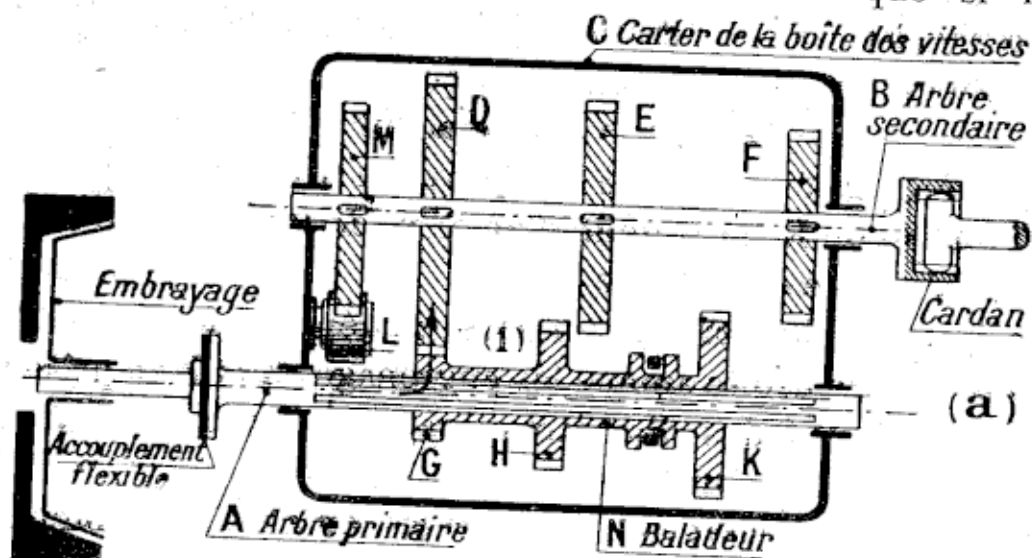


Fig. 147.

commande du baladeur est ramenée à portée de la main du conducteur et si ce dernier peut, d'une façon très sûre,

sans tâtonnement, placer ce baladeur dans la position voulue.

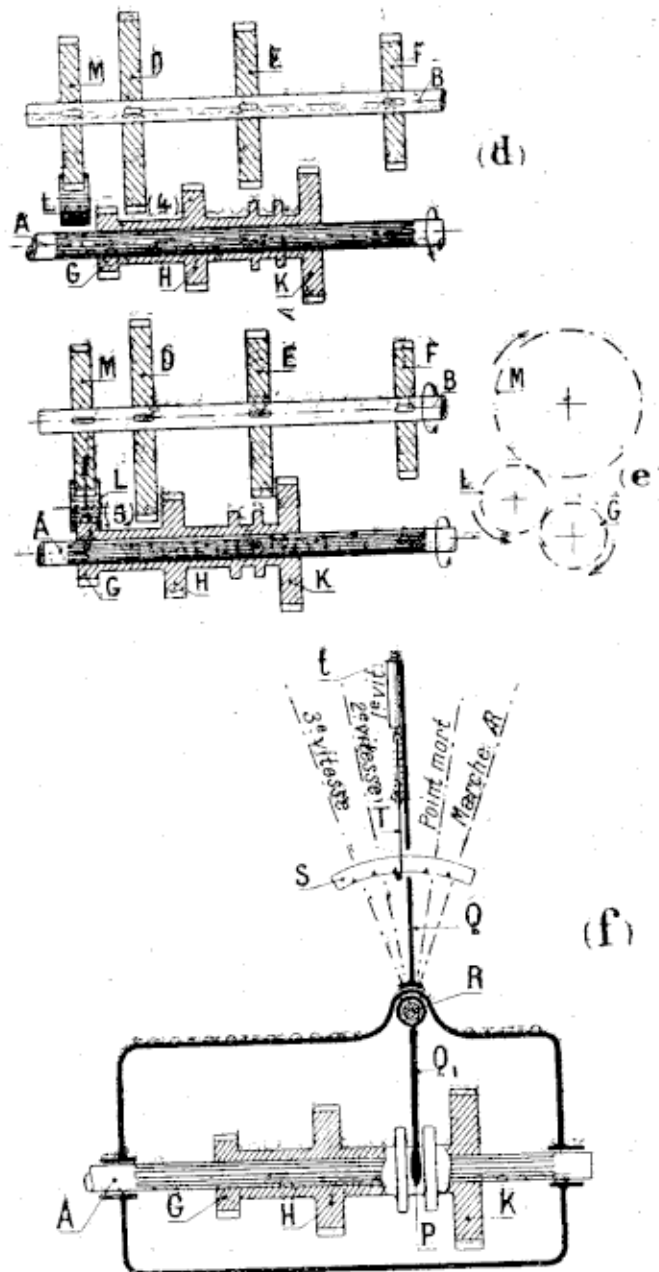


Fig. 147.

Il faut encore que le baladeur, amené dans une position déterminée, y demeure jusqu'à ce que le conducteur le déplace de nouveau.

Ces diverses conditions sont réalisées de la façon suivante : le baladeur est saisi par une fourchette P (fig. 147), qui termine un levier Q₁ ; celui-ci est monté, avec le levier de manœuvre Q, sur un axe fixe R, dont les guidages peuvent être portés par la boîte des vitesses. Le levier Q est installé sur le côté droit du châssis, ou au milieu du châssis, et à la droite du conducteur, de sorte que celui-ci peut en saisir commodément la poignée.

Le levier Q embrasse un secteur S portant des crans correspondant aux diverses positions du baladeur (cinq, dans le cas de la figure) ; une tige cliquet T, montée sur le levier, peut s'engager dans l'un quelconque de ces crans, maintenir le levier, et, par conséquent, le baladeur, dans la position où l'a amené le conducteur. Le dégagement du cliquet, avant le passage d'une vitesse à une autre, s'obtient, par exemple, par pression sur le bouton t.

81. Prise directe. — Dans la disposition précédente, quel que soit le cran de vitesse employé, deux engrenages sont toujours interposés entre l'arbre primaire et l'arbre secondaire. Ces engrenages donnent lieu à des frottements qui réduisent la puissance transmise à l'arbre secondaire ; de plus, leur fonctionnement est bruyant. On a donc cherché à éviter ces inconvénients, tout au moins pour l'une des vitesses ; or, pour des raisons données plus loin, la plus grande vitesse est la plus fréquemment utilisée. D'où, l'usage général d'accoupler directement, pour cette vitesse, les arbres primaire et secondaire : cette connexion, qui se fait par l'engagement de tenons, constitue la *prise directe*.

La fig. 148 en donne le schéma. L'arbre primaire A porte le pignon E dont les griffes a sont solidaires. L'arbre secondaire B a même axe que le précédent et est centré

sur lui ; en outre, il est cannelé pour que le baladeur C, mobile parallèlement à son axe, puisse en même temps l'entraîner. La roue F de ce baladeur porte des encoches *b* conjuguées des tenons *a*.

Un glissement du baladeur vers l'avant permet l'engagement des griffes *a* et des encoches *b* : ce qui correspond

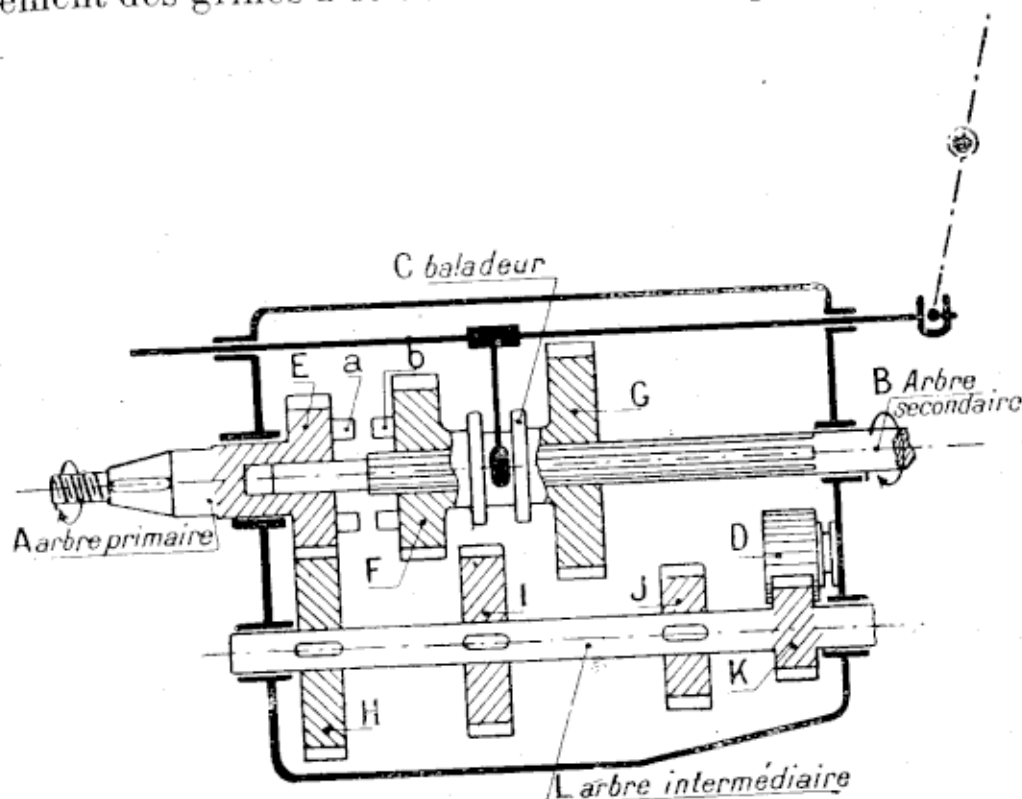


Fig. 148.

à la troisième vitesse. Pour les vitesses inférieures, on utilise un arbre intermédiaire L, entraîné d'une façon continue par l'arbre primaire et les engrenages E et H.

Les mouvements du baladeur amenant F en regard de I, puis G en prise avec J, ensuite G entre J et K, et enfin G en prise avec D, donnent respectivement la seconde, puis la première vitesse, ensuite le point mort, et la marche arrière.

Il est à remarquer que, si les engrenages ont été suppri-

més pour la transmission en grande vitesse, par contre pour les seconde et première vitesses, quatre engrenages sont interposés pour assurer la rotation : d'abord les engrenages E, H, puis ceux qui correspondent à la combinaison adoptée ; de sorte que, par rapport au dispositif précédent, le rendement se trouve amélioré pour la plus grande vitesse et réduit pour les autres.

Cela importe peu, en somme. En effet, en raison de l'écart des nombres de tours entre lesquels la puissance du moteur conserve une valeur convenable, la plupart des rampes peuvent être abordées avec la combinaison de grande vitesse, les autres combinaisons n'étant utilisées que lors de la mise en route et pour les montées assez raides.

82. Changement de vitesse à deux et trois baladeurs. — Inconvénients d'un baladeur unique. — Le changement de vitesse à baladeur unique présente de graves inconvénients :

1° son déplacement entraîne naturellement celui des deux ou trois engrenages qui le constituent, alors qu'un seul de ces engrenages est utilisé à la fois ;

2° pour passer de la marche arrière à la 3^e vitesse, le baladeur doit avoir un déplacement total supérieur à cinq fois la longueur des dents d'un engrenage, ce qui entraîne, pour le levier de manœuvre, un mouvement de forte amplitude et pour les arbres de la boîte de vitesses une grande longueur ; — afin de réduire la flexion et la vibration de ces arbres, ainsi que le bruit des engrenages qui en résulte, on est conduit à augmenter leur diamètre : le poids de la boîte des vitesses s'en trouve accru, sans compter que le carter, étant plus long, est de ce fait plus lourd et plus encombrant ;

3° le passage de la 1^{re} vitesse à la vitesse la plus grande, la 4^e — s'il y en a quatre — exige le passage à la 2^e, puis à la 3^e, et inversement : ce qui est inutile et même gênant ;

4° les cinq ou six crans du secteur sont une cause d'indécision pour le conducteur, qui est souvent obligé de s'assurer d'un coup d'œil que le levier est bien arrêté au cran voulu.

Emploi de deux ou trois baladeurs. — C'est pourquoi l'emploi de deux ou trois baladeurs est à peu près général aujourd'hui :

un baladeur avec griffes et un pignon pour les 4^e et 3^e vitesses ;

un baladeur constitué par deux engrenages, pour les 2^e et 1^{re} vitesses ;

un baladeur pour la marche arrière.

Sur ce principe, de nombreuses variantes ont été imaginées.

La figure 149 donne un schéma d'ensemble : M est le baladeur des 4^e et 3^e vitesses ; N celui des 2^e et 1^{re} vitesses ; enfin, P celui de la marche AR. Les vitesses sont obtenues de la façon suivante :

4^e vitesse : déplacement vers l'avant (sens f_1) de M, pour l'engagement de la denture intérieure a sur la denture extérieure supplémentaire b du pignon E ;

transmission par arbre primaire A, pignon E, denture b , denture a , pignon F calé sur l'arbre secondaire B ;

3^e vitesse : glissement vers l'arrière (sens f_2) de M, et engrenement de F avec I ;

rotation de B obtenue par A, couple E et H, arbre intermédiaire C, roue I et pignon F ;

2^e vitesse : mouvement vers l'avant de N, pour l'engagement des dentures de G et J ;

entraînement de B par A, couple E et H, arbre C, pignon J et roue G ;

1^{re} vitesse : mouvement vers l'arrière de N, pour la mise en prise de L avec K ;

A fait tourner B par couple E, H, arbre C, pignon K et roue L.

Si la vitesse du vilebrequin est constante, celle de

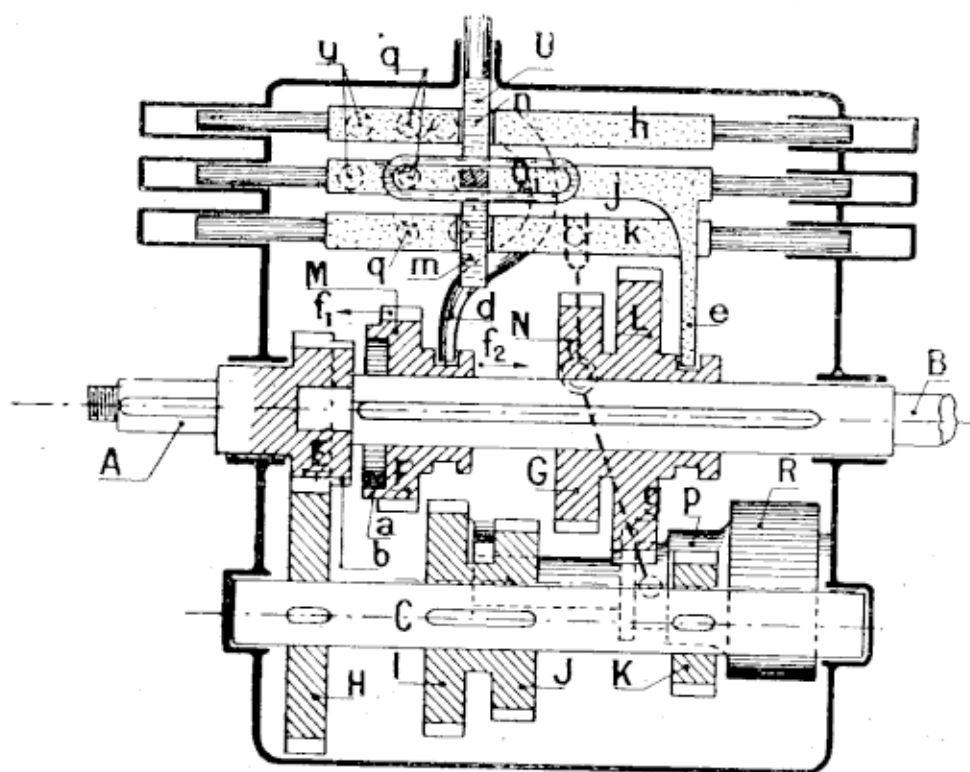


Fig. 149.

l'arbre intermédiaire C l'est également ; il est facile de remarquer que, dans les positions successives des baladeurs, cet arbre intermédiaire communique à l'arbre secondaire B une vitesse de plus en plus faible, du fait de la décroissance des rapports :

$$\frac{\text{diamètre de I}}{\text{diamètre de F}} > \frac{\text{diamètre de J}}{\text{diamètre de G}} > \frac{\text{diamètre de K}}{\text{diamètre de L}}$$

Enfin, pour la marche AR, le baladeur P est déplacé vers l'avant, de façon que le pignon R soit en prise à la fois avec K et L, désengrenés l'un d'avec l'autre ; le sens de rotation de l'arbre secondaire se trouve ainsi renversé.

Lorsque les trois baladeurs occupent les positions de la figure, aucun des engrenages des baladeurs n'est entraîné ; c'est le point mort.

Déplacement des baladeurs. — Chacun des baladeurs porte une gorge embrassée par une fourchette solidaire d'une tringle ou tirette h, j, k . Les tringles h, j , correspondant aux 4^e, 3^e, 2^e et 1^{re} vitesses, doivent pouvoir occuper trois positions ; la tringle k de marche AR, deux seulement. Enfin, l'immobilisation de chacune d'elles doit être assurée dans ses diverses positions.

A cet effet, chacune des tirettes peut être attaqué isolément par un levier Q , qui se déplace suivant son axe pour agir à volonté sur l'une ou l'autre d'entre elles, et tourne autour de cet axe, afin de faire occuper à la tirette attaquée ses deux ou trois positions particulières.

Le levier de manœuvre Q se déplace dans trois secteurs parallèles, accolés pour constituer un secteur dit à grille S (fig. 150) ; chacune des rainures correspond à la position d'attaque d'une tringle.

Supposons le levier Q dans la rainure S_1 par exemple ;

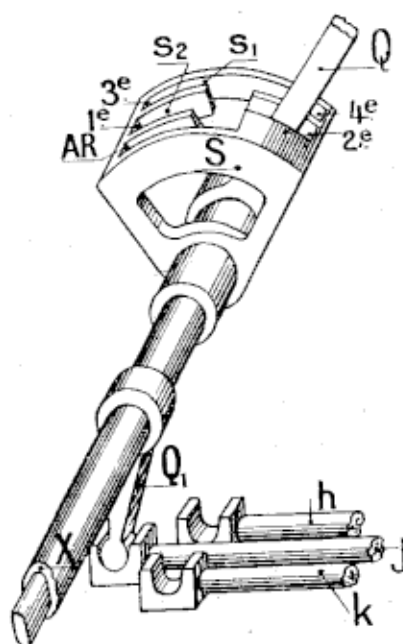


Fig. 150.

Q_1 est engagé dans la tringle h ; dans cette rainure, Q peut occuper trois positions :

poussé à fond arrière, le baladeur M amène en prise la denture a avec b : (4^e vitesse) ;

poussé à fond avant, il fait engrener F avec I (3^e vitesse) ;

arrêté au milieu, il place le baladeur au point mort,

position que le baladeur conserve si le levier Q s'engage dans la communication entre les compartiments S_1 et S_2 .

Cette disposition de secteur à grille laisse toute facilité pour passer d'une vitesse quelconque à une autre, sans engager les engrenages donnant les vitesses intermédiaires ; elle est sélective.

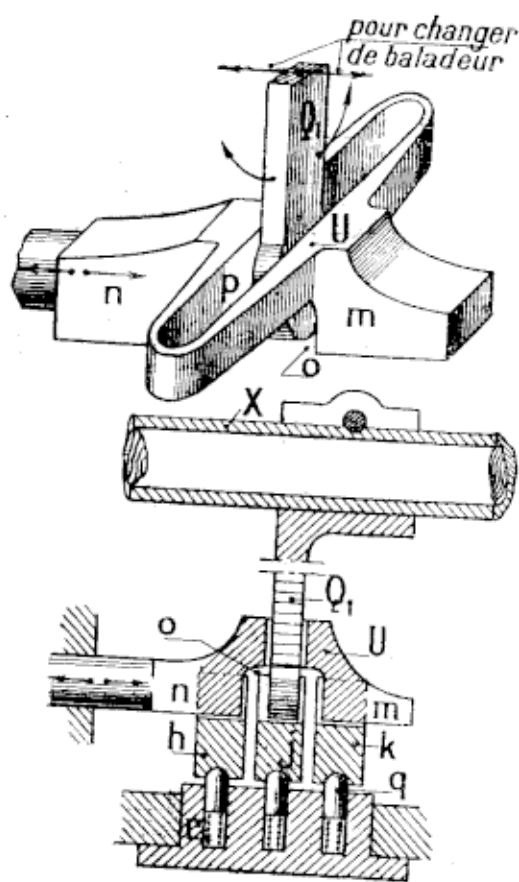


Fig. 151.

Un verrou U (fig. 149, 151) est poussé par le levier Q_1 dans le déplacement transversal du levier Q . Si ce dernier se trouve, par exemple, dans le secteur S_2 , Q_1 est dans la position d'attaque de la tringle j ; deux becs m , n , du verrou pénètrent dans les encoches des tringles h et k et bloquent celles-ci. L'évidement inférieur o du ver-

Verrouillage. — Quand le levier Q occupe une position déterminée, tout déplacement intempestif des tirettes non attaquées est empêché par un verrouillage.

rou laisse libre le jeu de la tringle attachée j ; d'autre part, l'ouverture allongée p permet l'oscillation du levier Q_1 .

En outre, pour *immobiliser la tirette* attachée dans chacune de ses deux ou trois positions particulières, des alvéoles sont pratiquées à la partie inférieure; un taquet q sollicité par un ressort r , vient s'y engager; naturellement la tension du ressort n'est pas telle qu'elle s'oppose au mouvement de la tringle lorsqu'elle est poussée par le levier.

Chaque tringle porte ainsi autant de fraises que le baladeur correspondant doit occuper de positions.

83. Carter. Graissage. — Un carter étanche, fixé

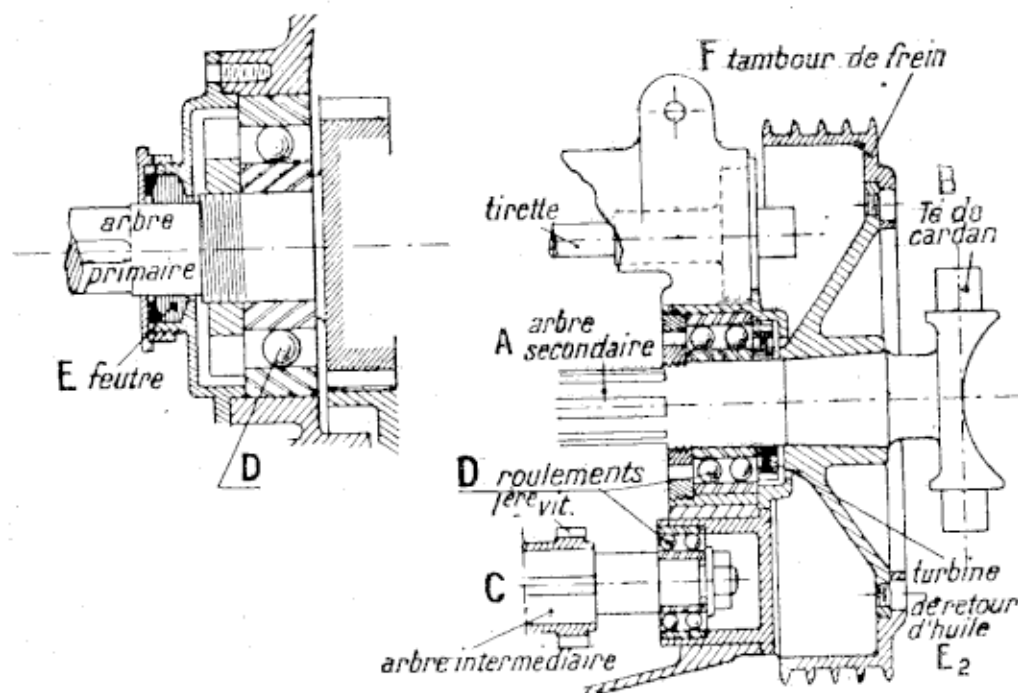


Fig. 152.

sur les traverses du châssis, renferme le mécanisme de changement de vitesse et le protège contre la boue et la poussière, en même temps qu'il en amortit les vibrations.

Le frottement entre engrenages est diminué par le

barbotage dans de l'huile épaisse que contient, jusqu'à un niveau convenable, le carter qui forme ainsi réservoir ; des rondelles de feutre E (fig. 152) ou des turbines de retour d'huile (1) E' (fig. 152) assurent l'étanchéité.

Des roulements à billes D (fig. 152) réduisent au maximum le frottement des arbres à leur passage dans les parois de la boîte.

L'arbre qui sort de la boîte des vitesses reçoit le tambour F (fig. 152) du frein actionné au pied par pédale, quand les freins ne sont pas montés tous deux sur les roues.

84. Passage de vitesse. — Démarrage. — Au démar-

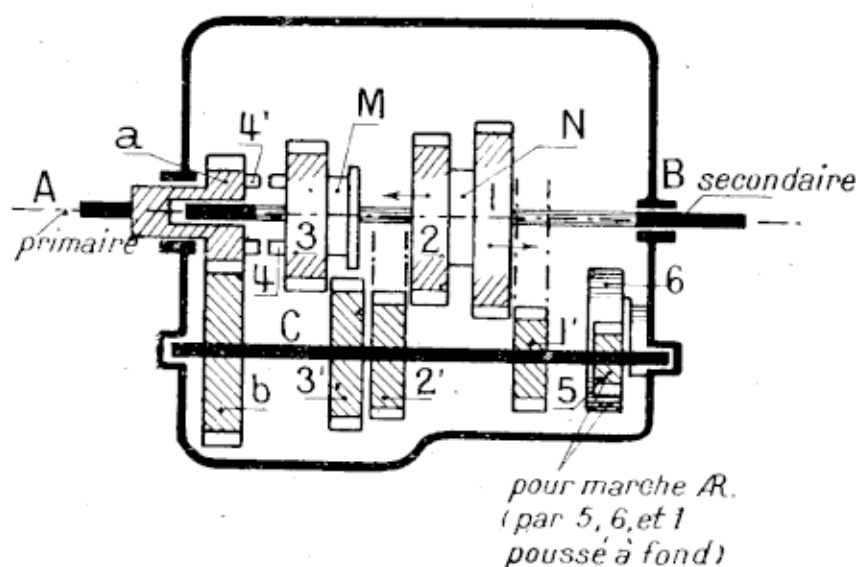


Fig. 153.

rage, l'embrayage entraîne l'arbre primaire A (fig. 153) à la vitesse du vilebrequin ; l'arbre secondaire B est immobile, puisque le levier du changement de vitesse est au point mort. Lorsqu'on débraye, par suite de

(1) Voir au chapitre « Graissage » (pp. 98 et 99) le fonctionnement de la turbine de retour d'huile.

leur inertie, le cône mâle de l'embrayage et l'arbre primaire continuent de tourner; ainsi que l'arbre intermédiaire C qui porte en particulier le pignon de première vitesse 1'. Pour que l'engrènement de ce pignon et de la roue 1 de première vitesse, calée sur l'arbre secondaire, se fasse sans choc, il faut que le baladeur correspondant N ne soit actionné que lorsque le pignon de première vitesse a perdu de sa vitesse; donc, un petit temps d'arrêt doit s'écouler entre le débrayage et la manœuvre du levier; ce temps d'arrêt est du reste réduit par l'allègement de la partie de l'embrayage liée à l'arbre primaire.

La manœuvre du levier est suivie de l'embrayage progressif qu'on réalise en abandonnant lentement la pédale correspondante.

Passage d'une vitesse à une vitesse supérieure. — Supposons que l'on veuille passer de la première vitesse à la seconde; l'engrènement entre 2 et 2' (fig. 153) se fera dans les meilleures conditions si les dents en regard de ces roues se déplacent en rotation, sensiblement à la même vitesse. Or, puisque 1' entraîne 1, les dents de 1 et de 1' ont même vitesse; par suite, les dents de 2 ont une vitesse plus faible que celles de 2'; il faut donc augmenter la vitesse des premières et réduire la vitesse des secondes, ce qu'on obtient en lançant la voiture (action sur l'admission du mélange): augmentation de la vitesse de 2; puis, en débrayant à fond: réduction de la vitesse de 2'; enfin, en manœuvrant le levier.

Passage d'une vitesse à une vitesse inférieure. — Soit à passer de la seconde vitesse à la première. En seconde vitesse, les dents de 2' et de 2 ont même vitesse,

les dents de 1 tournent alors plus vite que celles de 1' ; il faut donc réduire la vitesse de 1 et soutenir celle de 1' ; pour cela, mettre le levier au point mort ; la voiture cessant d'être entraînée ralentit, le secondaire aussi : réduction de la vitesse de 2 ; ensuite, débrayer légèrement ; enfin, terminer la manœuvre du levier.

QUESTIONNAIRE

79. Le moteur d'automobile développe-t-il la même puissance à toutes les allures ? — Dans la négative, pourquoi n'en est-il pas ainsi ? — À quelle allure convient-il de le laisser tourner ? — Expliquez pourquoi, pour une allure déterminée du moteur, la vitesse du véhicule ne peut être la même sur une rampe qu'en palier. — Que serait-on conduit à faire si le moteur devait toujours tourner à la même allure, quel que soit le profil de la route ? — En pratique que fait-on ? — Sur quoi se guide-t-on pour choisir les engrenages du changement de vitesse ? — Comment les vitesses sont-elles désignées ? — Que comprend encore le changement de vitesse ? — Pourquoi faut-il un point mort ? — 80. Qu'appelle-t-on baladeur dans un changement de vitesse et quel est son rôle ? — Quelles conditions doit remplir la commande du baladeur ? — Comment peut-on satisfaire à ces conditions ? — Où est placé le levier de commande ? — Quels mouvements faut-il faire pour passer d'une vitesse à une autre ? — Quels inconvénients, relativement au rendement, présente la disposition précédente ? — 81. En quoi consiste la prise directe ? — Quels en sont les avantages ? — Les vitesses autres que la plus grande ne sont-elles pas sacrifiées au point de vue du rendement ? — Est-ce un inconvénient grave ? 82. Quels inconvénients présente le baladeur unique ? — Comment évite-t-on ces inconvénients ? — Montrer comment l'emploi de plusieurs baladeurs permet d'obtenir des vitesses différentes, la marche arrière, et l'arrêt ? — Comment obtient-on le déplacement des baladeurs ? — Qu'appelle-t-on secteur à grille ? — Pourquoi un verrouillage est-il nécessaire ? — En quoi consiste-t-il ? — Comment les tringles non attaquées sont-elles immobilisées ? — Comment peut-on maintenir dans l'une de ses fonctions la tirette attaquée ? — 83. Dans quoi est renfermé le mécanisme du changement de vitesse ? — Quel est le rôle du carter ? — Comment diminue-t-on le frottement entre engrenages ? — Qu'est-il prévu pour obtenir l'étanchéité du carter ? — Que peut-on encore disposer sur

l'arbre secondaire, à la sortie de la boîte des vitesses ? — 84. Expliquez comment, au démarrage, on doit agir sur l'embrayage et le changement de vitesse, et justifiez les manœuvres à faire. — Comment passe-t-on d'une vitesse à une vitesse plus élevée ? — Justifiez la succession des manœuvres à faire. — Comment passe-t-on d'une vitesse à une vitesse moins grande ? Donnez la raison des mouvements à exécuter.

EXERCICES

1. Diagramme indiquant la variation de puissance d'un moteur d'automobile en fonction de son nombre de tours. — 2. Schéma montrant l'emplacement du changement de vitesse. — 3. Placez dans un schéma les arbres du changement de vitesse, les engrenages, et indiquez les positions à donner au baladeur pour obtenir trois vitesses, puis le point mort, enfin, la marche arrière. — Schéma de la commande d'un baladeur. — 4. Schéma d'une boîte de vitesses avec prise directe. — 5. Schéma montrant les arbres de la boîte de vitesses, à trois baladeurs, les engrenages, et explication du fonctionnement des baladeurs. — 6. Schéma indiquant un baladeur et son arbre, la fourchette qui l'entraîne et sa tirette, ainsi que la commande de celle-ci. — 7. Schéma d'un secteur à grille. — 8. Schéma montrant : a) comment le même levier peut faire manœuvrer successivement trois tringles ; b) comment le levier attaquant une tringle, peut placer celle-ci, et, par conséquent, le baladeur correspondant, dans deux ou trois positions. — 9. Schéma d'une extrémité d'arbre monté sur roulement à billes. — 10. Schéma du montage d'une rondelle de feutre. — 11. Schéma de l'extrémité de l'arbre secondaire avec le tambour de frein.

CHAPITRE XIV

MÉCANISME DE TRANSMISSION (suite et fin).

TRANSMISSION DU MOUVEMENT DE LA BOÎTE DE VITESSES AUX ROUES.

SOMMAIRE : Ce que comprend la transmission. — Différentiel : rôle, constitution, détails de construction. — Transmission aux roues. — A) Transmission par chaînes : ensemble ; bielle de poussée, tendeur de chaîne. — B) Transmission à cardans ; conditions à remplir ; cardans ; transmission des planétaires aux roues. — C) Disposition à cardans transversaux. — Essieu arrière ou pont arrière. — Constitution ; liaison du pont et du châssis : 1° par les ressorts ; 2° par bielle de poussée. — Efforts qui sollicitent le pont arrière : flexion du pont ; oscillation du pont autour de son axe ; jambe de force.

85. Ce que comprend la transmission. — L'arbre A, qui sort de la boîte des vitesses (fig. 154), est longitudinal ; l'axe B des roues est transversal ; la transmission du premier au second se fait ordinairement par deux engrenages coniques *a* et *b*.

Deux dispositions peuvent être adoptées :

1° ou bien, l'axe de *b* est confondu avec celui des roues, et comme la boîte des vitesses E est assez éloignée du cône *a*, comme, d'autre part, l'axe horizontal C du pignon *a* peut être à un même niveau inférieur à l'arbre horizontal A, un *arbre de transmission* intermédiaire D est nécessaire pour relier les arbres A et C.

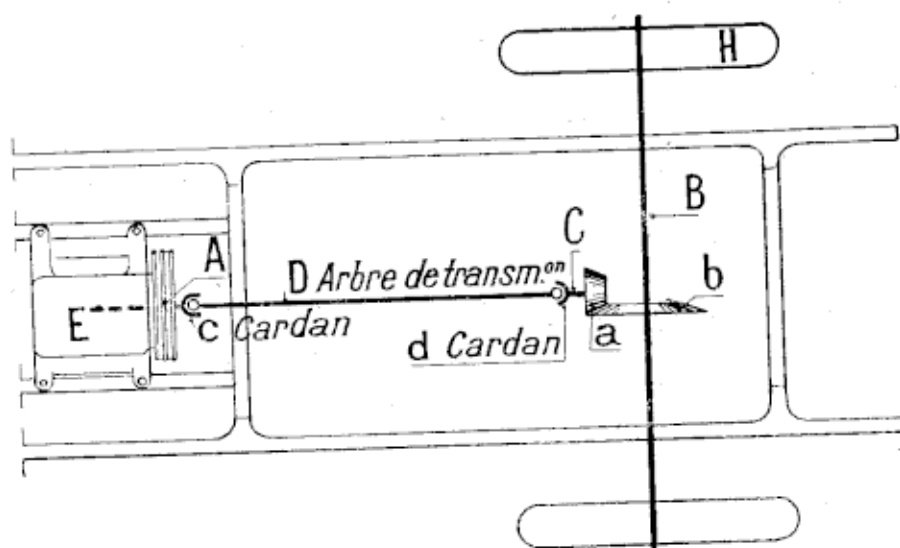


Fig. 154.

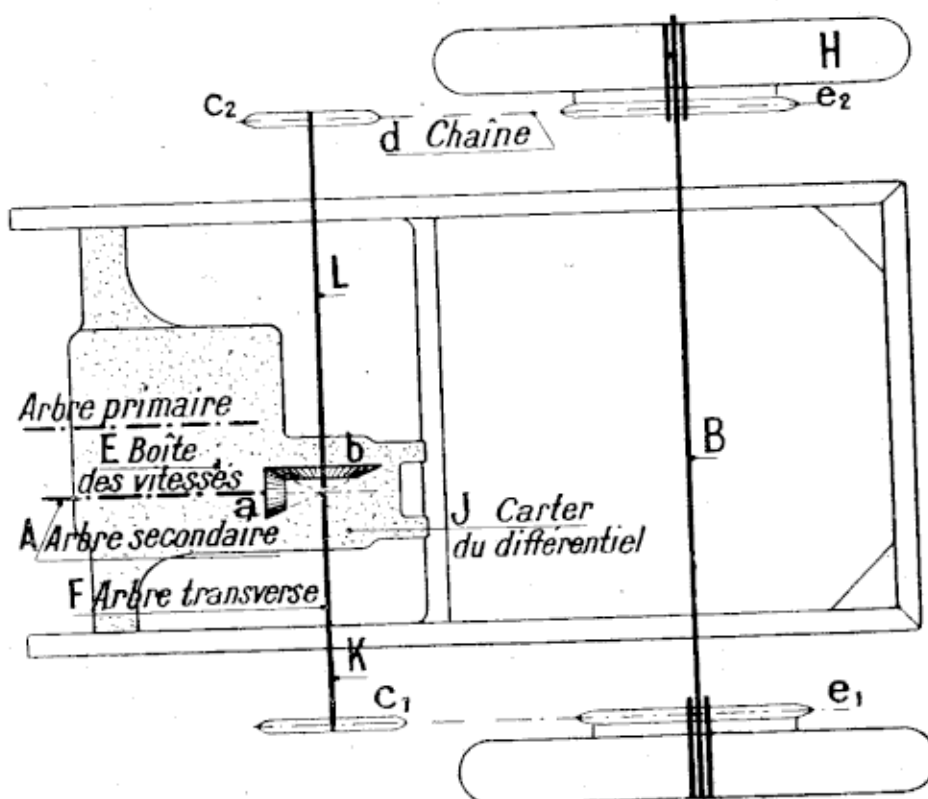


Fig. 155.

Les joints c et d de cet arbre D avec A et C sont à cardan : pour cette raison, la *transmission est dite à cardans* (fig. 154) ;

2° ou bien, le pignon a est claveté directement sur l'arbre A (fig. 155) et le pignon b est porté par un *arbre transverse* F ; deux pignons c_1, c_2 , calés sur cet arbre, entraînent, par chaînes d , deux roues dentées e_1, e_2 solidaires des roues arrière : c'est la *transmission par chaînes*, abandonnée aujourd'hui sur les voitures de tourisme.

Mais, ainsi qu'on le verra plus loin, les deux roues arrière doivent pouvoir faire, dans le même temps, des nombres de tours différents, ce qui exige que l'arbre B (fig. 154) ou l'arbre transverse F (fig. 155) soient en deux tron-

çons ; un organe appelé *différentiel* complète l'ensemble des deux cônes a, b , de façon que ces deux tronçons puissent tourner à des vitesses différentes.

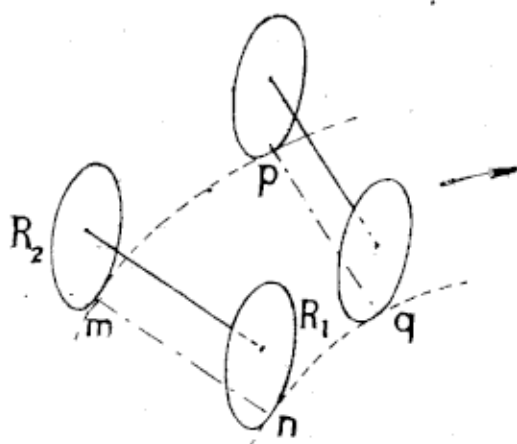


Fig. 156.

86. Différentiel. —

Rôle. — En ligne droite, les deux roues arrière tournent également vite ;

au contraire, dans une courbe, c'est la roue extérieure R_2 qui va plus vite que l'autre R_1 ; la première parcourt, par exemple, mp (fig. 156), pendant que la seconde ne décrit que le chemin plus petit nq ; malgré cette particularité toutes deux doivent entraîner la voiture. C'est précisément le différentiel qui permet aux deux roues arrière d'être simultanément motrices, tout en ayant des vitesses de rotation différentes.

Constitution. — Le moteur entraîne par le pignon *a* (fig. 157) la roue d'angle *b*, qui a même axe xx' que les deux tronçons d'arbres A, B, sur lesquels sont montées les roues arrière (la transmission étant disposée à car-

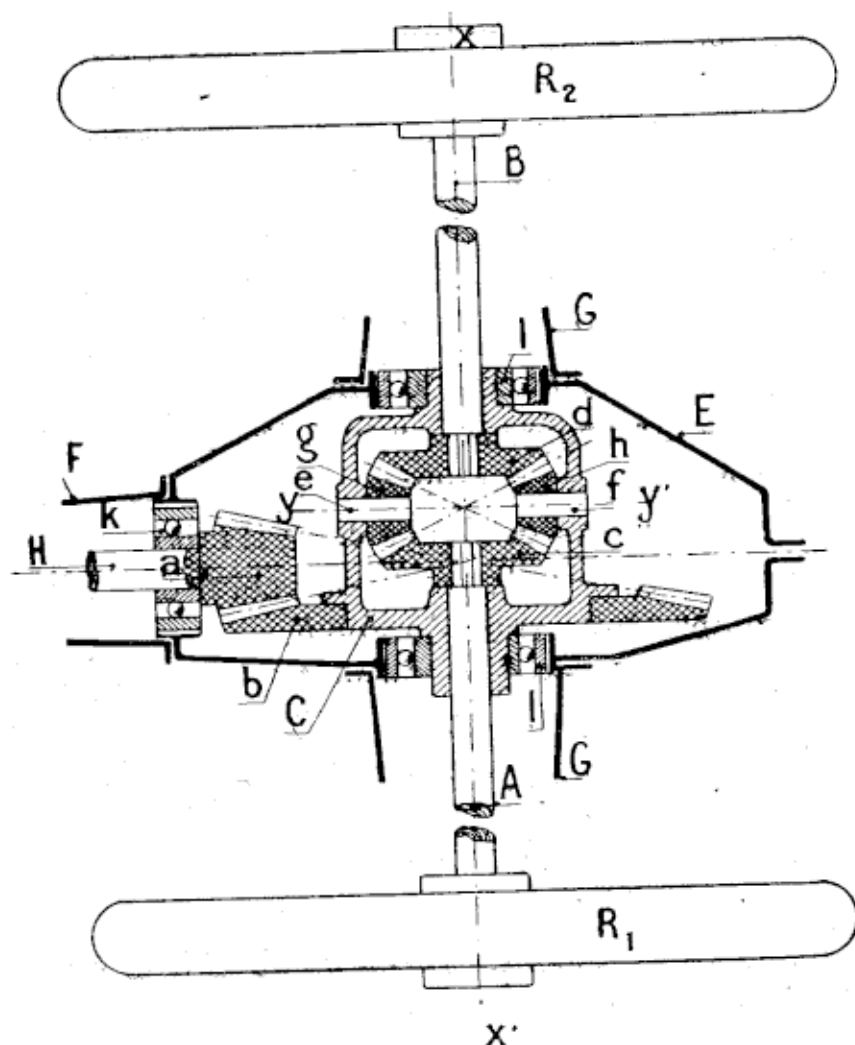


Fig. 157.

dans) ; sur chacun de ces tronçons est calé un pignon conique *c*, *d* ou *planétaire*.

D'autre part, la couronne d'angle *B* est rapportée sur une enveloppe *C*, assez souvent sphérique, dite *boîte du défférentiel* ; dans cette boîte, sont engagés les axes *e*, *f*

de deux, trois ou quatre autres pignons coniques g, h , dits *satellites*, qui peuvent tourner librement sur ces axes tout en engrénant avec les pignons c, d .

La couronne B, mise en rotation par le moteur, tourne en entraînant la boîte C, et, par suite, les axes e, f des satellites. Supposons que sur une voie rectiligne, les deux roues aient une adhérence suffisante. Il n'y a aucune raison pour que d'elles-mêmes, elles ne tendent pas à effectuer dans le même temps des nombres de tours égaux ; il s'ensuit que les planétaires c, d (fig. 158), calés sur les tronçons d'arbres solidaires des roues, sont animés de la même vitesse ; le satellite e , qui actionne ces planétaires, n'a donc aucune tendance à tourner autour de son axe yy' , pendant son entraînement par la boîte du différentiel ; ce satellite se conduit ainsi comme un véritable coin, interposé entre les pignons coniques c, d ; il fait effectuer à ces derniers un nombre de tours égal à celui de la boîte, et, par conséquent, de la roue dentée b .

Supposons que le moteur fasse faire à la couronne b 240 tours par minute, c'est-à-dire 4 tours par seconde, et admettons qu'une courbe soit telle que, la roue extérieure R_2 faisant $\frac{43}{40}$ de tour en une seconde, la roue inté-

rieure R_1 doive en accomplir $\frac{37}{40}$ pendant le même temps.

Que se produira-t-il ? Le satellite e ne peut plus, comme dans le cas précédent, fonctionner simplement comme un coin ; il est obligé de tourner autour de son axe yy dans le sens z , pendant que cet axe est entraîné par la boîte du différentiel. On voit ainsi que d tourne plus vite que s'il n'y avait pas rotation de e , et c moins vite et l'on se représente facilement que ce que d gagne en nombre de tours, c le perd ; de sorte que le nombre de tours de

la couronne b , c'est-à-dire de la boîte du différentiel, demeure la demi-somme des nombres de tours des deux roues.

Que se passe-t-il maintenant sur une route rectiligne, quand l'une des roues arrière R_2 (fig. 158) passe sur une partie très glissante ? Cette roue ne se développe plus sur le sol ; elle tourne

sans avancer sensiblement ; la résistance à sa rotation étant faible, beaucoup plus faible que pour la roue R_1 , elle tourne plus rapidement que cette dernière, de sorte que le satellite e , placé comme le fléau d'une balance dont l'appui serait l'axe yy' et dont les extrémités des

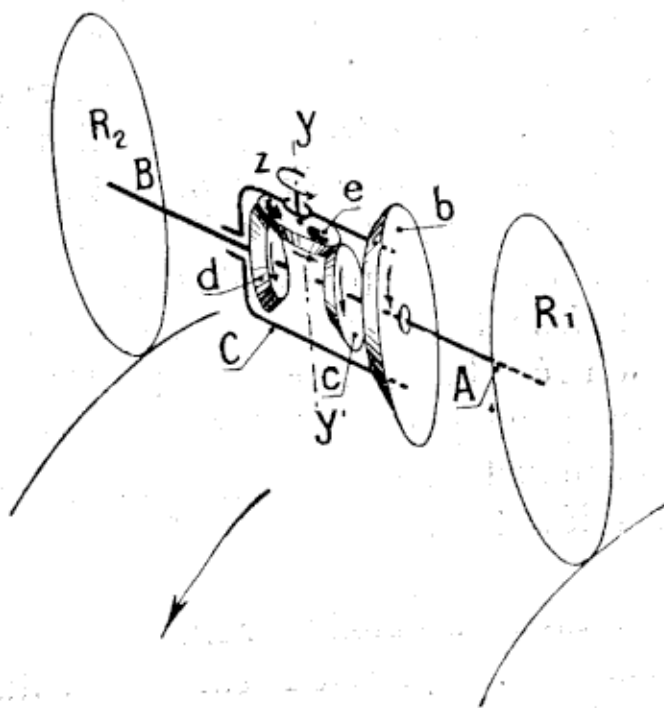


Fig. 158.

bras du fléau seraient les dents en prise avec les planétaires, tourne autour de son axe suivant z , comme dans le cas précédent. Quel chemin parcourt la voiture ? Evidemment celui qui correspond à la rotation du planétaire c , puisque l'autre roue tourne en partie sur place. La vitesse du véhicule correspond ainsi à la vitesse de la roue qui rencontre le plus de difficulté à rouler.

Si la roue R_2 ne rencontrait aucune résistance, la rotation de R_2 serait double de celle de la couronne, et la roue R_1 demeurerait immobile, la voiture également.

Enfin, si l'essieu arrière était soulevé, la rotation à la

main de la roue R_1 , entraînerait la rotation en sens inverse de la roue R_2 , et les nombres de tours décrits par ces roues dans le même temps seraient identiques, ce qui est en accord avec la règle donnée plus haut ; en effet, la couronne du différentiel demeure, dans ce cas, immobile ; puisque les rotations des deux roues sont de sens inverses, leurs nombres de tours se retranchent au lieu de s'ajouter, et la demi-différence de ces nombres doit être nulle.

En marche normale, les parties de la route suivies par les deux roues arrière n'offrent pas absolument la même adhérence ; l'une d'elles peut circuler à un moment donné sur une partie d'adhérence insuffisante, de sorte que les vitesses des deux roues peuvent être différentes ; il en résulte que la voiture tend à pivoter autour de la roue pour laquelle l'adhérence est la plus grande. C'est le conducteur qui, en agissant sur la direction, corrige ces déviations.

Détails de construction. — La denture du pignon a exerce une pression sur la denture de b ; inversement, la roue b exerce sur a une réaction qui, reportée sur l'arbre H (fig. 157 et 159), tend à le faire fléchir ; cette flexion est évitée par un guidage k au voisinage de a ; et même, fréquemment, par deux guidages k, k' (fig. 159) placés de part et d'autre de a ; ces guidages sont constitués par des roulements à billes.

Des roulements l, l , sont également prévus pour guider le boîtier C du différentiel ; des butées à billes n (fig. 159) et f (fig. 164) reçoivent les poussées longitudinales.

Cet ensemble d'engrenages, de roulements a besoin d'être mis à l'abri de la poussière, de la boue, et d'être lubrifié ; c'est pourquoi il est enfermé dans un carter E , étanche, formant réservoir d'huile ; des trous g , prati-

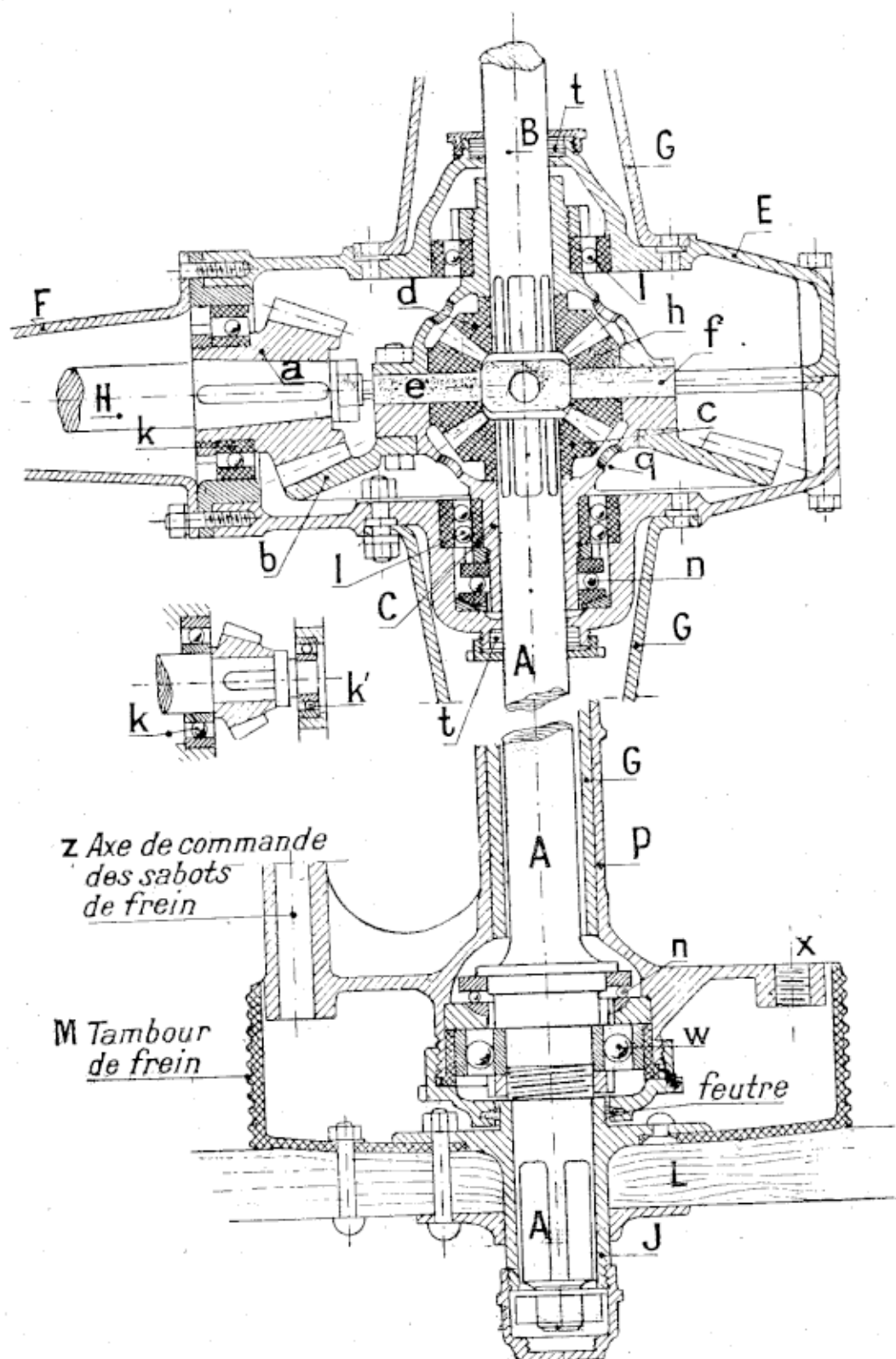


Fig. 159.

qués dans le boîtier C du différentiel, laissent arriver le lubrifiant au contact des engrenages qu'il renferme ; des garnitures de feutre *t*, entourant les arbres, empêchent toute déperdition d'huile de ce côté.

Lorsque la transmission est à chaîne, l'un des tronçons de l'arbre transverse reçoit un tambour de frein M (fig. 160).

87. Transmission aux roues. — A) Transmission par chaînes. — Ensemble. — Le carter du différentiel

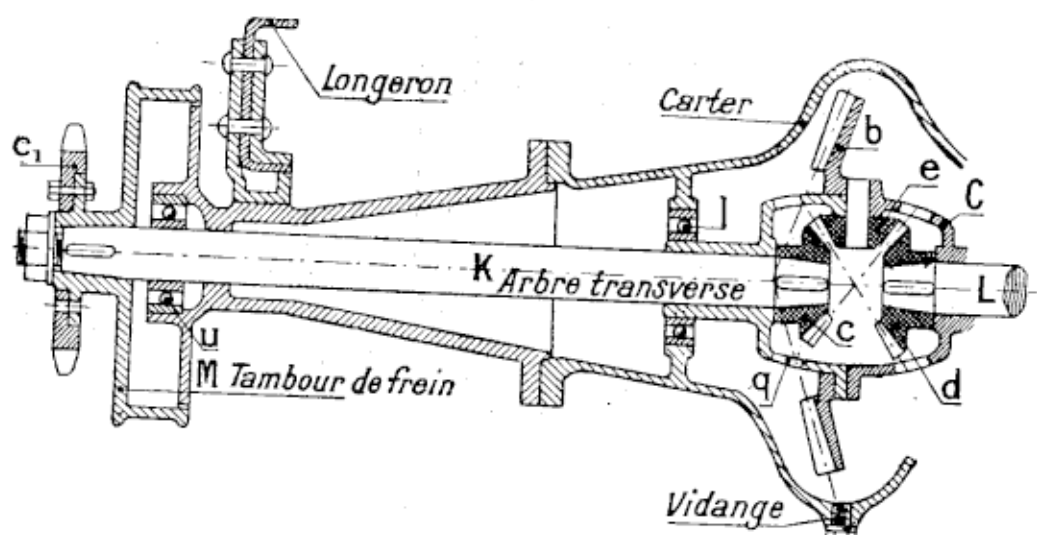


Fig. 160.

J (fig. 155) fait ordinairement corps avec celui E de la boîte des vitesses ; les deux tronçons K L de l'arbre transverse reçoivent deux pignons de chaîne c_1 , c_2 ; les deux roues arrière, montées folles sur leur essieu en une pièce (voir fig. 117), sont solidaires d'une denture e_1 , e_2 , que le pignon situé du même côté entraîne par une chaîne *d*.

Bielle de poussée ; tendeur de chaîne. — L'effort d'entraînement est ainsi transmis aux roues arrière qui doivent entraîner le châssis. Or, jusqu'ici, la seule

liaison existante entre ce dernier et les roues, est constituée par les ressorts et les jumelles. Pour ne pas accroître la fatigue de ces ressorts et leur laisser toute liberté de flexion, on fait exercer la poussée par *bielles de poussée* ou *jambes de force* reliant l'essieu arrière au châssis.

Pendant l'entraînement de chaque roue, les maillons de la chaîne sont tendus ; à la longue, le métal s'étire, la chaîne s'allonge ; il est nécessaire de prévoir un dispositif lui rendant la tension voulue. On obtient ce résultat

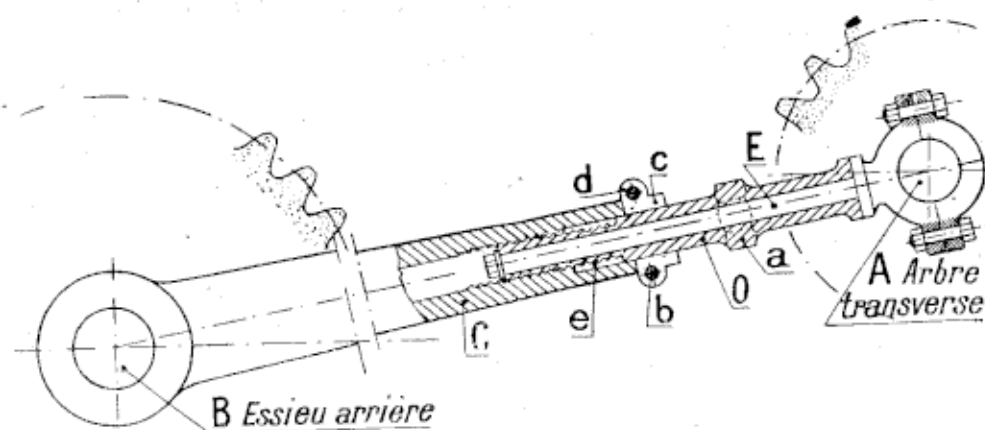


Fig. 161.

en éloignant l'essieu arrière B de l'axe de l'arbre transverse A, qui est fixe.

Les bielles de poussée peuvent être utilisées à cet effet ; il suffit de pouvoir modifier leur longueur. La jambe de force est articulée à la fois sur l'arbre transverse A (fig. 161) et sur l'essieu arrière B ; la portée E peut être sortie davantage du corps creux C quand on dévisse, par rotation du six pans *a*, la douille filetée O. Quand le réglage est terminé, et pour éviter toute détérioration du filetage *e*, la douille O est assujettie dans l'extrémité fendue *c* du corps C par serrage de boulons *b* passant dans les oreilles *d*.

Ainsi établie, la bielle de poussée constitue une véritable entretoise qui assure, pendant la marche, l'invariabilité de distance de l'arbre transverse et de l'essieu arrière, malgré l'effort développé sur la chaîne et qui tend à les rapprocher.

88. *B) Transmission à cardans.* — **Conditions à remplir.** — La couronne d'entraînement A (fig. 162) du boîtier du différentiel a le même axe O que les roues C ; comme on le verra plus loin, le carter du différentiel est relié invariablement à l'essieu arrière portant les

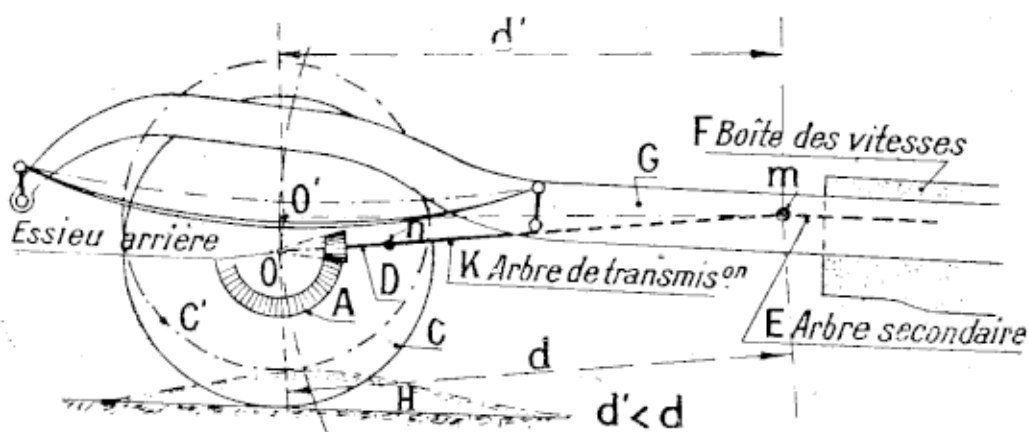


Fig. 162.

roues ; c'est-à-dire que le différentiel, qui, de ce fait, repose sur les roues, participe aux soubresauts des axes de ces dernières ; il en est de même de l'arbre D du pignon conique *a* de commande de la couronne.

D'autre part, l'arbre secondaire E du changement de vitesse F, guidé dans les parois de la boîte, se trouve ainsi relié au cadre G et entraîné dans ses oscillations.

Il en résulte :

- 1° que les positions respectives de l'arbre secondaire E, de l'arbre D et de la couronne A changent à chaque instant ;
- 2° que la distance *mn* entre les extrémités de ces arbres

se modifie constamment ; par exemple, quand les roues arrière franchissent une saillie H de la route et viennent en C', l'axe O de l'essieu s'élève en O', et la distance d diminue. La liaison de E et de D, soit directe, soit par un arbre de transmission à joints rigides, est donc impossible.

Il faut :

1° que les joints de l'arbre de transmission K et des arbres D et E permettent une variation d'inclinaison de cet arbre de transmission ;

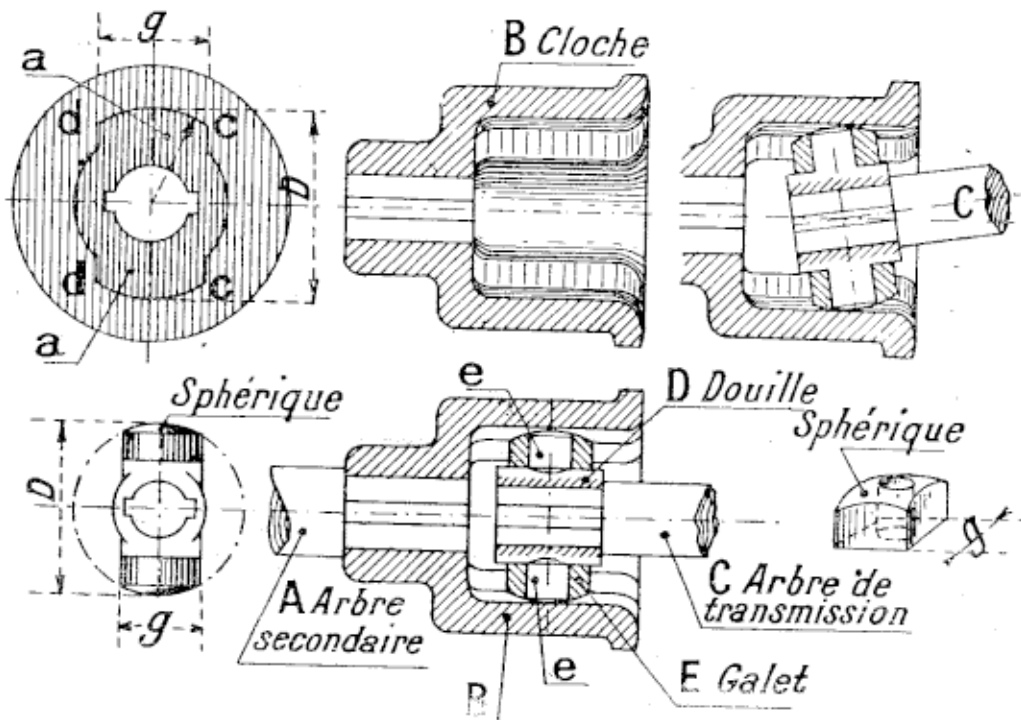


Fig. 163.

2° que l'un, au moins, des joints se prête à un coulisement, pour que l'entraînement ait lieu, quelle que soit la distance d .

Cardans. — Pour remplir cette double condition, on utilise, à une extrémité au moins de l'arbre de transmission, un joint dit *cardan* ; les dispositions en sont va-

riées ; la forme dite à cloche est assez fréquemment adoptée.

Sur l'arbre secondaire (A (fig. 163) est clavetée une cloche B, en acier matricé, pourvue de deux rainures opposées *a*, dont les fonds *c d* sont cylindriques. L'arbre suspendu C se termine par une tête D qui porte deux tourillons *e* ; ceux-ci servent d'axes à deux galets E, dont les faces extérieures opposées sont tournées suivant une sphère au

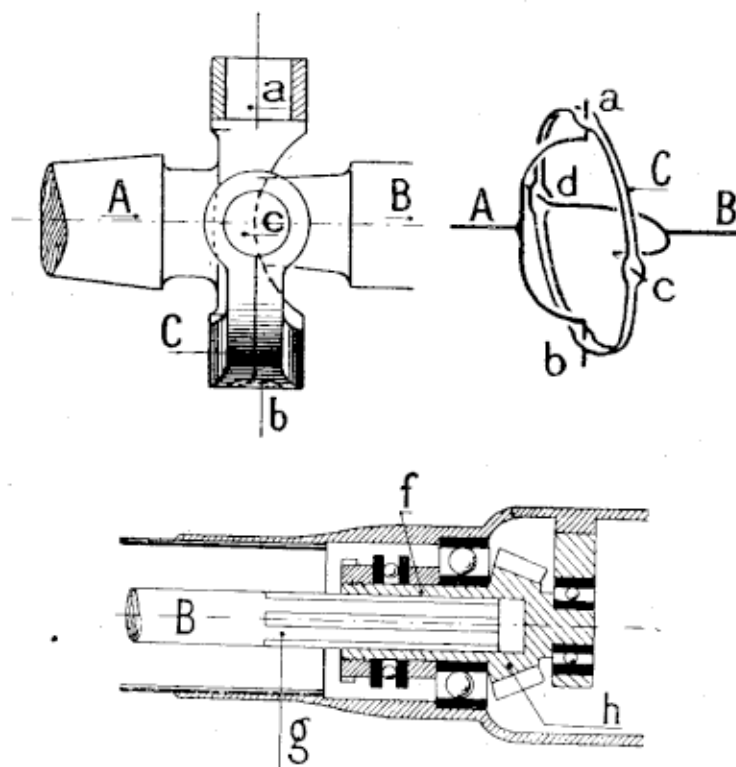


Fig. 164.

diamètre *D* de la surface cylindrique des rainures. Le diamètre *g* des galets ou la distance de leurs deux faces parallèles utilisées, s'ils sont à section carrée, est également à l'écartement des faces des rainures. On voit ainsi que l'arbre intermédiaire C peut prendre, par rapport à l'arbre menant A, un mouvement dans tous les sens, y compris le sens longitudinal.

Ou bien encore, les extrémités en regard des arbres A et B à réunir forment *té* (fig. 164) et portent deux tourillons opposés *a, b* et *c, d*. Une couronne C en deux pièces réunit ces tourillons. Comme le déplacement longitudinal n'est plus possible, un emmanchement coulissant est nécessaire : ce dernier consiste simplement en une douille *f* qui prolonge le cône *h* de commande du différentiel ; cette douille présente des rainures recevant les languettes *g* portées par l'arbre suspendu B.

Parfois, le joint de cardan est remplacé par un joint flexible C ou *flector* (fig. 165), en toile et caoutchouc par

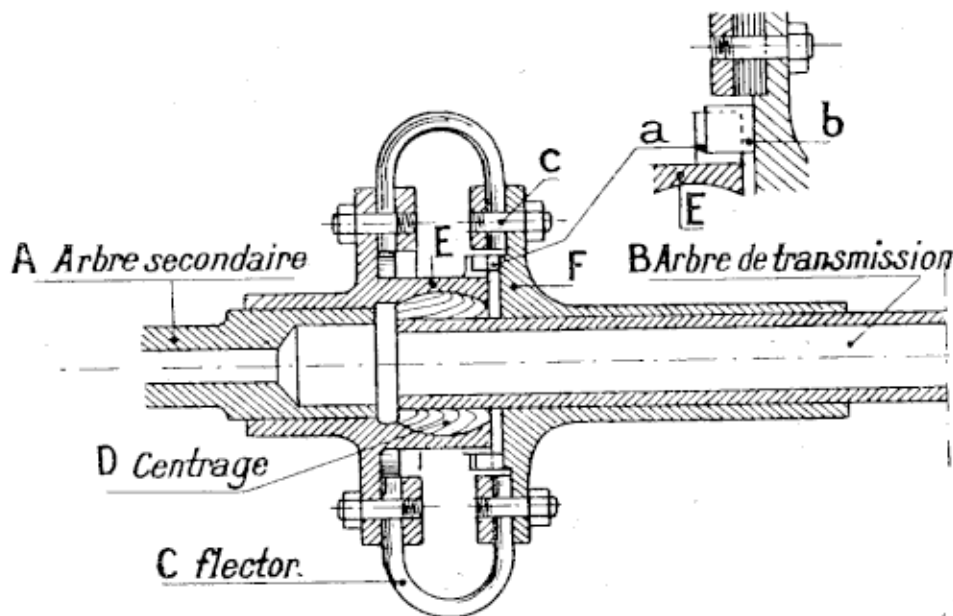


Fig. 165.

exemple, réalisant une transmission sans bruit ni choc. Des dispositions peuvent être prises, pour qu'en cas de rupture du flector, l'entraînement de l'arbre de transmission soit néanmoins assuré : des griffes *a, b* portées par la douille E et le plateau F peuvent venir en contact latéralement, lorsque le joint élastique est brisé ou fatigué.

Transmission des planétaires aux roues. — Deux dispositions :

ou bien, les moyeux J des roues sont engagés directement et calés sur l'arbre de commande A (fig. 159) ;

ou bien, les roues sont montées folles sur l'essieu et entraînées par une rondelle N à griffes u (fig. 166), calée en bout de l'arbre A.

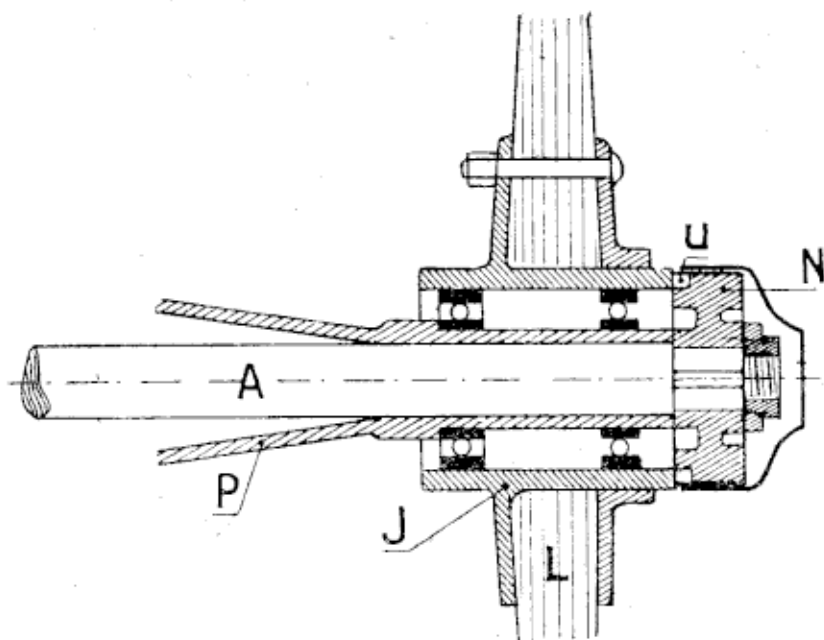


Fig. 166.

89. C) **Disposition à cardans transversaux.** — Dans le but de *diminuer la charge qui pèse directement sur les pneumatiques*, quelques constructeurs fixent le différentiel sur le châssis : un seul arbre suffit pour réunir le pignon conique du différentiel à l'arbre secondaire de la boîte des vitesses, mais les arbres des roues sont en trois tronçons (fig. 167) :

- un tronçon A, solidaire du planétaire ;
- un second B, entraînant le moyeu de la roue ;

et enfin, un troisième C, pour réunir les deux précédents.

Les accouplements sont constitués par des cardans D. Ce mode de jonction s'impose par ce fait que la distance du châssis aux roues, ou des axes de A et B, varie avec le degré de flexion des ressorts E. Une telle disposition est dite à *cardans transversaux* ; elle permet aussi de donner aux roues arrière un certain carrossage.

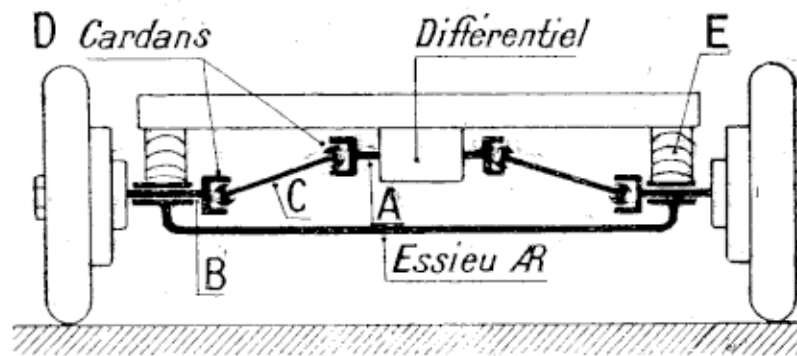


Fig. 167.

90. Essieu arrière ou pont arrière. — Constitution. — On lui donne le plus fréquemment aujourd'hui la forme tubulaire ; d'ordinaire, il est constitué par cinq pièces principales ;

1° au milieu, le carter du différentiel E (fig. 159, voir aussi fig. 171) en aluminium ou en acier coulé ;

2° de chaque côté, deux tubes cylindriques en acier étiré, ou bien coniques en acier coulé et dits encore *trompettes*, G ;

3° aux extrémités, des pièces en acier P qui peuvent présenter les assemblages avec les patins de ressorts ; elles supportent les organes des freins sur roues, tandis que le tambour de frein M est solidaire de la roue.

La jonction de ces différents éléments se fait par brasure, par emmanchement à force et rivetage, ou par boulonnage.

Ainsi qu'il a été dit, cet essieu, ou *pont arrière* peut supporter les roues, ou celles-ci peuvent être supportées par les arbres A des planétaires ; dans ce dernier cas, des roulements à billes ou à rouleaux, l, w centrent les arbres dans le pont.

Liaison du pont et du châssis. — 1° par les ressorts.

Les roues, en tournant, font naturellement avancer le pont ; mais, jusqu'à présent, celui-ci n'est relié au châssis que par les ressorts arrière. C'est accroître la fatigue de ces ressorts, prévus uniquement pour la flexion, et compliquer leur rôle que de leur imposer le travail supplémentaire d'entraînement du châssis. Ce travail est particulièrement important dans un démarrage brusque ou un freinage brutal ; dans le premier cas, en vertu de son inertie, le châssis avec tout ce qu'il supporte, tend à ne pas suivre le pont ; la branche BC du ressort (fig. 168)

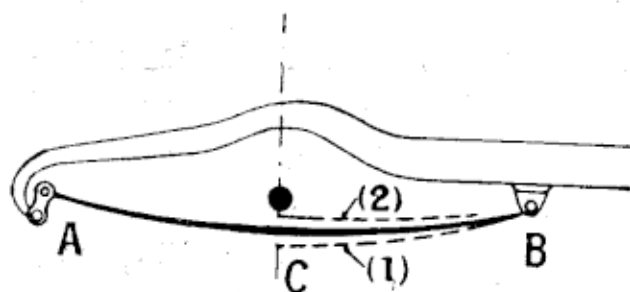


Fig. 168.

est comprimée (1) ; dans le second cas, le châssis, au contraire, tend à conserver sa vitesse, et la branche BC s'allonge (2). Cependant, nombre de constructeurs

chargent les ressorts de cette transmission d'effort, leur articulation avant B étant, bien entendu, fixe.

2° Par bielle de poussée. — Deux bielles latérales, par exemple, A (fig. 169) sont articulées, d'une part, sur les supports B des patins de ressorts et d'autre part, sur les supports avant D des articulations des jumelles a des mêmes ressorts.

L'emploi de deux bielles n'est pas exempt d'inconvénients. Lorsque les ressorts arrière subissent des flexions identiques, les deux bielles sont parallèles ; elles cessent de l'être, quand les flexions sont différentes ; le pont arrière a alors une tendance à cesser d'être perpendiculaire à l'axe de la voiture.

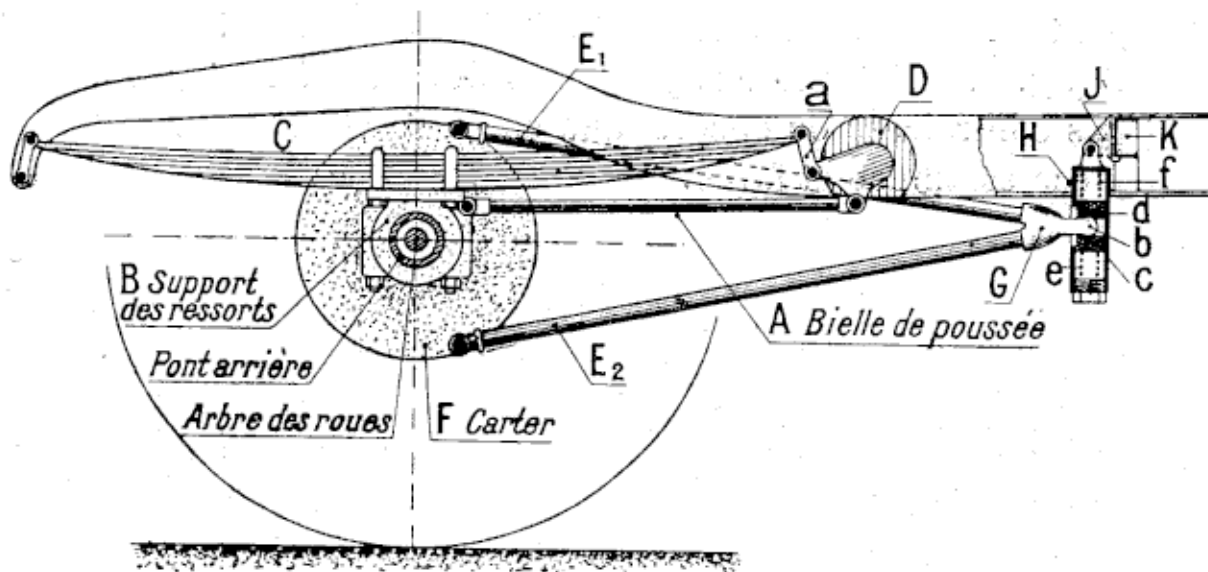


Fig. 169.

On peut se contenter d'une seule bielle de poussée articulée sur le carter du différentiel (à côté de l'arbre de transmission) et sur une traverse du châssis.

91. Efforts qui sollicitent le pont arrière. — Flexion du pont.

Le pont arrière peut être considéré comme reposant sur les roues arrière ; il supporte, au droit des patins de ressorts, des charges Q_1 , Q_2 (fig. 170) dont la somme représente la fraction du poids de la voiture chargée qui est reportée sur le pont.

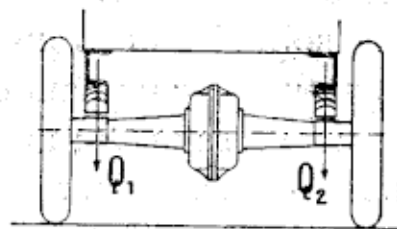


Fig. 170.

Sous l'influence de ces charges, le pont tend à fléchir. Si la flexion se produisait, elle pourrait provoquer une légère variation de position des engrenages du différentiel et déterminer, sinon des coincements, tout au moins des frottements exagérés en certains points.

C'est pour augmenter la rigidité que les tubes latéraux ont souvent une forme conique très accentuée, que le pont est parfois armé à la partie inférieure par un tendeur D (fig. 171), à tension réglable par douille E à filetages à pas contraires, ou encore que ce pont est en une seule pièce estampée et forée.

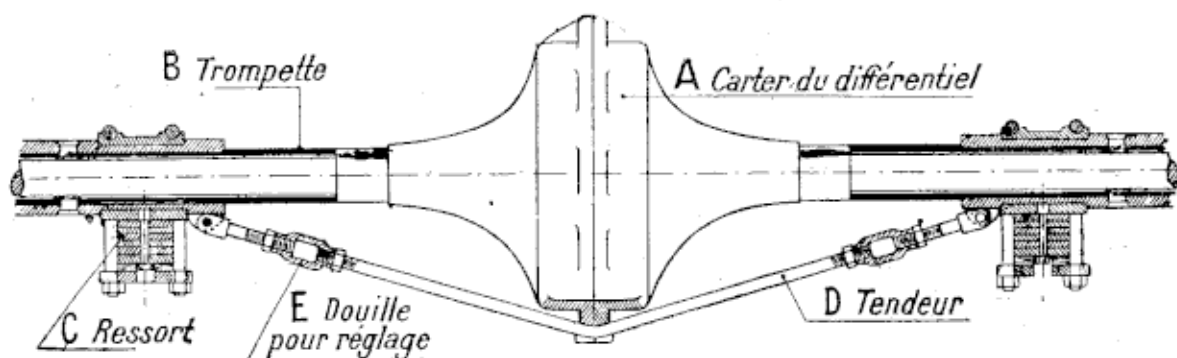


Fig. 171.

Oscillation du pont autour de son axe. — Jusqu'à un certain point, la couronne A du différentiel (fig. 172) est solidaire des roues ; pour la faire tourner, le pignon conique de commande B exerce sur sa denture une certaine pression P ; mais inversement, cette couronne oppose à sa rotation une résistance R égale et contraire à P , résistance qui est appliquée au pignon B, et qui, reportée sur l'axe D de celui-ci, tend à le faire tourner autour de l'axe yy' de la couronne conique, c'est-à-dire autour de l'axe des roues. Tout ce qui est solidaire de l'axe du pignon conique tend à participer à cette rotation f , et, en particulier, le pont arrière tout entier.

En cas de freinage sur l'arbre secondaire de la boîte des vitesses, les roues continuant leur mouvement par suite de la vitesse acquise du véhicule, c'est, cette fois, la couronne A qui, entraînée par les roues, exerce un effort vers le bas sur le pignon, et sollicite son axe à tourner en sens inverse du précédent f .

Jambe de force. — Pour éviter toute fatigue exagérée de l'arbre de transmission, le pont arrière est réuni au châssis par *jambe de force*; une liaison élastique empêche les réactions trop vives, lors des variations brusques d'efforts, entre les dentures du pignon de commande et de la couronne.

Dans la fig. 172, la jambe de force est constituée par deux tubes E_1, E_2 formant V; à une extrémité, ces tubes sont articulés sur le carter du différentiel, tandis qu'à l'autre, ils sont engagés dans une pièce G portant une rotule b . Selon le sens des efforts qui sollicitent le pont, celle-ci appuie sur l'une ou l'autre des deux coquilles c, d , et comprime l'un des ressorts e, f . Coquilles et ressorts sont renfermés dans une boîte cylindrique H, articulée sur un support J rapporté sur la traverse K.

Le carter est différentiel, les trompettes qui y sont

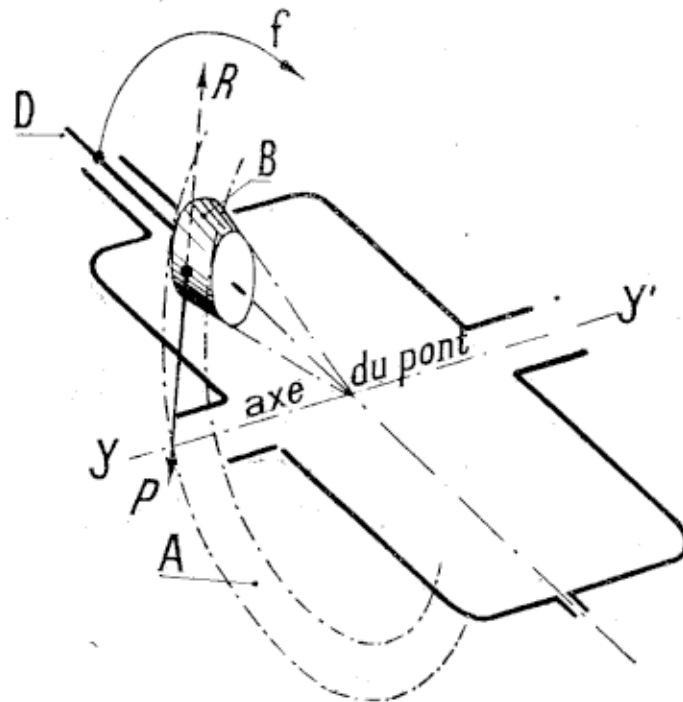


Fig. 172.

assemblées sont donc susceptibles d'osciller légèrement autour de l'axe des roues. Il est avantageux de soustraire les ressorts à cette rotation ; à cet effet, le patin *a* (fig. 173), qui supporte le ressort A, est venu avec une moitié d'un collier en deux pièces *b*, centré sur le tube B du pont, mais libre de tourner autour de lui ; un roulement à billes *c* peut même faciliter la rotation. Le pont est alors dit *oscillant*.

Jambe de force et bielle de poussée peuvent être con-

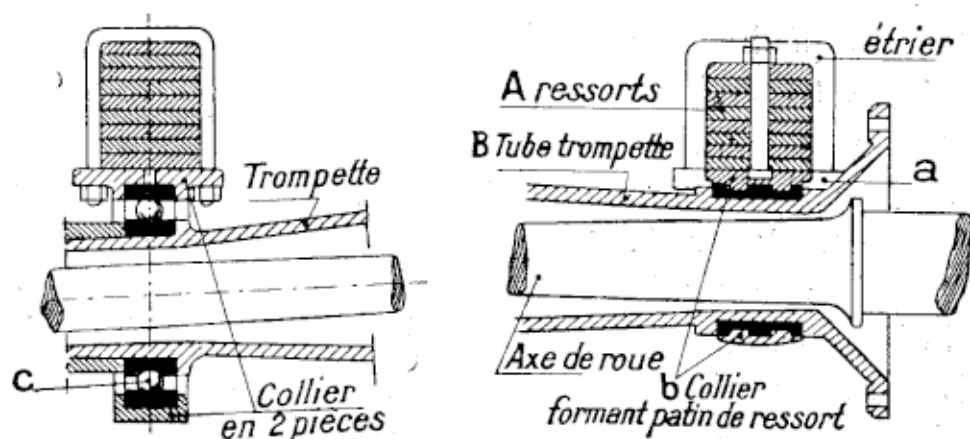


Fig. 173.

fondues en une seule pièce. Celle-ci A, de forme tubulaire, est rapportée sur le carter C du différentiel (fig. 174) ; elle enveloppe l'arbre de transmission, et elle est reliée à la traverse D du milieu du châssis, soit par fourche articulée E (fig. 174), soit par rotule (fig. 175).

Dans les mouvements du cadre par rapport à l'essieu, l'axe de ce dernier demeure à une distance constante du centre de la rotule, ou de l'axe d'articulation *xy* de la fourche. Si donc le cardan avant est tel que son centre O soit fixe, et confondu avec le centre de la rotule ou situé sur l'axe *xy* d'articulation de la fourche, la distance du différentiel au centre du cardan avant demeure cons-

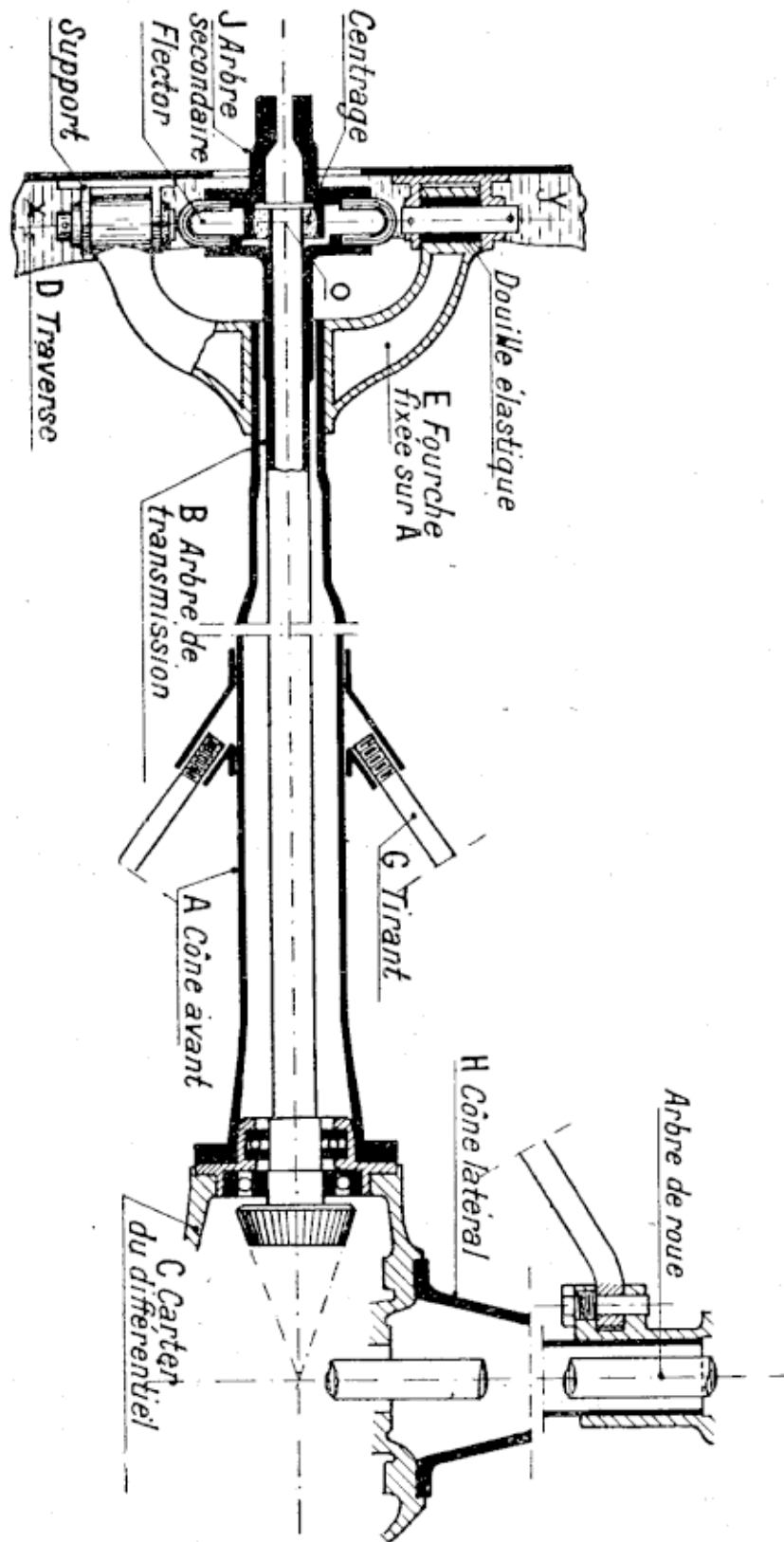


Fig. 174.

MÉCANISME DE TRANSMISSION

257

tante et un joint à coulissement n'est plus nécessaire.

Dans la figure 174, des tirants G assurent l'indéformabilité du té constitué par le pont arrière et le cône avant.

Il arrive aussi que le tube avant A forme

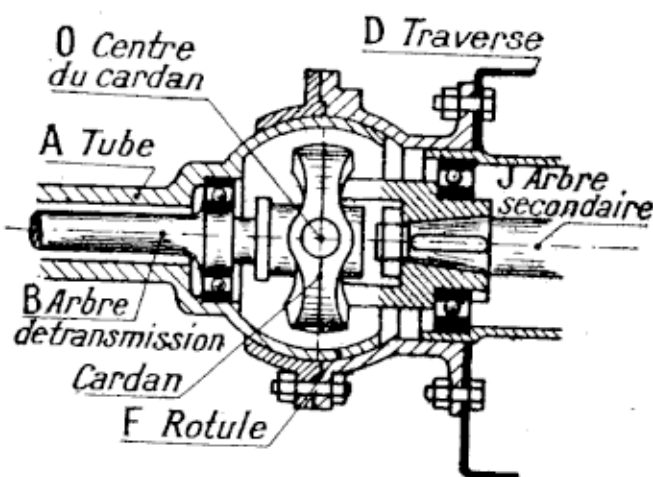


Fig. 175.

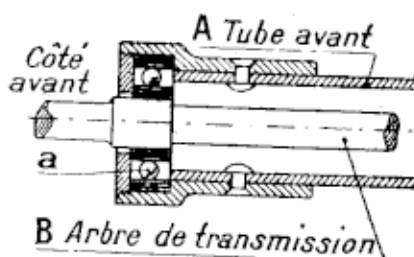


Fig. 176.

simplement jambe de force ; dans ce cas, il est centré à l'avant, sur l'arbre de transmission, par un roulement a

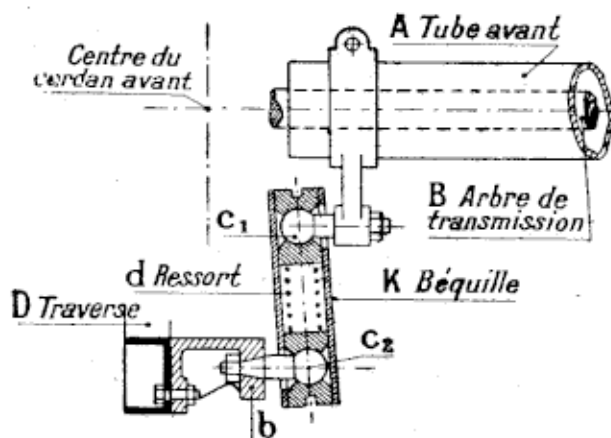


Fig. 177.

(fig. 176), et c'est le coussinet de l'arbre secondaire de la boîte des vitesses qui reçoit la poussée ascendante ou descendante ; ou bien encore, le tube A est relié élastiquement à une bé-

quille K articulée sur une traverse du châssis (fig. 177).

QUESTIONNAIRE

85. La transmission entre l'arbre secondaire de la boîte des vitesses et l'arbre des roues peut-elle se faire directement ? — Qu'exige-t-elle ? — Combien de dispositions sont adoptées ? —

Que comporte une transmission à cardans ? — Que comporte une transmission à chaînes ? — Pourquoi faut-il un différentiel ? — 86. Expliquez le rôle du différentiel. — Comment est constitué le différentiel ? — Quel rapport y a-t-il entre les vitesses de la boîte du différentiel et les vitesses des roues ? — Le différentiel n'intervient-il que dans les courbes ? — Comment agit-il sur une route rectiligne, quand une des roues arrière passe sur une partie d'adhérence insuffisante ? — A quoi correspond l'allure du véhicule dans ce cas ? — Qu'arriverait-il, si l'une des roues ne rencontrait aucune résistance ? — D'une façon générale, à quoi correspond la vitesse de la voiture ? — Que se produirait-il, si, l'essieu arrière étant soulevé, on faisait tourner l'une des roues à la main ? — Quel mouvement tend à prendre la voiture quand l'une des roues circule sur une partie d'adhérence insuffisante ? — Comment conserve-t-on à la voiture une marche correcte ? — Comment l'arbre du pignon conique de commande est-il monté ? — Justifiez ce montage. — Comment réduit-on le frottement ? — Comment les organes sont-ils préservés de la boue et de la poussière ? — Quelle fonction remplit encore le carter du différentiel ? — Comment permet-on à l'huile de parvenir jusqu'aux engrenages contenus dans le boîtier ? — Comment l'étanchéité du carter est-elle assurée ? — 87. Comment se fait la transmission par chaînes ? — Pourquoi une bielle de poussée est-elle nécessaire ? — Pourquoi la chaîne s'allonge-t-elle en marche ? — Comment corrige-t-on cet allongement ? — Comment peut être constituée une bielle de poussée fonctionnant comme tendeur de chaîne ? — 88. Pour quelles raisons l'arbre secondaire de la boîte des vitesses ne peut-il être réuni directement à l'arbre du pignon de commande de la couronne du différentiel ? — Quelles sont les causes de variation de niveau de ces arbres ? — des variations de distance ? — Quelles conditions doit alors remplir l'organe assurant leur liaison ? — Quel est le but d'un joint de cardan ? — Quelles sont les dispositions le plus fréquemment adoptées pour les cardans ? — Au point de vue des mouvements permis à l'un des arbres, ces formes sont-elles équivalentes ? — En quoi consiste un joint coulissant ? — Comment le réalise-t-on ? — Qu'est-ce qu'un flector ? — Quelles dispositions sont prises en prévision de la rupture ou de la fatigue du flector ? — Comment le mouvement est-il transmis des planétaires aux roues ? — Quelles sont les dispositions adoptées ? — 89. En quoi consiste la disposition dite à cardans transversaux ? — Quels avantages présente-t-elle ? — 90. Quelle forme affecte le plus souvent le pont arrière ? — De combien de parties essentielles se compose-t-il ? — Comment se fait la jonction de ces différents éléments ? — Qu'entraînent directement les roues

arrière en tournant? — Comment le pont est-il relié au châssis? — Que peut-on craindre pour les ressorts si on les charge de transmettre la poussée? — Qu'est-ce qu'une bielle de poussée et quel est son rôle? — Comment peut-elle être constituée? — Est-il avantageux d'avoir deux bielles de poussée? — Sinon, pourquoi? — Quand il n'y a qu'une bielle de poussée, en quels points est-elle articulée? — 91. Quels efforts sollicitent le pont arrière? — Quels inconvénients présenterait sa flexion? — Comment s'oppose-t-on à cette flexion? — Expliquez pourquoi l'arbre du pignon de commande tend à lever son nez au démarrage et, au contraire, à l'abaisser au freinage. — Sur quel arbre, en définitive, serait reportée cette sollicitation à la rotation, si aucune disposition n'était prise? — Que fait-on pour épargner à l'arbre de transmission cette fatigue supplémentaire? — Comment la jambe de force peut-elle être disposée? — Comment les patins de ressorts sont-ils montés? — Peut-on charger une seule pièce d'agir à la fois comme bielle de poussée et comme jambe de force? Quelle forme lui donne-t-on dans ce cas? — Comment cette pièce est-elle assemblée à l'extrémité opposée au différentiel? — Que faut-il pour que le joint coulissant puisse être supprimé? — Le cône avant remplit-il toujours à la fois les deux fonctions de bielle de poussée et de jambe de force? — Quand il ne forme que jambe de force, comment peut être fixée son extrémité opposée au différentiel?

EXERCICES

1. Schéma indiquant les parties principales d'une transmission à cardans; — d'une transmission par chaînes. — 2. Schéma d'un différentiel, et explication de son fonctionnement. — 3. Schéma du montage du pignon de commande de la couronne dentée. — 4. Schéma d'un boîtier de différentiel. — 5. Représentez par un schéma un tronçon d'arbre transverse de transmission par chaînes, le pignon qu'il porte, le cône enveloppe, et la fixation de ce dernier au châssis et au carter du différentiel. — 6. Schéma d'une bielle de poussée, fonctionnant comme tendeur de chaîne. — 7. — Schéma montrant les variations de niveau et de distance de l'arbre secondaire de la boîte des vitesses et de l'arbre de pignon de commande de la couronne du différentiel. — 8. Croquis et description d'un cardan à cloche. — 9. Croquis et description d'un cardan à tés et à couronne. — 10. Croquis d'un joint coulissant. — 11. Schéma d'un flector avec indication du dispositif prévu pour le cas de rupture ou de fatigue du flector. — 12. Schéma d'une transmission à une roue avec roue calée directement sur l'arbre. — 13. Schéma d'une

transmission à une roue avec roue montée sur l'extrémité du pont. — **14.** Schéma d'une disposition à cardans transversaux. — **15.** Schéma du pont arrière avec les divers éléments qui le constituent. — **16.** Schéma montrant la poussée du pont sur le châssis par bielle de poussée. — **17.** Schéma d'un pont armé par tendeur. — **18.** Schéma d'une jambe de force. — **19.** Schéma de la réunion au châssis d'un cône avant terminé par une fourche. — **20.** Schéma d'un cône avant avec la rotule d'articulation. — **21.** — Schéma d'un cône avant formant seulement jambe de force. — **22.** Schéma d'un cône avant réuni par béquille au châssis.

CHAPITRE XV

DIRECTION

SOMMAIRE : Comment s'opère le changement de direction. — Mécanisme du changement de direction. — Conditions auxquelles doit satisfaire une direction : irréversibilité ; amortisseurs. — Tenue à la route ; comment on peut l'améliorer.

92. Comment s'opère le changement de direction. — Si les roues arrière sont *porteuses* et *motrices*, celles d'avant sont *porteuses* et *directrices*. Comme on l'a vu, les fusées de ces dernières sont articulées sur l'essieu avant. En parcours rectiligne, les axes de ces fusées demeurent dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voiture. Le changement de direction s'opère en braquant les roues, c'est-à-dire en faisant pivoter simultanément les fusées sur leur articulation.

93. Mécanisme de changement de direction. — Les parties de l'articulation solidaires des fusées — tête de la fusée dans l'essieu à chape ouverte (fig. 444), chape de la fusée dans l'essieu à chape fermée (fig. 445) — portent chacune un levier B (fig. 478) ; ces leviers de même longueur sont réunis par une *barre d'accouplement* C ; il s'ensuit que la rotation de l'une des fusées autour de son pivot entraîne la rotation de l'autre fusée.

Si l'une des fusées A_1 , par exemple, porte un second levier D, il suffira d'agir sur une barre E ou *bielle* de

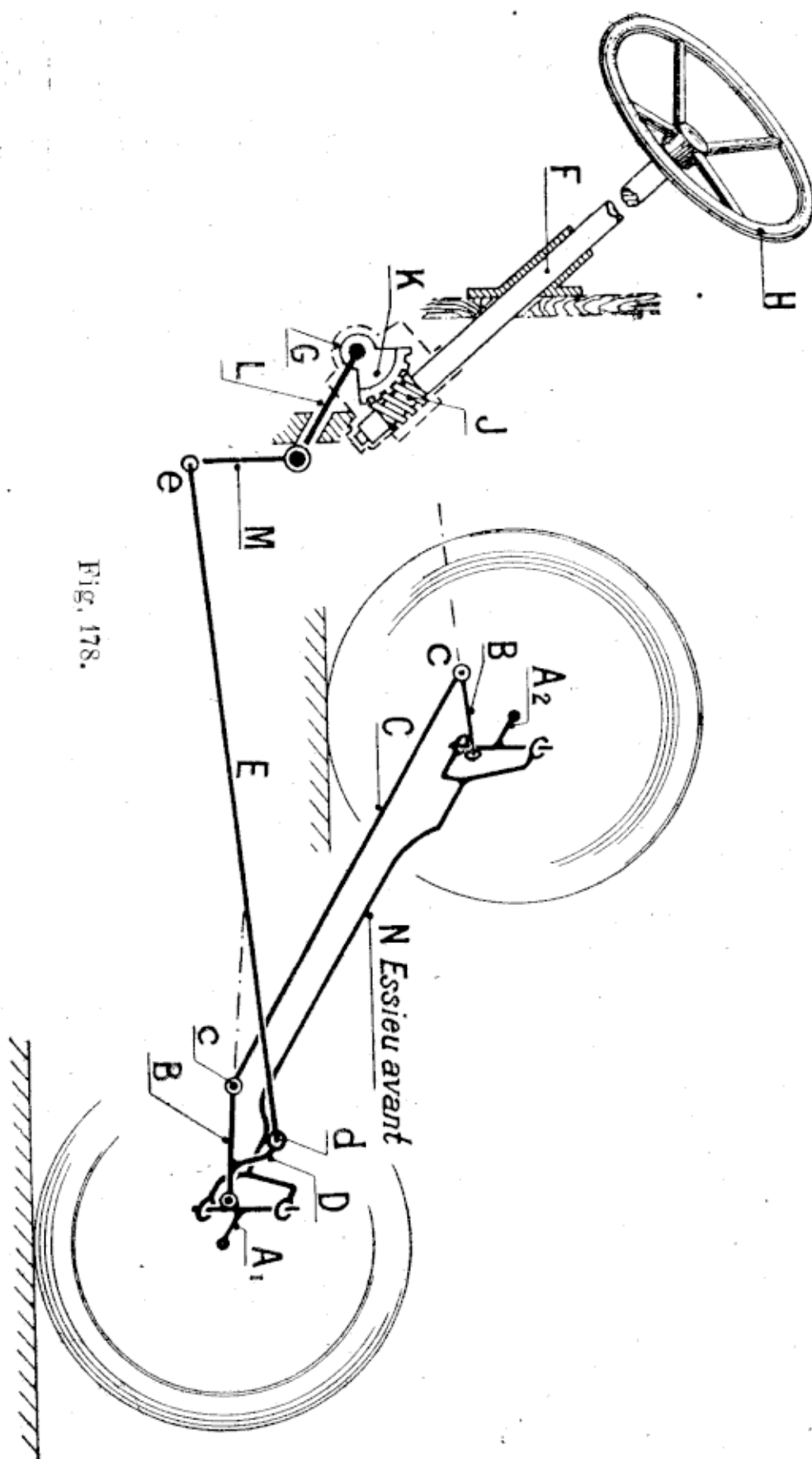


Fig. 178.

direction, attaquant ce levier pour produire le braquage dans un sens ou dans l'autre.

Comment placer cette bielle sous la dépendance du

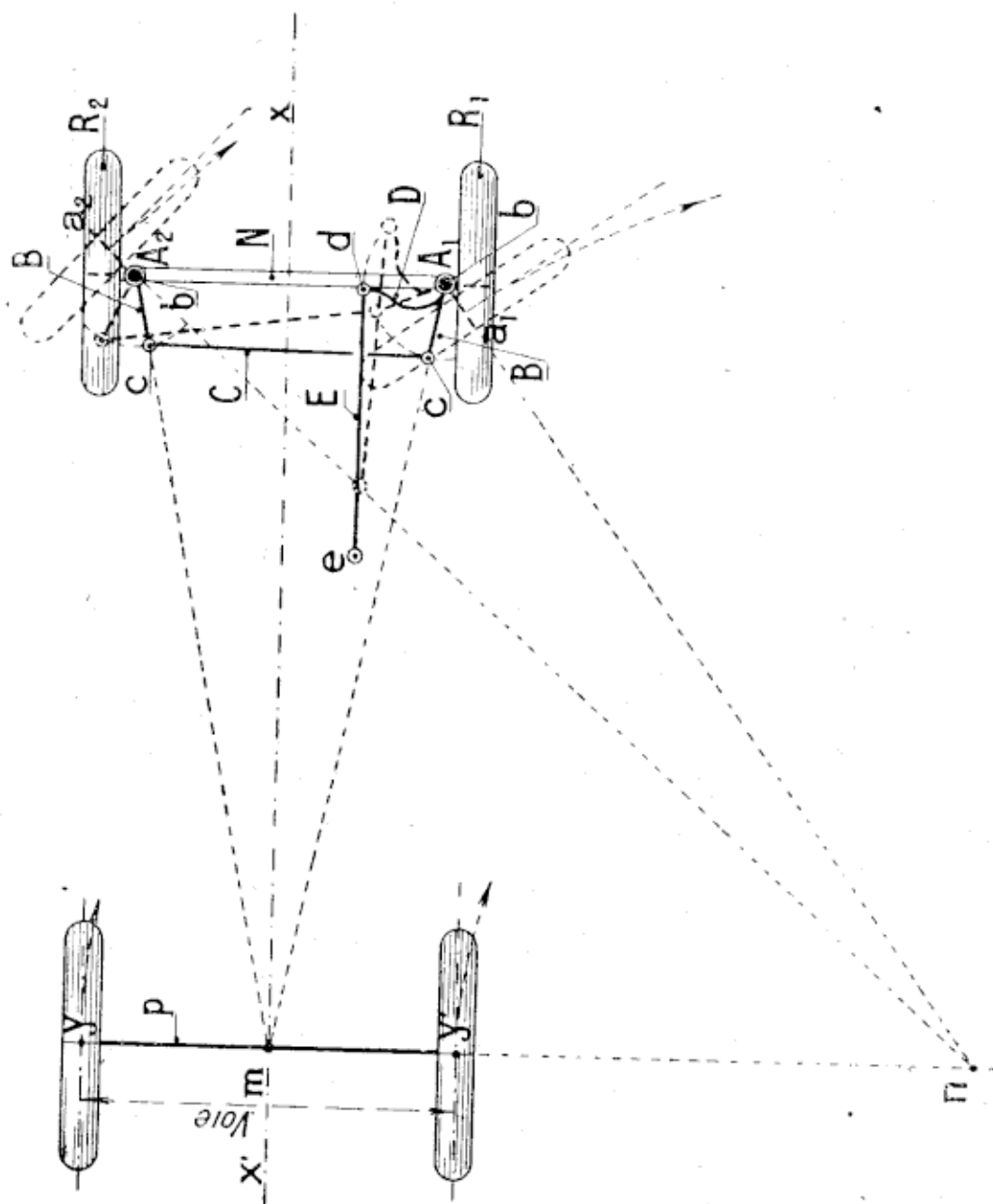


Fig. 179.

conducteur ? Toutes les automobiles portent devant le tablier, le plus souvent à droite, mais quelquefois à gauche, un *tube de direction* F, guidé par un carter G en

deux pièces rapporté sur le châssis. L'axe en est incliné pour la commodité de la manœuvre. Ce tube porte à son extrémité supérieure un volant H sur lequel agit le conducteur. Vers l'extrémité opposée, est clavetée une vis sans fin J, par exemple ; celle-ci engrène avec un secteur denté K qui n'est autre qu'une fraction de roue de vis sans fin ; l'axe L de ce secteur porte un levier M qui attaque la *bielle de direction* E ; de sorte que la rotation du volant H détermine la rotation du tube F, celle de la vis sans fin J, puis celle du secteur K et enfin celle du levier M, ce qui produit une traction ou une poussée sur la barre de commande E, et le braquage à droite ou à gauche selon le sens de rotation du volant H.

94. Conditions auxquelles doit satisfaire une direction. — Pour qu'une voiture tourne correctement, il faut qu'à tout instant du virage, les axes $A_1 a_1$, $A_2 a_2$ des fusées se coupent en un point n situé à l'aplomb de l'axe des fusées arrière (fig. 479).

La réalisation rigoureuse de cette condition n'étant pas pratique, on se contente d'une solution approchée qu'on obtient en faisant converger, au milieu m de la voie arrière, pour la position de marche rectiligne, les droites bc , bc qui joignent les projections horizontales des articulations c , c de la barre d'accouplement, et des pivots b , b des fusées. Les deux leviers B réunis par la barre d'accouplement ont naturellement même longueur.

La barre d'accouplement C est généralement constituée par un tube sur lequel sont rapportées les chapes j d'assemblage avec les leviers B (fig. 480) ; quelquefois, la jonction est à rotule.

D'une façon générale aujourd'hui, cette barre d'accouplement est disposée en arrière de l'essieu avant ; ce

dernier la protège contre les chocs ; enfin, l'esthétique y gagne.

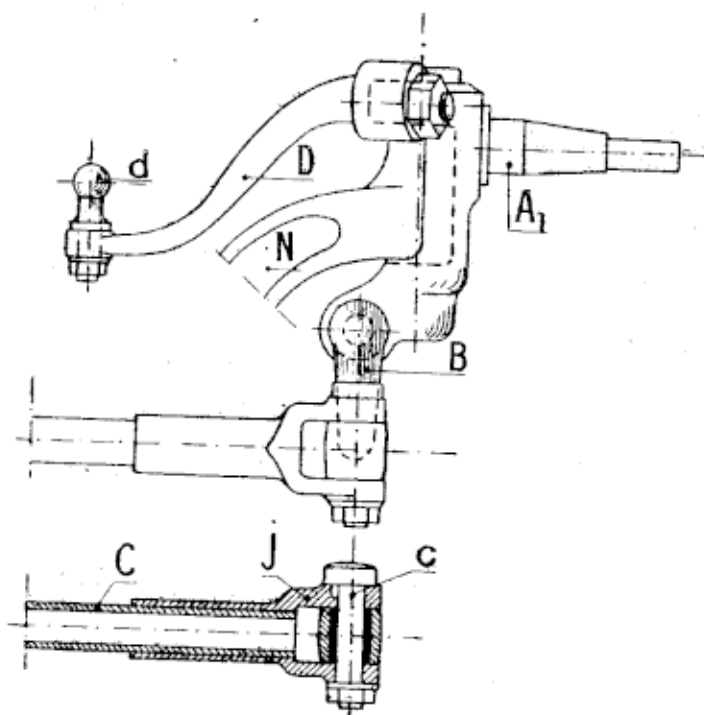


Fig. 180.

Irréversibilité. — Si les roues doivent obéir à la manœuvre du volant, il ne faut pas que, dans le cas où des chocs latéraux tendraient à les dévier, le mouvement de ces roues soit transmis intégralement au volant. Outre que la succession rapide des réactions violentes fatiguerait vite le conducteur, celui-ci ne pourrait être maître de sa direction qu'en maintenant vigoureusement le volant.

Ces inconvénients sont évités en rendant la direction *irréversible* : le volant, en tournant, peut braquer les roues ; mais la déviation de ces dernières ne peut faire tourner le volant.

Plusieurs solutions sont adoptées :

1° la transmission par *vis sans fin* et *roue* ou *secteur* ; la

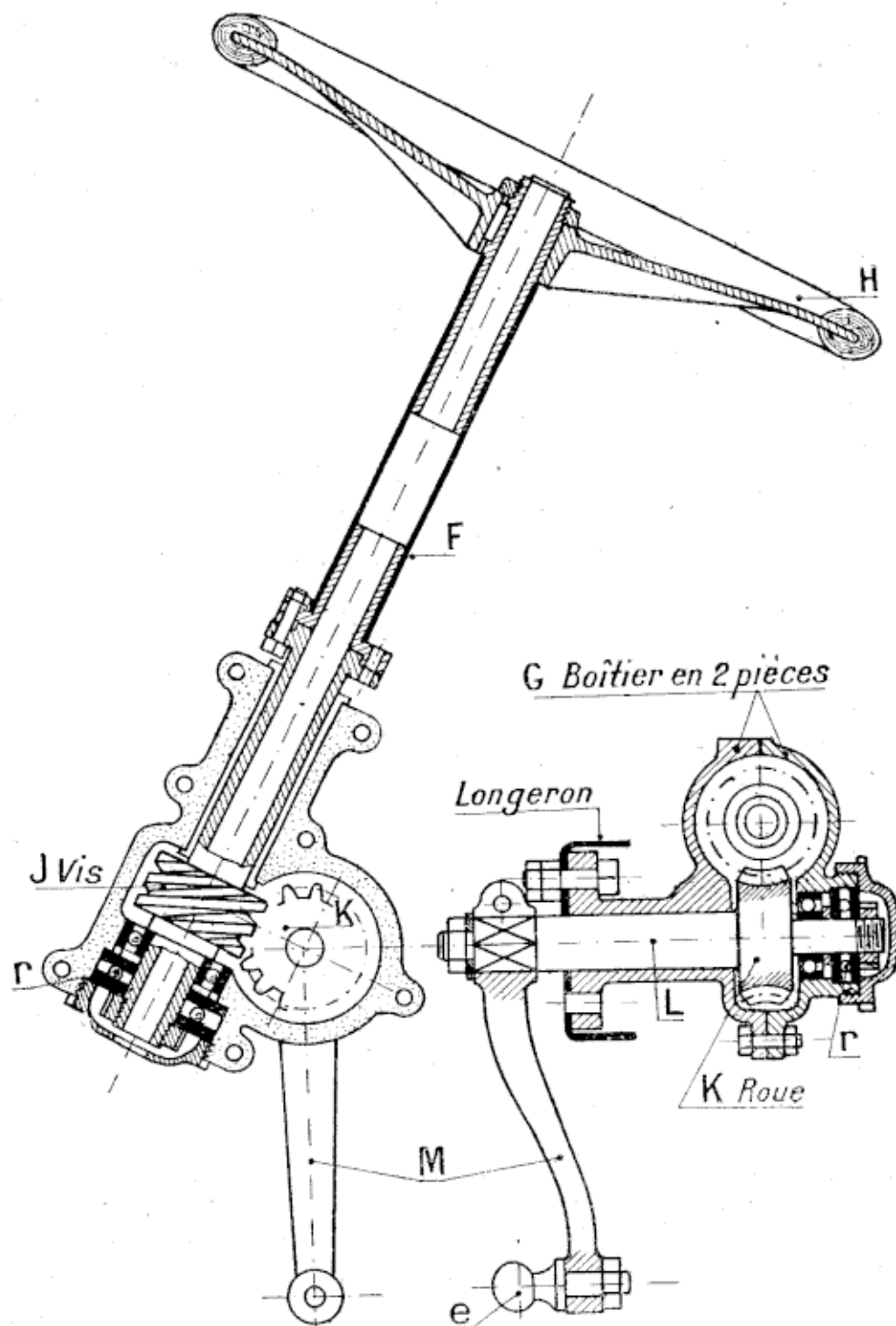


Fig. 181.

vis sans fin J peut faire tourner le secteur K, mais l'inverse est impossible (fig. 181) ;

2° la disposition à vis et écrou (fig. 182).

Le tube de direction F actionne une vis J qui s'engage dans un écrou K relié au levier de direction M ; une clavette q, s'opposant à la rotation de l'écrou, celui-ci ne peut se déplacer que suivant l'axe de la vis. Cet écrou peut porter deux tourillons o, dont les glissières o' reçoivent les branches l, l d'une fourche portée par l'axe L du levier M. Comme dans le système précédent, la vis peut faire progresser l'écrou ; mais un déplacement longitudinal de l'écrou ne peut produire une rotation de la vis.

Quelques construc-

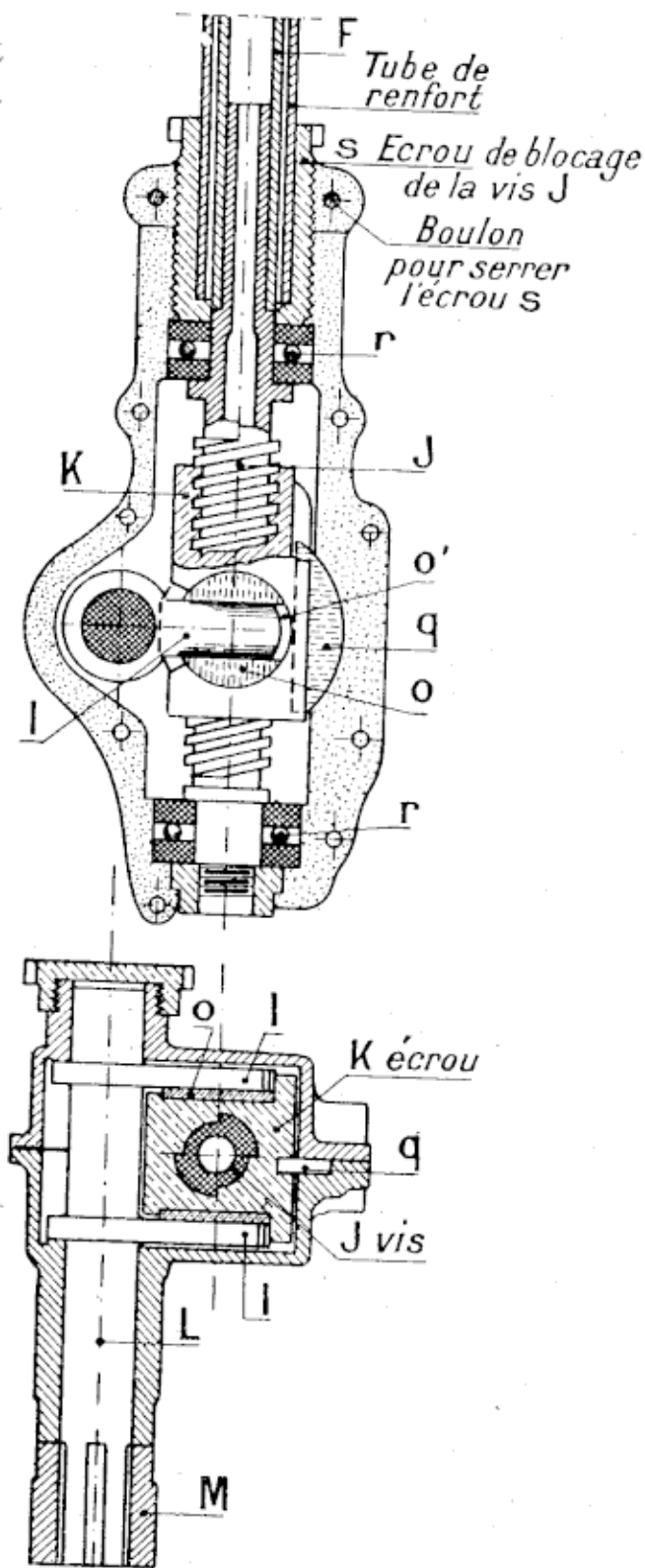


Fig. 182.

teurs adoptent la disposition inverse. Le volant fait tourner l'écrou K (fig. 183) ; c'est la vis J, qu'un guidage q

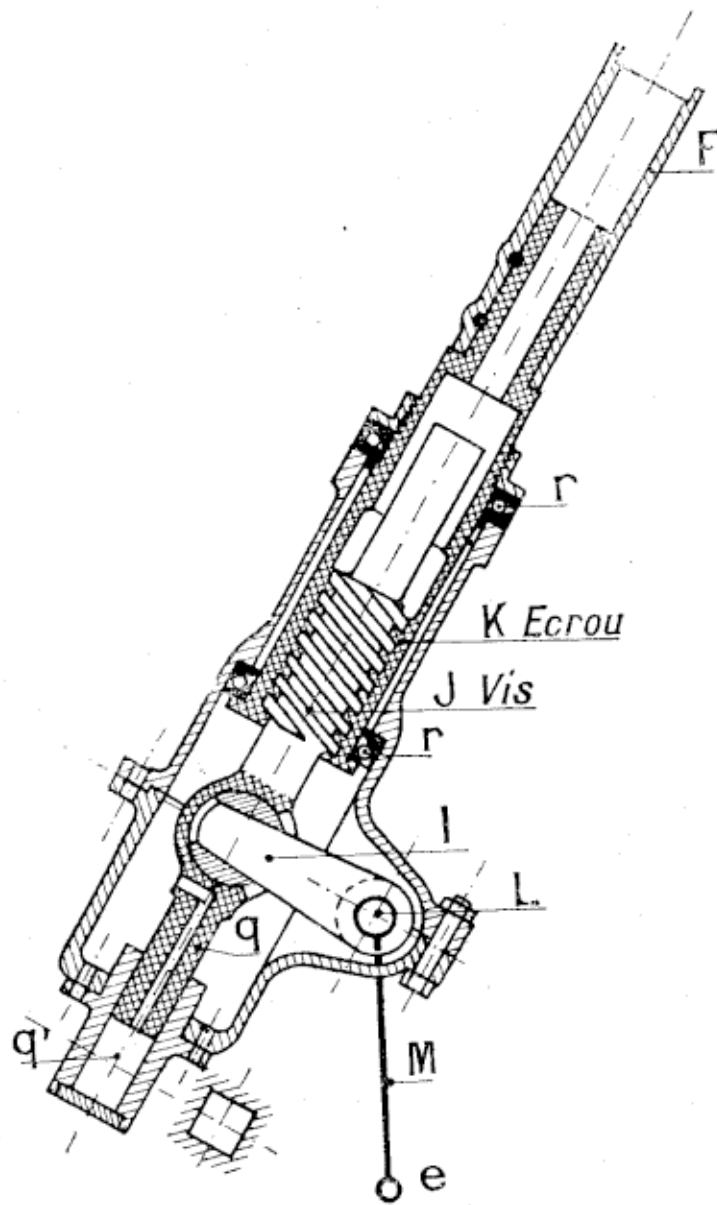


Fig. 183.

empêche de tourner, qui actionne un levier l solidaire de l'axe L du levier de direction M .

Le braquage des roues ne s'opère pas sans qu'un certain effort soit exercé sur le volant ; autrement dit, les

roues opposent à la modification de leur orientation une certaine résistance, laquelle se trouve reportée par le mécanisme sur le secteur denté, sur l'écrou ou sur la vis selon les cas, et enfin, sur l'organe commandé par le volant : vis sans fin... ; cette résistance est dirigée vers le volant ou en sens contraire, selon le côté du braquage ;

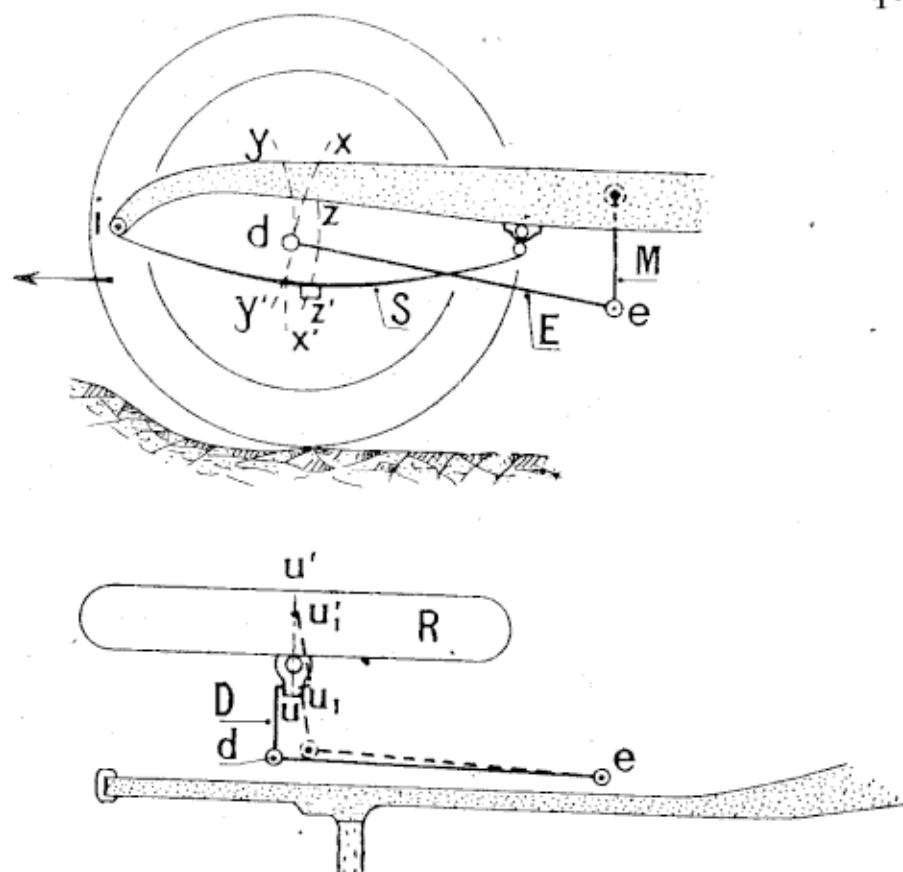


Fig. 184.

là où l'organe de commande, porté par le tube de direction, est emboîté dans le carter, elle ferait naître des frottements qui rendraient la manœuvre du volant plus dure ; des roulements à billes r sont disposés pour recevoir ces poussées.

Amortisseurs. — Avec une direction irréversible, quand les roues déviaient sous l'action d'un choc

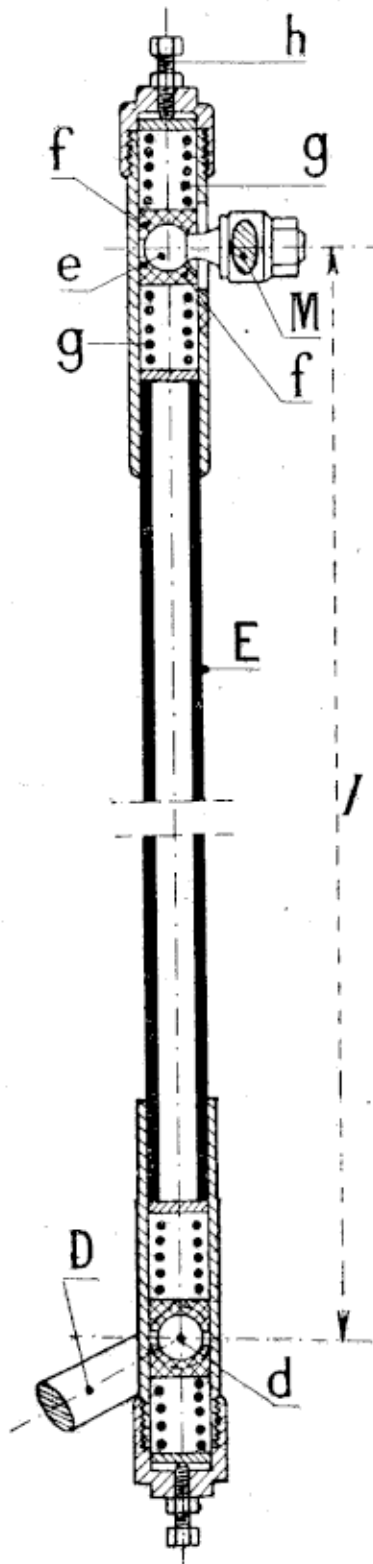


Fig. 185.

latéral, le levier de direction M demeurerait immobile, puis qu'il est solidaire du secteur K, qui est immobilisé par la vis J (fig. 178). Il en résulterait pour le mécanisme de transmission (leviers de fusée B et D, barre d'accouplement C, bielle de commande E) des déformations qui entraîneraient une fatigue exagérée de ce mécanisme et même une rupture. Pour se mettre à l'abri de tout accident, il faut, par exemple, que *la longueur utile de la bielle de commande soit automatiquement variable*.

La longueur fixe de cette bielle serait, du reste, inacceptable pour une autre raison. En effet, le volant H et, par conséquent, le levier M (fig. 184) occupant une position déterminée, supposons que la roue R, située du côté de la direction aborde un obstacle. L'essieu avant se relève de ce côté ; le ressort avant correspondant S fléchit et, par suite de la fixité de son articulation avant *i*, il fait reculer légèrement l'essieu, le point de l'essieu en face du ressort décrivant sensiblement l'arc *zz'* de centre *i*.

Du fait que l'essieu s'élève, l'articulation d , considérée comme extrémité de la bielle E , décrit un arc de cercle xx' de centre e , tandis que cette même articulation, considérée sur le levier D , décrit à peu près l'arc yy' de centre i et de courbure opposée au précédent.

Il s'ensuit que la bielle E tire à elle l'articulation d du levier D ; celui-ci fait tourner la fusée sur son pivot, et l'axe de la fusée prend une orientation u, u' , différente de uu' .

Chaque passage d'obstacle serait ainsi accom-

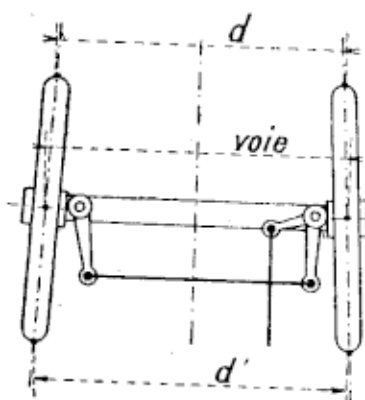


Fig. 186.

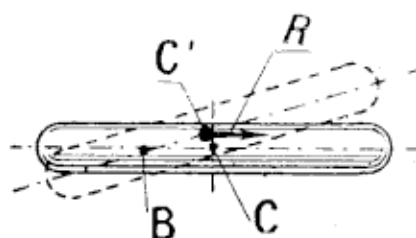
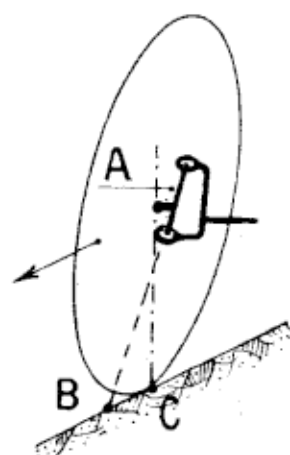


Fig. 187.

pagné d'une déviation de la voiture. La disposition, indiquée fig. 185, adoptée pour la bielle de commande, évite cet inconvénient. Le levier de direction M porte une rotule e , emprisonnée entre deux cuvettes f, f , sollicitées par des ressorts g, g , à tension réglable par vis h . Un montage analogue peut être prévu pour l'articulation avec le levier de fusée D . Plus rarement, la liaison de ce côté se fait par fourche. Grâce à la déformation des ressorts g , la distance l entre les articulations d, e est rendue variable.

95. Tenue à la route ; comment on peut l'améliorer. — On appelle tenue à la route la tendance d'un véhicule à se maintenir dans la ligne droite, lorsqu'on n'agit pas sur le volant de direction.

La tenue peut être améliorée par un léger *pincement* des roues directrices ; ces roues sont un peu moins écartées à l'avant qu'à l'arrière, la différence des distances $d' - d$ ne dépassant pas les $\frac{3}{400}$ de la voie.

Il y a aussi intérêt à donner de la *chasse* à ces roues ; le prolongement de l'axe A du pivot (fig. 187) de la fusée rencontre le sol, en un point B, en avant du point de contact C du bandage ; de cette façon, quand la roue est déviée, la réaction R du sol, qui est appliquée au bandage, dans la région C' du contact, agit pour ramener la roue dans sa position normale.

QUESTIONNAIRE

92. Quel est le rôle des roues avant ? — Comment s'opère le changement de direction ? — 93. Que portent les fusées pour permettre d'agir sur elles ? — Est-il nécessaire d'agir directement sur les deux fusées ? — Comment leurs rotations sont-elles liées ? — Sur quelle pièce agit-on pour prendre un virage ? — Comment le mouvement du volant est-il transmis à la fusée attaquée ? — 94. Que faut-il pour qu'une automobile tourne correctement ? — Pratiquement est-il possible de satisfaire à cette condition ? Alors que fait-on ? — Comment est constituée le plus souvent la barre d'accouplement ? — Où est disposée cette barre ? — Pourquoi est-elle placée en arrière de l'essieu ? — Qu'est-ce qu'une direction irréversible ? — Pourquoi faut-il que la direction soit irréversible ? — Quelles sont les transmissions couramment employées ? — Quelle est la cause principale des frottements dans une direction ? — Pourquoi est-il nécessaire de les réduire ? — Comment les diminue-t-on ? — Qu'arriverait-il si un choc latéral tendait à faire dévier l'une des roues avant ? — Quelle pourrait être la conséquence de ce choc ? — N'y a-t-il pas encore une autre raison pour laquelle la bielle de direction ne peut avoir une longueur invariable ? — Comment

évit-on qu'une déviation de la voiture se produise au passage d'un obstacle ? — 95. Qu'entend-on par tenue à la route ? — Comment améliore-t-on la tenue à la route ? — En quoi consiste le pincement ? — Qu'entend-on par donner de la chasse aux roues avant ? — Quel est l'effet de la chasse ?

EXERCICES

1. Schéma de l'ensemble du mécanisme de changement de direction avec explication de ce qui se produit quand on tourne le volant dans le sens des aiguilles d'une montre, par exemple.
- 2. Schéma indiquant l'orientation des fusées pendant un virage, ainsi que la direction des leviers réunis par la barre d'accouplement.
- 3. Croquis d'une barre d'accouplement.
- 4. Schéma d'une direction à vis sans fin et secteur, avec explication du fonctionnement.
- 5. Schéma d'une direction à vis et écrou, avec vis commandée par le volant.
- 6. Schéma d'une direction à écrou et vis, avec écrou commandé par le volant.
- 7. Schéma indiquant pourquoi, lors de la flexion d'un ressort avant, la bielle de direction ne peut avoir une longueur invariable.
- 8. Croquis d'une bielle de direction et de son articulation avec le levier de direction et le levier de fusée.
- 9. Schéma d'un train avant avec roues pincées.
- 10. Schéma d'une roue ayant de la chasse.

CHAPITRE XVI

LE FREINAGE

SOMMAIRE : Nécessité du freinage. — Principe du freinage. — Types divers de freins : frein à mâchoires extérieures ; frein à segments intérieurs ; garniture. — Nombre de freins et emplacement des freins. — Action du freinage sur le mécanisme. — Puissance de freinage de chacun des freins. — Organes de commande des freins. — L'organe de commande d'un frein doit-il débrayer ? — Choix du type de frein pour les freins de différentiel et de roues. — Timonnerie. — Réglage des freins. — Limite de la pression de freinage. — Freinage sur les quatre roues. — Freinage par le moteur.

96. Nécessité du freinage. — Une voiture roule à une vive allure. De quels moyens dispose son conducteur pour la ralentir, puis l'arrêter ?

Il peut, par exemple :

1° fermer complètement le robinet d'admission des gaz ; manœuvre peu recommandable, puisque le moteur étant arrêté, il n'est plus possible de diriger la voiture sans procéder à un nouveau lancement ;

2° ouvrir moins complètement l'étrangleur des gaz, de façon que le moteur n'emballe pas, puis débrayer, afin de déliaisonner le moteur d'avec l'arbre primaire du changement de vitesse. A partir de ce moment, l'inertie de la voiture devient motrice ; c'est le véhicule qui, par suite de sa vitesse, entraîne les roues, qui se

développent alors sur la route comme lorsqu'elles étaient mues par leurs arbres.

Ces roues font donc tourner leurs axes, les planétaires (1), la couronne du différentiel, les arbres de la boîte des vitesses ainsi que les engrenages correspondant à la vitesse utilisée au moment du débrayage : du reste, toute cette transmission avait aussi, à cet instant, une certaine vitesse.

Evidemment, en palier ou sur une côte, la voiture ralentirait, mais le ralentissement ne s'effectuerait que peu à peu. Dans une descente assez forte, le poids du véhicule interviendrait même pour accélérer l'allure ; or, la sécurité de marche exige un arrêt rapide, sûr, et sans conséquence désastreuse ni pour les voyageurs, ni pour le véhicule.

97. Principe du freinage. — Cet arrêt ne peut être réalisé qu'en développant une résistance à la rotation, en un point de la transmission, par exemple, entre la boîte des vitesses et les roues.

Cette résistance s'obtient en *pressant, sur une surface cylindrique solidaire de la transmission, une autre surface cylindrique reliée au châssis*. L'ensemble de ces deux surfaces constitue un *frein* ; celui-ci est complété par la commande de la pièce qui oblige la seconde surface à s'appliquer sur la première commande qui comprend elle-même :

1° l'organe sur lequel agit le conducteur : *pédale de frein, et levier de frein* ;

2° la *timonnerie*, ensemble des axes, leviers et tringles

(1) Se reporter au chapitre : Transmission du mouvement de la boîte de vitesses aux roues.

qui transmettent le mouvement de l'organe précédent à la pièce qui agit sur la surface mobile.

98. Types divers de freins. — Les freins actuellement en usage, sont du type à *mâchoires extérieures* ou du type à *segments intérieurs*.

Freins à mâchoires extérieures (fig. 188 et 189). Une poulie A est solidaire de l'organe en rotation ; deux mâchoires B, C, articulées sur un axe fixe *a*, peuvent être rapprochées, et, par conséquent, serrées sur le *tambour* A

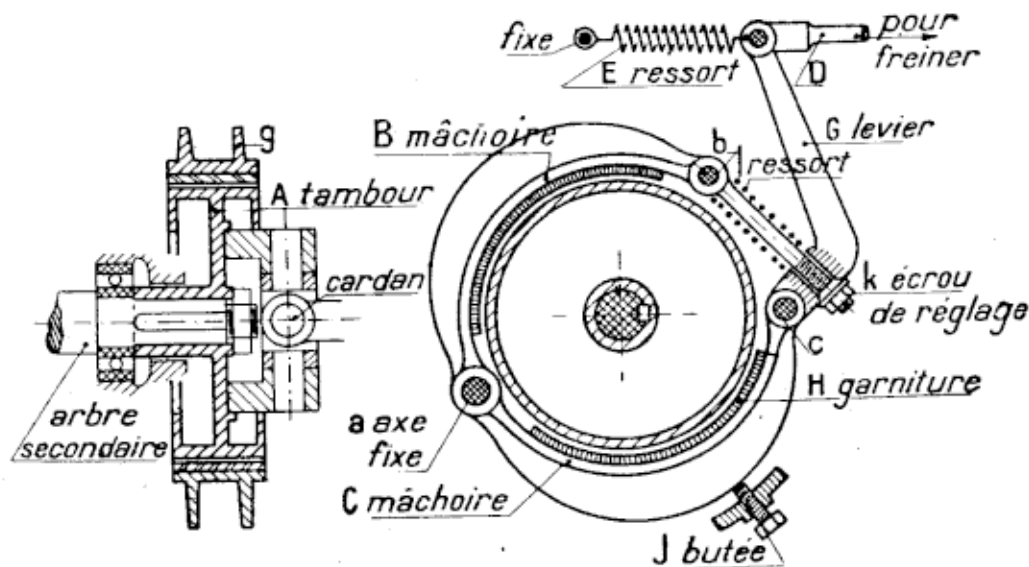


Fig. 188.

quand on tire sur la tige D ; lorsque la tige est abandonnée, un ressort E agit pour la ramener dans sa position initiale.

Dans la fig. 188, le levier G n'a pas de point fixe : une traction opérée sur la tringle D fait d'abord osciller le levier autour de l'articulation *c*, et, par là même, applique la mâchoire B sur le tambour ; la rotation du levier s'effectue ensuite autour de la rotule de l'écrou *k*, ce qui produit le serrage de la seconde mâchoire C.

Lorsque la tringle D redevient libre, le poids des mâchoires, celui du levier et de la tringle agissent pour amener le frein à pivoter autour de l'axe *a* et faire retomber la mâchoire B sur le tambour ; on évite, autant que possible, cet inconvénient en limitant l'ouverture de la mâchoire C par un repos réglable J, et en maintenant la mâchoire B écartée par un ressort I. La butée J a aussi pour effet de réduire l'amplitude des oscillations des mâchoires aux cahots de la route, et par conséquent d'atténuer le bruit ;

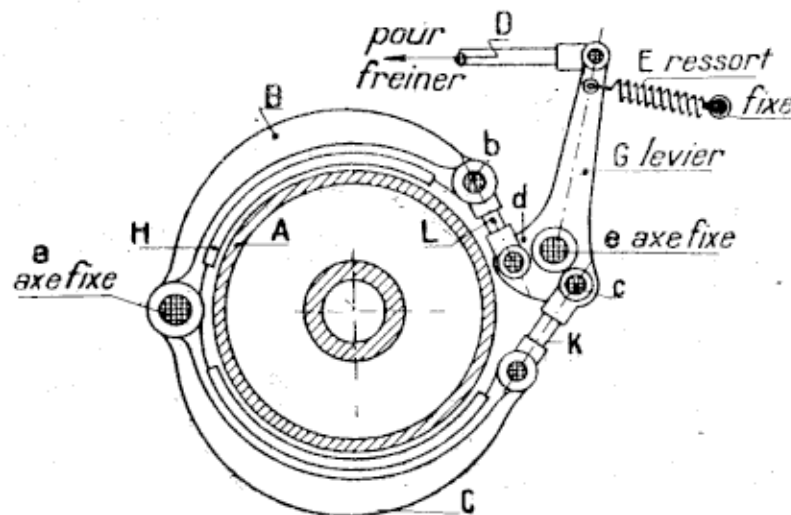


Fig. 189

une butée analogue peut être disposée en face de l'autre mâchoire.

Dans la fig. 189, le levier G est articulé sur un axe fixe *e* ; les déplacements des deux mâchoires sont simultanés ; mais, alors que dans le cas précédent le serrage était identique pour les deux mâchoires, le contact peut très bien, grâce à cette disposition, s'opérer avec l'une d'elles et non pas avec l'autre. L'utilisation, dans les mêmes conditions, des deux surfaces frottantes exige une détermination exacte des longueurs des bielles K, L ou de la position de leurs points d'attache *c*, *d* sur le levier.

Frein à segments intérieurs (fig. 190). — La surface de frottement du tambour A est intérieure. Contre cette surface peuvent venir s'appliquer deux *segments* B, C, articulés sur le même axe fixe *a*, ou quelquefois sur deux axes différents ; ces segments agissent par leur surface extérieure. Leur écartement résulte de la rotation d'une came ou

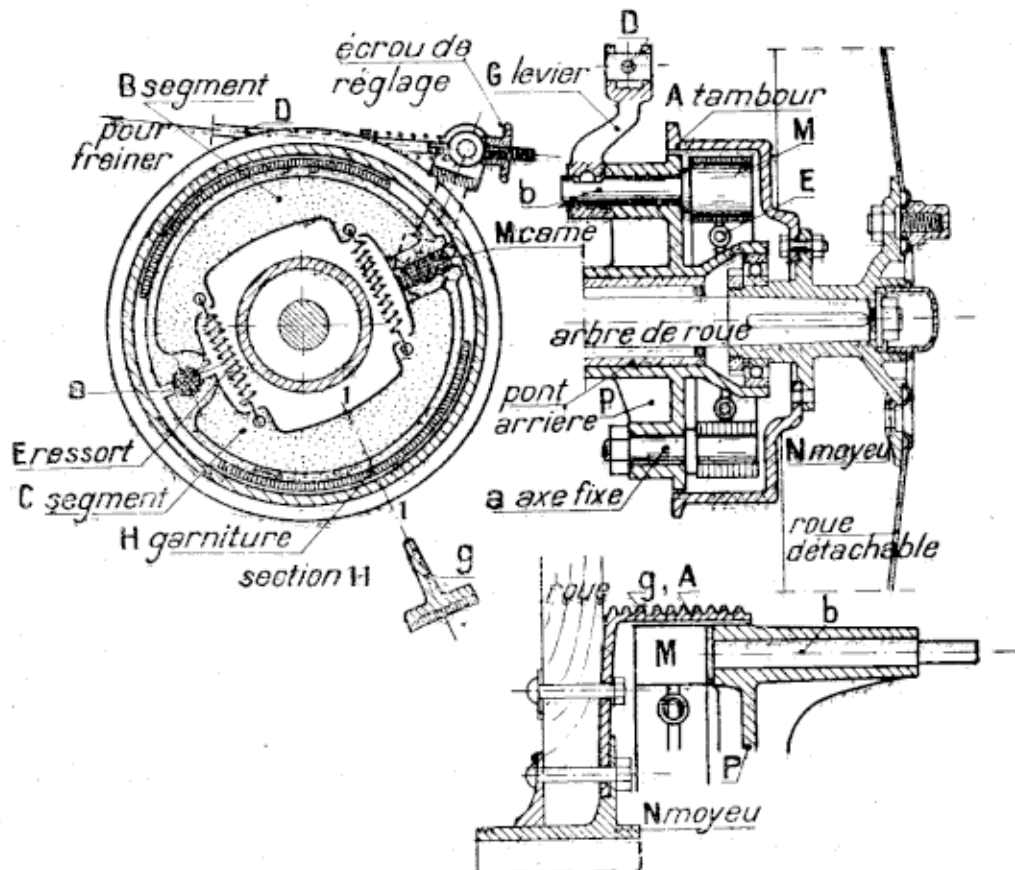


Fig. 190.

noix M, solidaire de l'axe *b* du levier G, actionné par la tringle D. L'axe *b* de cette came tourne dans un alésage fixe ; le serrage simultané et égal des deux segments exige que ceux-ci soient identiques.

Quand la tringle D cesse d'agir, les ressorts E rapprochent les segments et les éloignent légèrement du tambour.

Une voiture en marche possède une certaine énergie, fonction de son poids et de sa vitesse ; si, par le freinage, elle est amenée à l'arrêt, son énergie devient nulle. De cette énergie qui a disparu, une partie a été absorbée par les diverses résistances qui, normalement, s'opposent au déplacement de la voiture — en particulier, résistance au roulement offerte par le sol, roulement des moyeux sur les fusées des essieux — le reste est converti en chaleur, sur les surfaces de freinage, par l'action même du serrage des mâchoires ou des segments.

Le maintien en bon état des surfaces frottantes exige que l'élévation de température de ces surfaces ne soit pas exagérée. Le métal du tambour et des segments étant bon conducteur, la chaleur dégagée sur les surfaces de frottement se dissémine dans la masse des organes et se transmet ensuite à l'air ambiant. La facilité avec laquelle cette chaleur s'échappe vers l'extérieur ne peut être qu'avantageuse. On l'augmente en ménageant sur la poulie des freins intérieurs des cannelures circulaires g , (fig. 400). Les fortes nervures g que portent les segments intérieurs, ou les mâchoires extérieures, tout en assurant la rigidité de ces pièces, concourent également au même but.

Garniture. — Bien que le freinage soit une opération dispendieuse — il correspond, en effet, à une perte d'énergie, il détermine l'usure des surfaces frottantes et entraîne une fatigue de tout le véhicule — il y a nécessité d'y recourir assez fréquemment ; dans une descente longue et accentuée, la durée du serrage peut même être prolongée.

Il convient de reporter l'usure sur une garniture H (fig. 488, 489, 490) d'un remplacement facile et peu coûteux, formée d'une matière bonne conductrice de la chaleur,

pour que la chaleur ne demeure pas localisée là où s'opère le frottement, susceptible de s'accommoder d'une forte élévation de température, et enfin, suffisamment résistante à l'usure, pour ne pas nécessiter de changements trop fréquents. On adopte le plus souvent une garniture métallique. La poulie de frein est dure, en acier ; les mâchoires ou les segments sont pourvus de patins en métal tendre : fonte douce, bronze ou laiton. Quelquefois aussi, la garniture est en ferodo.

99. Nombre de freins et emplacement des freins.

— Tout véhicule automobile comporte obligatoirement deux systèmes distincts de freinage, dont l'un, au moins,

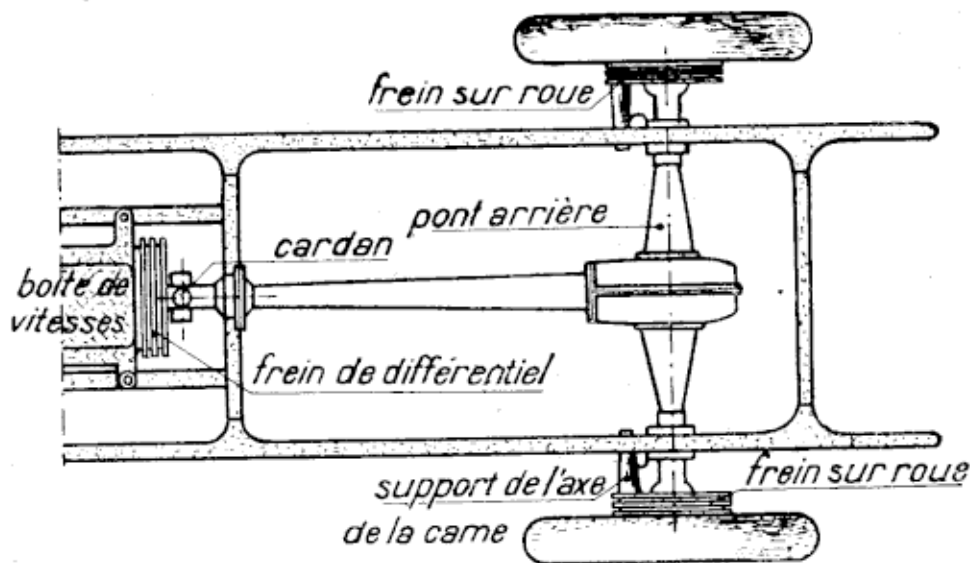


Fig. 191.

agit directement sur les roues. C'est naturellement aux roues motrices, c'est-à-dire aux roues arrière que s'applique le freinage. Quand les roues arrière ne portent chacune qu'un frein, le second frein est disposé sur l'arbre secondaire de la boîte des vitesses ; il est dit *rein sur la transmission*, *frein sur le mécanisme* ou encore *frein de différentiel* (fig. 191).

400. **Action du freinage sur le mécanisme.** — La fatigue du mécanisme n'est pas la même, selon que l'on utilise le frein de différentiel ou le frein sur roues.

Le moteur étant débrayé, supposons qu'on agisse sur ce dernier frein. C'est le véhicule qui fait tourner les roues ; celles-ci, actionnant tout le mécanisme de transmission jusqu'à l'embrayage, le font tourner à la vitesse que lui imposent les roues, sans rencontrer de résistance appréciable, puisque son extrémité, côté embrayage,

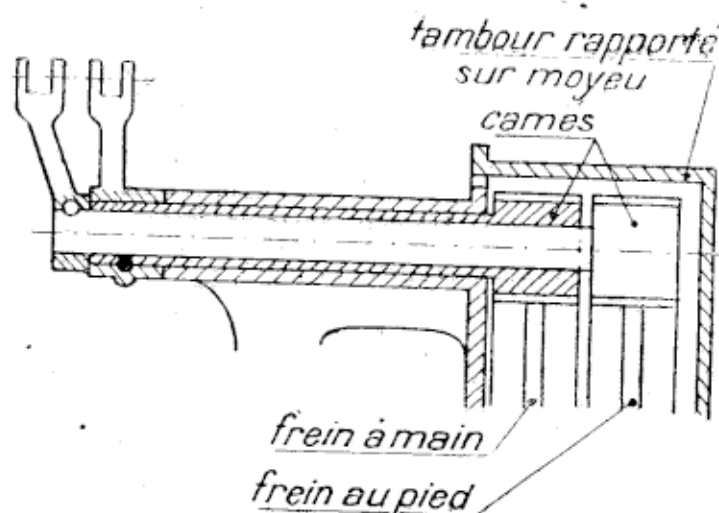


Fig. 192.

est libre ; il ne supporte donc qu'une fatigue insignifiante.

Il en est tout autrement lorsqu'on serre le frein de différentiel. Comme dans le cas précédent, les roues sont entraînées par la voiture et entraînent à leur tour le mécanisme, en particulier l'arbre secondaire de la boîte des vitesses ; mais la rotation de celui-ci est contrariée par le freinage. Tous les organes, compris entre le frein de différentiel et les roues, sollicités par deux actions contraires — mouvement des roues et tendance à l'arrêt

venant du frein — se trouvent, de ce fait, soumis à des efforts qui peuvent devenir dangereux si le freinage est brutal. C'est pourquoi certains constructeurs disposent les deux freins sur chacune des roues arrière (fig. 492).

401. Puissance de freinage de chacun des freins.

— Une pression déterminée des sabots crée une résistance à la rotation appliquée au tambour de frein. En une seconde, pour un certain rayon de la surface de frottement, ce tambour subira, pour ainsi dire, cette résistance sur un parcours d'autant plus long que le nombre de tours par seconde sera plus élevé. Autrement dit, à égalité de dimensions, à égalité de serrage des sabots et pour des substances frottantes identiques, le freinage est d'autant plus énergique que l'arbre auquel il est appliqué tourne plus vite. Puisque les arbres des roues tournent moins vite que l'arbre de transmission, le freinage sur le mécanisme est plus actif que le freinage sur roues ; en d'autres termes, il suffit d'une pression moindre sur les sabots du frein de différentiel pour produire le même effet.

Comme l'efficacité du freinage, pour une pression déterminée, augmente avec le chemin parcouru en une seconde par un point de la surface frottante mobile, il y a tout intérêt à accroître ce chemin en prenant un tambour de frein d'un diamètre suffisant. Cela permet d'obtenir un freinage énergique en n'exerçant qu'une pression modérée ; d'où, une usure moins rapide des patins et une fatigue moindre du conducteur, en cas de freinage prolongé.

402. Organes de commande des freins.

— L'un des freins est commandé par l'action de la main sur un levier ; l'autre, par la pression du pied sur une pédale.

En agissant sur le levier, le conducteur peut exercer un effort d'environ 40 kg. ; sur la pédale, il ne dispose que d'un effort d'environ 20 kg.

Il est tout naturel que le frein qui exige le moindre serrage pour produire un effet déterminé, soit commandé par l'organe sur lequel ne peut s'exercer normalement que le plus petit effort : c'est donc le frein de différentiel qui est actionné par la pédale. Il est logique aussi que ce frein soit le plus fréquemment employé, puisque c'est celui qui impose la moindre fatigue. Cela offre, en outre, l'avantage de laisser au conducteur la liberté de ses deux mains.

Le frein sur roues est commandé par le levier.

Le frein de différentiel est utilisé pour les ralentissements dans les agglomérations, pour les freinages de peu de durée. Le frein sur roues vient à son secours pour les arrêts sur un faible parcours ; c'est à lui qu'on recourt pour bloquer la voiture à l'arrêt. Il constitue le véritable frein de sûreté, alors que le premier est plutôt un organe de commodité pour la conduite.

Quand les deux freins sont montés sur roues, ils sont identiques ; l'un est commandé par le levier, l'autre par la pédale.

La pédale de frein est placée à côté de celle d'embrayage et à droite (fig. 197). Quant au levier de frein, il est disposé près du levier de changement de vitesse. Quelquefois même, les arbres sur lesquels ils sont calés sont concentriques. Une pièce arrêtoir *s*, sollicitée par un ressort *r* (fig. 193) s'engage dans l'un des crans d'un secteur fixe *S* et maintient le levier dans la position où il a été amené. Le changement de position s'obtient après dégagement de l'arrêtoir par pression sur le bouton *t*.

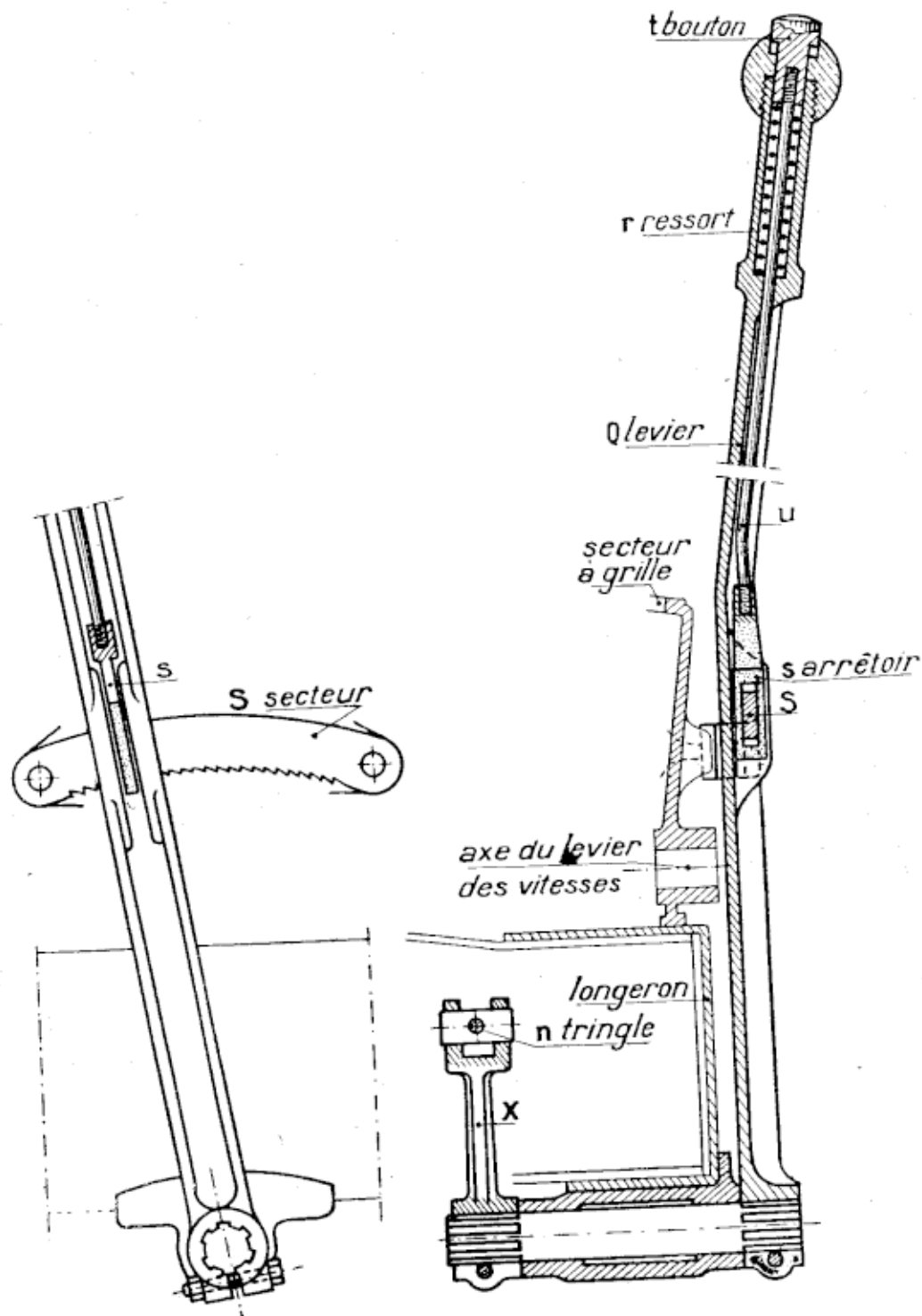


Fig. 193.

103. L'organe de commande d'un frein doit-il débrayer ? — Quelquefois, le débrayage est rendu obligatoire pendant le freinage par pédale, cette dernière étant disposée pour agir en même temps sur le débrayage. Cette fonction supplémentaire n'offre pas davantage vraiment sérieux, au contraire. Pour repartir sur une rampe après un freinage, il faut, avant d'embrayer, desserrer complètement le frein, ce qui, sur une côte un peu raide, entraîne la voiture à reculer, et par conséquent, rend plus difficile le démarrage ; celui-ci ne peut guère se faire que par un embrayage un peu brutal.

D'autre part, dans une descente, la manœuvre du frein, en supprimant la liaison du mécanisme et du moteur, ne permet plus à ce mécanisme, entraîné par la voiture, de faire tourner le moteur, gaz fermés, lequel autrement forme frein.

104. Choix du type de frein, pour les freins de différentiel et de roues. — Actuellement, le frein à segments intérieurs est le plus employé : sa forme est simple ; c'est le moins encombrant. De plus, il est facile à envelopper et, par conséquent, à protéger contre la boue et la poussière qui en pénétrant entre les surfaces frottantes les détérioreraient et en accéléreraient l'usure. On l'adopte d'une façon constante pour les roues.

La fig. 190 montre sa disposition : la couronne de frein A est rapportée sur le moyeu N de la roue ; l'axe d'articulation des segments *a* et celui de la noix *b* sont soutenus par un plateau P formant en quelque sorte le couvercle de la cuvette de frein, et rapporté sur le pont arrière.

La facilité de démontage fait quelquefois adopter pour le frein sur mécanisme le type à mâchoires extérieures.

405. Timonnerie. — La pédale, le levier à main et le levier du frein à mâchoires extérieures ou l'axe de la noix du frein à segments, sont connectés par tiges, leviers, renvois de sonnette; les proportions de ces leviers sont telles que le freinage soit réalisé sans effort exagéré du conducteur.

La fig. 194 représente la commande par pédale d'un

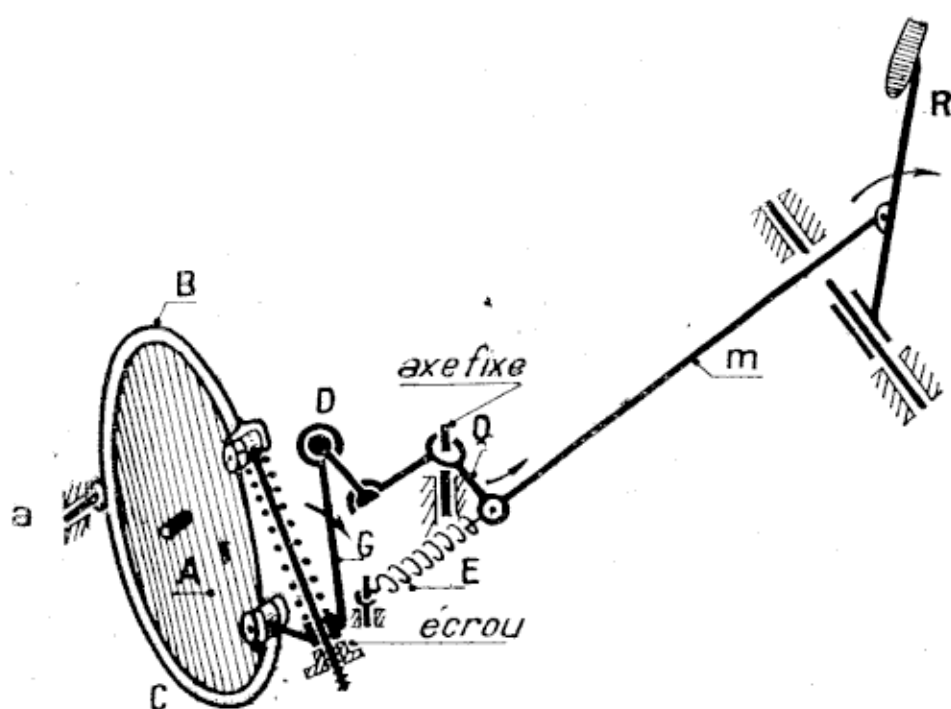


Fig. 194.

frein extérieur sur mécanisme. La fig. 195 montre une timonnerie de frein intérieur sur roues; avec la disposition indiquée, les déplacements imprimés aux tringles p_1 , p_2 sont identiques; donc, ces tringles font tourner d'un même angle les cames M_1 , M_2 des deux freins. Il peut se faire que, par suite de l'inégalité des longueurs des deux tringles, résultant d'un réglage défectueux, une came doive tourner d'un angle plus faible que l'autre pour produire le même serrage des segments. Dans ce

cas, la rotation de la came du frein qui serre le premier limitera la rotation de celle de l'autre frein dont les segments ne frotteront pas ou serreront peu. Il convient pourtant d'ajouter que l'arbre U est un peu élastique, et que son extrémité U_1 , étant arrêtée, il continuera de tour-

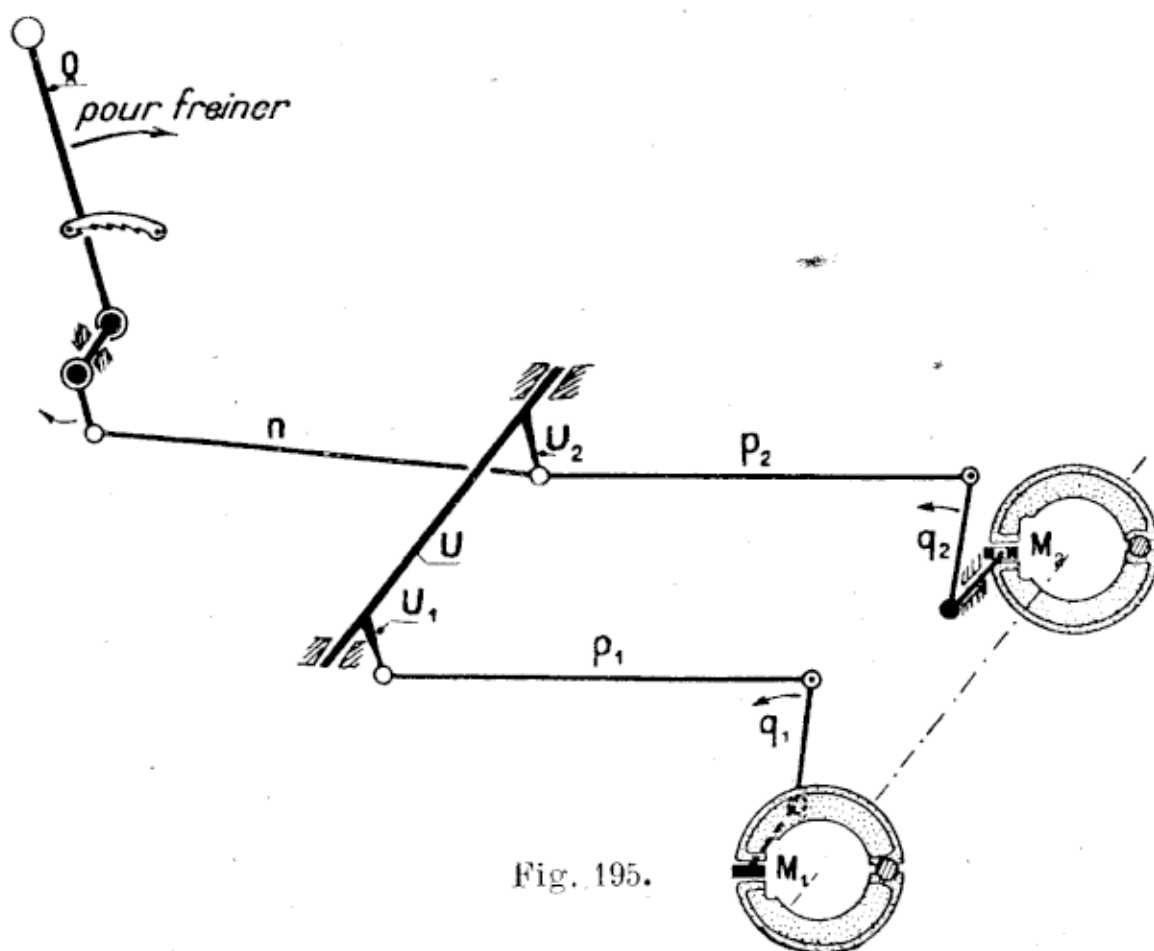


Fig. 195.

ner légèrement en se tordant, sous l'effort exercé sur le levier U_2 .

Cependant, quelques constructeurs estiment préférable d'interposer un palonnier V (fig. 196) entre les tringles p_1 , p_2 qui agissent sur les leviers q_1 , q_2 des comes et la tringle n , commandée par le levier de frein.

Si le frein de droite F_2 serre d'abord, le palonnier, sous

la traction exercée par n , pivote autour de son articula-

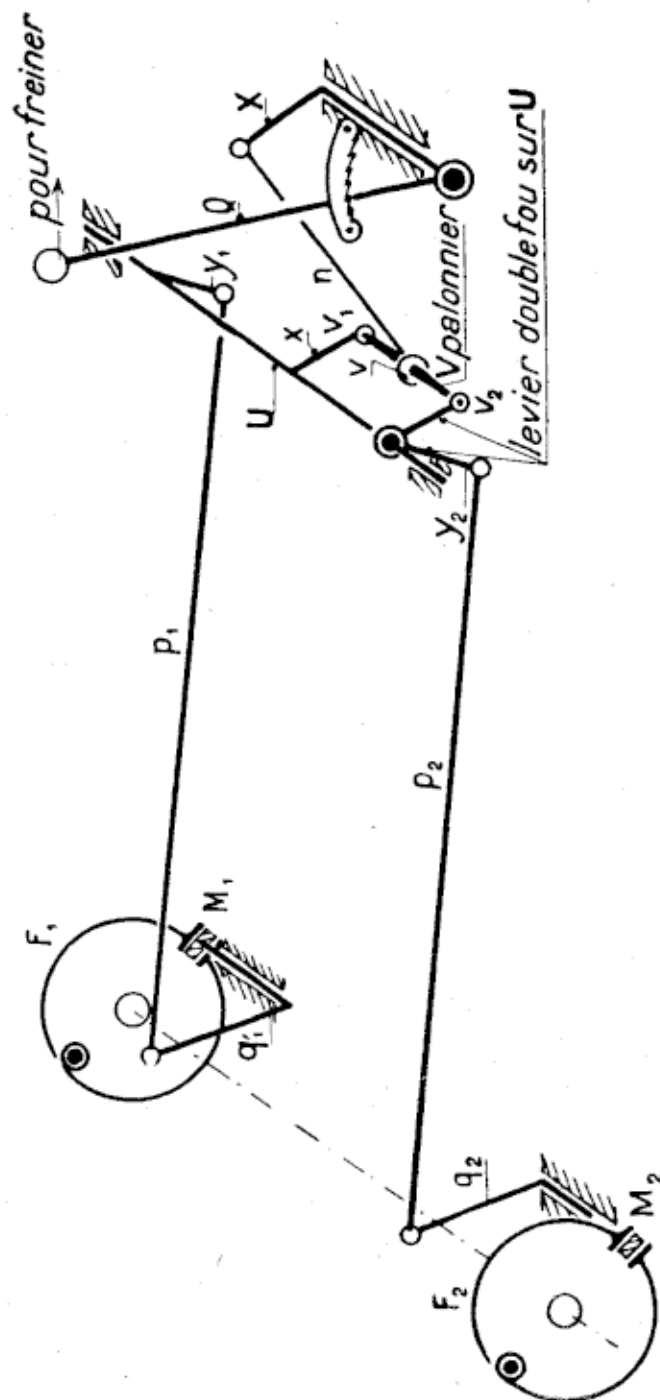


Fig. 196.

tion v_1 , devenue fixe, et continue à faire tourner par le levier x , l'arbre U , et, par là même, le levier y_1 ; et cela,

jusqu'à ce que la pression se produise aussi sur le frein de gauche F_1 .

Non seulement le palonnier assure le contact des deux côtés, mais il intervient aussi pour égaliser les pressions exercées par les deux freins.

106. **Réglage des freins.** — La promptitude du freinage exige que les garnitures soient à une faible dis-

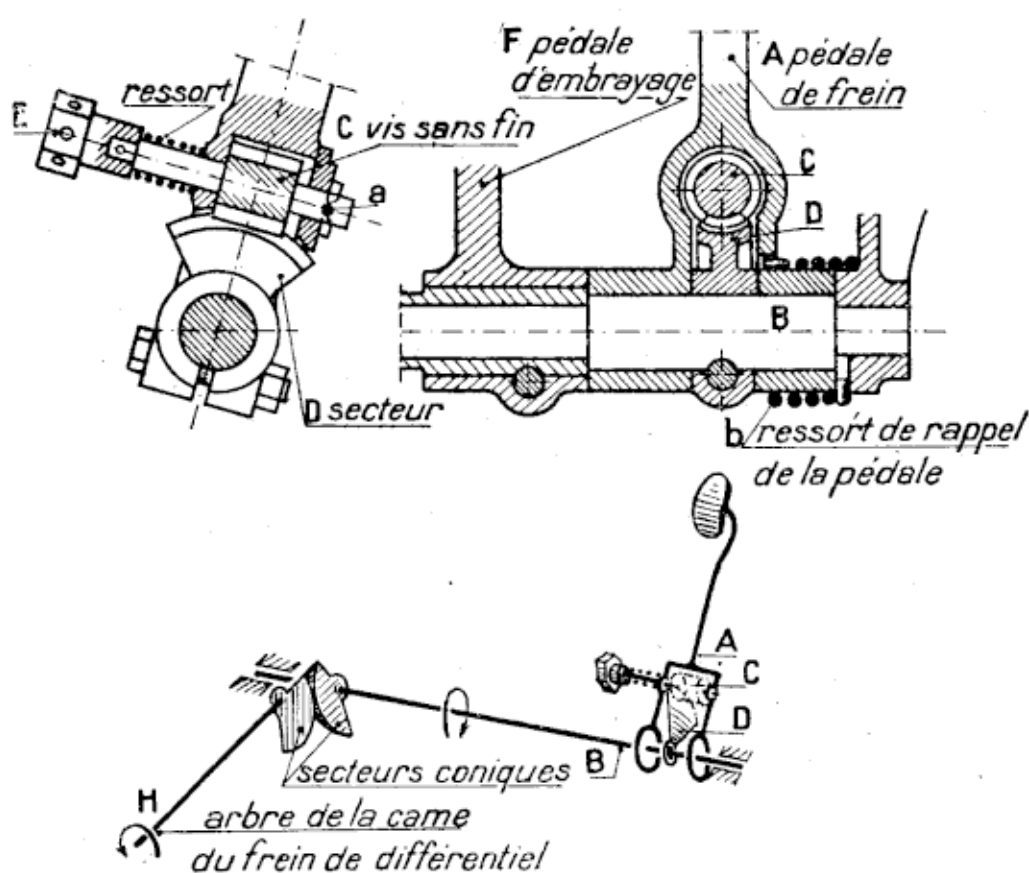


Fig. 197.

tance du tambour quand la pédale est au repos; ou quand le levier est amené au cran extrême du secteur. Or, même métalliques, les garnitures des segments s'usent rapidement; il en résulte une amplitude plus grande du mouvement de la pédale ou du levier, avant qu'il y ait

contact de la garniture et du tambour, et, par conséquent, une course inutile avant freinage. Un réglage est nécessaire ; il consiste à ramener les garnitures à une faible distance de la poulie de frein quand la pédale est au repos ou le levier au cran extrême.

A cause de la fréquence de cette opération, les disposi-

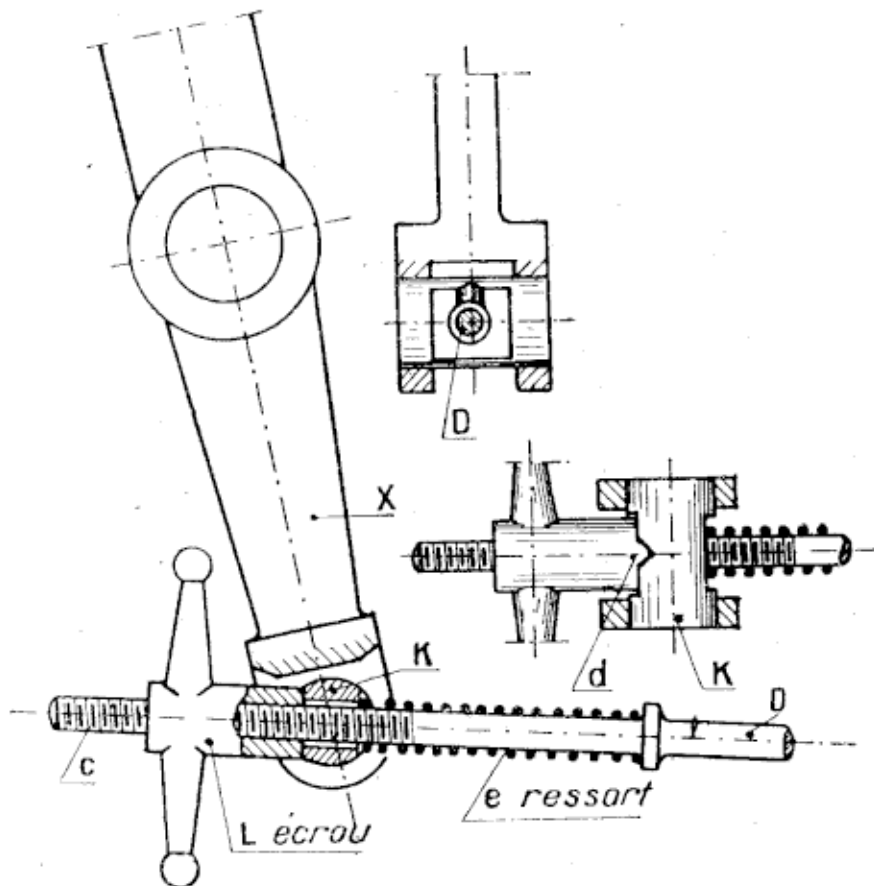


Fig. 198.

tifs sont souvent tels qu'elle puisse se faire sans l'aide d'instruments ou, tout au plus, avec une clef.

Le réglage est obtenu soit par *modification du calage de la pédale ou d'un levier sur son arbre*, soit par le *raccourcissement d'une tringle*.

La figure 197 donne un exemple du premier moyen.

La pédale A est folle sur son axe B ; elle porte une vis sans fin C qui engrène avec un secteur D solidaire de cet axe ; une rotation du six pans E, après pression pour dégager la goupille *a*, fait tourner la vis C ; si la pédale est supposée fixe, le secteur D tourne et entraîne l'arbre B, ainsi que la tringlerie correspondante.

Quant au raccourcissement des tringles, il s'opère fréquemment suivant le mode indiqué par la fig. 198. L'extrémité filetée *c* de la tringle D passe librement dans

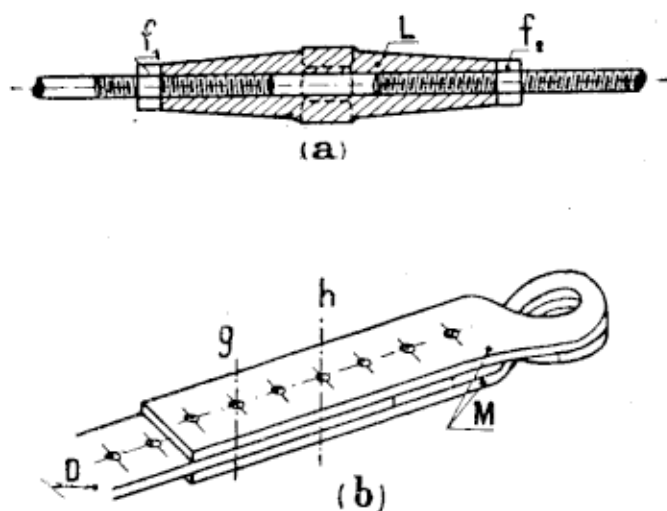


Fig. 199.

un axe K, articulé sur le levier X, et s'engage dans un écrou à manette L ; il suffit de tourner cet écrou d'un nombre convenable de demi-tours après l'avoir tiré pour dégager la saillie *d*. Après rotation, la saillie est abandonnée dans l'encoche correspondante de l'axe ; un ressort *e* l'y maintient et fixe l'écrou dans la position où il a été placé.

Deux autres dispositions sont indiquées (fig. 199 *a* et *b*). En *a*, la modification de longueur s'obtient par rotation de la douille L à pas contraires, maintenue ensuite par les

contre-écrous f_1 et f_2 . En b , chaque lame d'attaque p_1, p_2 des leviers des freins des roues arrière est fixée par deux boulons g, h , entre les deux parties d'une attache M. Les boulons étant enlevés, il est possible, en faisant glisser la lame, de raccourcir sa longueur utile d'une distance de deux trous. Cette disposition, utilisée pour les rattrapages importants, est complétée par l'une des précédentes pour les réglages courants.

Si le raccourcissement s'opère sur la tringle n qui suit l'arbre du levier de frein Q (fig. 195), le résultat se fait sentir également sur les freins des deux roues, qui

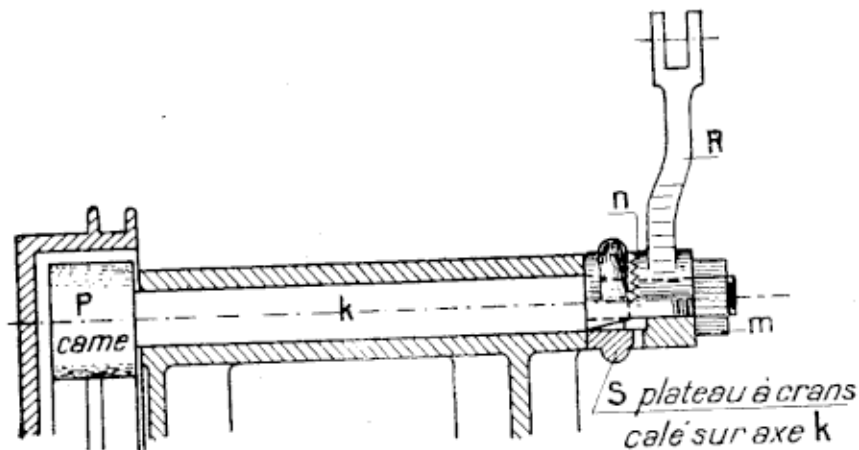


Fig. 200.

peuvent ne pas serrer simultanément. C'est pourquoi, il peut être prévu un *réglage individuel de ces deux freins*, comme dans la fig. 200.

La rotation de l'arbre k de la came P, au moyen du levier R, se fait par l'emprise de crans n portés par le moyeu de ce levier et par une pièce S, clavetée sur l'arbre k . Il suffit de dégager les crans, après desserrage de l'écrou m , et de faire tourner le levier de l'angle convenable avant de resserrer cet écrou.

107. Limite de la pression de freinage. — L'effort exercé sur le levier de frein, par exemple, peut être tel que les sabots empêchent les tambours de frein de tourner : les roues arrière sont alors bloquées. Il en résulte des inconvénients.

En effet, à partir de ce moment, les roues arrière glissent sur le sol, qui, agissant comme une rape, a bientôt fait d'user la partie des pneumatiques avec laquelle il est en contact.

D'autre part, par suite de la vitesse acquise, la voiture tend à se déplacer dans la direction qu'elle avait au moment du freinage ; les roues arrière, bloquées, et, par là même, solidaires de la voiture, tendent à suivre la même direction ; si donc les roues avant sont légèrement déviées, la poussée de l'arrière du véhicule suivant la direction initiale, peut déterminer un « tête à queue » à moins que le conducteur n'ait le temps d'opérer un redressement en agissant sur la direction.

Enfin, si l'on considère que l'arrêt par blocage n'est pas obtenu plus vite que par un freinage bien compris, il est facile de se rendre compte que *l'effort d'efficacité maximum sur le levier est celui qui correspond à une pression des segments sur le tambour légèrement inférieure à celle qui déterminerait le blocage*. Du reste, des dispositions peuvent être prises pour éviter ce blocage.

L'immobilisation du tambour de frein de différentiel présenterait des inconvénients tout aussi graves.

108. Freinage sur les quatre roues. — Conserver la même pression exercée par les segments et doubler le nombre des tambours de frein, c'est doubler la puissance de freinage ou, à égalité de puissance de freinage, c'est se permettre de diminuer de moitié la

pression ; c'est, par conséquent, réduire l'usure. Bien que l'effort à développer par le conducteur demeure le même, le freinage se fait avec beaucoup plus de douceur. D'où l'idée de pourvoir, de freins les roues avant.

Ces roues ayant une orientation variable, ainsi que les tambours de frein qu'elles portent, la difficulté du problème réside dans la manière de transmettre la rotation à la came d'ouverture des segments et dans le moyen d'égaliser le freinage sur les deux roues.

Les combinaisons adoptées sont variées :

frein sur le mécanisme commandé par levier à main et servant à bloquer la voiture à l'arrêt ; avec frein sur les quatre roues, commandé par pédale et utilisé comme frein de route ;

frein sur roues arrière commandé par levier à main et servant de frein d'arrêt, avec frein sur mécanisme, et frein sur roues avant commandés simultanément par pédale.

En raison des avantages qu'il présente, au point de vue de la sécurité, comme au point de vue de la commodité de la conduite, le frein sur roues avant, malgré la complication de sa commande, commence à se généraliser, tout au moins sur les voitures rapides.

109. Freinage par le moteur. — Dans une descente, la voiture tend d'elle-même à accélérer son allure. Il convient donc :

1° de supprimer l'action motrice du moteur ;

2° de faire agir les freins, en ayant soin, si la descente est prolongée, d'utiliser alternativement les deux freins pendant des temps successifs assez courts, afin de prévenir une trop grande élévation de température.

Pour supprimer l'entraînement par le moteur, faut-il débrayer ? Dans ce cas, le freinage serait entièrement supporté par les freins.

Au contraire, si le moteur demeure embrayé et si l'allumage est coupé, la voiture actionne le moteur. Quelle résistance ce dernier oppose-t-il à la rotation de son vilebrequin ?

Dans chaque cylindre, se produit successivement :

1^{re} course : admission ; résistance faible ;

2^e course : compression ; résistance croissante ;

3^e course : pas d'explosion, mais détente du mélange comprimé, et récupération du travail absorbé par la compression ;

4^e course : échappement ; faible résistance.

L'évolution du mélange ne donne lieu à aucune résistance appréciable, puisque la phase de compression, qui est résistante, est compensée par la phase de détente, qui est motrice.

Il ne subsiste donc comme résistance que les frottements des organes : frottements du vilebrequin, frottements des pistons. L'énergie absorbée par ces frottements est d'autant plus grande que le moteur tourne plus vite pour une vitesse donnée des roues ; elle est plus importante, par conséquent, si le levier des vitesses est au cran de la première, que s'il est au cran de la prise directe. Mais, en raison des dispositions adoptées pour le graissage, les frottements sont assez faibles ; en somme, la résistance qui y correspond n'apporte aux freins qu'un appoint assez minime ; d'autre part, la consommation d'essence persiste.

Faut-il donc fermer complètement l'admission du mélange ? Pendant l'aspiration, une dépression se produit dans le cylindre ; la pression s'y rétablit pendant la

compression pour diminuer ensuite pendant la détente, et redevenir égale à la pression atmosphérique pendant l'échappement. Si la consommation d'essence est ainsi supprimée, l'effet de freinage ne se trouve pas amélioré. En outre, pendant qu'il y a dépression, l'huile de graissage filtre entre le piston et le cylindre, envahit la chambre de combustion et produit des encrassements qui peuvent atteindre les bougies.

Il est vrai qu'afin d'éviter à la fois la consommation inutile d'essence et l'encrassement, on peut se borner à l'alimentation en air seulement : il suffit de prévoir une prise d'air qui s'ouvre quand on ferme l'étrangleur.

Mais il est possible, en fait, de transformer momentanément le moteur en véritable frein. Il faut, pour cela :

1° réserver une prise d'air qui s'ouvre au moment de la fermeture du volet d'admission ;

2° supprimer la détente en la remplaçant par une introduction d'air : l'air comprimé pendant la deuxième course s'échappant au début de la descente du piston ;

3° substituer à l'échappement une nouvelle compression, celle de l'air admis pendant la descente précédente du piston.

Deux arbres de distribution sont alors nécessaires l'un porte les cames d'échappement, et l'autre, celles d'admission. Un mécanisme permet de décaler le premier de façon que les cames d'échappement soulèvent les soupapes d'échappement pendant la troisième course au lieu de les ouvrir pendant la quatrième. Le fonctionnement est donc le suivant :

1° Descente du piston : Soupape d'admission ouverte seule.

Expulsion d'air comprimé, puis aspiration d'air.

2° Montée : Les deux soupapes fermées.

Compression (phase résistante).

3° Descente : Soupape d'échappement ouverte seule.

Expulsion d'air comprimé, puis aspiration d'air.

4° Montée : Les deux soupapes fermées.

Compression (phase résistante).

Ce mode de freinage offre de réels avantages : il est progressif ; il peut s'exercer pendant une durée quelconque sans que l'on ait à craindre d'échauffement ; enfin, il n'entraîne aucune usure. Ses avantages ressortent particulièrement dans les parcours accidentés comportant des descentes longues et rapides. Seule, la complication qu'il entraîne en limite l'adoption.

Naturellement, le moteur ainsi utilisé ne constitue pas un frein d'arrêt, et il reste nécessaire d'avoir un frein ordinaire pour le blocage.

QUESTIONNAIRE

96. Quels moyens pourrait-on employer pour ralentir un véhicule automobile et au besoin pour l'arrêter ? — Est-il recommandable de couper l'admission du mélange et de maintenir le volet d'admission fermé jusqu'à l'arrêt ? — Que se passe-t-il si l'admission du mélange étant seulement réduite, le moteur est débrayé ? — Dans quelle circonstance, en particulier, ces moyens sont-ils sans efficacité ? — 97. Comment peuvent s'obtenir en pratique le ralentissement rapide et l'arrêt d'une voiture ? — Que comprend essentiellement un frein ? — 98. Quels sont les principaux types de freins actuellement employés ? — Que comprend un frein à mâchoires extérieures ? — Quelles dispositions sont adoptées pour le levier de serrage des mâchoires ? — Comment empêche-t-on les mâchoires de reposer sur le tambour de frein pendant le non-fonctionnement ? — La butée, prévue sous la mâchoire inférieure, ne joue-t-elle pas encore un autre rôle ? — Que comprend un frein à segments intérieurs ? — Comment l'écartement des segments est-il obtenu ? — Par quoi ces segments sont-ils ramenés dans leur position de repos ? — Le frottement n'est-il pas accompagné d'un dégagement de chaleur ? — Que résulte-t-il de ce dégagement de chaleur ? — Comment limite-t-on l'élévation de température ? — Les mâchoires ou les segments s'appuient-ils directement sur le tambour de frein ? — Quelles conditions doit remplir la garniture ? — Comment est constituée

cette garniture? — 99. Combien une voiture comporte-t-elle de freins? — Où sont disposés ces freins? — 100. Est-il absolument indifférent d'agir sur le frein de différentiel ou d'agir sur le frein de roues? — Pourquoi le mécanisme est-il peu fatigué lorsqu'on serre le frein sur roues? — Que se passe-t-il si on serre le frein sur mécanisme? — 101. A égalité de serrage du frein de l'une des roues et du frein de différentiel, quel est celui dont l'action sera la plus efficace et pourquoi? — 102. Comment les freins sont-ils commandés? — Quel effort peut être exercé normalement sur le levier du frein? sur la pédale? — Quel frein commande habituellement le levier? — Quel frein est commandé par la pédale? — Que comprend le levier de frein? — 103. L'organe de commande d'un frein doit-il provoquer le débrayage? — Quels inconvénients présente la liaison du débrayage et du freinage? — 104. Quel type de frein dispose-t-on sur les roues? — Donnez-en la justification. — Quel type choisit-on quelquefois comme frein sur la transmission? — 105. Que comprend une timonnerie de frein? — Les freins des deux roues serrent-ils forcément d'une façon identique? — L'élasticité de l'arbre de commande intermédiaire n'intervient-elle pas pour égaliser les serrages? — Qu'est-il prévu pour égaliser le serrage sur les freins de roues? — 106. Que se produit-il après un certain temps de fonctionnement des freins? — Quel inconvénient présente l'usure des freins? — En quoi consiste le réglage? — Comment s'effectue ce réglage? — Comment se fait un réglage sur une pédale? — Comment peut-on raccourcir les tringlées? — Dans quel cas un réglage individuel des deux freins arrière est-il nécessaire? — Comment s'opère ce réglage? — 107. La pression exercée par les pièces frottantes d'un frein sur le tambour doit-elle être limitée? — Dans l'affirmative, pourquoi? — Quelle est cette limite? — 108. Quels avantages présente le freinage sur les quatre roues? — Quelles combinaisons de commande peut-on adopter? — 109. Quels inconvénients présente au point de vue de la conservation des freins une descente longue et rapide? — Sans apporter aucune modification au mécanisme, est-il possible d'utiliser le moteur comme frein? — Comment? Obtient-on ainsi un freinage assez efficace? — Quel inconvénient présente la marche avec admission des gaz totalement fermée? — Que peut-on prévoir pour éviter simultanément la perte d'essence et l'encrassement du cylindre? — Que faut-il pour que le moteur fonctionne réellement comme frein? — Quelle modification essentielle est apportée à la distribution? — Quels avantages présente le freinage par le moteur? — Pourquoi ce mode de freinage ne se généralise-t-il pas?

EXERCICES

1. Croquis d'une mâchoire de frein à mâchoires extérieures.
 2. Schéma et description d'un frein à mâchoires extérieures :
a) avec le levier sans articulation fixe : *b)* avec le levier articulé sur un axe fixe. — 3. Croquis d'un segment de frein à segments intérieurs. — 4. Schéma avec description d'un frein à segments intérieurs. — 5. Croquis d'un levier de frein. — 6. Schéma d'un montage de frein sur roues. — 7. Schéma de la commande par pédale d'un frein sur mécanisme. — 8. Schéma de commande d'un frein sur roues. — 9. Schéma d'une commande de frein sur roues avec interposition d'un palonnier. — 10. Schéma du réglage d'un frein par modification du calage de la pédale sur l'arbre qu'elle commande et explication de l'emploi du dispositif. — 11. Croquis de dispositifs employés pour modifier la longueur utile des tringles de freins. — 12. Croquis d'un dispositif permettant le réglage individuel des deux freins sur roues.
-

CHAPITRE XVII

LANCEMENT. ECLAIRAGE. AVERTISSEURS

SOMMAIRE : Lancement. Nécessité d'opérer le lancement du vilebrequin. — Comment est effectué le lancement? — Lancement à la main; inconvénients de la manœuvre à la main. — Lancement à l'air comprimé. — Lancement par moteur électrique; liaison du démarreur et du moteur; emploi d'une dynastart; connexion dynamo génératrice — batterie; liaison de la génératrice et du moteur.

Eclairage. Sources lumineuses; phares; phares à acétylène; phare avec lumière électrique; lanterne arrière. — Source d'électricité. — Equipement pour démarrage et éclairage électriques. — Equipement pour allumage, démarrage et éclairage.

Avertisseurs. Avertisseurs électriques.

LANCEMENT.

110. Nécessité d'opérer le lancement du vilebrequin. — C'est la rotation du vilebrequin qui détermine dans les cylindres l'introduction du mélange dont l'explosion assure la continuité du mouvement.

Un moteur qui est au repos ne peut se mettre en mouvement que si son vilebrequin *reçoit de l'extérieur* une impulsion suffisante pour qu'une cylindrée au moins du mélange soit introduite et explose. La pression sur le piston correspondant continue à faire tourner l'arbre.

Des précautions sont prises :

1° pour assurer aux premières cylindrées une ri-

chesse convenable en essence malgré la faible vitesse du vilebrequin comparativement à sa vitesse normale : fermeture moyenne du robinet d'admission du mélange ; s'il est nécessaire, pression sur le poussoir du carburateur pour déterminer l'afflux d'essence au gicleur ; et même, par temps froid, introduction de quelques gouttes d'essence dans les cylindres par des robinets prévus à cet effet ;

2° pour réduire la résistance que les pistons peuvent offrir à leur déplacement après un long repos : introduction de pétrole dans les cylindres dans le but de dégommer les segments collés par l'huile sur leurs parois.

141. Comment le lancement est-il effectué ? Le lancement peut être effectué :

- 1° à la *main* ;
- 2° par l'*air comprimé* ;
- 3° par un *moteur électrique*.

142. Lancement à la main. — Une pièce solidaire du vilebrequin A (fig. 204), le pignon de commande de distribution B, par exemple, porte des griffes ou dents de loup *a*. Un axe C, pourvu d'une manivelle extérieure D, présente également des griffes *b*, conjuguées des précédentes ; les rampes de ces griffes sont orientées de façon que la rotation de l'arbre soit déterminée en tournant la manivelle dans le sens des aiguilles d'une montre. Quand l'arbre prend de la vitesse, les griffes *a* pressent les griffes *b* et les repoussent. Afin d'éviter tout frottement inutile et tout bruit, un ressort E, prenant appui sur G, éloigne l'axe C aussitôt que la manivelle est abandonnée. De sorte qu'une compression de ce ressort a été nécessaire pour obtenir l'embecquetage.

La manivelle peut aussi, après lancement, être tirée simplement par le conducteur, puis immobilisée dans la

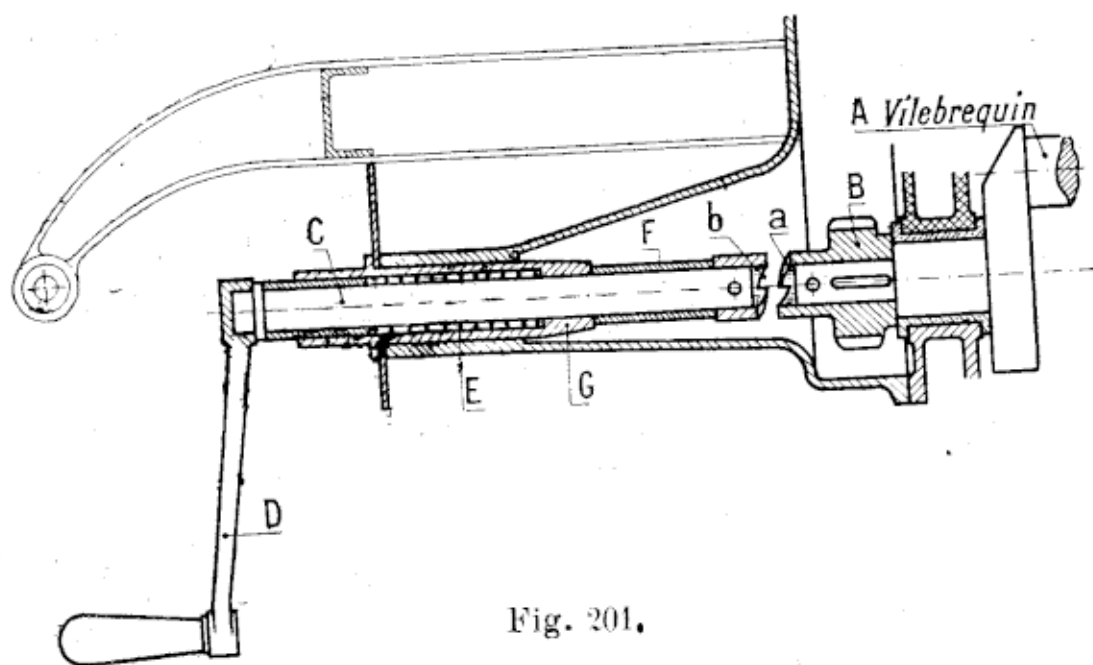


Fig. 201.

position de dégagement par un taquet *c* à ressort *d* (fig. 202).

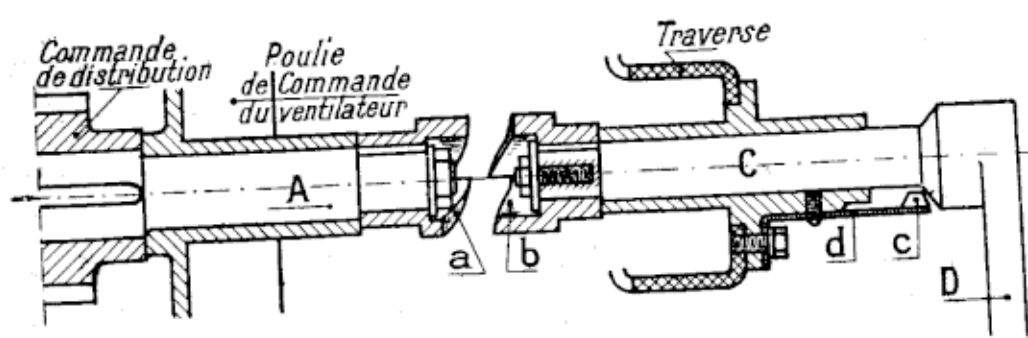


Fig. 202.

La poussée à la main sur la manivelle, qui pendant le lancement maintient l'engagement des griffes, peut être remplacée par la pression d'un ressort *F* (fig. 203). Dans

ce cas, aussitôt que le vilebrequin tourne de lui-même, la manivelle est tirée et reste dégagée grâce à un doigt G à ressort *e*.

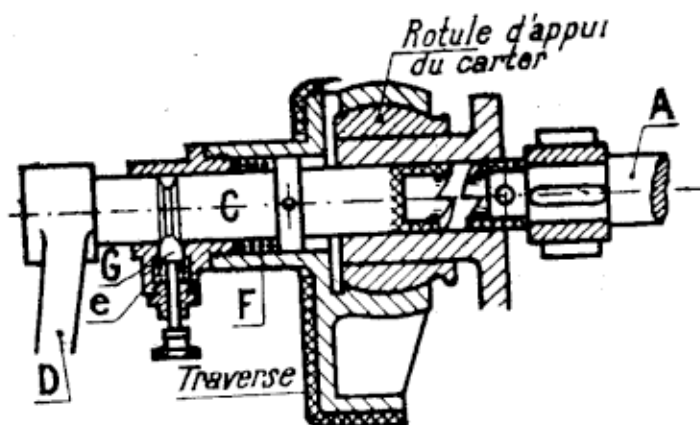


Fig. 203.

Inconvénients de la manœuvre à la main. — 1° Elle est *dangereuse*. — Si, en effet, l'inflammation du mélange se produit avant que le piston soit arrivé à son point mort haut, la pression d'explosion lance ce piston à contre-sens ; le vilebrequin prend une rotation inverse de celle qu'on lui imprimait, et la manivelle, renvoyée brusquement en sens contraire, peut rompre le poignet de la personne qui l'actionne.

Le danger est moindre aujourd'hui avec l'allumage par magnéto. Pour que l'étincelle jaillisse entre les électrodes de la bougie, une différence de potentiel déterminée est nécessaire ; or, celle-ci est atteinte d'autant plus tard que la vitesse de rotation est plus faible, de sorte que, dans les premiers tours du vilebrequin, un retard à l'allumage se produit automatiquement.

2° Elle est *pénible*. — Il n'y a pas que les frottements qu'il faille vaincre ; il faut aussi triompher de la résistance due à la compression du fluide dans celui des cylindres où il en est précisément à cette phase. Cette résistance croît avec le diamètre d'alésage, de sorte que l'opération devient

impossible avec des moteurs puissants. Il est indispensable de *limiter la compression* à une valeur plus faible que le taux normal, en permettant à une partie du mélange de s'échapper avant que le piston soit parvenu à son point mort haut.

Les robinets à entonnoir A (fig. 204), appelés improprement *robinets de décompression*, rapportés sur la culasse B, ne peuvent servir à cet usage : pendant l'aspiration, ils livreraient passage à de l'air, et ce

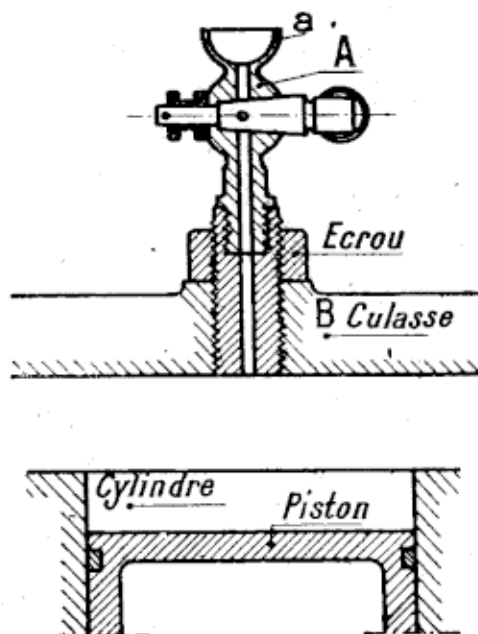


Fig. 204.

serait là un inconvénient, puisqu'un mélange riche est plutôt nécessaire. Ainsi qu'il a été expliqué déjà, ils servent uniquement à introduire dans le cylindre du pétrole, ou de l'essence, pour faciliter le lancement, ou bien encore à contrôler l'allumage.

Mais il est possible, avant l'arrivée du piston au point mort haut, de déterminer l'ouverture d'une des deux soupapes, afin de laisser échapper une partie des gaz admis. Trois solutions sont indiquées (fig. 205, 206, 207). Dans la fig. 205, les cames d'échappement A font corps avec une came B à double bossage qui provoque, toutes les quatre courses, deux levées de la soupape d'échappement, une levée pendant la dernière partie de la compression, et une levée normale pendant l'échappement. Il suffit, avant la mise en marche, d'opérer le glissement de l'ensemble des deux cames

sur l'arbre de distribution C de façon que la came à double bossage se substitue à la came normale

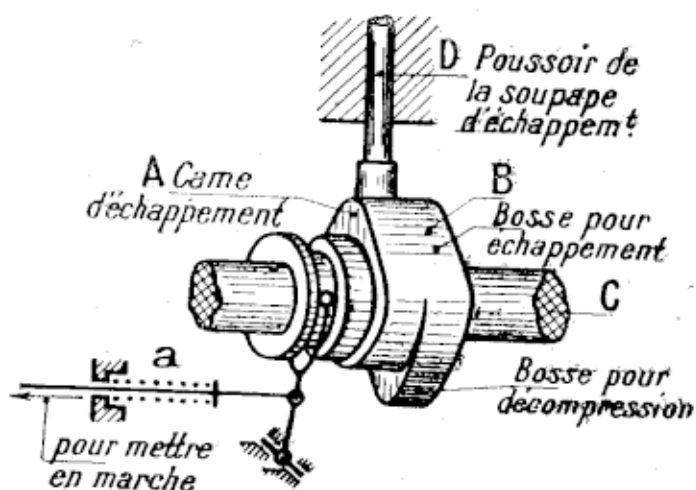


Fig. 205.

sous le poussoir D de la soupape d'échappement. Le moteur étant lancé, un ressort *a* agit pour ramener les came à leur position normale.

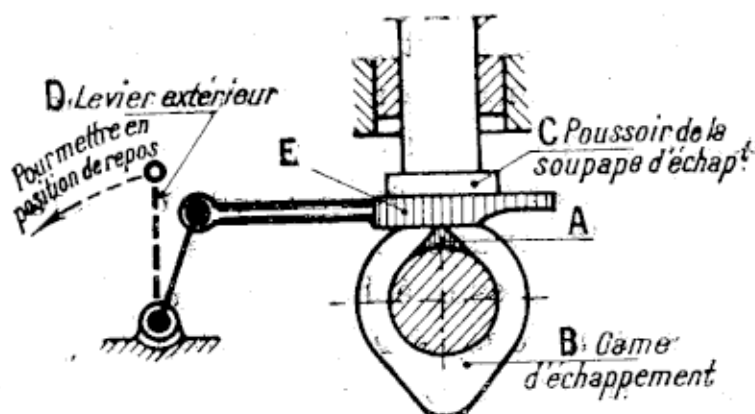


Fig. 206.

Une petite came A (fig. 206) peut aussi être prévue près de chaque came d'échappement B ; la saillie en est trop faible pour agir sur le poussoir C, en marche normale ; mais celui-ci, déjà soulevé pendant l'échappement, l'est en outre pendant une partie de la course

de compression si par la manœuvre d'un levier extérieur D, on interpose entre lui et la came A un doigt E.

Dans la fig. 207 l'arbre de distribution C peut glisser de manière à faire agir, sur les poussoirs des soupapes d'admission, les bosses B dont sont munies les cames d'admission A. Chaque soupape d'admission peut ainsi se soulever pendant l'aspiration et aussi pendant une fraction de la course de compression. Ces divers dispositifs ont évidemment perdu de leur intérêt depuis qu'on utilise un moteur de lancement.

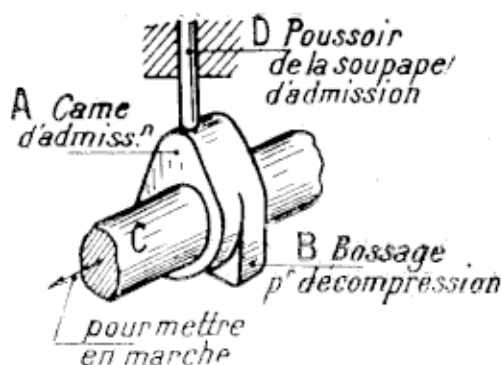


Fig. 207.

3° La manœuvre à la main est *désagréable*. — C'est, en effet, un ennui, surtout par mauvais temps, de s'astreindre à provoquer manuellement la rotation d'une manivelle, et cet ennui s'aggrave quelquefois du fait que le moteur se montre un peu rétif.

Aussi les constructeurs se sont-ils appliqués à résoudre le problème de la mise en marche mécanique.

443. Lancement à l'air comprimé. — Il est possible, par exemple, de disposer sur le châssis un petit compresseur, actionné par le moteur. Ce compresseur refoule de l'air dans un réservoir où la pression peut être maintenue aux environs de 15 kg : cm². Un distributeur permet l'introduction de cet air dans les cylindres pendant la course descendante du piston qui correspond au troisième temps (explosion et détente) ; l'échappement a lieu normalement pendant la course suivante. Dès que

les explosions se produisent, l'introduction d'air est interrompue automatiquement.

Mais la solution qui a obtenu la préférence est celle qui utilise un moteur électrique.

414. Lancement par moteur électrique. — Le volant A du moteur (fig. 208-210) porte une denture C,

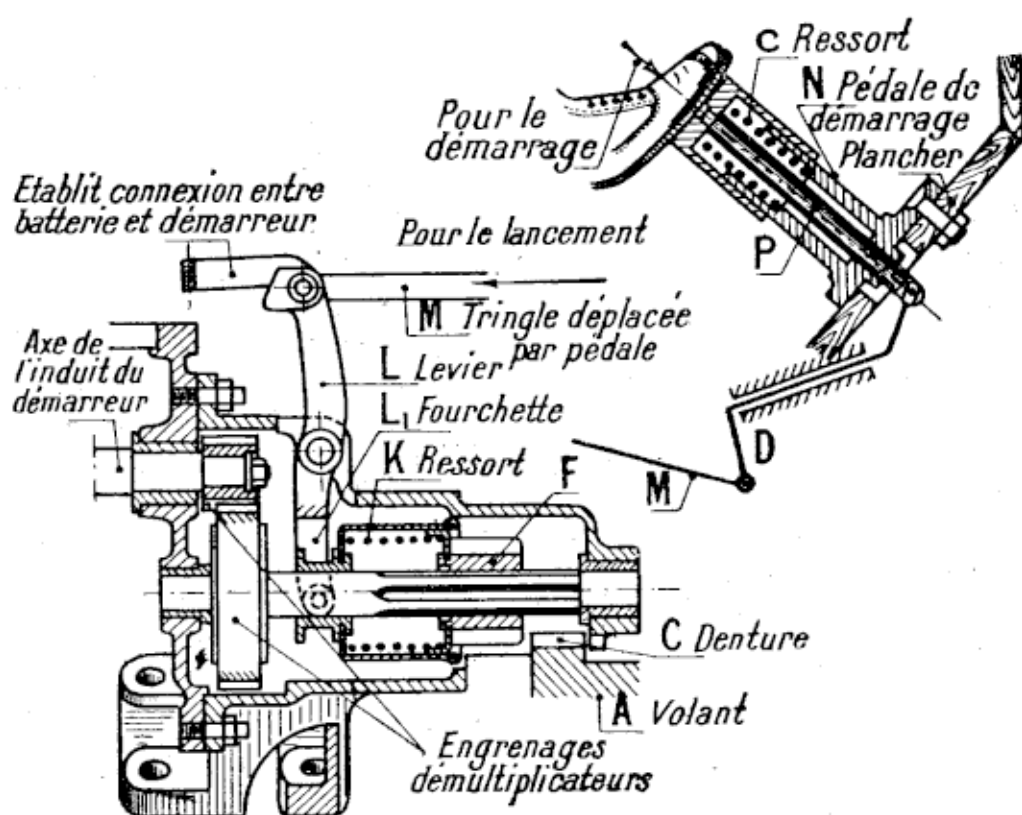


Fig. 208.

taillée dans la masse ou rapportée. L'axe D de l'induit d'un moteur électrique E, dit *démarreur*, entraîne un pignon F, qui, pour la mise en marche, peut être amené en prise avec la denture du volant. Si un courant électrique, fourni par une batterie d'accumulateurs, installée sur le châssis, est envoyé au moteur, l'induit tourne, ainsi que le pignon F qui entraîne le volant.

La connexion démarreur-batterie est établie par pression de la main sur un bouton (fig. 220) ou par pression du pied sur une pédale N (fig. 208 et 209).

Une dynamo R (fig. 209), actionnée par le moteur, pendant sa rotation, maintient la charge de la batterie Q, en même temps qu'elle concourt à l'éclairage, comme il sera expliqué plus loin.

128. Liaison du démarreur et du moteur.

— L'accouplement du démarreur et du moteur ne doit être que temporaire, car ce dernier, à sa vitesse de régime, entraînerait le démarreur à une vitesse trop élevée qui

le mettrait rapidement hors d'usage. Il importe donc que la liaison soit supprimée dès que le moteur est lancé. Ce résultat peut être obtenu au moyen de leviers et ressort L, M, O, P, c (fig. 208) quand le pied abandonne la pédale de lancement, ou mieux encore, automatiquement, lorsque la vitesse tangentielle du volant devient supérieure à celle du pignon.

Cette « automaticité » est réalisée avec le « *pignon éclipse Bendix* » (fig. 210). Le prolongement D de l'axe de l'induit du démarreur entraîne, par ressort G, un arbre creux H, monté à frottement doux sur D. Cet arbre, fileté exté-

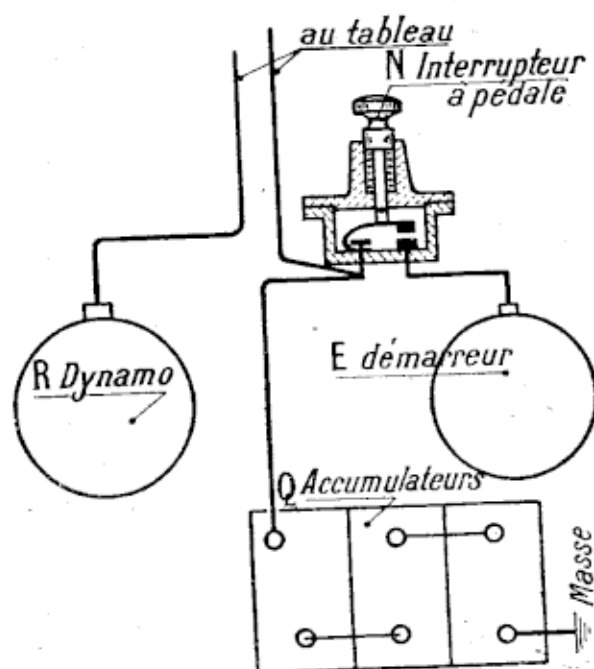


Fig. 209.

rieurement, porte à son extrémité une rondelle d'arrêt J. Sur la partie filetée *b* peut se déplacer un pignon F, non équilibré, formant écrou et assemblé avec un léger jeu pour qu'il puisse se déplacer facilement sur le filetage *b*.

Lorsque le courant est envoyé au démarreur, l'induit tourne; son axe D entraîne, au moyen du ressort G, l'arbre

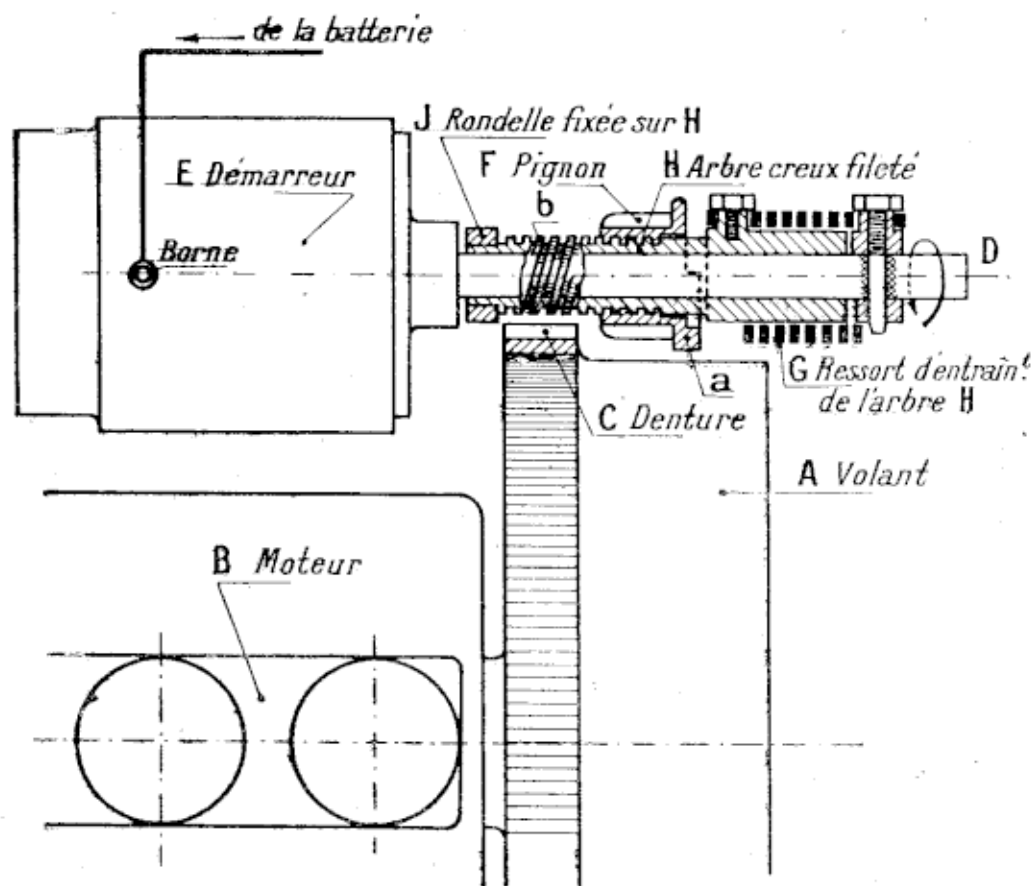


Fig. 210.

creux fileté H; par suite de son inertie et du jeu entre vis et écrou, le pignon ne participe pas à cette rotation; mais il glisse parallèlement à l'axe de l'arbre et vient engager sa denture dans celle du volant, puis buter sur la rondelle d'extrémité J. Son glissement étant ainsi limité par la rondelle, le pignon est obligé de tourner en même temps que l'arbre H et il actionne le volant. Le ressort

G donne de la progressivité à la mise en rotation du volant et, par conséquent, amortit le choc au départ.

Le vilebrequin prenant de la vitesse, il arrive un moment où les rôles sont renversés, c'est-à-dire où le volant conduit le pignon et à une vitesse plus grande que celle que lui imprimait l'induit. Sous l'impulsion du volant, le pignon se dévisse sur l'arbre creux qui, toujours entraîné par l'induit — tant que dure la pression sur la pédale — tourne moins rapidement ; il revient ainsi à sa position de départ, où l'immobilise une joue *a*, formant balourd.

Emploi d'une dynastart. — Quand le moteur est de faible puissance, la charge des accumulateurs et le lancement peuvent être assurés par un appareil unique, une « dynastart » ; celle-ci est disposée pour fonctionner à volonté comme génératrice (charge des accumu-

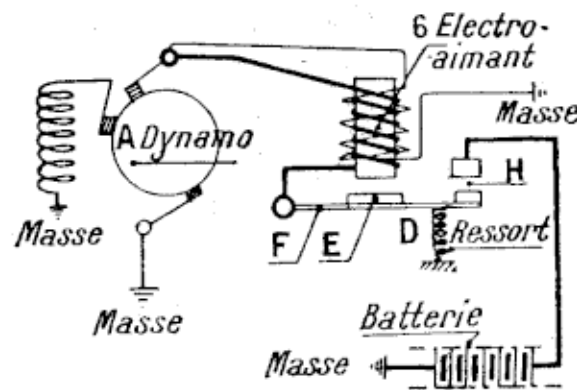


Fig. 211.

lateurs et éclairage) ou comme réceptrice (démarrage). La manœuvre d'une manette ou la pression sur un bouton applique sur le collecteur les balais spéciaux d'amenée du courant de la batterie. Une fois le moteur lancé, la dynastart se transforme automatiquement en dynamo génératrice et recharge la batterie. Il suffit alors d'abandonner la manette ou de cesser la pression sur le bouton.

Connexion dynamo génératrice-batterie. — Pour éviter que la batterie ne se décharge sur la génératrice lorsque le moteur est à l'arrêt ou qu'il tourne à l'extrême ralenti,

on intercale dans le circuit, entre ces deux appareils, un *conjoncteur-disjoncteur* (fig. 211), qui, automatiquement,

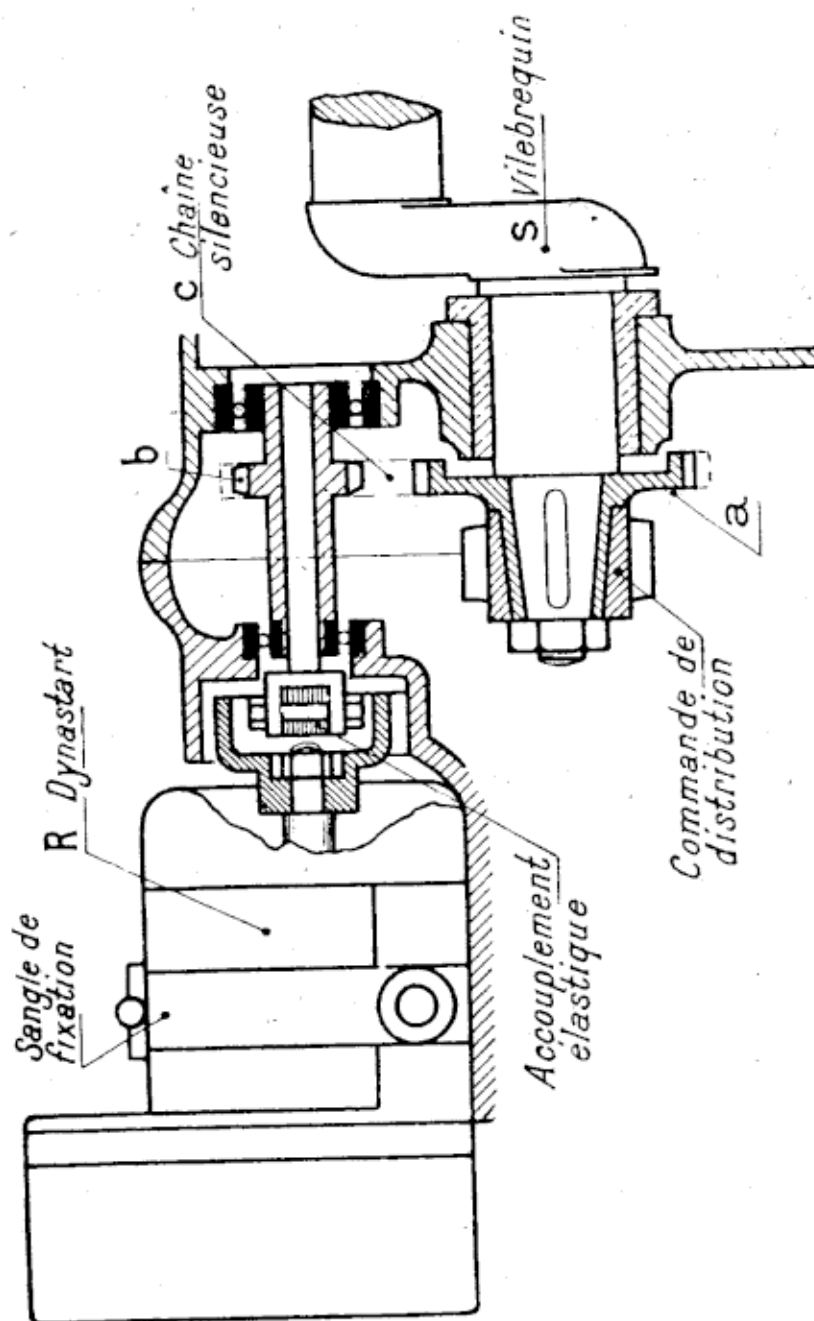


Fig. 212.

n'établit la connexion qu'au moment où la génératrice peut débiter sur la batterie. Le ressort D est tel, en effet, que si le voltage de la dynamo dépasse celui de la batte-

rie, l'armature E est attirée par le noyau de l'électro-aimant G, ce qui ferme le circuit en H.

Liaison de la génératrice et du moteur.. — La génératrice ou la dynastart R est entraînée par le vilebrequin S (fig. 212) au moyen de pignons *a*, *b*, et d'une chaîne silencieuse *c*. Des dispositions sont prises, dans la construction de la dynamo (vibreur régulateur, balai auxiliaire), pour réaliser la constance du voltage ou de l'intensité, quel que soit le régime du moteur.

ECLAIRAGE

115. Sources lumineuses. — Une voiture automobile doit être munie d'un certain nombre de sources lumineuses dans le but de signaler sa présence,

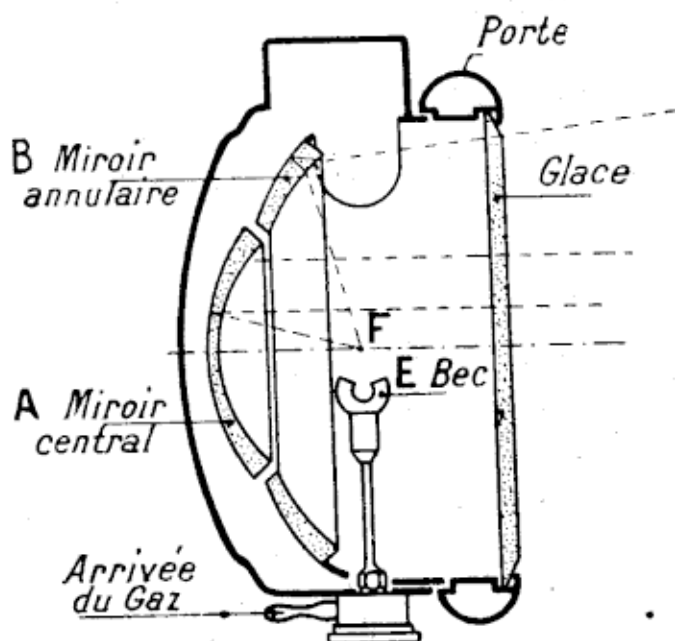


Fig. 213.

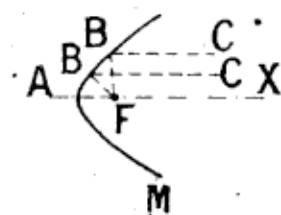
d'éclairer ses abords immédiats, d'explorer la route à une assez grande distance en avant ou de laisser lire le numéro d'immatriculation. Deux *phares avant*,

complétés ou non par deux lanternes avant, ou de côté, sont prévus à cet effet, ainsi qu'une lanterne arrière. La lumière est fournie par des becs à acétylène ou, plus généralement aujourd'hui, par des lampes électriques.

Phares. — Il faut que le phare puisse fonctionner comme *projecteur* et comme *diffuseur* de lumière. Comme projecteur, il doit donner un faisceau réfléchi à rayons sensiblement parallèles, capable d'être envoyé très en avant de la voiture, à 400 ou 450 mètres. Pour obtenir ce résultat, on prend un miroir parabolique A (fig. 213) en cristal ou en métal argenté, et on place la source lumineuse à son foyer F (1).

Comme diffuseur, le phare doit donner un faisceau de rayons divergents, capable d'éclairer le sol et l'espace à proximité du véhicule. Pour cela, un second miroir, annulaire B, de courbure différente de celle du précédent, continue celui-ci ; ou bien encore, on adopte des réflecteurs peu profonds de façon qu'une fraction assez importante des rayons émis par la source échappe à la réflexion (fig. 214).

Si l'éclairage est électrique, il est facile de placer, en dehors de l'axe du réflecteur, au-dessus de la lampe principale C (fig. 215-216), une seconde lampe D de puissance moindre. La lumière que donne cette



(1) Le foyer F d'un miroir parabolique M jouit de la propriété suivante : tout rayon lumineux, tel que FB, issu de ce point, et qui frappe le miroir est réfléchi parallèlement à son axe AX.

La flamme du bec à acétylène, ou le filament de la lampe, ayant des dimensions appréciables, ce parallélisme ne peut être réalisé pour tous les rayons émis par la source.

lampe n'est pas éblouissante ; on l'allume seulement pour le parcours dans les villes où l'éclairage intensif est interdit.

Des lanternes avant ou de côté, de même forme que les

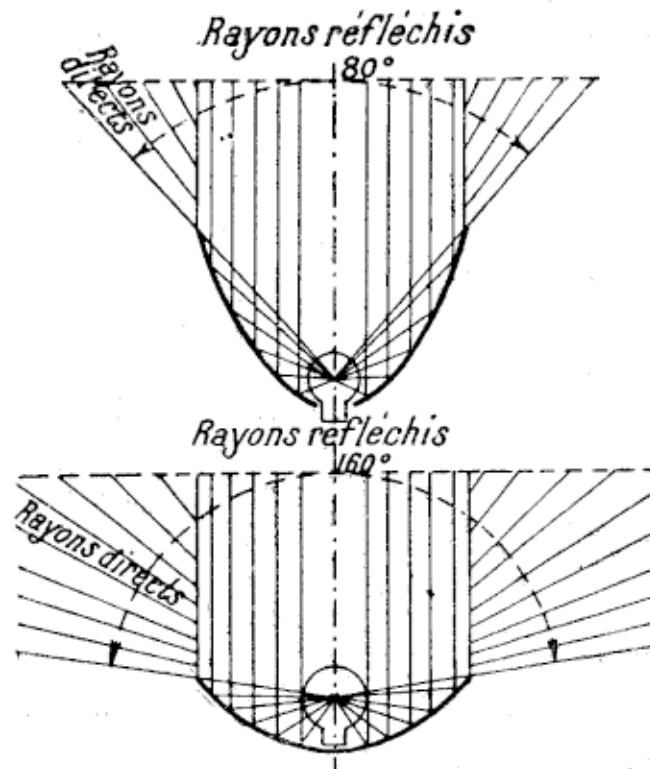


Fig. 214.

phares, ou de forme différente, mais moins puissantes, peuvent être fixées sur les longerons ou sur le tablier.

Phare avec bec à acétylène (fig. 213). — Le gaz est fourni par un petit générateur à acétylène installé sur la voiture. Le bec à acétylène ordinaire peut être remplacé par une pastille de chaux portée à l'incandescence par la flamme.

Phare avec lumière électrique. — Un miroir para-

bolique argenté A (fig. 215) est fixé sur un corps G en forme de calotte ; celle-ci est solidaire d'une tige H arrêtée à la position voulue dans une douille rapportée sur le châssis.

Au foyer du miroir est placée la lampe principale C à grande puissance lumineuse, qui sera utilisée pour la marche de nuit sur route.

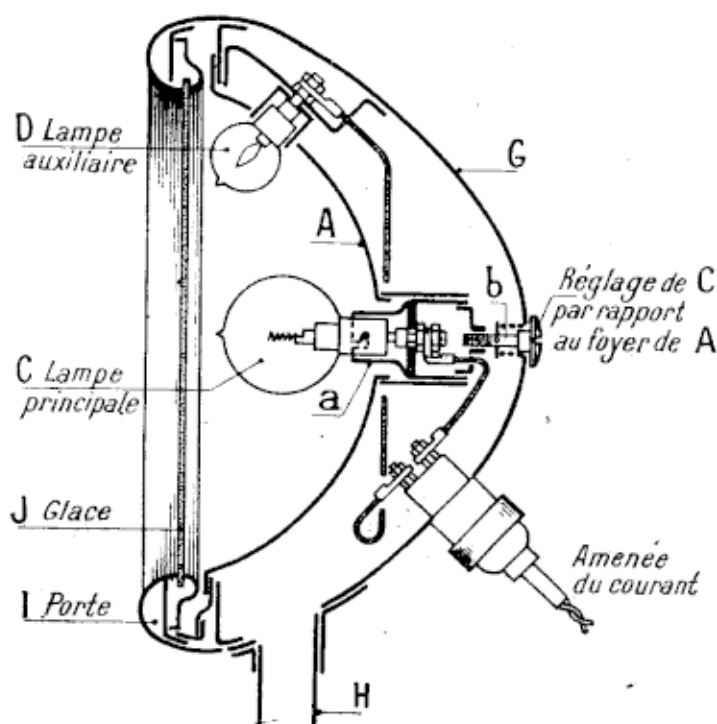


Fig. 215.

Si le filament de la lampe n'est pas au foyer du miroir, des taches sombres apparaissent dans le faisceau projeté ; un réglage permet d'obtenir la coïncidence : la douille a de la lampe porte un taraudage recevant une vis b fixe en translation qui peut être tournée de l'extérieur.

La lampe satellite D est fixée dans la région supérieure. Une porte, pourvue d'une glace J, soustrait la surface

réfléchissante à l'humidité et à la poussière ; la fixation sur le corps, par système à baïonnette, permet un démontage et un montage très rapides, pour le changement de lampe.

Le nouveau code de la route prescrit que les feux aveuglants ne doivent pas s'élever au-dessus de la route, à une hauteur supérieure à un mètre, afin que piétons, cyclistes ou conducteurs, croisant une voiture automobile, ne soient pas aveuglés par ses feux. Des

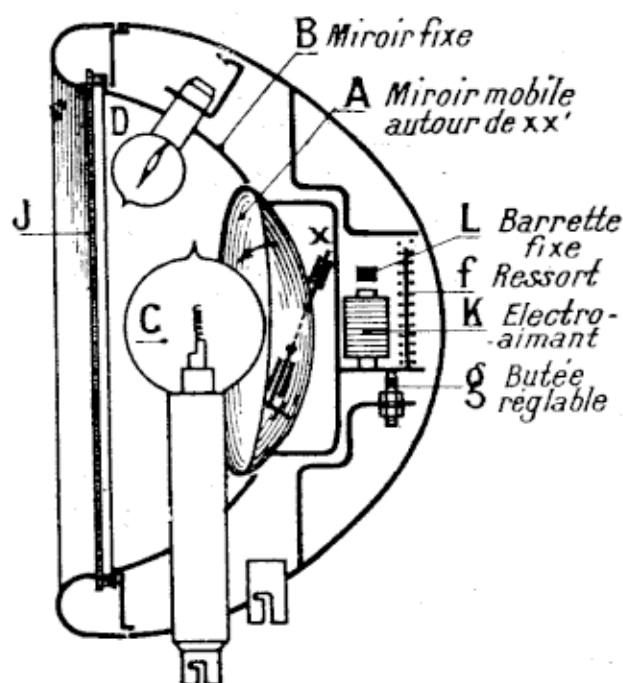


Fig. 216.

modifications de phares ont déjà été réalisées pour satisfaire à cette condition. L'une d'elles est indiquée par la fig. 216. Le réflecteur comprend deux miroirs, un miroir annulaire B fixe, et un miroir central A ; ce dernier, mobile autour d'un axe horizontal xx' est solidaire d'un électro-aimant K. Un courant, envoyé dans cet électro-aimant, détermine son déplacement vers une barrette

fixe L et, par conséquent, une rotation du miroir vers le bas, ce qui ramène vers le sol la partie supérieure du faisceau.

Lanterne arrière (fig. 217). — Elle est de faible puis-

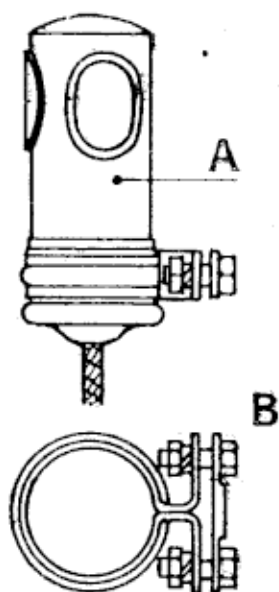


Fig. 217.

sance. Le corps A cylindrique, par exemple, fixé au châssis par un montage élastique B, porte deux verres, l'un blanc, l'autre rouge, facilement remplaçables. La lampe et son support peuvent, dans quelques modèles, être sortis du corps, pour que la lampe puisse être utilisée comme baladeuse.

En dehors de ces lampes extérieures peuvent être installées une lampe de tableau, disposée pour permettre la lecture des indications des divers appareils de contrôle sans gêner le conducteur, des lampes pour l'éclairage de l'intérieur et une prise pour baladeuse.

116. Source d'électricité. — Pendant longtemps, le courant ne fut fourni que par une batterie d'accumulateurs qu'on faisait recharger lorsque le voltage en était descendu à sa limite inférieure.

Dans la plupart des équipements actuels, la dynamo de chargement est portée par la voiture elle-même. Les liaisons sont établies de façon à obtenir automatiquement :

1° la connexion dynamo-batterie, lorsque le moteur atteint une certaine vitesse (grâce au conjoncteur-disjoncteur), et charge des accumulateurs ;

2° l'éclairage par batterie seule si le moteur est arrêté ou s'il tourne à l'extrême ralenti ;

3° l'éclairage assuré concurremment par la batterie et la dynamo, ou par la dynamo seule ; si la vitesse est suffisante, la dynamo assure l'éclairage en même temps qu'elle charge la batterie.

L'installation est complétée par des *fusibles* protégeant les lampes contre un excès d'intensité, un *ampèremètre*, installé pour donner l'intensité du courant fourni aux accumulateurs par la dynamo, ou l'intensité du courant emprunté aux accumulateurs et pouvant fonctionner

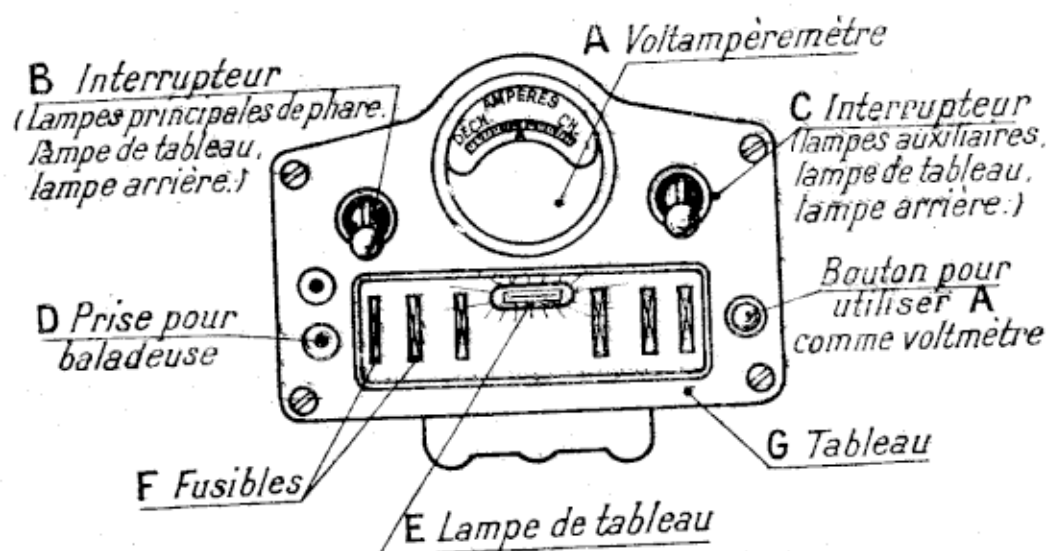


Fig. 218.

comme voltmètre pour renseigner sur l'état de charge de la batterie ; des *interrupteurs* permettant d'établir ou de couper l'éclairage.

Fusibles, ampèremètre, interrupteurs sont disposés sur un tableau G (fig. 218) fixé sur une planchette inclinée en avant du tablier, et bien à la vue et à la main du conducteur. Dans le tableau de la fig. 219, les interrupteurs du tableau précédent sont remplacés par un combinateur

commandé par une clef amovible susceptible d'être arrêtée dans quatre positions ainsi qu'il est indiqué. L'amovibilité de la clef empêche que pendant l'absence du conducteur, on puisse tourner le commutateur et changer la combinaison d'éclairage.

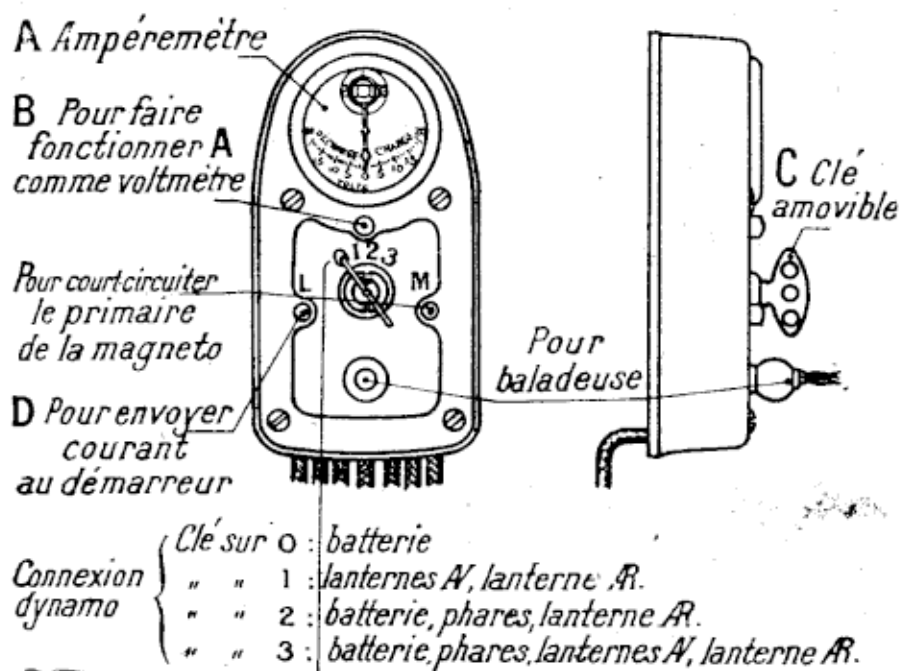


Fig. 219.

117. Equipement pour démarrage et éclairage électriques. — La même batterie d'accumulateurs peut naturellement fournir le courant, soit au démarreur, soit à l'éclairage ; l'installation s'en trouve à peine plus compliquée : la fig. 220 donne un schéma de montage.

118. Equipement pour allumage, démarrage et éclairage. — Enfin, l'équipement peut être prévu pour que le courant assurant les trois fonctions : allumage, démarrage, éclairage, soit produit par une génératrice

unique : la dynamo ; la magnéto est alors supprimée (équipement Delco).

Le courant est utilisé sous sa forme de production pour le démarrage et l'éclairage ; un transformateur en élève la tension pour l'allumage.

Dans la magnéto (1), la rotation de l'induit dans le champ permanent créé par les aimants inducteurs, produit dans l'enroulement de gros fil, un courant primaire qu'un mécanisme de rupture rompt brusquement deux fois par tour de l'induit. Cette rupture déterminé dans l'enroulement de fil fin, un courant de haut voltage qui, au moment où il se produit, peut aller jusqu'à la bougie d'un cylindre, parce qu'à cet instant, un distributeur établit la communication électrique entre l'enroulement secondaire et cette bougie.

Or, rien ne s'oppose à ce que le courant développé dans l'enroulement primaire par la rotation de l'induit soit remplacé par le courant des accumulateurs. Les aimants inducteurs sont ainsi supprimés, mais le reste subsiste : mécanisme de rupture du primaire, enroulement secondaire et distributeur. Un schéma de montage est représenté par la fig. 224.

Donnant une étincelle plus chaude au départ, cette combinaison facilite le démarrage ; de plus, elle paraît, mieux que la magnéto, s'accommoder des grandes vitesses de rotation atteintes actuellement.

AVERTISSEURS.

119. Avertisseurs électriques. — L'approche de tout véhicule automobile doit être signalée en cas de besoin par un avertisseur. Or, il est tout naturel de pro-

(1) Se reporter au chapitre : Allumage.

fiter du courant électrique pour obtenir le fonctionnement de l'avertisseur. Les fig. 222 et 223 donnent les schémas d'une *trompe électrique* et d'un *klaxon*.

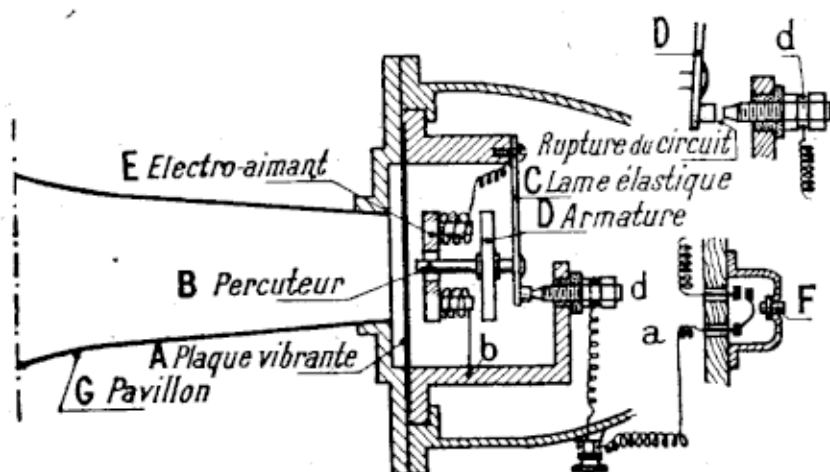


Fig. 222.

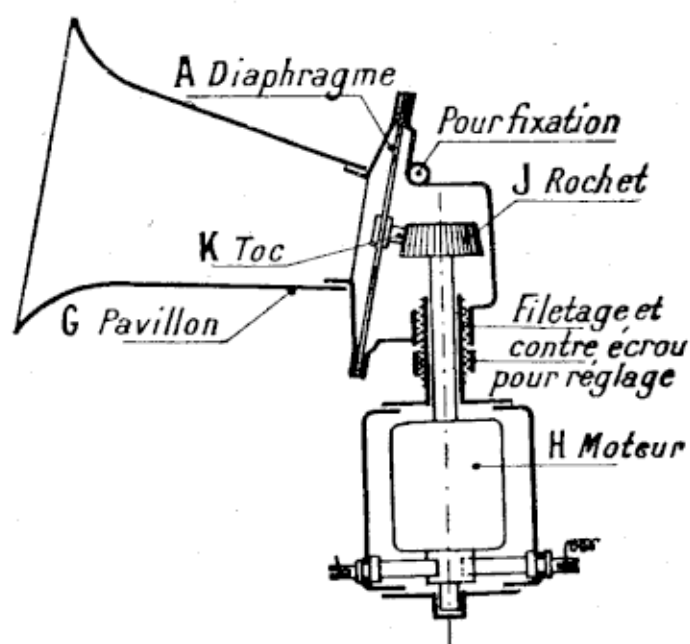


Fig. 223.

Dans la trompe électrique, le son est produit par une plaque vibrante A, frappée par un percuteur B animé d'un mouvement très rapide, mouvement déterminé comme

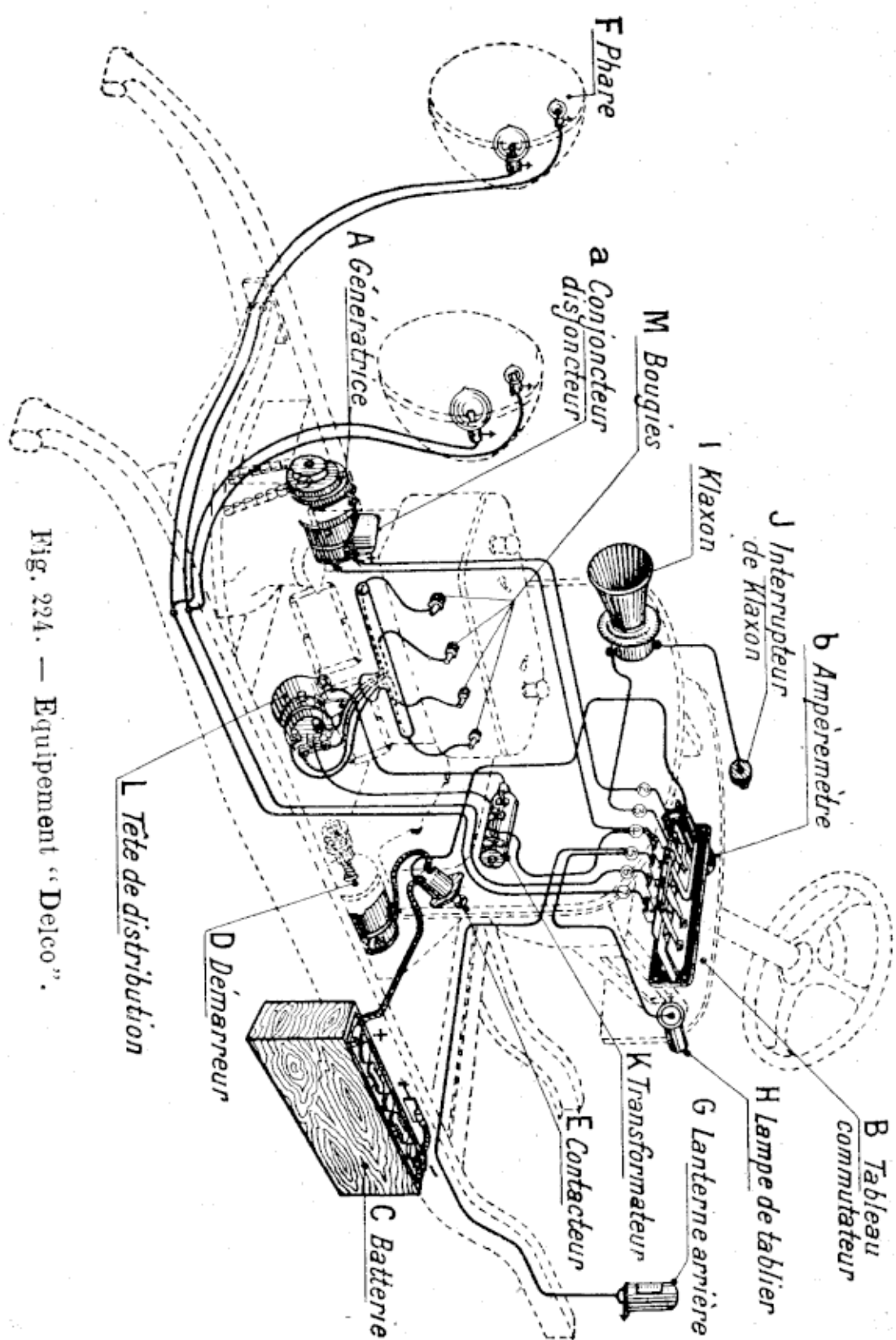


Fig. 224. — Equipement "Delco".

LANCEMENT, ÉCLAIRAGE, AVERTISSEURS

celui du marteau d'une sonnerie. Une lame élastique C, portant l'armature de fer doux D et le percuteur B, assure au repos, entre les points *a* et *b*, la continuité d'un circuit dans lequel est intercalé un électro-aimant E. Si la pression sur un bouton F ferme le circuit (avant *a*) l'électro-aimant attire l'armature D, ce qui détermine un choc du percuteur sur la plaque A ; mais la lame élastique ayant suivi le mouvement de D, le circuit est rompu entre la lame et la vis *d* ; l'élasticité de la lame la ramène dans la position de contact, d'où une nouvelle attraction de l'armature, un nouveau choc, et ainsi de suite. Un pavillon G amplifie le son.

Dans le klaxon électrique (fig. 223), le courant fait tourner un petit moteur électrique H dont l'axe porte un rochet J ; les dents de ce rochet agissent successivement sur un toc K que porte le diaphragme A. La forme conique du rochet permet, par déplacement suivant son axe, de modifier l'action des dents sur le toc, et, par là même, de régler le son. Pour faire fonctionner l'appareil, il suffit, comme précédemment, d'appuyer sur un bouton et le fonctionnement se prolonge aussi longtemps que la pression est maintenue.

QUESTIONNAIRE

110. Pourquoi un moteur d'automobile ne peut-il se mettre en marche de lui-même ? — Quelles précautions particulières sont prises pour faciliter le lancement ? — 111. De combien de manières le lancement est-il obtenu ? — 112. Comment s'opère le lancement à la main ? — Quels inconvénients présente la manœuvre à la main ? — Pourquoi la manœuvre à la main est-elle dangereuse ? — Pourquoi cette manœuvre est-elle pénible ? — Qu'est-il prévu sur les moteurs puissants ? — Que désigne-t-on par robinet décompresseur ? — Comment, en principe, fonctionne un dispositif de décompression ? — 113. Donnez le principe d'un mode de lancement à l'air comprimé ? — 114. Que comprend un dispositif de lancement par moteur électrique ? —

Quelle est la source du courant envoyé au démarreur ? — Comment le démarreur entraîne-t-il le vilebrequin ? — Y a-t-il un inconvénient à prolonger la liaison du démarreur et du volant au delà du temps de démarrage ? — Pourquoi ? — Comment fait-on cesser cette liaison ? — Ne peut-elle cesser automatiquement ? — Quel est le dispositif employé ? — Le même appareil ne peut-il servir à la fois de générateur d'électricité et de démarreur ? — Dans quel cas peut-on employer une dynastart ? — Quel appareil est interposé entre la dynamo et la batterie ? — Dans quel but ? — Comment fonctionne un conjoncteur-disjoncteur ? — Comment la dynamo génératrice est-elle entraînée ? — 115. Pourquoi munir de lampes une voiture automobile ? — Quelles sont les lampes en usage ? — Comment la lumière leur est-elle fournie ? — Quel éclairage doit donner un phare ? — Comment le phare est-il disposé pour qu'il fonctionne comme projecteur et comme diffuseur ? — Est-il indifférent d'avoir un réflecteur profond ou peu profond ? — Que comprend un phare avec lumière électrique ? — Qu'est-il prévu pour obtenir un faisceau sans taches sombres ? — Où est fixée la lampe satellite ? — Indiquez une disposition permettant de renvoyer vers le sol le faisceau aveuglant ? — Comment peut être faite la lanterne arrière ? — 116, 117. Quelle est la source du courant d'éclairage ? — Comment fonctionne le groupe dynamo-batterie pour assurer l'éclairage ? — L'installation comprend-elle d'autres appareils ? — Où ces appareils sont-ils groupés ? — Quel est le rôle de la batterie quand la même installation assure à la fois le lancement et l'éclairage ? — 118. Quel est le principe de l'équipement « Delco » ? — Que comprend, dans ce cas, le dispositif d'allumage ? — 119. A quoi peut encore être employé le courant ? — Qu'est-ce qu'une trompe électrique et quel est le principe de son fonctionnement ? — Comment fonctionne un klaxon électrique ?

EXERCICES

1. Schéma d'une disposition de lancement à la main. —
2. Schéma de l'arrêt d'une manivelle dans la position de dégagement ; a) quand l'axe de cette manivelle est libre ; b) quand cet axe est sollicité par un ressort pour l'embecquetage. —
3. Schéma d'un robinet de décompression. —
4. Schéma de dispositifs de décompression. —
5. Schéma indiquant l'ensemble des appareils nécessaires au démarrage électrique avec interrupteur à pédale. —
6. Schéma de l'entraînement par pignon Bendix et indication du fonctionnement. —
7. Schéma et principe du fonctionnement

d'un conjoncteur-disjoncteur — 8. Schéma de l'entraînement de la dynamo par le moteur. — 9. Schéma d'un phare avec bec à acétylène. — 10. Schéma d'un phare avec lampe électrique. — 11. Schéma du réglage de la lampe principale. — 12. Schéma d'un dispositif permettant le renvoi du faisceau vers le sol. — 13. Schéma d'un tableau avec indication des manœuvres à faire. — 14. Schéma d'un trompe électrique et indication du fonctionnement. — 15. Schéma d'un klaxon électrique ; indication du fonctionnement et du réglage du son.

TABLE DES MATIÈRES

QUELQUES MOTS D'INTRODUCTION	9
--	---

CHAPITRE PREMIER

Qu'est-ce qu'une voiture automobile ?

Ce qu'on entend par véhicule automobile. — La force motrice. — Quelques désignations particulières. — Ce que comprend une voiture automobile : carrosseries, châssis ; a) châssis proprement dit, roues, suspension, moteur ; b) changement de vitesses ; c) embrayage ; d) transmission par cardan ou par chaînes ; e) différentiel ; f) freins, g) mise en marche ; h) éclairage.	13
---	----

CHAPITRE II

Le moteur.

DESCRIPTION D'ENSEMBLE.

Fonction. — Description : cylindre et organes de transformation de mouvement ; carburation ; distribution ; allumage ; carter ; graissage ; réfrigération ; équilibrage.	25
--	----

CHAPITRE III

Le moteur (suite).

COMBUSTIBLE, CARBURATION ET CARBURATEUR.

Qu'est-ce qu'un combustible ? Allure de la combustion dans le cylindre ; le combustible doit être un gaz ou une vapeur. — L'essence. — Le benzol. — L'alcool.

— But de la carburation. — Carburateur. — a) Pulvérisation, vaporisation, mélange ; b) Réglage de l'admission du mélange ; commande du robinet d'admission du mélange.	32
--	----

CHAPITRE IV

Le moteur (suite).

CARBURATION ET CARBURATEUR (suite et fin).

Réglage de la composition du mélange : réglage automatique ; vase à niveau constant. Réglage par admission d'air additionnel. Réglage par modération d'un débit d'essence. Gicleur de ralenti. — Réchauffage : a) de l'air ; b) du carburateur et de la tuyauterie. — Alimentation du carburateur. — Montage	44
--	----

CHAPITRE V

Le moteur (suite).

Fonction. — Quand les orifices d'admission et d'échappement doivent-ils être ouverts et fermés ? Cycle à quatre temps : a) admission, b) compression, c) explosion et détente, d) échappement. — Importance de la compression : nécessité de la limiter. — Modifications apportées dans l'ouverture et la fermeture des orifices d'admission et d'échappement : retard à l'ouverture de l'admission, retard à la fermeture de l'admission ; avance à l'ouverture de l'échappement, retard à la fermeture de l'échappement. — Organes qui ouvrent et ferment les orifices d'admission et d'échappement : a) soupapes ; b) montage des soupapes ; c) disposition des soupapes. — Commande des soupapes. — Commande de l'arbre de distribution. — Ordre d'alimentation des cylindres. — Echappement . . .	57
--	----

CHAPITRE VI

Le moteur (suite).

L'ALLUMAGE

But. — Quand l'allumage doit-il se produire ? Avance à l'allumage. Comment l'allumage est réalisé, Magnéto ;	
--	--

a) magnéto proprement dite ; *b)* rupteur ; *c)* transformateur ; *d)* transformateur. — Bougie. — Vitesse de rotation de l'induit et du distributeur. — Emplacement et commande de la magnéto. — Variations de l'avance à l'allumage. — Emplacement de la bougie d'allumage ; allumage jumelé. — Arrêt de l'allumage. 82

CHAPITRE VII

Le moteur (suite).

LE GRAISSAGE.

Nécessité du graissage. — Quel lubrifiant employer ? — Quelles régions lubrifier ? — Procédés de graissage : *a)* graissage par barbotage ; *b)* graissage par circulation forcée ; pompes à huile. — Précautions contre l'expulsion de l'huile du carter. — Contrôle du graissage ; soupape de retour. — Approvisionnement du carter : réservoir auxiliaire. — Vidange du carter. 98

CHAPITRE VIII

Le moteur (suite).

LA RÉFRIGÉRATION.

Nécessité de la réfrigération. — Comment on la réalise. — Radiateur : fonction ; constitution ; emplacement. — Circulation de l'eau : *a)* par thermosiphon ; *b)* par pompe : pompe centrifuge ; pompe à engrenages ; emplacement ; commande ; manomètre ; tuyauterie ; contrôle de la circulation d'eau. — Circulation de l'air ; ventilateur ; emplacement ; commande. — Précautions contre les incrustations et contre la gelée 116

CHAPITRE IX

Le moteur (suite).

RÉGULARISATION ET ÉQUILIBRAGE.

RÉGULARISATION : Variation de l'effort qui sollicite le maneton. — Inconvénients. — Régularisation de la rotation ; augmentation du nombre des cylindres ; volant.

EQUILIBRAGE : But de l'équilibrage. — Efforts développés sur le cylindre et le bâti du moteur pendant les différentes phases du cycle : 1° pendant l'explosion et la détente ; 2° pendant la compression ; 3° pendant l'aspiration et l'échappement. Conséquences : Fatigues et usures dues à la rotation du vilebrequin. — Procédés d'équilibrage : moteurs : 1° à un cylindre ; 2° à deux cylindres ; 3° à quatre cylindres. — Effet du mouvement alternatif du piston. — Force d'inertie du piston. — Equilibrage approximatif de la force d'inertie du piston : moteurs : 1° à un cylindre ; 2° à deux cylindres ; 3° à quatre cylindres. 435

CHAPITRE X

Le moteur (*suite et fin*).

QUELQUES DÉTAILS DE CONSTRUCTION DU CYLINDRE,
DU PISTON ET DE LA BIELLE. — CARTER. — CAPOT.

De quoi dépend la forme d'un organe. — Cylindre : description et détails de construction : groupement des cylindres. — Piston ; conditions qu'il doit remplir ; résistance, légèreté, étanchéité, lubrification ; axe du piston, sa fixation. — Bielle ; corps, tête, pied. — Carter. — Capot. 456

CHAPITRE XI

Châssis, essieux, roues et suspension.

Le châssis, son rôle, sa constitution. — Les essieux : essieu avant, essieu arrière. — Les roues : constitution et montage ; roues amovibles. — La suspension ; ressorts employés ; montage des ressorts. — Mode d'action des ressorts. 479

CHAPITRE XII

Mécanisme et transmission.

Embrayage : sa fonction. — Principaux types d'embrayages. — Embrayage à cônes. — Embrayage à disques : types à disque unique ou à plateau ; type à disques

multiples. — Transmission du mouvement à l'arbre du changement de vitesse	199
--	-----

CHAPITRE XIII

Mécanisme de transmission (*suite*).

CHANGEMENT DE VITESSE

Nécessité d'un changement de vitesse. — Principe d'un changement de vitesse : vitesses ; point mort, marche arrière ; commande du baladeur. — Prise directe. — Changements de vitesse à deux et trois baladeurs : inconvenients d'un baladeur unique ; emploi de deux et trois baladeurs ; déplacement des baladeurs ; ver- rouillage. — Carter. — Graissage. — Passage des vitesses ; démarrage ; passage d'une vitesse à une vi- tesse supérieure, passage d'une vitesse à une vi- tesse inférieure	217
--	-----

CHAPITRE XIV

Mécanisme de transmission (*suite et fin*).

TRANSMISSION DU MOUVEMENT

DE LA BOÎTE DE VITESSES AUX ROUES.

Ce que comprend la transmission. Différentiel : rôle, constitution : détails de construction. — Transmission aux roues. — A) Transmission par chaînes : en- semble ; bielle de poussée, tendeur de chaîne. — B) Transmission à cardans ; conditions à remplir ; cardans ; transmission des planétaires aux roues. — C) Disposition à cardans transversaux. — Essieu arrière ou pont arrière. — Constitution ; liaison du pont et du châssis : 1° par les ressorts : 2° par bielle de pous- sée. — Efforts qui sollicitent le pont arrière : flexion du pont ; oscillation du pont autour de son axe ; jambe de force	236
---	-----

CHAPITRE XV

Direction.

Comment s'opère le changement de direction. — Méca- nisme du changement de direction. — Conditions

auxquelles doit satisfaire une direction : irréversibilité ; amortisseurs. — Tenue à la route : comment on peut l'améliorer. 266

CHAPITRE XVI

Le freinage.

Nécessité du freinage. — Principe du freinage. — Types divers de freins : freins à mâchoires extérieures ; frein à segments intérieurs ; garniture. — Nombre de freins et emplacement des freins. — Action du freinage sur le mécanisme. — Puissance de freinage de chacun des freins. — Organes de commande des freins. — L'organe de commande d'un frein doit-il débrayer ? Choix du type de frein pour les freins différentiel et de roues. — Timonnerie. — Réglage des freins. — Limite de la pression de freinage. — Freinage sur les quatre roues. — Freinage par le moteur. 275

CHAPITRE XVII

Lancement, éclairage, avertisseur.

LANCEMENT

LANCEMENT. Nécessité d'opérer le lancement du vilfrequin ? Comment est obtenu le lancement ? Lancement à la main. — Inconvénients de la manœuvre à la main. Lancement à l'air comprimé. — Lancement par moteur électrique. — Emploi d'une dynastart. — Connexion dynamo-génératrice batterie. Liaison de la génératrice et du moteur. — ÉCLAIRAGE — Sources lumineuses. — Phares. — phares à acétylène — phare avec lumière électrique. — Lanterne arrière. — Source d'électricité. — Equipement pour démarrage et éclairage électriques. — Equipement pour allumage, démarrage et éclairage. Avertisseurs. — Avertisseurs électriques. 301

LE LIVRE DE LA PROFESSION

PREMIERE CATEGORIE

Le Livre de l'Apprenti et de l'Ouvrier.

1° **Le Chaudronnier en cuivre**, par L. GENDRON, Ingénieur des Arts et Manufactures . . . 8 fr.

2° **L'Horloger**, par Ch. PONCET, Directeur de l'Ecole nationale d'Horlogerie de Cluses, 1^{er} vol. 8 fr.

Ouvrage honoré de l'un des trois prix décernés en 1921, au *Concours de Manuels*, organisé par le *Sous-Secrétariat d'Etat* de l'Enseignement technique au Ministère de l'Instruction publique.

3° **La Fabrication du Drap** (Montage, Echantillonnage), par Ch. THOMAS, Directeur de l'Ecole manufacturière d'Elbeuf et P. ANAUD, Bessinateur en tissus, Chef des Ateliers de Draperie de l'Ecole pratique d'industrie de Vienne . . . 8 fr.

Ouvrage honoré de l'un des trois prix décernés en 1921, au *Concours de Manuels*, organisé par le *Sous-Secrétariat d'Etat* de l'Enseignement technique au Ministère de l'Instruction publique.

4° **L'Ajusteur-Mécanicien** (Travail à la main), par J. THIBAudeau, Ingénieur A. et M., Professeur de l'enseignement technique. 1^{er} . . . 7 fr.

5° **Le Dessin pour l'Apprenti Mécanicien**, par J. FOURQUET, professeur de l'Enseignement technique . . . 3 fr.

6° **Le Dessin pour l'Apprenti Menuisier**, par le même. Sous presse.

7° **Le Dessin pour l'Apprenti Forgeron**, par le même. En préparation.

8° **Le Dessin pour l'Apprenti Mode-**

leur-Mécanicien, par le même. En préparation.

9° **Le Charpentier en Bois**, par J. FOURQUET, et L. RIBOULET, Contremaitre-Charpentier, Professeur de Coupe de Bois. 7 fr.

10° **Le Lunetier-Opticien**, par J. MONNET, Directeur de l'Ecole d'Optique et de Lunetterie de Morez . . . 8 fr.

11° **La Géométrie de l'Apprenti**, par L. COLOMBEY, professeur de l'Enseignement technique . 6 fr.

12° **Le Ferblantier - plombier - zingueur**, par M. THOUVENIN, Sous-Directeur de l'Ecole pratique d'Industrie de Marseille. Sous presse.

13° **L'Automobile** (Petites leçons illustrées de nombreux dessins), par A. BOUTZY, Professeur à l'Ecole nationale d'Arts et Métiers de Paris. . . 8 fr.

14° **L'Apprenti Menuisier**, par J. FOURQUET, et A. LEMESLE, Menuisier . . . 8 fr.

15° **Le Chaudronnier en fer**, par L. GENDRON. Sous presse.

16° **Le Monteur-Mécanicien des Chemins de Fer** (Technologie de la Locomotive) par G. DUBOS, Ingénieur de la Traction à la C^{ie} d'Orléans. En préparation.

17° **Le Modeleur-Mécanicien**, par M. DESBORDS, Professeur de l'Enseignement technique, Chef d'Atelier à l'Ecole pratique d'In-

- dustrie de Saint-Etienne. En préparation.
- 18° **Le Forgeron**, par V. RANCHOUX, Contremaître à l'Ecole pratique d'Industrie de Saint-Etienne. En préparation.
- 19° **L'Horloger**, par Ch. PONCET, 2° vol. En préparation.
- 20° **L'Ajusteur-Mécanicien** (Travail aux machines) par J. THIBAUDEAU, 2° vol. En préparation. Etc, etc.

DEUXIÈME CATÉGORIE

Le Livre de l'Élève de l'École professionnelle et du futur Contremaître

- 1° **L'Élève Electricien** (Principes généraux de l'Electricité), par G. NÉRÉ, Ing. diplômé de l'Ecole supérieure d'Electricité de Paris, Professeur de l'Enseignement technique. 1^{er} vol. 6 fr.
- 2° **L'Élève Electricien** (Générateurs), par G. NÉRÉ, 2° vol. 6 fr.
- 3° **L'Élève Electricien** (Transformateurs) par G. NÉRÉ, 3° vol. 3 fr.
- 4° **L'Élève Electricien** (Moteurs), par G. NÉRÉ, 4° vol. En préparation.
- 5° **L'Élève Electricien** (Constitution, installation, conduite et entretien des machines), par G. NÉRÉ. 5° vol. En préparation.
- 6° **Le Comptable** (Manuel théorique et pratique de comptabilité générale), par E. DEMUR, ancien élève de l'Ecole des Hautes-Etudes Commerciales, Professeur de l'Enseignement technique. 1^{er} vol. 15 fr.
- 7° **Le Comptable** (Principales applications de la comptabilité), par E. DEMUR. 2° vol. En préparation.
- 8° **Le Comptable-Hôtelier**, par A. GIRAUDY, Président de la Chambre syndicale des Hôteliers de Nice et M^{me} Albert Pons, Professeur à l'Ecole pratique d'Industrie hôtelière de la Côte d'Azur. Etc, etc. 15 fr.



Le catalogue détaillé, le prospectus général ou le prospectus spécial de chacun des ouvrages de la collection du **Livre de la Profession** sont envoyés gratuitement, à toute personne qui en adresse la demande au Directeur de la *Librairie de l'Enseignement technique*, 3 rue Thénard, Paris (V°).

ENSEIGNEMENT par CORRESPONDANCE (1)

"L'ÉCOLE CHEZ SOI"

L'Enseignement par correspondance, créé par l'Ecole des Travaux publics en 1891 sous le nom d'« École chez soi », s'adresse particulièrement à tous ceux que leurs occupations journalières empêchent de venir suivre l'enseignement sur place : *puisque'ils ne peuvent venir à l'Ecole, c'est l'Ecole qui va vers eux.*

Cet enseignement compte par an, en temps normal, plus de 20.000 élèves correspondants et, parmi eux, non seulement des débutants, mais des architectes, des ingénieurs de toutes spécialités, des directeurs d'usine, des chefs d'industrie, etc., qui complètent ainsi leur instruction théorique et pratique. D'anciens élèves des grandes Ecoles : Polytechnique, Centrale, etc., viennent aussi s'y compléter.

L'Enseignement par correspondance a un caractère individuel : il se compose :

1° *des cours autographiés* entrant dans la préparation suivie par l'élève et spécialement écrits pour cette préparation ;

2° *d'exercices variés*, dans lesquels entre toute la substance des cours et qui nécessitent, pour être traités, la connaissance parfaite de ceux-ci ;

3° *d'un tableau de travail*, ou plan d'études, dressé en tenant compte du temps dont on dispose et qui fixe, d'après cette base, la durée de chaque tâche.

L'Enseignement par correspondance est d'une souplesse remarquable, puisque, en raison de son caractère individuel, le tableau de travail du correspondant est dressé d'après sa connaissance et le temps dont il dispose.

En traitant les questions qui lui sont posées, l'élève s'habitue à exprimer ce qu'il sait d'une façon claire, correcte et il acquiert par ce système une faculté précieuse qui peut, à chaque instant, lui être utile dans le cours de sa carrière.

Condition d'admission. — Pour permettre d'indiquer aux nouveaux élèves correspondants l'enseignement qui leur convient, la direction de l'Ecole leur demande d'adresser un bulletin de renseignements faisant connaître la nature des études faites antérieurement et le but à atteindre. Si ce bulletin de renseignements ne donne pas d'indications suffisamment précises, les candidats subissent un examen par correspondance.

Diplômes. — Les diplômes supérieurs qui sont délivrés comme consécration de l'Enseignement par correspondance sont ceux de :

Ingénieur des Travaux Publics ;	Ingénieur-métallurgiste ;
Ingénieur-architecte ;	Ingénieur de Mines ;
Ingénieur-mécanicien ;	Ingénieur-géomètre ou ingénieur
Ingénieur-électricien ;	topographe.

En 1920, 25.946 élèves appartenant à toutes les nationalités ont suivi l'Enseignement par correspondance.

Envoi sur demande de la notice sur l'Enseignement par correspondance.

(1) L'Enseignement par correspondance fait l'objet d'une notice illustrée donnant des indications détaillées sur cet enseignement : fonctionnement, règlement intérieur, tarifs, énumération des préparations organisées. Cette notice est envoyée gratuitement, sur demande adressée à la Direction de l'Ecole.

Yverdon. — Imprimerie LAPORTE frères et Cie.