

J. MAURIZOT

LE MÉCANICIEN D'AUTOMOBILES

1



Eyrolles

EDITEUR - PARIS

Mis à disposition par Citro21

L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
ET PROFESSIONNEL

LE MÉCANICIEN D'AUTOMOBILES

TOME I

A l'usage des ouvriers et apprentis
de l'industrie Automobile, des candidats au C. A. P. de « Mécanicien
Réparateur d'Automobiles », des élèves des Cours Professionnels,
des Centres d'Apprentissage, des Collèges Techniques et des Écoles
Nationales Professionnelles,

par

J. MAURIZOT

Ingénieur A. M. et E. S. E.
Directeur de La Martinière
E. N. P. de Lyon

3^e Édition
revue et corrigée

ÉDITIONS EYROLLES
61, Boulevard Saint-Germain, PARIS-V^e
1957

Tous droits réservés

PRÉFACES DE LA PREMIÈRE ÉDITION

La Technologie Professionnelle Générale du Mécanicien d'Automobiles que publie aujourd'hui M. Joseph MAURIZOT, Ingénieur des Arts et Métiers et de l'École Supérieure d'Électricité, répond à un besoin manifeste. Je suis certain que cette publication sera très bien accueillie par tous les cadres de la profession automobile et surtout par les mécaniciens réparateurs qui, sous l'égide de la Chambre Syndicale Nationale du Commerce et de la Réparation Automobile présidée par M. VALLOT, Membre du Conseil de la Société des Ingénieurs de l'Automobile, groupent déjà plus de 30.000 membres.

La présentation du livre, l'échelonnement des différents chapitres, leur rédaction et la qualité des figures qui illustrent les textes sont parfaits.

Ce livre apportera un concours précieux à tous les mécaniciens réparateurs avides de connaître mieux le milieu automobile dans lequel ils évoluent journellement, et qui doivent être aujourd'hui au courant de toutes les questions mécaniques et électriques, appartenant de l'Automobile moderne.

Il s'adresse également à tous les élèves des Écoles professionnelles qui pourraient envisager d'aborder la profession automobile aux stades de la conception, de la fabrication, de la distribution et de la réparation.

Je félicite donc mon camarade Joseph MAURIZOT, Directeur de l'École Nationale Professionnelle de Limoges, d'avoir pu trouver, malgré ses nombreuses occupations, le temps matériel nécessaire pour concevoir et mettre sur pied d'une façon définitive un volume aussi complet de la technique automobile en 1951.

Je suis certain qu'il remportera un très grand succès.

Henri PERROT,

Ingénieur des Arts et Métiers,
Président de la Société des
Ingénieurs de l'Automobile,
Chevalier de la Légion d'Honneur.

La lecture du livre sur la Technologie Générale du Mécanicien d'Automobiles que publie mon camarade des Arts et Métiers, Joseph MAURIZOT, m'a vivement intéressé.

Il m'est difficile d'exprimer tout le bien que je pense de cet ouvrage après avoir pris connaissance de la préface que mon ancien de l'école de Châlons-sur-Marne, Henri PERROT, président de la Société des Ingénieurs de l'Automobile, a rédigée en des termes qui correspondent bien à la valeur technique et pratique de cette étude.

Je dirai simplement que je suis entièrement d'accord avec les conclusions de M. Henri PERROT, dont la haute autorité en la matière est le plus sûr garant du succès qui attend la parution de ce volume. Celui-ci rendra les plus grands services aux mécaniciens-réparateurs, auxquels je m'intéresse spécialement au titre de président de la Commission Nationale Technique et Réparation de la C. S. N. C. R. A.

Je félicite mon camarade Joseph MAURIZOT pour le travail important auquel il s'est consacré afin de réaliser une publication aussi complète, et je souhaite à celle-ci une réussite totale dans sa diffusion.

Jean MOREAU,

Ingénieur des Arts et Métiers,
Président du Secteur Seine
de la Chambre Nationale du
Commerce et de la Réparation
Automobile.

LE FREINAGE

I. — GÉNÉRALITÉS.

1. Nécessité du freinage.

Un véhicule en mouvement s'arrête lorsque le *travail résistant* est égal au *travail moteur*. Dans le cas d'un véhicule automobile le travail moteur est la somme du travail effectif fourni par le moteur, de l'énergie cinétique et du travail de la pesanteur, si le véhicule descend une pente. Le travail résistant est la somme des travaux nécessaires pour vaincre les frottements des organes mécaniques, la résistance au roulement, la résistance de l'air et du travail de la pesanteur, si le véhicule gravit une côte.

Lorsque le conducteur désire arrêter rapidement son véhicule automobile, il commence par diminuer le travail moteur en relevant le pied de l'accélérateur. Il peut se faire que cette action soit suffisante pour arrêter le véhicule dans certains cas particuliers, en côte par exemple, mais en général le conducteur doit également créer un travail résistant supplémentaire, afin que la somme des travaux résistants soit égale à la somme des travaux moteurs.

Le *freinage* est l'opération qui consiste à développer un travail résistant supplémentaire à l'instant voulu, pour ralentir ou arrêter le mouvement du véhicule.

2. Différents systèmes de freinage.

On emploie simultanément ou séparément le *freinage par frottement* sur les roues et sur l'arbre de transmission et le *freinage par le moteur*.

Pour des raisons de sécurité imposées par le poids ou l'allure rapide des véhicules, les constructeurs ont reconnu insuffisant le freinage par frottement primitivement utilisé sur la transmission et sur les roues arrière. Ils ont alors réalisé le freinage simultané sur les quatre roues, c'est-à-dire le *freinage intégral*.

3. Historique du freinage intégral.

Le montage des freins est plus compliqué pour les roues avant que pour les roues arrière. Il faut en effet réaliser l'indépendance complète de la direction et du freinage. Le premier brevet de frein sur roue avant a été pris en 1904 par Renouf, en Angleterre. Ce frein était commandé par un câble passant dans le pivot de la roue. Au salon de l'Automobile, en 1905, Weyher et Richemond ont démontré que le freinage sur roues avant supprime le dérapage et diminue de moitié le temps nécessaire pour arrêter un véhicule, mais il fallut attendre 1910 pour assister aux premières réalisations pratiques du freinage intégral. En février les Établissements Isotta Fraschini font breveter un système de commande par joint de cardan monté sur l'axe de la roue qui demeure vertical, et en mars Monsieur Henri Perrot, qui est actuellement Président de la Société des Ingénieurs de l'Automobile, dépose un brevet dont les caractéristiques sont les suivantes :

Le pivot de la roue est incliné de telle sorte que le prolongement de son axe rencontre le plan longitudinal de la roue, à peu près au point de contact de cette roue avec le sol. Ainsi l'effort de freinage n'a plus tendance à faire pivoter la fusée de la roue, et le freinage n'entraîne pas de braquage.

L'inclinaison du pivot présente d'autre part l'avantage de faire revenir automatiquement les deux roues en ligne droite, lorsqu'on cesse d'actionner le volant.

Signalons également que le braquage des roues produit un décalage qui augmente avec l'angle de braquage, de sorte que la roue intérieure est automatiquement plus serrée que la roue extérieure. Ce phénomène est connu sous le nom d'action différentielle des freins Perrot.

Ce n'est qu'en 1921 cependant que le freinage intégral a définitivement conquis un grand nombre de constructeurs français et étrangers.

4. Augmentation de l'effort de freinage. Servo-frein.

Le freinage rapide des véhicules lourds, condition absolue de sécurité, demande au conducteur un effort supérieur à celui qu'un homme peut normalement fournir. Il est alors apparu indispensable d'avoir recours à un organe auxiliaire qui puise son énergie ailleurs que dans un effort musculaire exagéré. Le frein est asservi, c'est-à-dire placé sous la dépendance d'un organe appelé *servo-frein*.

Le servo-frein est commandé par le conducteur, lorsqu'il appuie

sur la pédale. Le frein est alors actionné par une force empruntée à une source d'énergie complémentaire mécanique, hydraulique ou pneumatique.

II. — FREINAGE PAR FROTTEMENT

5. Caractéristiques principales.

Le freinage par frottement transforme de l'énergie mécanique en énergie calorifique, il agit soit sur les roues, soit sur l'arbre de transmission. Le freinage de la transmission, dit *freinage sur mécanisme*, était imposé autrefois par le Service des Mines, concurrentement avec le freinage sur roues. Il est encore utilisé sur certains véhicules, la Simca 8 par exemple.

L'effort de freinage par frottement sur les roues doit être inférieur à leur adhérence au sol.

L'énergie calorifique résultant d'une transformation d'énergie mécanique est évacuée par conductibilité et rayonnement.

Le freinage doit être intermittent et progressif.

6. Effort de freinage à la jante.

Adhérence.

L'adhérence d'une roue est la réaction du sol qui s'oppose à ce que la roue glisse ou patine. C'est une force dont l'intensité est fonction du poids porté par la roue et de la nature des surfaces en contact. L'intensité de cette force est mesurée par l'effort qu'il faut appliquer au bandage de la roue pour la faire tourner sans avancer (cas du véhicule dont les roues patinent au démarrage) ou pour la faire glisser sur le sol sans tourner (cas du véhicule lancé dont les roues patinent, les freins étant bloqués).

$$\text{L'adhérence } \boxed{A = P \cdot f}$$

P : Poids supporté par la roue ;

f : Coefficient d'adhérence. Ce coefficient dépend de la nature du sol et du profil extérieur du bandage. Il varie de 0,8 pour un pneu neuf et un terrain sec à 0,06 pour un pneu usagé et un terrain détrempe ou glacé.

Valeur de l'effort de freinage F :

L'intensité de l'effort sur le bandage doit être inférieure à l'adhérence A : $\boxed{F < A}$. Sinon la roue serait bloquée et glisserait

sur le sol, ce qui présenterait de sérieux inconvénients. Sous l'action de la force centrifuge le véhicule peut déraper dans un virage, les roues arrière étant bloquées. L'adhérence au glissement est plus faible que l'adhérence au roulement. Enfin les pneus s'usent plus rapidement lorsqu'ils glissent que lorsqu'ils roulent.

7. Transformation d'énergie mécanique en énergie calorifique.

La forme, les dimensions et les matériaux des organes de friction dépendent de l'importance de l'énergie calorifique qui doit être dissipée.

La température de ces organes ne doit pas dépasser une température limite, dite de sécurité, comprise entre 100 et 160° selon la nature et l'état sec ou gras des surfaces de frottement.

8. Conditions d'application de l'effort de freinage.

L'effort de freinage doit s'exercer pendant des périodes très courtes. Il doit être suivi de longs arrêts. Les organes de friction qui s'échauffent pendant la période de fonctionnement peuvent ainsi se refroidir pendant les arrêts. La quantité de chaleur produite se propage alors dans la masse et s'évacue lentement vers l'extérieur. Un régime d'équilibre s'établit entre les apports intermittents de calories et leur évacuation à peu près régulière, donnant à l'ensemble des organes de friction une température dite résiduelle. Si le freinage était trop fréquent, le refroidissement serait insuffisant, et la température des surfaces en contact risquerait de dépasser la température de sécurité.

Distance d'arrêt.

Considérons un véhicule de masse m , lancé sur une route horizontale à la vitesse v . Le travail effectif du moteur étant supposé nul, l'énergie cinétique E du véhicule est le seul travail moteur. Si R représente la somme des résistances passives, le véhicule s'arrête après avoir parcouru une distance d , lorsque la somme des travaux résistants est égale à l'énergie cinétique.

$$R d = \frac{1}{2} m v^2$$

$$d = \frac{m v^2}{2R}$$

Dans le cas où le véhicule n'est pas freiné nous donnerons à R la valeur de 60 kg par tonne.

Dans le cas où le véhicule est freiné nous admettrons que la somme des travaux résistants est égale à la valeur limite de l'effort de freinage $F_1 = P f$.

Exemple : Poids du véhicule 981 kilos.

Vitesse : 50 kilomètres à l'heure ($v = 14$ m/s).

Coefficient d'adhérence $f = 0,8$.

Véhicule non freiné : $d = \frac{100 \times 14^2}{2 \times 59} = 166$ mètres.

Véhicule freiné : $d = \frac{m v^2}{2 P f} = \frac{v^2}{2 g f}$.

Le produit $g f$ peut s'exprimer sous la forme d'une accélération négative dont la valeur maximum est :

$$9,81 \times 0,8 = 8 \text{ m/sec/sec ;}$$

dans ce cas, qui correspond à un bon freinage pour les véhicules de tourisme :

$$d = \frac{14^2}{2 \times 8} = 12 \text{ mètres.}$$

Un bon freinage pour les véhicules lourds correspond à une distance d'arrêt $d = \frac{v^2}{10}$ obtenue en adoptant une accélération négative de 5 m/sec/sec.

Théoriquement la distance d'arrêt est indépendante de la masse du véhicule.

III. — CLASSIFICATION DES FREINS A FROTTEMENT SUR ROUES.

Tous les freins à frottement sur roues utilisent les mêmes organes de friction constitués par des segments qu'on plaque sur la surface intérieure latérale d'un tambour.

On distingue ces freins d'après le système de commande utilisé (mécanique, hydraulique, pneumatique) et, éventuellement, d'après le mode de fonctionnement du servo-frein.

Nous classerons comme suit les différents types de freins à frottement sur roues :

freins à segments à commande mécanique,
freins hydrauliques,
servo-freins, mécaniques, pneumatiques.

IV. — FREINS A SEGMENTS A COMMANDE MÉCANIQUE (fig. 1 et 2).

9. Description et fonctionnement.

Un frein à segments sur roue comprend :

Des *organes de friction*,

constitués par un *tambour* solidaire de la roue et deux *segments*, placés à l'intérieur du tambour, articulés chacun sur un axe fixé à un *flasque* solidaire de l'essieu. Deux ressorts de rappel tendent à ramener les segments dans leur position initiale, ce qui permet alors à la roue de tourner librement.

Des *organes de commande*.

La commande mécanique du frein est constituée par des leviers. Un *palonnier*, c'est-à-dire un axe métallique supporté par le châssis, permet de répartir également sur plusieurs tringlages de transmission l'effort de commande exercé sur un levier à main ou une *pédale*. A l'intérieur du tambour et au niveau des extrémités libres des segments, on monte une *came* dont le rôle est d'écarter les segments l'un de l'autre en tendant les ressorts de rappel. Les segments sont alors appliqués contre la paroi intérieure du tambour. L'axe de la came est solidaire d'un levier commandé directement par une tringle reliée au palonnier dans le cas des roues arrière.

La commande de la came des freins avant est plus complexe. Une solution consiste à placer un joint de Cardan à l'intersection des axes du pivot de la roue et de la came. La transmission mécanique s'effectue par deux tubes couissant l'un dans l'autre ; l'un fixé au cardan porte le levier de commande, et l'autre oscille au moyen d'une rotule dont la partie creuse est fixée au châssis.

Tout véhicule automobile doit avoir deux commandes indépendantes pour les freins. Les freins sur les quatre roues sont actionnés par la pédale et par un levier à main. Dans certains véhicules le levier à main commande uniquement un frein sur mécanisme (Simca 8).

REMARQUE.

La Société Westinghouse monte sur l'arbre de transmission

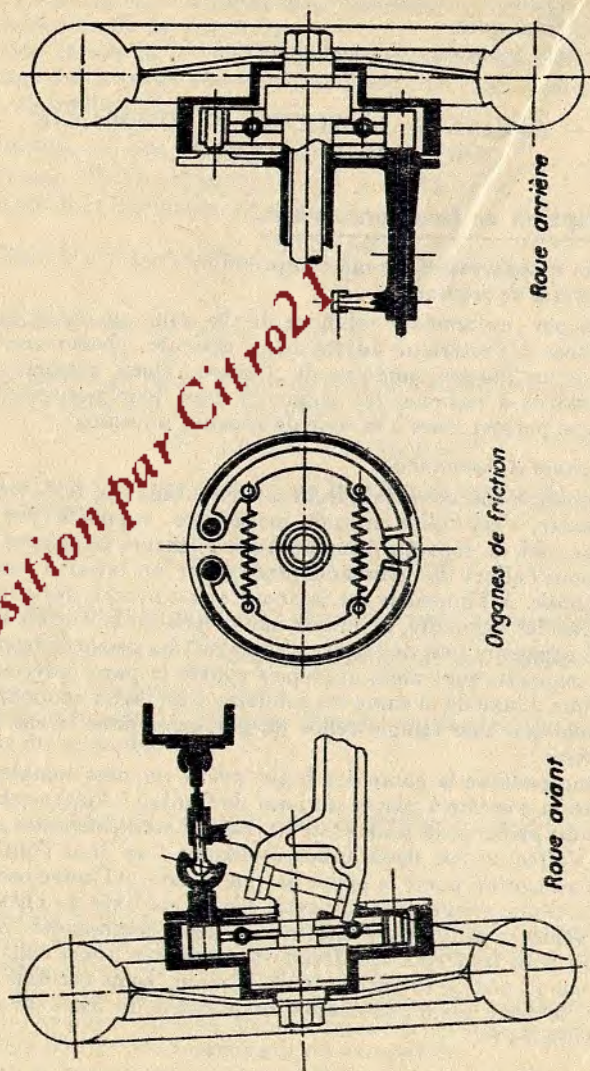


Fig. 1. — Frein à segments à commande mécanique.

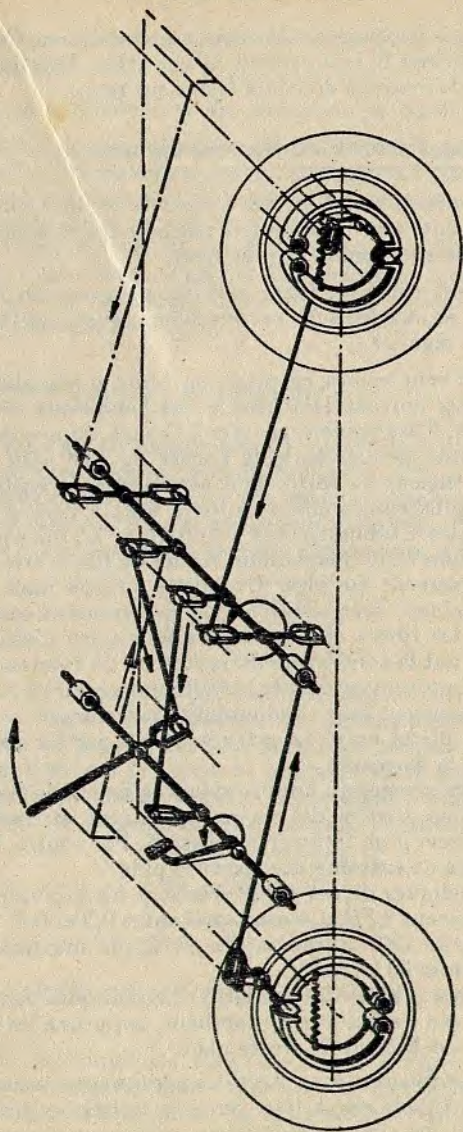


FIG. 2. — Frein à segments à commande mécanique (Timonerie).

des camions un ralentisseur « Westral » à circulation d'eau dont le rôle est de freiner le mouvement de cet arbre dans les longues déclivités afin de venir en aide aux freins sur roues.

10. Choix des formes et des matériaux.

Les formes et les dimensions des différents organes constituant un frein à segments sont déterminées par les considérations mécaniques et thermiques exposées plus haut.

Le *tambour* est coulé en fonte perlitique à grain fin. Sa résistance à l'usure et aux érosions est excellente, et son coefficient de frottement est régulier.

Les *segments* sont coulés en acier, en fonte ou en aluminium.

Les garnitures doivent satisfaire à des conditions sévères de fonctionnement. Elles doivent résister à l'usure, supporter exceptionnellement une température de l'ordre de 200° tout en conservant un coefficient de frottement sensiblement constant. Les garnitures les plus couramment utilisées sont à base d'amiante fabriquées par les Établissements « Ferodo ». L'amiante est un silicate de calcium et de magnésium formé de fibres très fines et flexibles, difficilement fusibles. L'amiante utilisée dans les garnitures est imprégnée sous pression avec des vernis au caoutchouc qui cimentent les fibres et suppriment les risques d'effilochage. Ces produits ayant la texture du carton ou du tissu sont mous, on les renforce au moyen de fils métalliques en zinc, cuivre ou laiton qui augmentent leur conductibilité calorifique.

Le choix du métal employé est déterminé par les conditions d'utilisation de la garniture.

Les garnitures armées au laiton ont un coefficient de frottement à chaud supérieur à celui des autres garnitures, et leur emploi permet de remédier à un freinage insuffisant. Par contre, le laiton favorise l'érosion et entraîne une usure rapide.

Les caractéristiques de ces garnitures sont les suivantes : coefficient de frottement à l'état sec compris entre 0,3 et 0,4. Température de sécurité 120°. Température résiduelle maximum 100°. Pression maximum 50 kg/cm².

Les garnitures armées au plomb s'écrasent plus facilement. Le plomb colmate les fissures du tambour, supprime les érosions et régularise le coefficient de frottement.

Rivets : Les garnitures sont fixées aux segments au moyen de rivets pleins ou tubulaires, à tête plate ou fraisée, noyés dans la garniture. Les rivets sont en aluminium ou en cuivre rouge pur

éviter qu'ils ne puissent rayer le tambour en cas d'usure exagérée de la garniture.

Rectification et détalonnage des garnitures de freins.

La rectification des garnitures doit être très légère pour éviter de couper les fils d'amiant, ce qui entraînerait une usure rapide. On emploie généralement une meule à gros grains ou une toile abrasive montée sur un tambour.

Afin d'éviter que le freinage soit trop brutal, on détalonne chaque garniture, c'est-à-dire qu'on fait un chanfrein avec une râpe à bois ou une meule, à chaque extrémité de la garniture et jusqu'à la première rangée de rivets.

II. Effort de freinage au tambour.

Nous avons vu au paragraphe II que l'effort de freinage à la jante F doit être inférieur à l'adhérence $F < P f$.

En désignant par r le rayon intérieur du tambour et par R le rayon de la circonférence de roulement de la roue, l'effort de freinage F sur le tambour est donné par l'expression suivante :

$$F_1 < \frac{P f R}{r}$$

Cet effort de freinage est obtenu en partant de l'effort F_p exercé par le conducteur sur la pédale. La démultiplication, entre le déplacement de la pédale et le déplacement moyen des segments de frein, mesurée sur le rayon du tambour, étant représentée par m et le coefficient de frottement des segments sur le tambour par f' , l'effort de freinage F_1 est donné par l'expression :

$$F_1 = F_p m f'$$

V. — FREINS HYDRAULIQUES LOCKHEED.

Les freins hydrauliques sont des freins à segments dont la commande est réalisée par transmission hydraulique au lieu d'être assurée mécaniquement. Ce nouveau système de commande a été mis au point en 1921 par les Établissements Lockheed.

12. Description et fonctionnement des organes de commande (fig. 3).

L'effort du conducteur sur la pédale est transmis aux segments, ou mâchoires de freins, par une colonne de liquide incompressible (huile) au moyen du dispositif suivant :

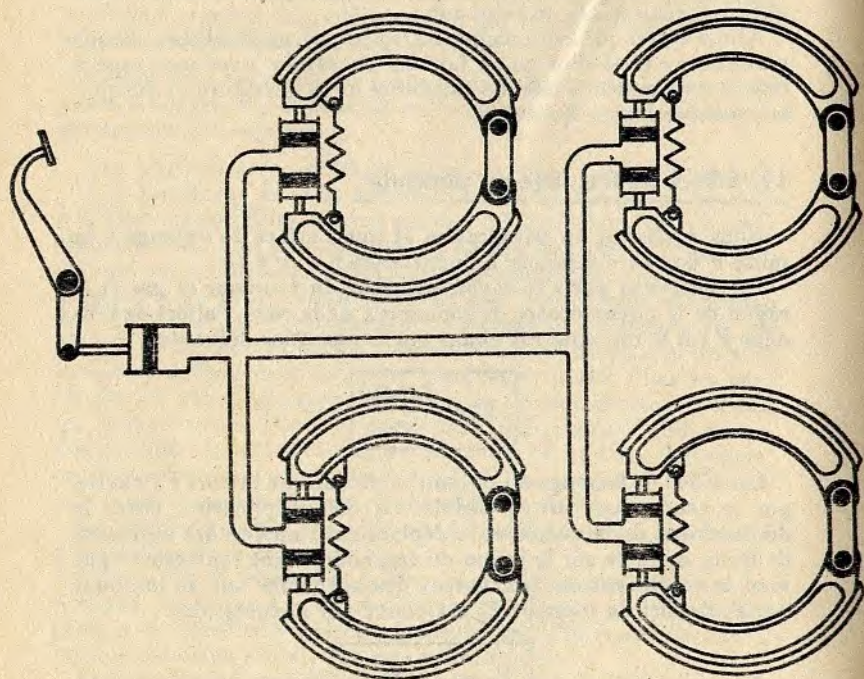


FIG. 3. — Schéma de principe des freins hydrauliques.

une pompe de commande ou *maître cylindre* actionnée par la pédale refoule, dans une *canalisation*, l'huile qui transmet la pression créée dans le maître cylindre aux *cylindres récepteurs* (un sur chaque roue). Les pistons des cylindres récepteurs reçoivent la même pression et provoquent l'écartement des mâchoires dans des conditions telles que les roues sont freinées progressivement, proportionnellement à l'effort appliqué sur la pé-

dale et avec une intensité correspondant à la surface des pistons récepteurs. On obtient ainsi un équilibrage excellent du freinage.

La commande hydraulique supprime les leviers et les articulations de la commande mécanique et, par conséquent, les risques d'usure et de bruit, mais exige une étanchéité parfaite.

13. Pompe de commande ou maître cylindre.

Description.

La pompe de commande, appelée *maître cylindre* séparé, est alimentée par un petit réservoir placé sous le capot. Ce réservoir contient un demi-litre environ de liquide réservé pour compenser les fuites éventuelles du dispositif. Le piston de la pompe est directement attaqué par une tige fixée sur la pédale du frein. La fig. 4 représente la coupe de la pompe avec ses dispositifs d'alimentation et de commande. Cette pompe est étudiée de façon à maintenir automatiquement dans les canalisations un volume constant de liquide en permettant la compensation des variations de volume dues à la température et aux faibles fuites. A cet effet un trou de petit diamètre D fait communiquer le corps de pompe avec la canalisation d'alimentation. La pédale étant appliquée contre sa butée, ce trou est démasqué par la coupelle principale J. Un léger jeu K est prévu entre la tige de poussée R et le piston L. Ce jeu de sécurité est indispensable et s'apprécie facilement à la main.

Fonctionnement.

Sous l'action de la pédale, le piston du maître cylindre se déplace dans le fond de l'alésage. La coupelle souple en matière moulée, qui assure l'étanchéité, est poussée par le piston et, après une très légère course inutile, vient boucher le trou de dilatation D, percé à la partie supérieure du maître cylindre. A ce moment, le liquide se trouve chassé dans les canalisations vers les cylindres récepteurs, en passant par le clapet central E de la soupape à double effet. Cette soupape est maintenue au fond de l'alésage par un ressort G dont l'autre extrémité applique la coupelle contre le piston.

Au défreinage, le liquide contenu dans les cylindres récepteurs et les canalisations revient en arrière sous l'action des ressorts de rappel des mâchoires de freins. La pression du liquide ferme le clapet central de la soupape, soulève la soupape en comprimant le ressort G, et le retour s'opère sur la périphérie de l'alésage, jusqu'à ce que la pression soit inférieure à celle du ressort, lequel,

devenant prépondérant, applique la soupape en fond d'alésage, isolant ainsi les canalisations et le maître cylindre. Il subsiste alors dans les canalisations et les cylindres récepteurs une pression qui interdit toute entrée d'air et assure un remplissage constant des canalisations. Cette légère pression résiduelle est approximativement de l'ordre de 0,7 kg par centimètre carré.

D'autre part, le piston sous l'action du ressort revient lui aussi en arrière, mais plus rapidement que la colonne de liquide qui doit vaincre les pertes de charge dues aux canalisations. Une dépression tend donc à se créer dans le maître cylindre, compensant automatiquement un manque éventuel de liquide.

Quand le piston est revenu à sa position de repos, le trop-plein de ce liquide de compensation revient dans le réservoir par le trou de dilatation.

La soupape fonctionne également lors du remplissage du système et de la purge d'air.

La coupelle secondaire N sertie à l'arrière du piston assure l'étanchéité du maître cylindre.

14. Différents types de pompes.

Maître cylindre sur cuve.

La pompe de commande que nous venons de décrire peut être réalisée d'une façon un peu différente tout en conservant le même principe de fonctionnement. Le maître cylindre se trouve immergé dans la cuve d'alimentation, et le piston reçoit l'effort exercé sur la pédale de frein par l'intermédiaire d'un levier monté sur un axe qui passe à travers la cuve.

Maître cylindre tandem.

Le frein comprenant une seule pompe donne des garanties suffisantes de sécurité. Cependant, pour éviter de monter parfois deux pompes indépendantes commandant deux circuits différents, les Établissements Lockheed ont créé un maître cylindre spécial dit « maître cylindre tandem ».

Ce maître cylindre tandem comprend deux chambres de compression indépendantes placées dans le même axe et alimentées séparément par un réservoir à double compartiment. Une chambre de compression alimente la canalisation des roues arrière, et l'autre chambre alimente la canalisation des roues avant.

En marche normale l'effort sur la pédale se transmet mécaniquement sur le premier piston et hydrauliquement sur le second.

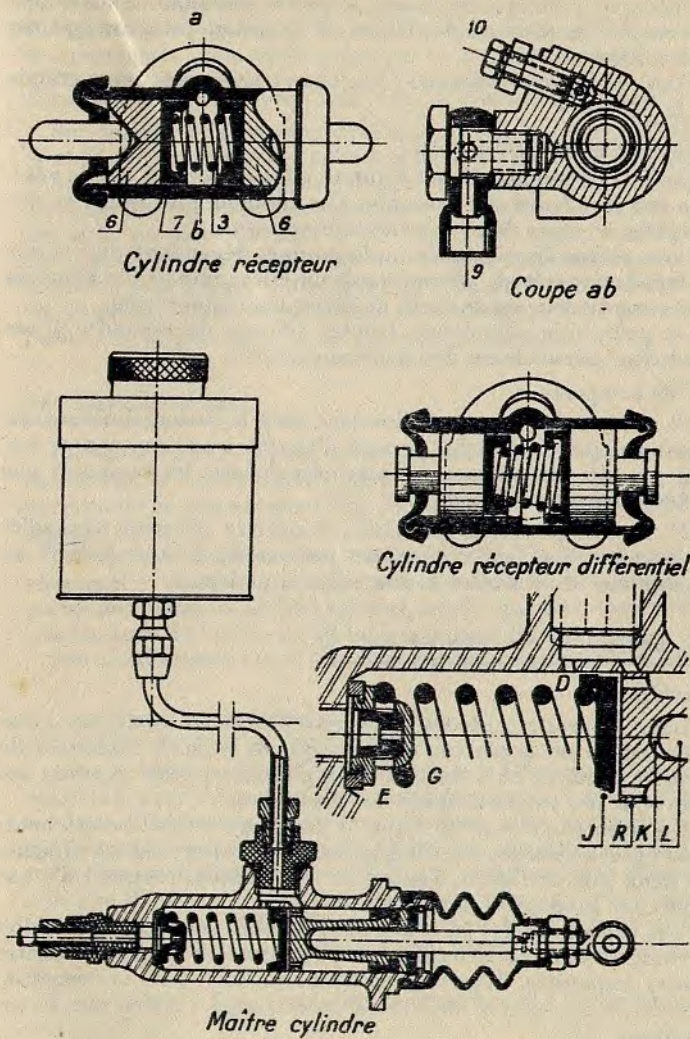


FIG. 4. — Freins hydrauliques Lockheed.

En cas d'accident à un circuit, le piston secondaire bute à fond de course d'un côté ou de l'autre et le piston primaire agit sur le circuit resté intact.

Il en résulte nécessairement une course légèrement plus grande de la pédale.

Pompe de commande Duplex.

L'effort de freinage F_1 est d'autant plus important que le véhicule est plus lourd. Ce qui exige des tambours de freins et des cylindres de roues de plus grandes dimensions.

Dans ce cas l'importance de la pompe, dépendant du volume de liquide à déplacer, nécessiterait un effort impossible à fournir par le conducteur ou des bras de levier trop importants.

La pompe de commande Duplex permet de répondre à ces conditions particulières de fonctionnement.

Elle comporte :

1° un cylindre de grand diamètre dont le piston, actionné directement par la pédale, permet d'abord, avec une course minime, la mise en contact des mâchoires contre les tambours par le déplacement du liquide ;

2° un second piston qui donne ensuite la pression nécessaire au freinage. Son faible diamètre permet de réduire l'effort du conducteur et de limiter la course de la pédale.

15. Cylindres récepteurs (fig. 4).

Description.

Les cylindres récepteurs ou cylindres de roues sont fixés d'une façon rigide sur le plateau ou le flasque de frein. A l'intérieur de chaque cylindre on a disposé deux pistons opposés (6) dont les axes sont liés aux extrémités des mâchoires.

Un ressort intérieur (3) s'appuie sur deux coupelles en caoutchouc placées sur les têtes des pistons. Le ressort tend à éloigner les deux pistons l'un de l'autre, et les coupelles assurent l'étanchéité de la chambre intérieure.

Des capuchons (7), en caoutchouc spécial, sont disposés sur les extrémités ouvertes des cylindres pour protéger les pistons contre toutes impuretés. L'arrivée d'huile se fait par la canalisation (9), et la purge d'air lors du remplissage s'opère par la vis pointeau (10).

Fonctionnement.

Lorsque le conducteur agit sur la pédale du frein, l'huile est

réfoulée par la pompe dans la chambre intérieure des cylindres. Les pistons écartés alors l'un de l'autre entraînent l'ouverture des mâchoires qui sont plaquées sur le tambour de frein.

Dispositions particulières. Cylindres de roues différentiels.

Sur certaines voitures américaines et sur les voitures Citroën (7 et 11 ch) on monte des cylindres de roues à alésages différents.

Sur les Citroën, le gros alésage est placé vers l'arrière (le cylindre étant à la partie supérieure du plateau de frein) et attaque la mâchoire arrière. Il en résulte une usure sensiblement égale des deux garnitures. Sur les voitures américaines, au contraire, le gros alésage est disposé du côté de la mâchoire avant. On augmente ainsi la puissance de freinage, mais, par contre, l'usure de la garniture avant est plus importante.

16. Canalisations.

Les canalisations reliant la pompe aux cylindres récepteurs se composent de tubes rigides sur le châssis et de tuyaux flexibles permettant le déplacement des organes mobiles par rapport aux organes fixes.

Les tuyaux flexibles d'un modèle Lockheed spécial sont très résistants et donnent toute garantie de sécurité. Ils peuvent supporter des pressions de 600 kg/cm², tandis que les pressions d'utilisation sont de l'ordre de 70 kg/cm² au maximum.

Les canalisations rigides sont en cuivre rouge recuit et décapé.

17. Réglage automatique (fig. 5).

Avec le frein Lockheed, le seul réglage à effectuer est celui des segments, pour compenser l'usure des garnitures. Le réglage automatique Lockheed permet de supprimer cette opération et de conserver une course constante de freinage au patin de pédale.

Ce dispositif, représenté sur la fig. 5, comprend une fourchette solidaire d'un axe O. Cet axe, qui pivote dans un petit coussinet fixé sur le plateau de frein, sort du plateau à l'extérieur du tambour. Il est maintenu appliqué sur le plateau par un ressort de friction.

La fourchette E ne peut donc pivoter sur son axe que sous un certain effort.

Un doigt D monté sur le segment vient se loger entre les deux branches de la fourchette.

En position de repos, frein desserré (1), la mâchoire M est éloi-

gnée du tambour T par le ressort de rappel R. Elle est limitée dans son recul par le doigt D qui vient buter sur la face X de la fourchette. L'effort du ressort de mâchoire créant un couple immobile. Il existe à ce moment un jeu entre garniture et tambour correspondant au jeu entre le doigt D et la face Z de la fourchette.

Sous l'action de l'effort de freinage (2) la mâchoire se déplace et vient s'appliquer contre le tambour T. Le doigt D a également

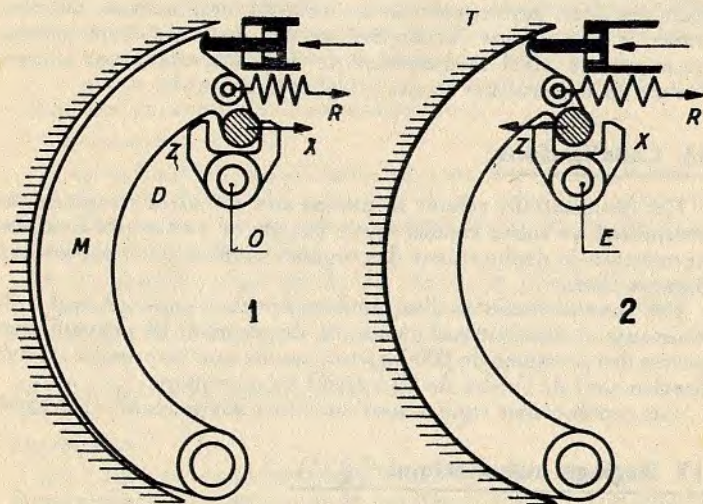


FIG. 5. — Réglage automatique.

quitté l'arête X de la fourchette E qui, elle, reste immobilisée par le ressort de friction. Le doigt D a parcouru l'espace libre de la fourchette et vient rencontrer alors l'arête opposée Z.

Si à ce moment la course de la mâchoire est terminée, les choses restent en état.

Mais, lorsque par suite de l'usure des garnitures la course de la mâchoire augmente, le doigt D, agissant contre l'arête Z, fait tourner la fourchette E autour de l'axe O, l'effort de la pression hydraulique étant supérieur à la friction du ressort de l'axe O.

On se rend compte facilement que la course de la mâchoire sera toujours celle correspondant à la différence existant entre le diamètre du doigt D et l'ouverture de la fourchette E.

Ce réglage fonctionnant dans un seul sens peut être ramené en arrière à l'aide d'un six pans placé à l'extérieur du plateau sur l'axe O.

Il est évident que le jeu entre garniture et tambour doit être déterminé en tenant compte des dilatations du tambour de façon à être assuré que le frein se desserrera bien au défreinage.

VI. — SERVO-FREINS

Le développement du trafic routier a, par le nombre, la vitesse et le tonnage des véhicules, accru les risques de la route et, de ce fait, rendu nécessaire l'augmentation de la puissance du freinage.

Nous avons eu déjà l'occasion de préciser que les dispositifs nommés servo-freins ont été imaginés dans le but d'amplifier l'effort du conducteur, devenu insuffisant pour assurer à lui seul le freinage.

Nous classerons les servo-freins en :

servo-freins mécaniques type Bendix ;

servo-freins pneumatiques, à compression ou à dépression.

Servo-freins mécaniques

18. Frein Bendix duo-servo auto-serreur (fig. 6).

Description.

Organes de friction. — Les organes de friction comprennent : le tambour solidaire de la roue, deux mâchoires articulées sur deux axes M et N, dont l'écartement est réglable par un pignon A et constituent un ensemble flottant.

Chaque mâchoire possède une glissière susceptible de coulisser sur les butées D₁ et D₂ fixées sur le flasque du frein.

On désigne par mâchoire primaire la première mâchoire après la came C, dans le sens de la marche, l'autre mâchoire est dite secondaire.

Un excentrique B permet de faire le réglage de concentricité des mâchoires. Des ressorts de rappel tendent toujours à ramener les mâchoires vers le centre du tambour.

Organes de commande. — Les organes de commande sont mécaniques, pneumatiques ou hydrauliques. Dans les deux premiers

cas les mâchoires du frein sont écartées par une came C. Cette came, solidaire d'une bielle, est commandée par une tige (ou câble) en acier ou par le piston d'un cylindre relié à un réservoir d'air comprimé.

La commande hydraulique d'un frein Bendix est identique à celle que nous avons décrite au paragraphe précédent. Le cylindre récepteur est monté à la place de la came C.

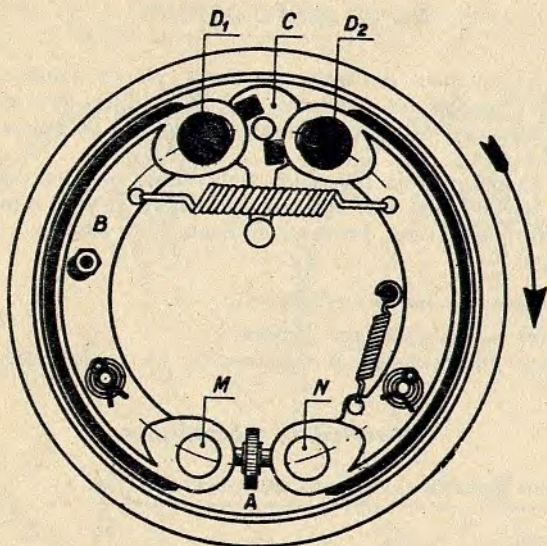


FIG. 6. — Frein Bendix Duo-servo. — Auto-serreur.

Fonctionnement.

Sous l'effort de la came de commande ou du cylindre de roue la mâchoire dite « primaire » est appliquée contre le tambour, qui l'entraîne. Elle vient ainsi pousser l'autre mâchoire dite « secondaire » par l'intermédiaire de la bielle de réglage M N. La mâchoire secondaire vient alors buter sur le point fixe D_1 qui sert d'axe de pivotement à l'ensemble des deux mâchoires. La mâchoire secondaire s'applique avec une force accrue sur le tambour et assure un freinage puissant, l'action du conducteur étant renforcée par celle du tambour.

Dans le cas de la marche arrière, c'est la butée D_2 qui sert d'axe de pivotement à l'ensemble des deux mâchoires.

Pour chaque sens de marche, la mâchoire primaire joue le rôle de servo-moteur par rapport à la mâchoire secondaire, d'où le nom de duo-servo donné à ce frein qui est, en réalité, un frein auto-serreur.

Servo-freins pneumatiques

Les servo-freins pneumatiques utilisent soit l'air comprimé, soit la *dépression* existant dans la tubulure d'aspiration des moteurs. Cette solution, la plus récente, pratique et économique,

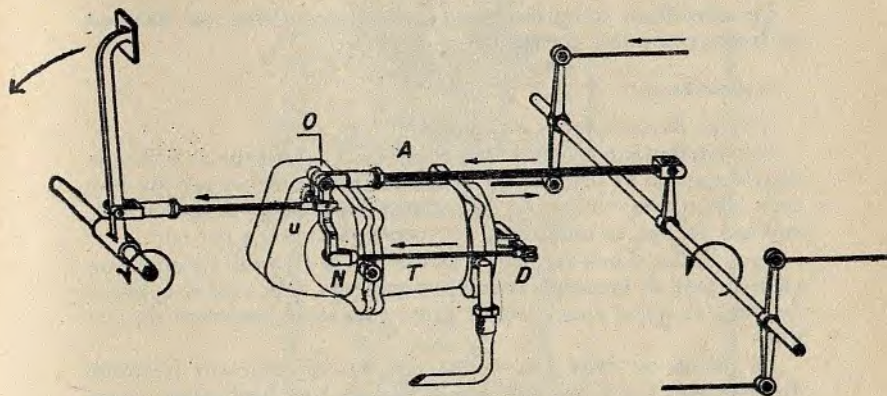


FIG. 7. — Servo-frein Westinghouse (Commande).

s'est révélée particulièrement efficace. Elle est employée sur les voitures de tourisme, les poids lourds avec ou sans remorque.

19. Servo-frein Westinghouse à dépression.

Caractéristiques générales.

Dans un système de freinage avec servo-frein Westinghouse à dépression, les organes de friction sont commandés mécaniquement par l'intermédiaire du servo-frein, monté entre la pédale et le palonnier (fig. 7). L'ensemble servo-frein Westinghouse possède sous ses formes variées les caractéristiques suivantes :

un *freinage progressif*, proportionnel à l'effort exercé sur la pédale par le conducteur, qui conserve ainsi le contrôle de l'intensité du freinage ;

un *freinage puissant et rapide* dans les deux sens de marche au serrage comme au desserrage ;

un *freinage à distance*, permettant la commande simultanée des freins sur les divers véhicules d'un convoi. Les différentes pièces de ce frein sont simples, robustes, et peuvent facilement s'adapter et se poser sur tous les véhicules grâce à une gamme très complète d'appareils appropriés à la puissance de freinage nécessaire.

Description (fig. 8).

Le servo-frein comprend deux parties essentielles qui peuvent se trouver accolées ou séparées, ce sont :

le distributeur,

le corps du cylindre et son piston.

Le distributeur se comporte comme un détendeur et utilise la dépression qui se produit dans le collecteur d'aspiration du moteur, dès qu'on coupe les gaz. Cette dépression, assez variable suivant les cas, se maintient au voisinage de 600 g par cm².

Sous l'effet d'une traction exercée sur la tige du distributeur, celui-ci met en communication la source de vide avec le cylindre de frein, ce qui a pour effet de provoquer le déplacement du piston.

Le piston est relié à la timonerie, soit directement (traction directe), soit par l'intermédiaire d'un levier multiplicateur (traction multipliée).

Le déplacement du piston provoque alors le serrage des segments sur les tambours de frein avec une force proportionnelle à l'effort exercé sur la tige de commande du distributeur, de sorte que le conducteur reste absolument maître de régler, à tout moment, l'intensité du freinage.

Une particularité propre au piston du servo-frein Westinghouse est son guidage rigoureux, assuré par une tige creuse dans laquelle se meut une bielle articulée pouvant s'incliner à la demande de la rotation du levier de commande.

Toutefois, cette disposition a été modifiée sur certains modèles de cylindres, dans lesquels le piston a une longueur suffisante pour se guider lui-même.

L'étanchéité du piston est, dans tous les cas, assurée par une garniture en Westi ou en cuir spécial.

Un ressort parabolique de compression ramène le piston à sa position de départ, lorsque le vide cesse dans le cylindre.

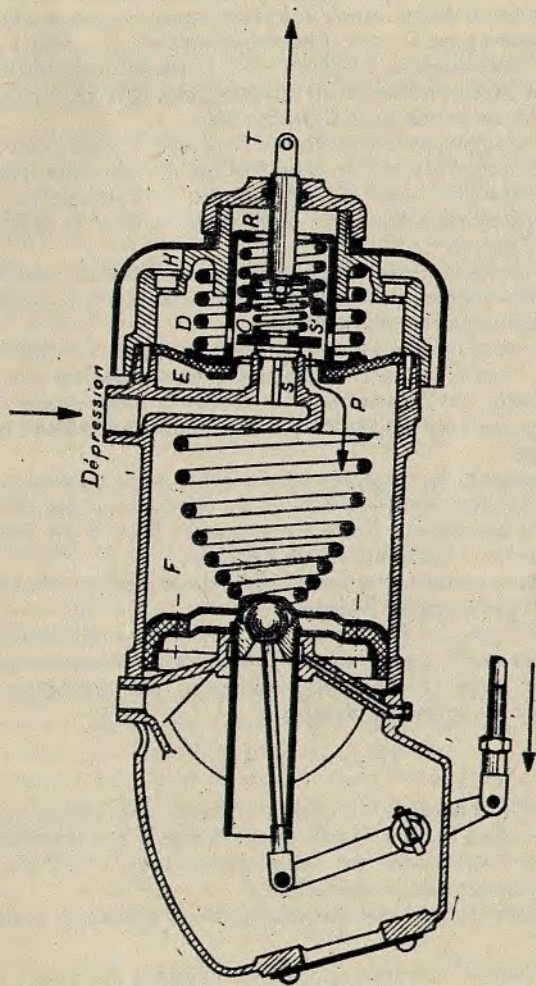


Fig. 8. — Servofrein Westinghouse (Distributeur et cylindre).

Fonctionnement du distributeur.

En appuyant sur la pédale, le conducteur exerce sur la tige T de commande du distributeur une traction que le ressort R transmet au diaphragme D, par l'intermédiaire de la pièce P, dont l'intérieur communique toujours avec l'atmosphère par les orifices O ; la face supérieure du diaphragme, par les orifices H, communique de même avec l'atmosphère.

En se déplaçant, la collerette de la pièce P, qui forme siège de soupape, s'applique sur le clapet S' qu'elle entraîne, ainsi que la soupape S solidaire de S', provoquant l'ouverture du clapet S qui met en relation la source de dépression avec le cylindre de frein F et l'espace E.

Le vide produit dans cet espace exerce aussitôt sur le diaphragme une succion de sens contraire à la traction opérée sur le même organe par le conducteur.

Dès que cette succion l'emporte sur la traction, le diaphragme et la pièce P qu'il supporte s'abaissent, sans toutefois que le clapet S' s'ouvre, car l'ensemble S' et S suit le mouvement du diaphragme, jusqu'à ce que le clapet S vienne de nouveau repôser sur son siège.

A ce moment, le mouvement s'arrête, et la succion exercée sur le diaphragme équilibre l'effort du conducteur sur la tige T. S'il en était autrement, l'une des soupapes S ou S' se rouvrirait pour permettre à cet équilibre de s'établir.

Cette même succion s'exerce d'ailleurs sur le piston du cylindre du frein et provoque le freinage.

Si l'on désigne par Q la valeur de l'effort du conducteur, par s la surface du diaphragme et par x l'intensité de la succion par cm^2 qui s'exerce aussi bien sur le diaphragme du distributeur que sur le piston du cylindre, on aura :

$$Q = sx, \text{ ou } x = \frac{Q}{s}.$$

s étant une constante, la valeur x de la dépression est donc proportionnelle à l'effort Q exercé sur la tige T par le conducteur.

Ainsi, le distributeur est uniquement soumis à l'action du conducteur sur la pédale de frein.

Cette particularité rend possible les deux modes de réalisation suivants :

1^o *Distributeur combiné* : accolé au cylindre de frein, il constitue un appareil monobloc et de faible encombrement.

2^o *Distributeur séparé*. Cette disposition facilite le montage sur certains châssis. De plus, il suffit d'un seul distributeur pour

contrôler plusieurs cylindres de frein, même situés à une certaine distance, sur des remorques par exemple.

Fonctionnement général (fig. 7).

La pédale de frein peut agir à la fois sur la timonerie de frein et sur le distributeur par l'intermédiaire d'un palonnier appelé « levier répartiteur ».

Ce levier répartiteur U, placé directement sur le carter du servo-frein, est relié au distributeur par la tige T (articulée en N et D) et à la timonerie par la tige A. L'action pneumatique se produira dès que l'application des segments de freins sur les tambours aura rendu fixe le point O autour duquel le levier U tournera pour entraîner la tige T de commande du distributeur.

L'action du servo-frein s'ajoutera alors à l'effort du conducteur sur la timonerie, ce qui permettra l'utilisation maximum des freins mécaniques prévus par le constructeur.

20. Servo-frein différentiel Westinghouse.

Le servo-frein différentiel Westinghouse est un servo-frein à dépression qui comprend :

- un distributeur relié à la source de dépression ;
- un corps de cylindre étanche ;
- un piston, dont les deux faces sont normalement soumises à la dépression ;
- un carter avec levier multiplicateur.

Une face du piston est en liaison directe et permanente avec la source de dépression. L'autre face du piston est reliée à la même source, par l'intermédiaire du distributeur.

En position de serrage on supprime cette dernière liaison, ce qui a pour effet de provoquer une rentrée d'air qui repousse le piston de commande de la timonerie de frein.

Ce dispositif a l'avantage de ne « consommer » qu'un minimum d'air. En position de desserrage des freins, le piston, appliqué près d'une paroi du cylindre par un ressort, réduit le volume de la partie du cylindre où l'on envoie l'air à la pression atmosphérique. Ce volume restera d'autant plus faible que le réglage et la course des freins seront plus réduits.

De cette faible consommation d'air déprimé, il résulte une très grande vitesse d'action du frein.

VII. — FREINAGE DES REMORQUES

21. Remorques légères.

Les remorques attelées aux voitures de tourisme sont obligatoirement munies d'un équipement de freinage propre, lorsque leur poids en charge dépasse 1000 kg.

Un dispositif pneumatique à dépression, léger et peu encombrant, peut se monter sur les voitures de tourisme suivies d'une remorque légère.

Il comprend : *sur la remorque*, un cylindre à double diaphragme qui agit directement sur les freins par l'intermédiaire de câbles sous gaine ; *sur la voiture*, un distributeur spécial (commandé par la pédale de frein) et une tuyauterie en cuivre qui relie le distributeur au moteur et à la remorque.

Un accouplement souple, muni d'un raccord, réunit la canalisation de la voiture à celle de la remorque.

22. Remorques lourdes de camions et de tracteurs.

On utilise dans ce cas des freins pneumatiques à *air comprimé* ou à *dépression*.

Freins à dépression.

L'équipement pneumatique des freins à dépression varie suivant les deux systèmes de freinage envisagés pour la remorque réalisant :

- soit le freinage direct,
- soit le freinage direct accéléré et automatique (fig. 9).

Le *freinage direct* est le plus simple, il suffit, lorsque le risque de rupture d'attelage n'est pas à craindre et que le freinage accéléré n'est pas nécessaire ; il comprend : *sur le camion*, un distributeur (séparé ou combiné à un cylindre de frein), un robinet d'arrêt, un demi-accouplement et, *sur la remorque*, une tuyauterie flexible terminée par un demi-accouplement et un cylindre de frein qui commande le palonnier de la remorque.

Le *freinage direct accéléré et automatique* réalise le freinage intégral de sécurité et permet le freinage direct accéléré du camion et de la remorque ainsi que le freinage automatique de la remorque en cas de rupture d'attelage.

Cet équipement nécessite des organes auxiliaires : deux réservoirs (un sur le camion et un sur la remorque) permettent d'uti-

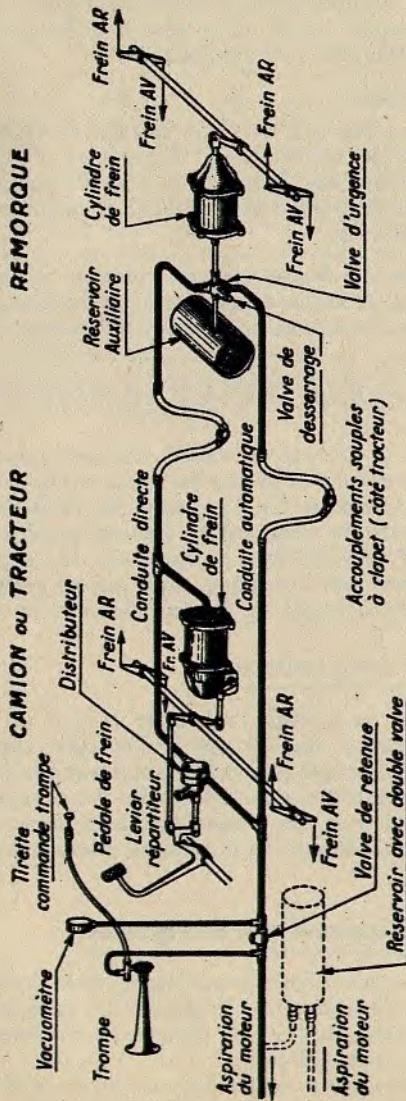


FIG. 9. — Equipement de frein direct accéléré et de frein automatique pour tracteur et remorque.

liser le servo-frein, le moteur étant arrêté ; une valve agit comme un relai à action rapide et met en relation le cylindre de frein de la remorque avec son réservoir auxiliaire.

Freins à air comprimé.

L'installation des freins à air comprimé est semblable à celle que nous venons de décrire. Son équipement pneumatique comprend évidemment des appareils ou organes particuliers. Un compresseur d'air alimente le réservoir, et un robinet de commande remplace le distributeur.

Remarque : Dans les freins pneumatiques on utilise généralement un cylindre de frein pour commander le palonnier ou, dans le cas de véhicules très lourds, un cylindre de frein par roue.

VIII. — FREINAGE PAR LE MOTEUR.

Le freinage par le moteur est utilisé concurremment avec le freinage par friction. Le rôle propre du freinage par le moteur est de provoquer le ralentissement prolongé du véhicule sur route glissante ou en pente, en réservant au freinage par friction l'obligation d'arrêter le véhicule dans le minimum de temps, par une action intermittente très énergique, mais qui ne peut se renouveler fréquemment à cause de l'échauffement qui en résulte.

23. Principe de fonctionnement.

Un moteur dont on a coupé l'allumage devient un organe résistant qui transforme une partie de l'énergie cinétique du véhicule en travail résistant dû aux frottements et à la compression de l'air. L'effort retardateur qui en résulte est cependant insuffisant dans les descentes. On a donc cherché à accroître la puissance du couple retardateur du moteur en transformant celui-ci en compresseur.

24. Frein sur échappement Westinghouse.

On obtient de bons résultats avec l'équipement Westinghouse qui comprend un obturateur sur le tuyau d'échappement avec un mécanisme de commande et un obturateur d'admission comprenant une valve de prise d'air.

Par une seule manœuvre le conducteur ferme d'abord l'obturateur d'admission, puis celui de l'échappement au même

instant où il ouvre la valve de prise d'air qui permet l'introduction dans les cylindres d'air non carburé.

Les pistons continuent à aspirer et à comprimer de l'air qui, après détente, est refoulé au temps d'échappement dans la capacité fermée constituée par le collecteur d'échappement et la partie de la tubulure disposée en amont de la valve.

La pression dans cette capacité (relativement petite en regard de la cylindrée) croît rapidement et atteint une valeur limite, lorsque son action, qui tend à soulever les soupapes d'échappement de leurs sièges, n'est plus compensée par l'action antagoniste des ressorts de rappel de celles-ci. Cette pression d'équilibre agira successivement sur chaque piston dès la levée commandée de la soupape d'échappement, créant ainsi une résistance supplémentaire au déplacement du piston.

Cet équipement constitue un auxiliaire assez puissant pour ralentir le véhicule sans faire appel aux freins à friction, et il présente également l'avantage de réduire la consommation d'essence.

Mis à disposition par Citro21