

CHAPITRE IX

FREINAGE A GRANDE VITESSE

1° Généralités.

On envisage de porter très prochainement à 140 km/h. la vitesse de circulation de certains trains. Par la suite, cette vitesse sera élevée à 160 et peut-être même à 180 km/h. comme en Amérique.

La circulation des trains à très grande vitesse pose de multiples problèmes : ceux relatifs à la puissance des engins moteurs, à la stabilité de route des véhicules, à la tenue de la voie et en particulier ceux relatifs à la signalisation et au freinage.

Nous avons vu au chapitre premier que la puissance du freinage est limitée par l'adhérence (1) et qu'on ne peut par conséquent augmenter simplement la vitesse maximum du train la pression aux sabots de frein pour obtenir l'arrêt dans les limites désirées. Il reste donc indispensable d'utiliser au mieux l'adhérence et il est évident que l'on obtiendrait le freinage optimum si l'on pouvait réaliser un dispositif avec lequel, durant toute la durée d'un freinage, la pression Q aux sabots soit presque égale à $\frac{Pf}{f'}$ sans cependant jamais atteindre cette valeur.

Il y a théoriquement deux solutions au problème :

- ou bien faire justement varier la pression aux sabots comme $\frac{Pf}{f'}$ pendant toute la durée du freinage (§ b suivant),
- ou bien exercer pendant tout le freinage une pression constante aux sabots, suffisamment élevée pour être dans tous les cas supérieure à $\frac{Pf}{f'}$, mais qui en fait, serait automatiquement limitée à cette valeur par un appareil spécial anti-enrayeur, lequel entrerait en jeu dès qu'une amorce de blocage des roues se produirait (2) (§ a suivant).

(1) Pour les freins de l'avenir on a déjà envisagé de trouver un système de freinage indépendant de l'adhérence et dont la puissance serait par suite théoriquement illimitée. C'est ainsi que l'on a tout d'abord pensé à freiner sur l'air ou à s'agripper au rail. La première de ces idées a déjà reçu un commencement d'exécution sous la forme d'un autorail à hélices essayé sur la Région Nord. Mais l'expérience n'a pas jusqu'ici été assez poussée pour qu'il soit permis d'en tirer des enseignements précis. Quant à la seconde, elle a donné naissance au frein électro-magnétique sur rails. Il reste enfin un moyen de freinage qui n'a encore jamais été essayé, mais auquel on a toutefois pensé et qui serait tout à fait d'actualité : c'est le freinage par moteurs à réaction.

(2) Il existe même une troisième solution consistant à augmenter le poids adhérent P, c'est celle du booster électromagnétique.

Un châssis portant des électro-aimants, repose directement sur les boîtes à huile et par conséquent à une distance invariable du rail. L'entrefer entre les pôles des aimants et le rail est d'environ 8 mm.

Les électros excités augmentent la pression P sur les rails d'environ 30 %. Sans augmenter la masse, on obtient le même effet que si le poids était augmenté.

Avec une automotrice roulant à 85 km/h. et pesant 34 tonnes, on a obtenu les distances d'arrêt ci-après :

-- avec le booster électromagnétique seul.....	265 m.
-- avec le frein à air comprimé seul	230 m.
-- avec les deux freins agissant ensemble	157 m.

a) Principe des dispositifs anti-enrayeurs.

Plusieurs dispositifs ont été imaginés et réalisés en France pour résoudre la seconde solution mais ils n'en sont qu'à la période de mise au point de telle sorte qu'il ne paraît pas opportun d'en donner ici une description détaillée. Nous croyons toutefois intéressant de signaler que l'on en connaît jusqu'à présent trois types bien distincts, qui diffèrent entre eux par le principe même de leur fonctionnement, que nous indiquons succinctement ci-après.

Premier type. — Cet appareil utilise essentiellement l'inertie d'un volant monté fou sur l'essieu à contrôler et entraîné par celui-ci dans sa rotation au moyen d'un dispositif de butée approprié. Il est conçu de telle sorte qu'il met le frein au desserrage dès que la force d'inertie du volant pendant le freinage devient supérieure à celle d'un ressort antagoniste réglable. Il suffit donc de régler le ressort à une valeur qui corresponde à la plus forte décélération que l'adhérence permet de réaliser au cours d'un freinage pour que la moindre amorce d'enrayage qui, elle, provoque une décélération de l'essieu beaucoup plus importante, fasse fonctionner l'appareil. L'effort de freinage diminue alors jusqu'à ce que la roue reprenne une décélération normale et l'enrayage est évité.

On notera que si le ressort était réglé à une valeur correspondant à une décélération inférieure à celle permise par l'adhérence, l'appareil n'en continuerait pas moins à jouer en cas d'amorce l'enrayage. Mais, en outre, il jouerait aussi alors de façon normale au cours du freinage pour limiter la décélération à celle pour laquelle le ressort est réglé.

A ce premier type appartient l'appareil auto-décélérateur JMH (Jourdain-Monneret) représenté schématiquement (*fig. 87*).

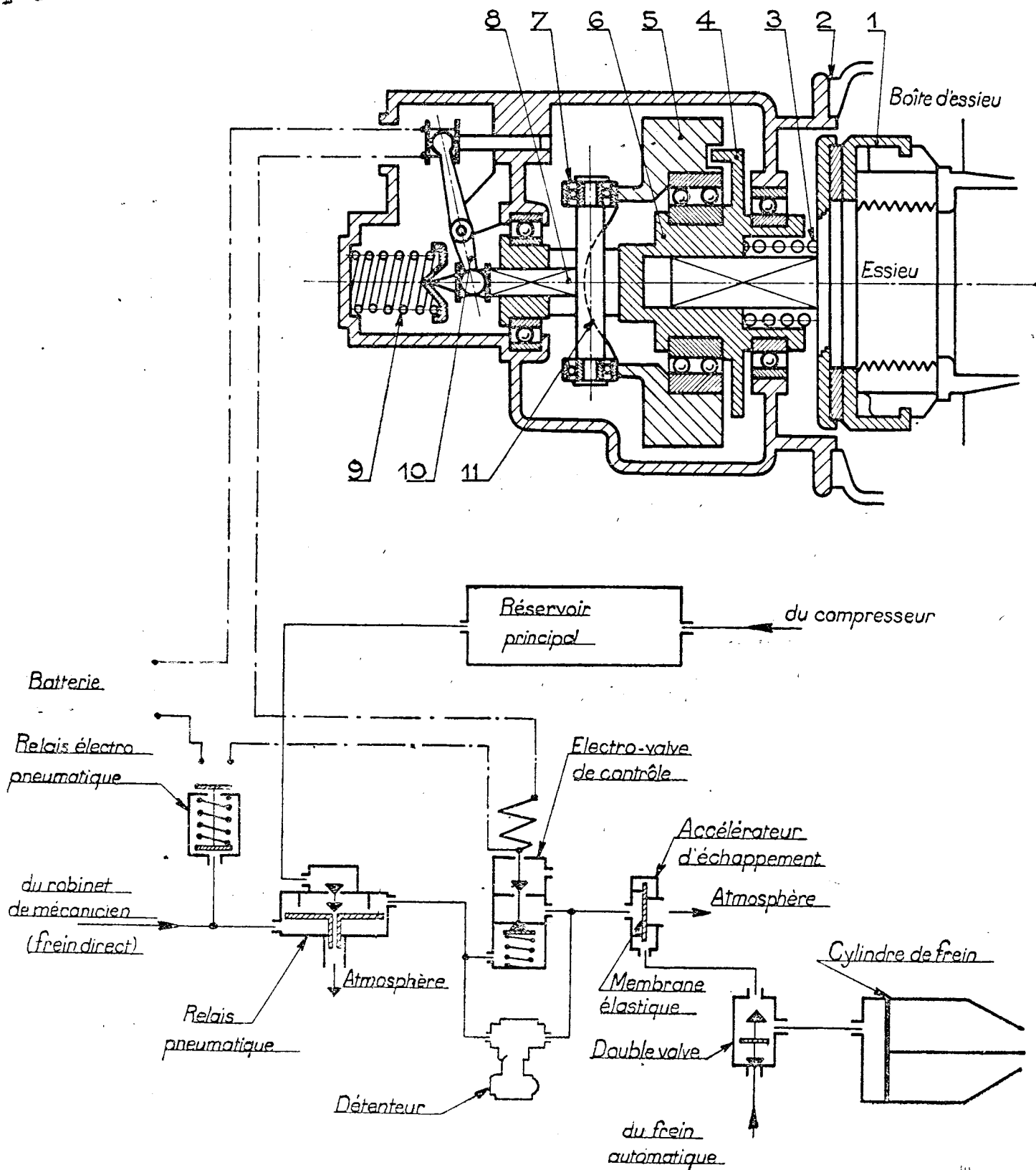
Deuxième type. — Cet appareil est basé sur la vitesse d'écoulement de l'air comprimé à travers un orifice calibré. Il se compose essentiellement d'un petit cylindre à l'intérieur duquel peut se mouvoir un piston percé d'un trou calibré, et qui est normalement maintenu dans sa position haute (par exemple) par un léger ressort. Grâce à l'emploi d'un dispositif spécial commandé par un régulateur centrifuge monté sur l'essieu à contrôler, de l'air comprimé à une pression proportionnelle au carré de la vitesse du véhicule est admis au moment du freinage sur la face inférieure de ce petit piston. Par le trou calibré du piston, cette pression s'établit aussi sur sa face supérieure, de telle sorte que le piston ne bouge pas. Au fur et à mesure que la vitesse du train diminue au cours du freinage, la pression diminue de même sur les deux faces du piston, qui reste toujours immobile. Mais s'il se produit une amorce d'enrayage, la vitesse de la roue décroît très rapidement et la chute de pression qui en résulte sur la face inférieure du piston est alors si rapide que l'air ne peut s'écouler assez vite à travers l'orifice calibré pour que la pression baisse aussi brusquement sur la face supérieure de ce piston. Le piston s'abaisse alors et ce mouvement provoque la mise du frein au desserrage. L'effort de freinage décroît alors jusqu'à ce que la roue reprenne une vitesse normale et l'enrayage est évité.

A ce deuxième type appartient le dispositif de freinage à haute puissance et anti-enrayeur Houplain décrit ci-après.

Troisième type. — Contrairement aux deux appareils précédents, qui ne servent pas à produire l'effort de freinage, mais simplement à le contrôler, l'appareil du troisième type remplit à la fois ces deux fonctions, qui ne peuvent être séparées.

Dans cet appareil, l'effort de freinage est produit par la force centrifuge de masses tournantes entraînées par l'essieu à contrôler, force qui est transmise aux sabots de frein par un dispositif approprié. En cas d'amorce d'enrayage, la vitesse de la roue baisse jusqu'à ce que l'effort de freinage, qu'elle commande, tombe lui-même à la valeur limite que permet l'adhérence. L'enrayage est donc évité.

On remarquera qu'au cours d'un freinage d'arrêt normal effectué sans enrayage, l'effort de freinage diminue de façon continue avec la vitesse du véhicule pour tendre vers zéro à la fin de l'arrêt. Si par conséquent on ne disposait que du seul freinage produit par les masses tournantes, la fin de l'arrêt ne pourrait être obtenue que grâce à la résistance au roulement et à la résistance de l'air, ce qui conduirait à obtenir des distances d'arrêt exagérées. C'est pour éviter cet inconvénient que le dispositif centrifuge s'accompagne toujours d'un freinage constant de base (obtenu par un frein normal automatique à air comprimé par exemple),



mais suffisamment faible pour que tout enrayage cesse certainement lorsque ce seul freinage de base subsiste. Le principe précédemment exposé n'en est donc pas changé.

A ce troisième type appartient le servo-frein Piganeau décrit ci-après.

b) Principe des appareils faisant varier la pression aux sabots.

La première solution énoncée nécessite la connaissance exacte des lois de variations de

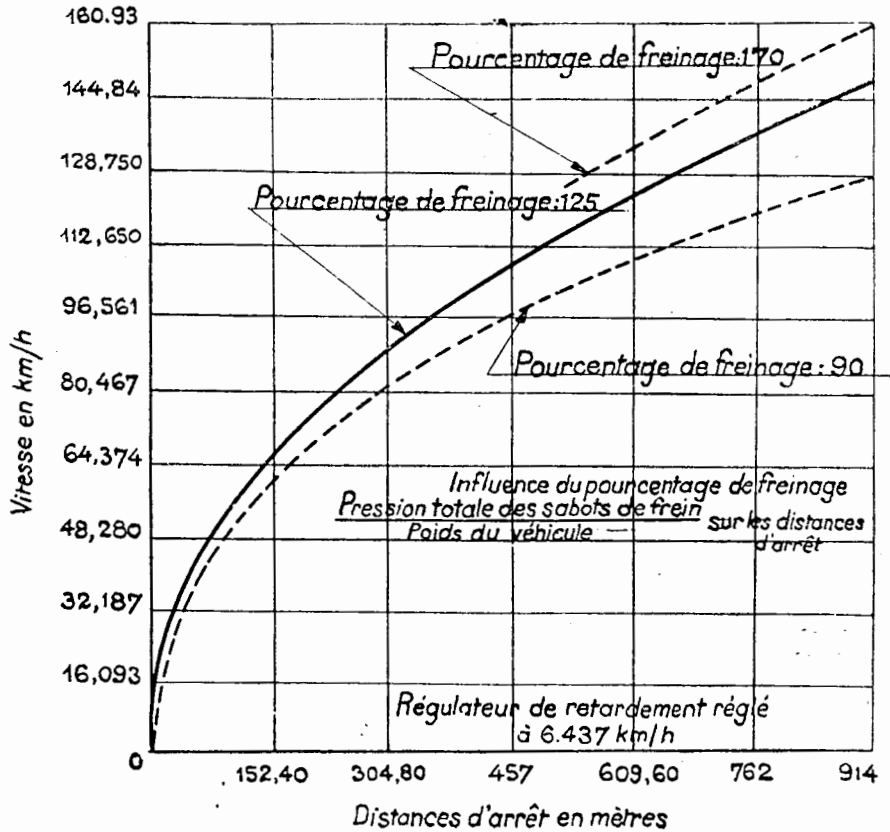


FIG. 86 ter

f et f'' pendant la durée du freinage (voir chap. I § 1^{er} c et d). Si l'on considère f comme sensiblement constant entre 20 et 100 km/h., il suffit de faire varier la pression aux sabots en sens inverse de f'' pour obtenir le freinage optimum. Nous verrons au chapitre X § 6 c que ceci est facile à réaliser avec des sabots en matière amiantée car dans ce cas f'' reste constant pendant toute la durée d'un arrêt et qu'il est au surplus indépendant de la vitesse initiale. Comme de surcroît f'' est environ deux fois plus élevé pour les sabots d'amianté que pour les sabots de fonte, la même puissance de freinage peut être obtenue avec une pression Q aux sabots deux fois moindre dans le premier cas que dans le second. Il s'ensuit que la timonerie adoptée peut être beaucoup plus légère, ce qui constitue un second avantage. Le problème est plus difficile à résoudre dans le cas de sabots en fonte parce qu'il faut réaliser une pression aux

sabots qui soit d'abord proportionnelle à la vitesse au moment du freinage, qui reste ensuite constante jusqu'à ce que la vitesse soit tombée à 60-40 km/h. environ, et qui décroisse enfin à partir de ce moment jusqu'à l'arrêt.

Les constructeurs français ont réalisé un certain nombre d'appareils répondant de façon plus ou moins approchée aux conditions idéales ci-dessus. Nous décrirons le système Westinghouse monté avant guerre sur les voitures allégées.

L'inconvénient de principe sérieux des appareils faisant varier la pression aux sabots est qu'on se base sur la connaissance des valeurs variables de f'' et d'une valeur constante de l'adhérence (f). Or cette dernière est variable. Si l'on prend la valeur minimum de f , l'efficacité du frein est extrêmement réduite, si l'on prend la valeur maximum les risques d'enrayage sont exagérés; il faut donc obligatoirement adopter une valeur moyenne de f .

En ce qui concerne l'emploi de puissances de freinage variables et plus élevées, il est d'usage maintenant aux États-Unis d'utiliser des pourcentages de poids freiné atteignant 200 % (du poids du véhicule) aux grandes vitesses, dans les trains à voyageurs dont les vitesses maxima sont de 120 km/h et plus. Le pourcentage de freinage est ramené automatiquement à environ 100 %, à 48 km/h. Des dispositifs spéciaux à commande électro-pneumatique, sont utilisés pour graduer le desserrage des freins, et peuvent agir en fonction de la vitesse ou du taux de retardement.

La figure 86 ter montre les résultats d'essais d'équipements avec un pourcentage de freinage de 170 %, et 125 % comparés avec les équipements standard à 90 %.

Les essais en cours à la S.N.C.F. permettront bientôt de juger s'il convient d'adopter purement et simplement un anti-enrayeur seul ou s'il est préférable de combiner un appareil de ce genre avec un dispositif de freinage à effort variable.

Remarques importantes :

1° Une difficulté considérable avec les trains à vitesses élevées a été la surchauffe exagérée des sabots de frein et des efforts ont été faits pour en réduire les inconvénients. Aux U.S.A. la tendance actuelle semble se diriger vers le développement de l'emploi des freins à disques multiples, fixés sur l'essieu, entre les roues. En Europe on a préconisé un dispositif permettant d'utiliser huit sabots de frein par essieu, il comportait des freins à doubles sabots agissant sur la face de la roue au lieu d'agir sur la face de roulement.

Sur les voitures allégées Ouest, le sabot double à deux demi-sabots articulés sur le portese-melle répond assez bien à cette condition d'éviter la diminution de l'efficacité du freinage, par abaissement, avec la température, du coefficient de frottement (voir chap. X).

2° L'amélioration de l'efficacité du frein aux grandes vitesses n'implique pas seulement l'emploi de pressions aux sabots plus élevées, mais exige aussi une application plus rapide.

Si l'on ne tient pas compte des freins électro-pneumatiques le seul moyen permettant une application complète, dans les cas d'urgence, en 2 sec. environ, sur le wagon de queue d'un train de 300 mètres, au lieu de 8 sec., est l'emploi d'un dispositif d'action rapide.

2° Frein Westinghouse à puissance auto-variable avec la vitesse.

a) Principe du dispositif.

Le principe général du dispositif consiste à créer, au moyen d'un autorégulateur entraîné mécaniquement par un essieu, une pression élevée fonction de la vitesse, et à utiliser cette pression directement ou non dans des cylindres de frein en la faisant décroître avec la vitesse pour ne donner lieu, à aucun enrayage, même lorsque l'état du rail est mauvais.

Dans le système de frein auto-variable Westinghouse, la pression minimum est limitée à la valeur normalement admise pour le freinage ordinaire et cette pression est amplifiée aux grandes vitesses de façon à doubler de valeur entre 100 et 140 km./h.

Le freinage auto-variable peut être réalisé sous deux formes :

1° Au moyen du cylindre à frein habituel auquel on adjoint un cylindre supplémentaire

à pression variable en fonction de la vitesse : pression maximum égale à celle du premier cylindre et qui tend vers 0 en même temps que la vitesse.

C'est la solution à adopter quand il s'agit d'améliorer le freinage de voitures existantes.

2° Au moyen d'un seul cylindre convenablement calculé, dont la pression varie en fonction de la vitesse entre une valeur maximum et une valeur minimum. Ce cylindre est alimenté par un relais transformateur qui y admet une pression fonction de la dépression faite par le mécanicien et fonction de la vitesse.

Cette solution convient au matériel à construire.

b) Description générale du frein appliqué aux voitures allégées « Ouest » (1).

Le frein des voitures allégées diffère de celui des voitures précédentes par les points suivants :

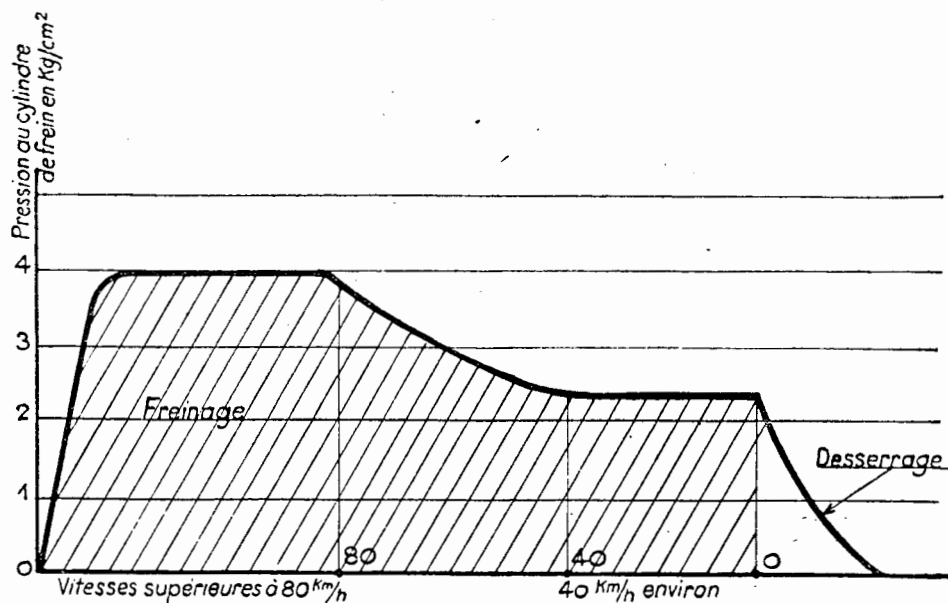


FIG. 87 bis

- Chaque bogie possède un équipement de frein autonome;
- Un dispositif dit « autorégulateur » assure une pression dans le cylindre de frein plus élevée qu'il n'est d'usage aux vitesses supérieures à 40 km/h ; aux vitesses inférieures, la pression revient à la valeur normale pour éviter l'enrayage des roues (voir figure 87 bis).
- Chaque roue est freinée par 2 double-sabots à la place des 2 sabots à semelle U 5 habituels.
- La caisse de chaque voiture porte seulement la conduite générale de frein avec les robinets d'arrêt (6), les 1/2 accouplements (7) et les robinets d'isolement (9) des freins sur bogie (fig. 88).

L'équipement de chaque bogie comprend :

- 1 flexible armé (10);
- 1 triple-valve LUR (13);
- 1 réservoir auxiliaire de 26 litres (15);
- 1 réservoir de détente de 6 litres ou faux-cylindre (f); ces 2 réservoirs étant réunis pour former un réservoir double de 26 litres/6 litres;
- 1 valve de purge (14) branchée sur le réservoir auxiliaire;
- 1 réservoir nourrice (12) composé de 2 réservoirs de 60 litres et alimenté par la conduite générale à 5 hpz, entre 2 freinages, par le clapet de retenue (11) (fig. 88 bis);

†(1) Le frein resté monté sur les voitures est actuellement isolé.

- 1 relais différentiel (18);
- 1 autorégulateur centrifuge (16) relié à 1 essieu et son robinet d'isolement (17);
- 1 cylindre de frein (19) de 355 agissant sur la timonerie par l'intermédiaire d'un régulateur S. A. B.

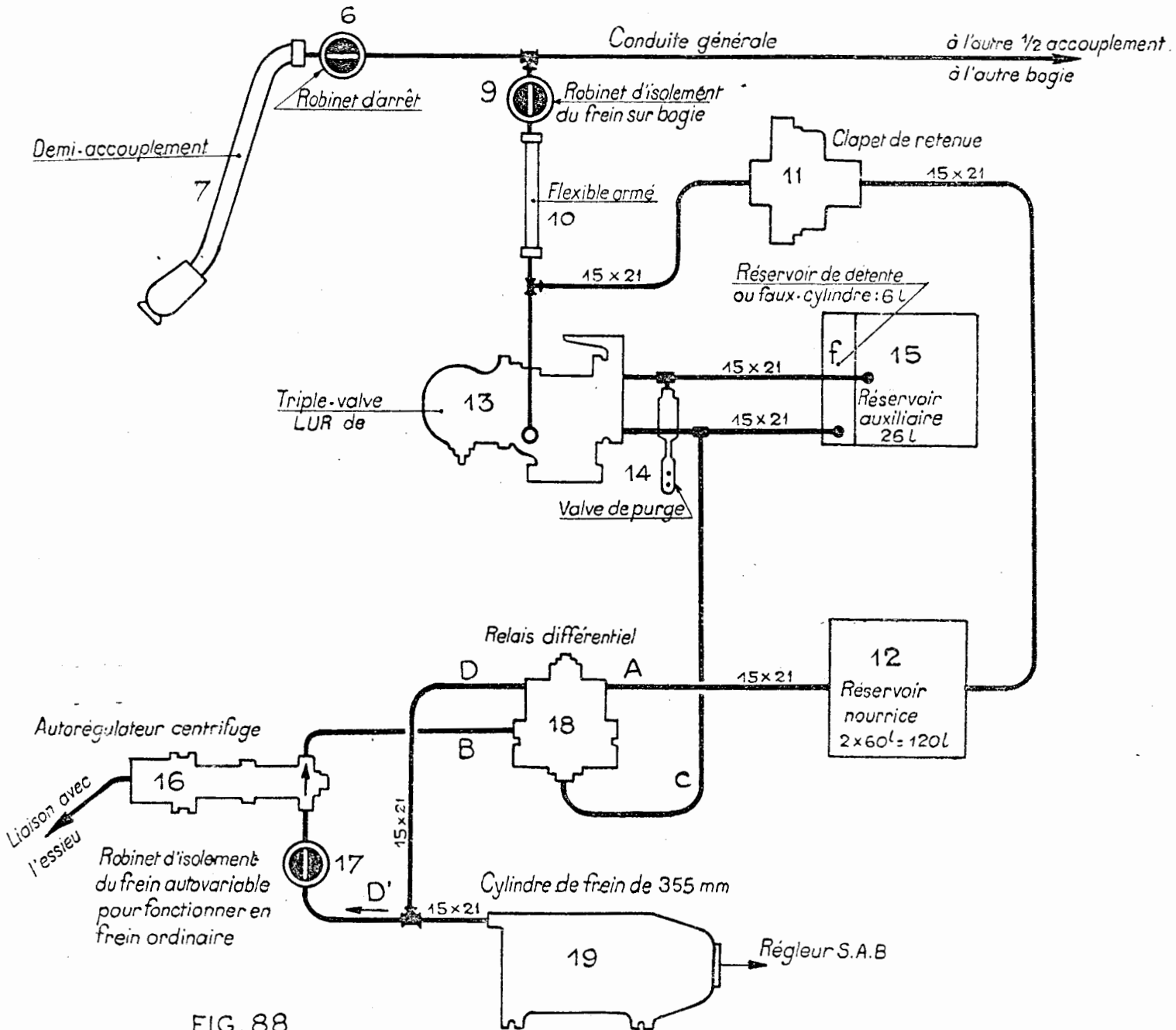


FIG. 88

c) **Fonctionnement général.**

Sous l'effet d'une dépression dans la conduite générale, la triple-valve fonctionne et il s'établit dans le réservoir de détente (f) une pression déterminée p_0 , qui s'exerce également par la conduite (c) (fig. 89)

dans la chambre (a) de relais différentiel (18) dite chambre d'excitation constante. L'équipage des diaphragmes solidaires (d 1, d 2, d 3) de ce relais est alors repoussé vers le haut, ce qui a pour effet :

- 1° d'appliquer sur son siège (K₁) par lequel le cylindre (19) communiquait avec l'orifice d'échappement (O);
- 2° d'ouvrir le clapet (K₂) solidaire de (K₁), ce qui permet l'alimentation du cylindre de frein (19) par le réservoir nourrice (12).

Le freinage commence donc; l'air admis aux cylindres de frein vient à son tour agir dans la chambre (b) du relais (18) par les conduites (D', B) et à travers le robinet d'isolement (17) et l'autorégulateur (16) représenté en coupe (fig. 90).

Ce dernier appareil entraîné par un des essieux, limite la pression admise dans la chambre (b) du relais (18) à une valeur dépendant de la vitesse (1).

Aux faibles vitesses, il ferme totalement de (D') vers la chambre (b), l'aiguille de poussée (L) n'exerçant aucune poussée capable d'ouvrir le clapet d'admission (K' 2) et cette chambre est maintenue à la

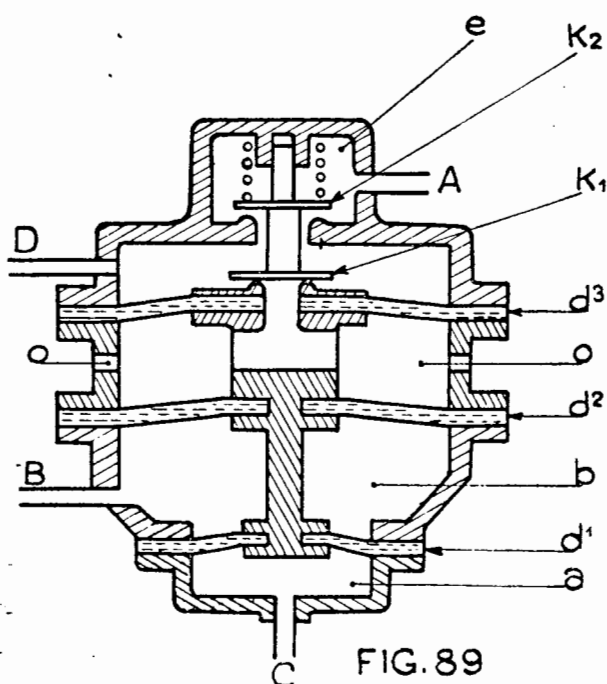


FIG. 89

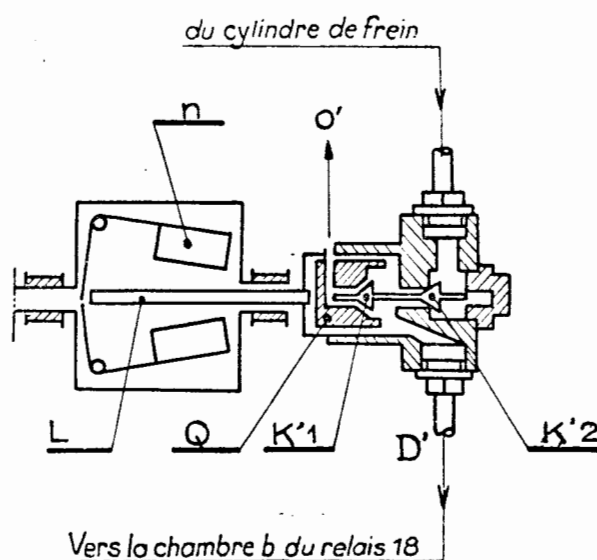


FIG. 90

pression atmosphérique par (K' 1) et l'orifice (O').

Aux grandes vitesses, l'autorégulateur laisse passer par son clapet (K'2) l'air venant du cylindre de frein jusqu'à ce que la pression en (B) soit suffisante pour équilibrer sur le piston (Q) de l'auto-régulateur l'effort variable avec la vitesse des masses (n).

On a donc dans le relais (18) :

- 1° une pression dans la chambre (a) constante pour une même dépression à la conduite générale;
- 2° une pression dans la chambre (b) variable suivant la vitesse.

L'effort sur les clapets (K 1, K 2) élevé au début du coup de frein laisse passer 4 hpz d'air au cylindre (19), venant du réservoir nourrice (12). Puis, la vitesse diminuant la pression dans la chambre (b) diminue, un peu d'air s'échappant à l'auto-régulateur par (K' 1) et (O') puisque l'effort des masses tournantes (n) décroît. Donc l'effort sur les clapets (K 1, K 2) diminue, un peu d'air s'échappe par (K 1) et (O) et la pression au cylindre de frein diminue depuis 4 hpz à grande vitesse jusqu'à 2.400 hpz à faible vitesse.

Au desserrage, la conduite générale remplit le réservoir auxiliaire et la triple-valve met le réservoir de détente (f) à l'atmosphère. La chambre (a) du relais se vide (la chambre (b) s'est vidée avec la dimi-

(1) L'emploi du régulateur à boules comme régulateur automatique de pression est particulièrement bien adapté au but poursuivi parce que l'effort exercé par les boules sur la bague de commande varie avec la vitesse suivant une loi qui diffère peu (avec un dimensionnement convenable du régulateur) de la loi définie par les courbes de variation de f et f' en fonction de V (fig. 1).

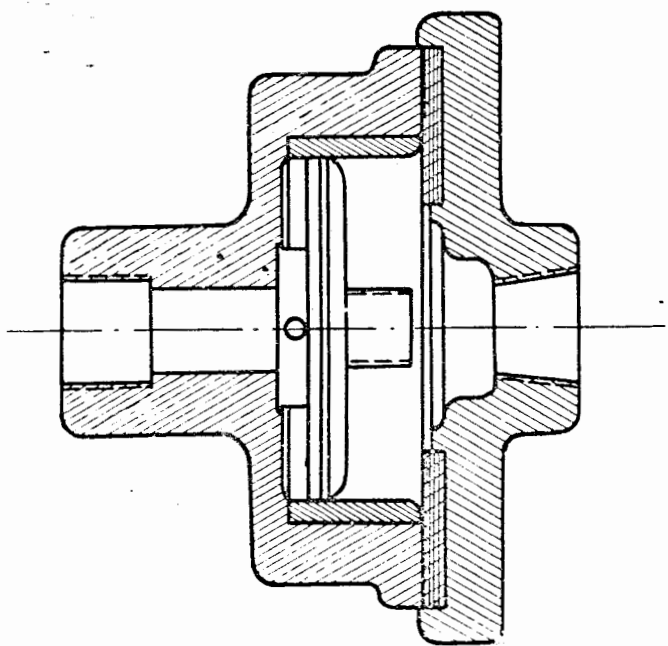
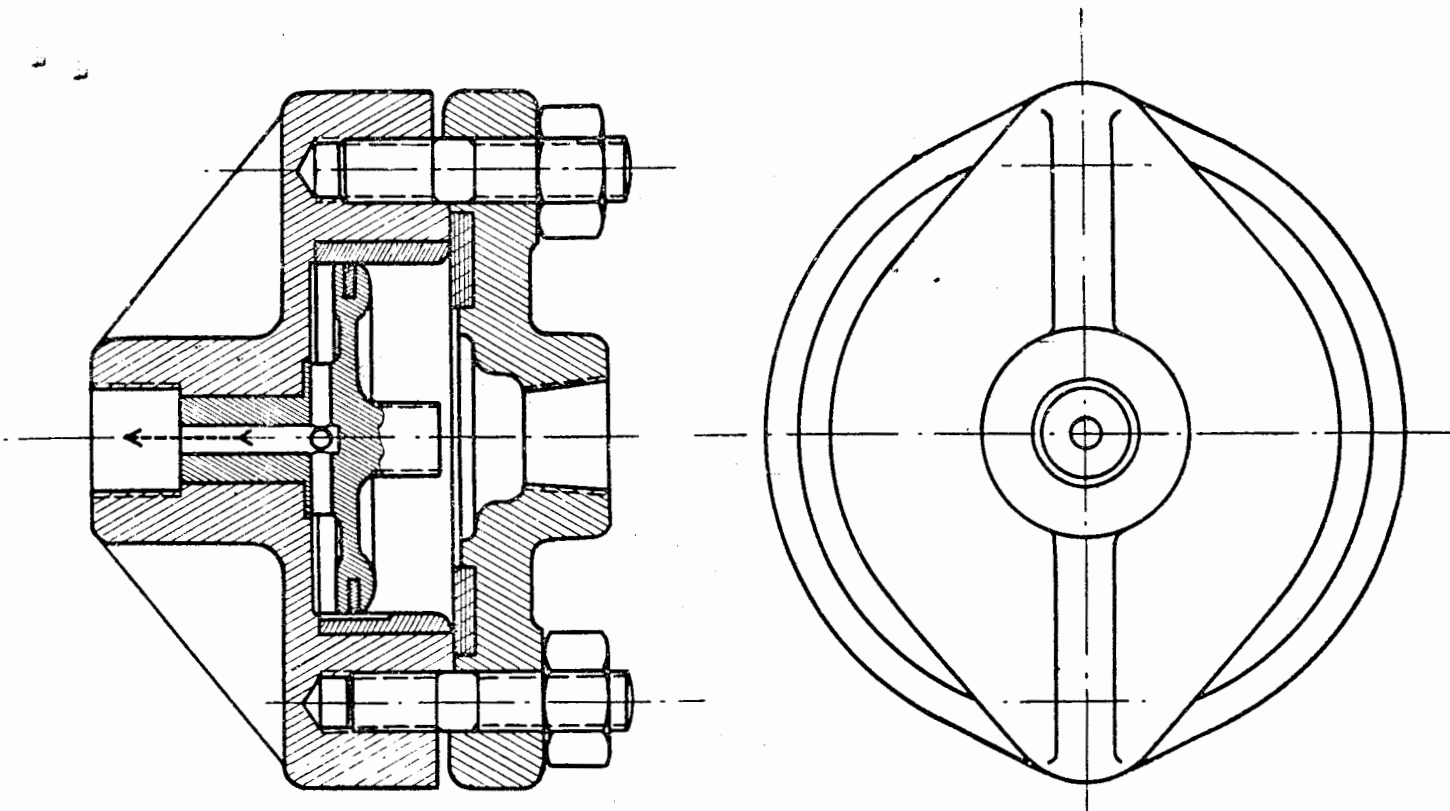


FIG. 88^{bis}

nution de vitesse), l'effort sur les clapets (K 1, K 2) devient nul, et le cylindre de frein se vide par (K 1) et (O). Parallèlement, le réservoir nourrice (12) se remplit par le clapet de retenue (11).

c) Isolement du frein et recommandations particulières à la conduite.

Si l'on constate une avarie des appareils extérieurs sur bogie (voir *figure 91*), il suffit généralement d'isoler le frein autovariable comme il est indiqué plus loin. Un essai de frein effectué ensuite montrera par l'application des sabots que le frein automatique fonctionne.

Si l'essai donne des résultats négatifs, c'est qu'un autre appareil relais, clapet de retenue, triple-valve, est également avarié.

Dans ce cas, on isole complètement le bogie. Si l'essai de la T.V. dans un poste d'entretien est satisfaisant, si les réservoirs nourrices s'alimentent normalement, le relais est avarié.

Isolement complet d'une bogie.

Chaque bogie doit être considéré comme un véhicule seul et son isolement s'effectue de la même façon que sur le frein ordinaire, c'est-à-dire :

- Vider complètement la conduite générale.
- Vider le réservoir auxiliaire en agissant par la poignée de la valve de purge du bogie.
- Mettre la poignée du robinet d'isolement B (voir *figure 92*) sur la position ISOLEMENT.
- Faire desserrer les freins.

Si, après avoir isolé et évacué l'air par la valve de purge on n'obtient pas le déblocage, c'est que le relais est coincé dans une position fermant l'échappement du cylindre de frein. Dans ce cas, dévisser le bouchon à tête carrée situé sur la conduite allant du robinet A (*fig. 93 et 91*) à l'autorégulateur centrifuge, l'air du cylindre de frein s'évacuera à l'atmosphère. Précaution à prendre pour éviter la projection du bouchon à tête carrée : mettre sur position ordinaire le robinet A, dévisser le bouchon, remettre le robinet à la position auto-variable pour permettre l'évacuation de l'air.

Isolement du frein autovariable seul.

S'il se produit un incident sur l'un des appareils placés à l'extérieur du bogie (*fig. 91*), annuler le frein autovariable de la façon suivante : Mettre le robinet A sur la position ordinaire comme l'indique le schéma, le frein fonctionne en frein ordinaire.

(A noter que si la prise de mouvement est avariée, ce dont on s'aperçoit quand on peut faire tourner l'arbre à cardans à la main, le frein autovariable est automatiquement isolé, le frein continue à fonctionner au régime de la pression la plus faible).

Si l'avarie se produit sur tout organe autre que ceux représentés sur la *figure 91*, isoler complètement le bogie comme il est indiqué précédemment.

3° Frein Westinghouse à puissance autovariable avec la charge et la vitesse.

a) Application aux locomotives et tenders.

Les machines et les tenders peuvent recevoir également le frein autovariable proportionnel à la vitesse.

Sur les tenders, l'amélioration du freinage en fonction de la vitesse peut s'accompagner d'une amélioration non moins importante en fonction de la charge d'eau transportée (1). Il existe alors deux autorégulateurs, l'un pour la charge, l'autre pour la vitesse, disposés en série l'un avec l'autre (*fig. 94*).

La *figure 94 bis* représente le schéma de fonctionnement des appareils dans le cas de la seule amélioration du freinage en fonction de la charge (tenders 32 P 1 à 9).

Ce dispositif se compose essentiellement d'un détendeur à pression variable (*fig. 95*) dont le principe de fonctionnement est le suivant :

Un diaphragme (a) soumis à la pression de la colonne d'eau H du tender, transmet, par une entretoise (b), à un piston (c) une poussée proportionnelle à la hauteur variable H. Le mouvement de ce piston est transmis à une soupape (d) dont l'ouverture est ainsi fonction de la poussée du piston; l'air sortant du détendeur arrive en définitive au relais à une pression

(1) Sur nos tenders le poids de l'eau et du combustible peut doubler la tare du véhicule, jusqu'à présent ce poids n'étant pas freiné, le freinage s'en trouve limité d'autant.

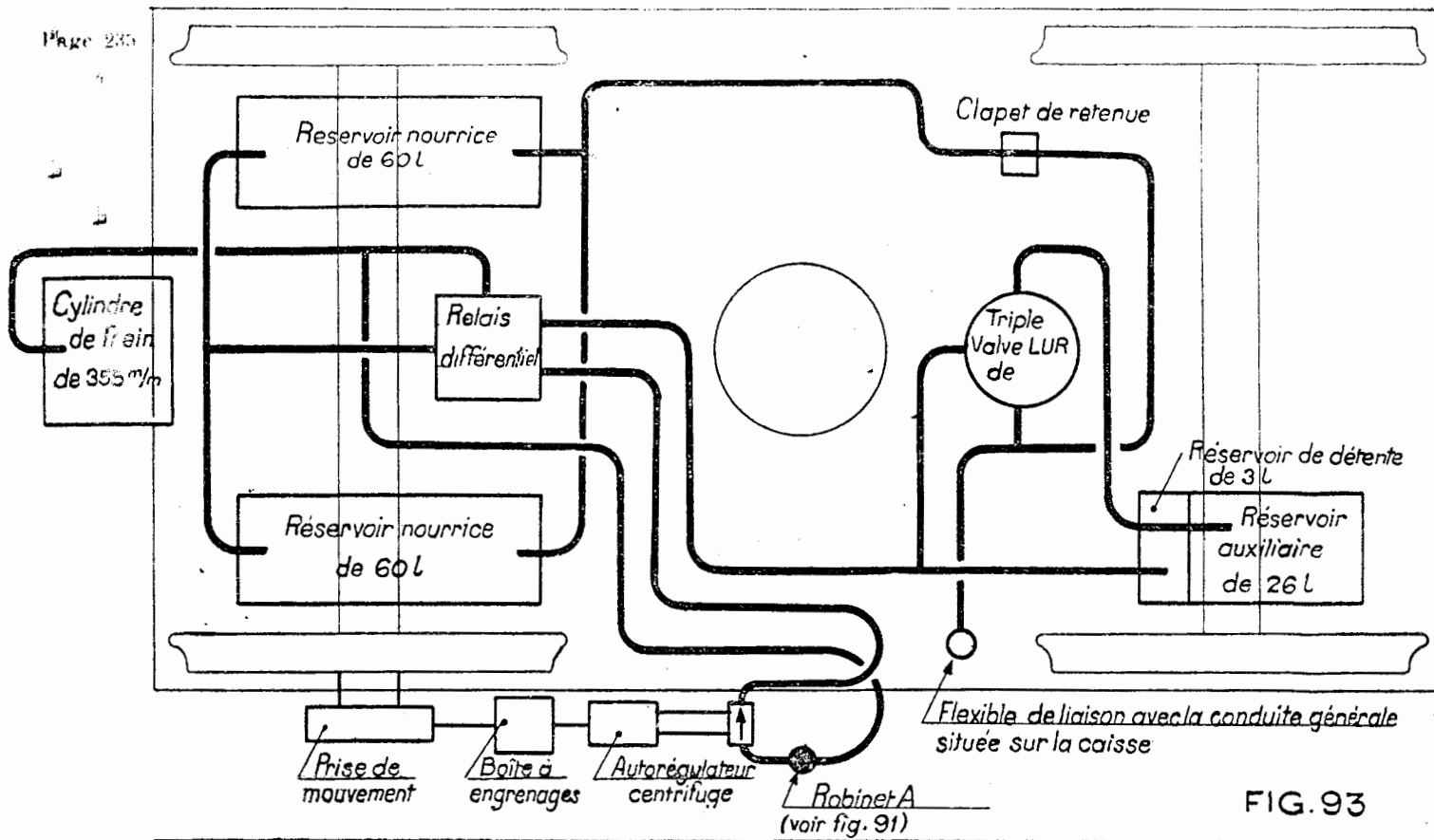


FIG. 93

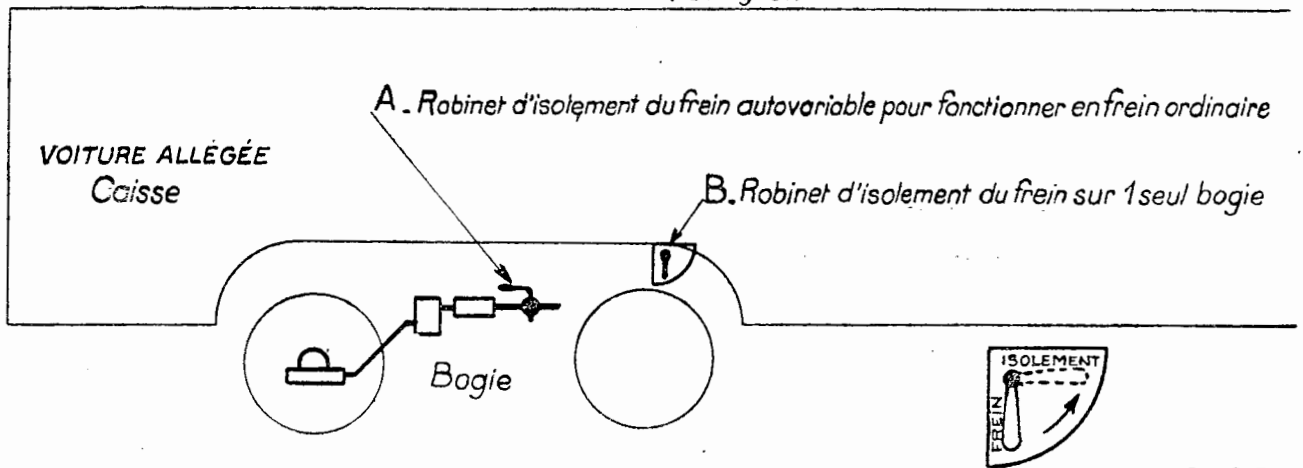


FIG. 92

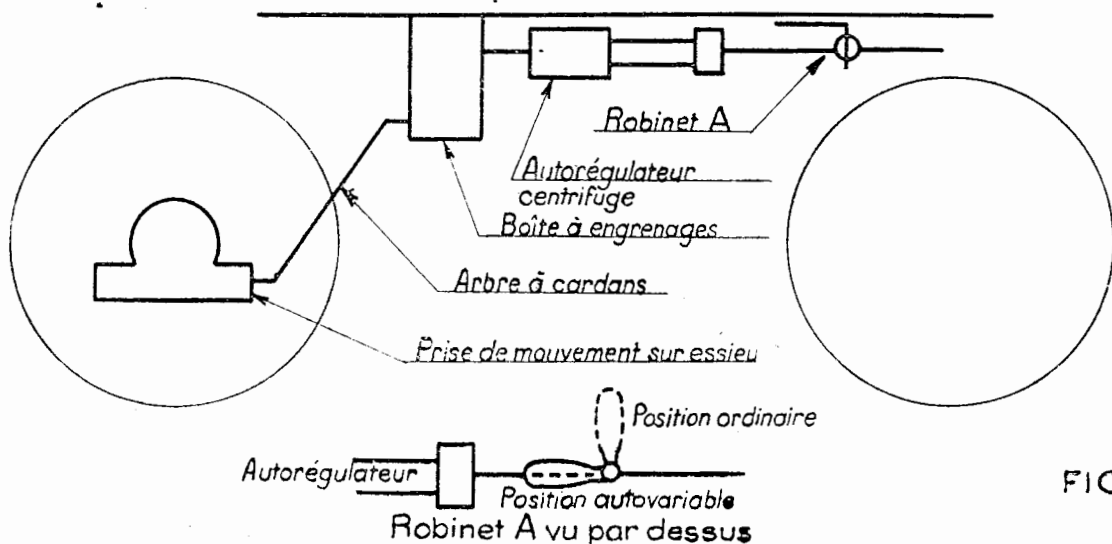


FIG. 91

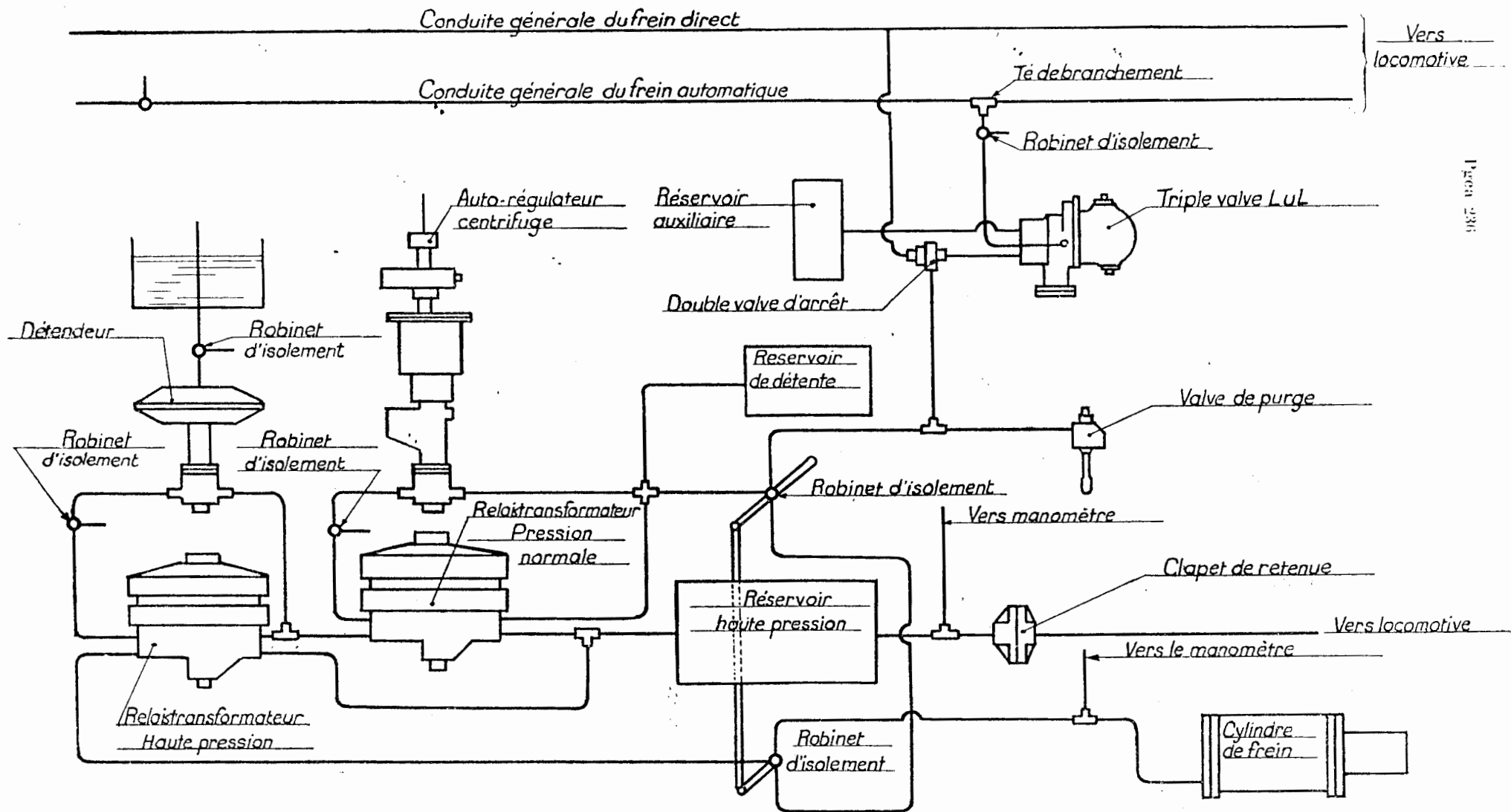


FIG.94

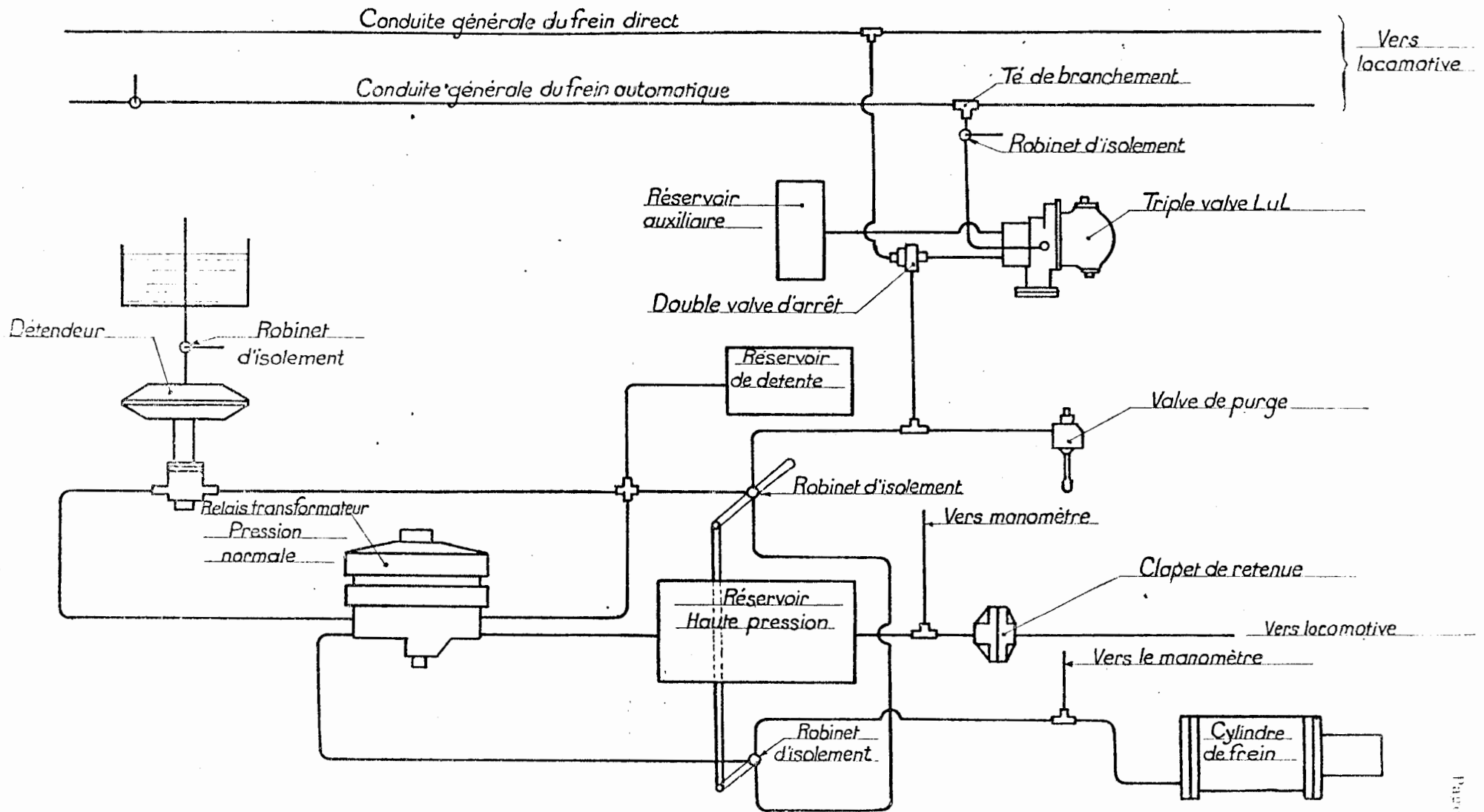


FIG. 94 bis

qui est fonction de la hauteur d'eau H . Quand cette hauteur est nulle, sous l'effet d'un ressort antagoniste, le piston (c) remonte et la soupape (d) se trouve être fermée.

b) Résultats d'essais.

A la suite d'essais effectués avant guerre et portant sur une rame composé d'une locomotive 221 et de 4 voitures (tare totale 196 t.), sur une gamme de vitesse allant de 60 à 140 km/h et en utilisant les freins ordinaires et les freins spéciaux (freinage à la vitesse sur voitures et locomotive, freinage à la vitesse et à la charge sur le tender), tantôt avec sabots simples ordinaires, tantôt avec sabots doubles, on a pu juger de l'influence de ces diverses dispositions sur les longueurs d'arrêt. Les gains obtenus sur les longueurs

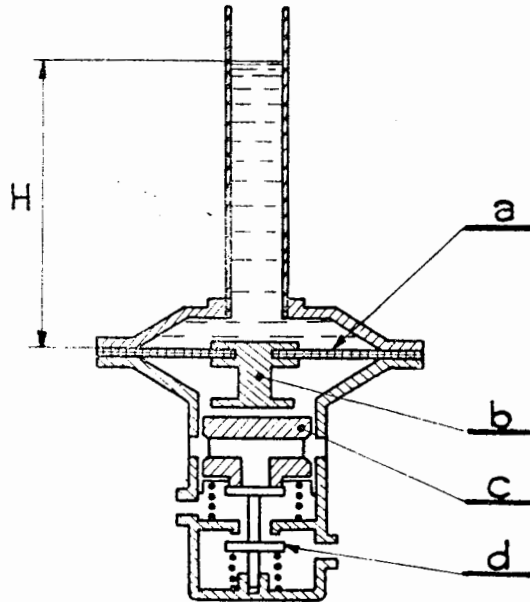


FIG. 95

d'arrêt sont de l'ordre de : 8 % lorsqu'on passe des sabots simples aux sabots doubles avec le même freinage (soit ordinaire, soit autovariable).

24 % lorsqu'on passe du freinage ordinaire au freinage autovariable aux grandes vitesses avec les sabots simples.

30 % lorsqu'on passe du freinage ordinaire avec sabots simples au freinage autovariable avec sabots doubles.

4° Frein à haute puissance et anti-enrayeur « Houplain ».

a) Description.

En plus de l'équipement normal du frein Westinghouse comprenant la triple-valve LuR, le réservoir auxiliaire et le cylindre de frein, le frein Houplain représenté schématiquement *figure 95 ter* se compose des organes suivants :

-- la valve autorégulatrice centrifuge (V. A. C.) montée sur le châssis d'un bogie et son réservoir

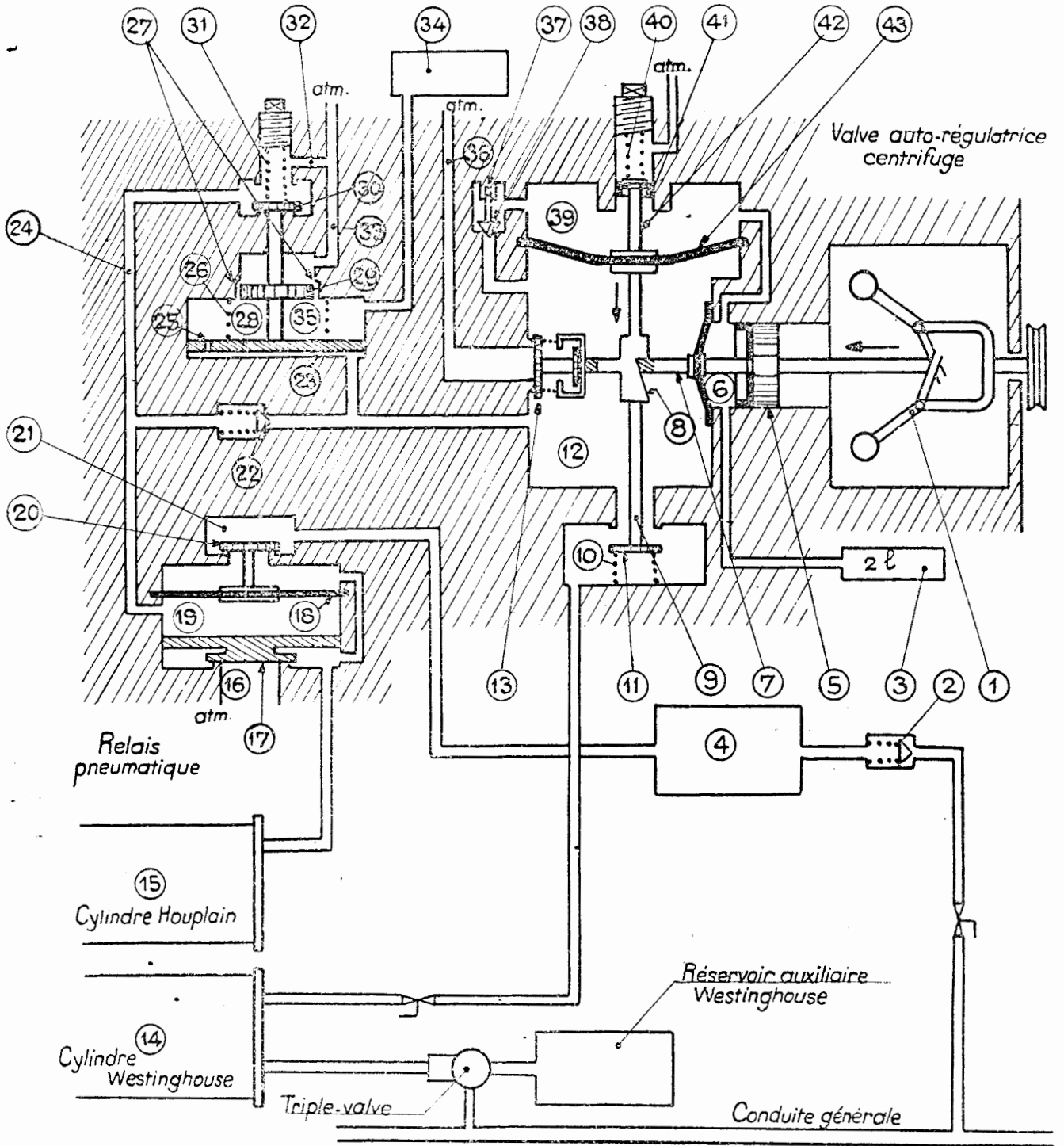


FIG. 95^{ter}

de 2 litres. Un essieu surréin (1) transmet son mouvement de rotation à la V. A. C. par une courroie à maillons montée sur poulies à gorges. La VAC est reliée aux organes montés sur le châssis du véhicule par deux boyaux flexibles.

- le décélérateur et son réservoir de 2 litres;
- le clapet de retenue placé entre la VAC et le décélérateur;
- le relais d'alimentation et d'échappement;
- le cylindre de haute puissance (cylindre Houplain);
- le réservoir auxiliaire d'alimentation du cylindre Houplain;
- le clapet de retenue placé entre la conduite générale et le réservoir Houplain.

b) Fonctionnement.

Frein desserré (marche normale) (fig. 95 ter).

L'air venant de la conduite générale ouvre le clapet de retenue 2, alimente le réservoir Houplain 4, la chambre 21 du relais d'alimentation et d'échappement assurant la fermeture de la soupape 20. La soupape 11 est maintenue ouverte par l'action du ressort 40 transmise au poussoir 9 par le piston 41, la tige 42 et la membrane 43. En marche, sous l'action de la force centrifuge, le régulateur 1 déplace vers la gauche le piston 5: la tige 7, dont la course est limitée par la soupape 8 du poussoir 9, ferme la soupape 13.

Début du freinage.

L'air venant du cylindre Westinghouse 14 pénètre par la soupape 11 dans la chambre 12 de la VAC. Dès que la pression dans cette chambre atteint 0,2 hpz, la membrane 43 se soulève, perdant le contact avec le poussoir 9, lequel est maintenu verrouillé dans sa position basse par l'action de la tige 7 sur la rampe 8.

Agissant sur différents organes, l'air de la chambre 12 :

- soulève le clapet 37 de la VAC, passe dans les chambre 39 et 6 et remplit le petit réservoir 3;
- passe dans la chambre 23 du décélérateur, soulève tout l'équipage mobile 28, 29 et 30 en comprimant les ressorts 26 et 31 et ferme la soupape 30; en même temps, l'air passe par l'orifice calibré 25 du piston 28 et remplit le petit réservoir 34;
- ouvre le clapet de retenue 22, atteint le décélérateur sous la soupape 30 qui est fermée, passe dans la chambre 19 du relais assurant la fermeture de la soupape d'échappement 17, soulève la membrane 18 qui ouvre la soupape d'admission 20, permettant à l'air du réservoir 4 de passer dans le cylindre 15.

Freinage. — Vitesse inférieure à 120 km/h.

Dès que la pression dans la chambre 6 devient supérieure à l'effort du régulateur centrifuge 1, le piston 5 se déplace vers la droite, la tige 7 libère le poussoir 9 qui, sous l'effet du ressort 10, remonte et ferme la soupape 11: la VAC est donc isolée du cylindre Westinghouse.

La pression qui ne peut plus s'élever dans la chambre 12, s'égalise sur les 2 faces de la membrane 43, mais la tige 42 est maintenue à la position haute grâce au piston 41 dont la face supérieure est à l'atmosphère.

La pression se stabilise également dans la chambre 19 du relais; dès que la pression est équilibrée sur les 2 faces de la membrane 18, celle-ci s'abaisse et ferme la soupape 20.

La pression admise dans le cylindre Houplain est donc fonction de la vitesse du véhicule au moment du freinage.

Freinage. — Vitesse supérieure à 120 km/h.

La pression maximum admise dans la chambre 6 n'est pas suffisante pour déplacer le piston 5, la soupape 11 est maintenue ouverte et la pression maximum est atteinte dans toutes les capacités.

La soupape 20 se ferme dans les mêmes conditions que dans la phase précédente, c'est-à-dire lorsque la pression s'égalise sur les 2 faces de la membrane 18.

On obtient ainsi le freinage maximum (2).

Réduction de vitesse jusqu'à 50 km/h environ.

L'effort fourni par le régulateur 1 diminue en fonction de la vitesse.

La pression régnant dans la chambre 6 et le réservoir 3 devient prépondérante et déplace le piston 5 vers la droite; si le poussoir 9 n'est pas déjà libéré comme on l'a vu dans la 3^e phase (freinage, vitesse inférieure à 120), la tige 7 déverrouille celui-ci qui remonte sous l'action du ressort 10 et ferme la sou-

(1) De sorte que si cet essieu est à l'abri de l'enrayage, tous les autres essieux de la voiture le seront également.

(2) La pression maximum admise dans les cylindres Houplain et Westinghouse est fonction de la vitesse du véhicule et aussi bien entendu de la dépression effectuée dans la conduite générale.

pape 11; continuant son mouvement vers la droite, la tige 7 ouvre légèrement la soupape 13 permettant à l'air de la chambre 12 de s'échapper à l'atmosphère par le conduit 26.

La pression tend à s'équilibrer dans toutes les capacités de la VAC et du décélérateur; le réservoir 3, les chambres 6 et 39 se vidant par la rainure calibrée 38 du clapet 37 de la VAC, le réservoir 34 et la chambre 25 par l'orifice calibré 25 du piston 28.

Le cylindre Houplain reste isolé et conserve toute sa pression.

Réduction de vitesse au-dessous de 50 km/h.

La pression qui décroît progressivement dans la chambre 35 atteint une valeur telle que l'effort donné par les ressorts 26 et 31 devient prépondérante et abaisse l'équipage mobile du décélérateur, ouvrant la soupape 30; la chambre 19 du relais est donc à l'atmosphère par les conduits 24 et 32. La soupape d'échappement 17 du relais étant uniquement soumise à la pression du cylindre Houplain, se soulève brusquement et met ce cylindre à l'atmosphère par l'orifice à grand débit 16.

Il ne reste donc plus au-dessous de 50 km/h environ que l'action du cylindre Westinghouse.

Enrayage à n'importe quelle vitesse.

Sous l'effet d'une décélération qui dépasse celle qui est pratiquée normalement et correspond à un glissement de la roue précédant l'enrayage, il y a un brusque déséquilibre des forces sur le piston 5, celui-ci se déplace donc rapidement vers la droite, déverrouille le poussoir 9, permettant la fermeture de la soupape 11 et ouvre en grand la soupape 13; l'air des chambres 34 et 35 du décélérateur ne peut plus s'écouler assez vite par l'orifice calibré 25, l'équipage mobile est déséquilibré et descend en ouvrant la soupape 30; le cylindre Houplain se vide rapidement.

Nota. — Si, après une réduction de vitesse, le mécanicien veut desserrer ses freins, il provoque le desserrage du frein Westinghouse; lorsque la pression sous le clapet 11 a suffisamment baissé, l'air qui subsiste dans la VAC ouvre ce clapet et s'échappe par le cylindre Westinghouse; le piston 28 du décélérateur descend en ouvrant la soupape 30 et le cylindre Houplain se vide comme ci-dessus.

Réouverture de la soupape de communication du cylindre Westinghouse avec la VAC.

L'air des capacités 3, 6 et 39 de la VAC ne pouvant s'écouler rapidement par la rainure calibrée 38 du clapet 37, exerce une pression sur la membrane 43 qui l'abaisse, ainsi que le poussoir 9 et ouvre la soupape 11. Le cylindre Westinghouse est donc remis en circulation avec la VAC et une partie de son air peut s'échapper à l'atmosphère par la soupape 13 ouverte en grand; mais, dès que le risque d'enrayage est éliminé, la roue reprend sa vitesse et le régulateur 1 exerce un effort de droite à gauche qui va fermer la soupape 13 et verrouiller le poussoir 9, avec la soupape 11 ouverte.

On se retrouve alors dans les mêmes conditions que dans la phase (Début du freinage).

Remarque. — Toutefois, la pression ne peut s'élever dans la VAC que si la soupape 30 du décélérateur est fermée. Etant donné le temps très court dans lequel les opérations se succèdent, le débit de l'orifice calibré 25 n'est pas suffisant pour permettre la vidange rapide des chambres 34 et 35; les rainures 27 ont été prévues pour permettre à l'air des chambre 34 et 35 de s'échapper par le conduit 33, permettant ainsi la levée de l'équipage mobile et par suite, la fermeture de la soupape 30.

c) Résultats des essais.

Le frein Houplain a donné de très bons résultats aux essais auxquels il a été procédé en 1946, tant du point de vue des performances que celui de l'anti-enrayage.

A 140 km/h, en palier, il a été capable d'arrêter un train court de 4 voitures remorqué par une locomotive muni d'un frein ordinaire, sur une distance de l'ordre de 850 m.

Les meilleures longueurs d'arrêt obtenues ont été de :

411 m.	en palier à 100 km/h
571 m.	120 km/h
825 m.	140 km/h.

ce qui permet d'attribuer aux voitures d'essais un poids-frein de :

73,2 t	à 100 km/h, soit un coefficient de freinage de 1,49
77,3 t	à 120 km/h. — 1,58
88 t	à 140 km/h. — 1,8

5° Frein autovariable et anti-enrayeur système Piganeau.

Ce servo-frein appartient au troisième type de dispositif anti-enrayeur dont il a été parlé § 1^{er} a.

Un servo-régulateur à masse centrifuge est monté sur le bogie, entraîné par une poulie

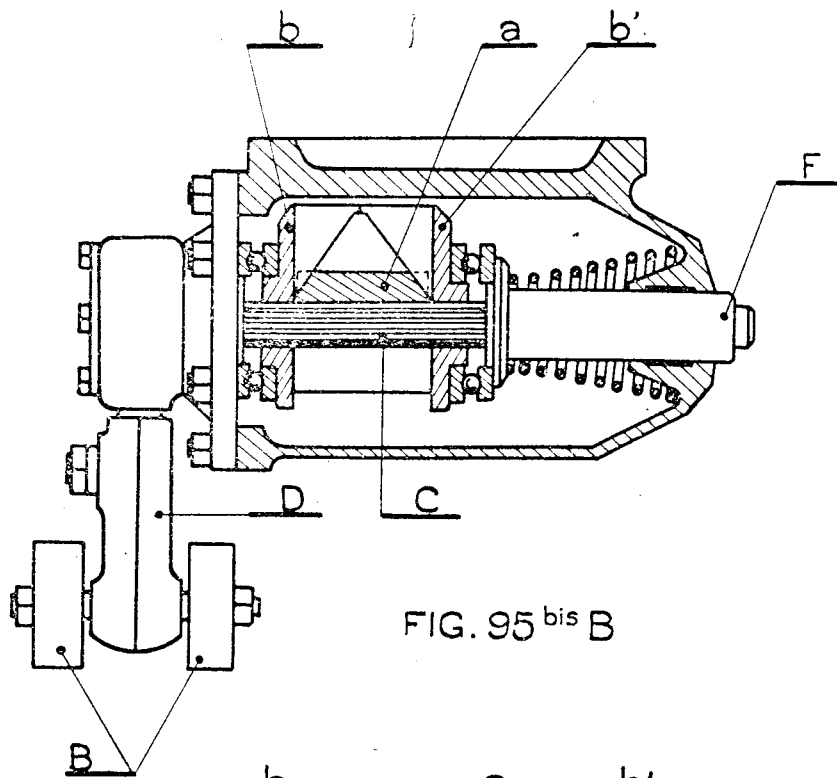


FIG. 95 bis B

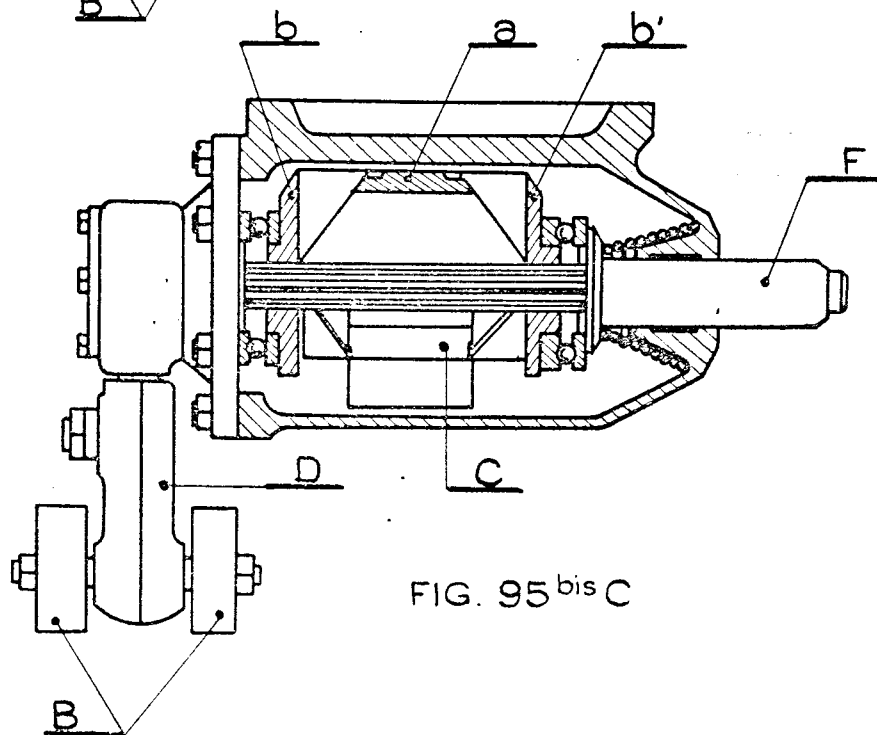


FIG. 95 bis C

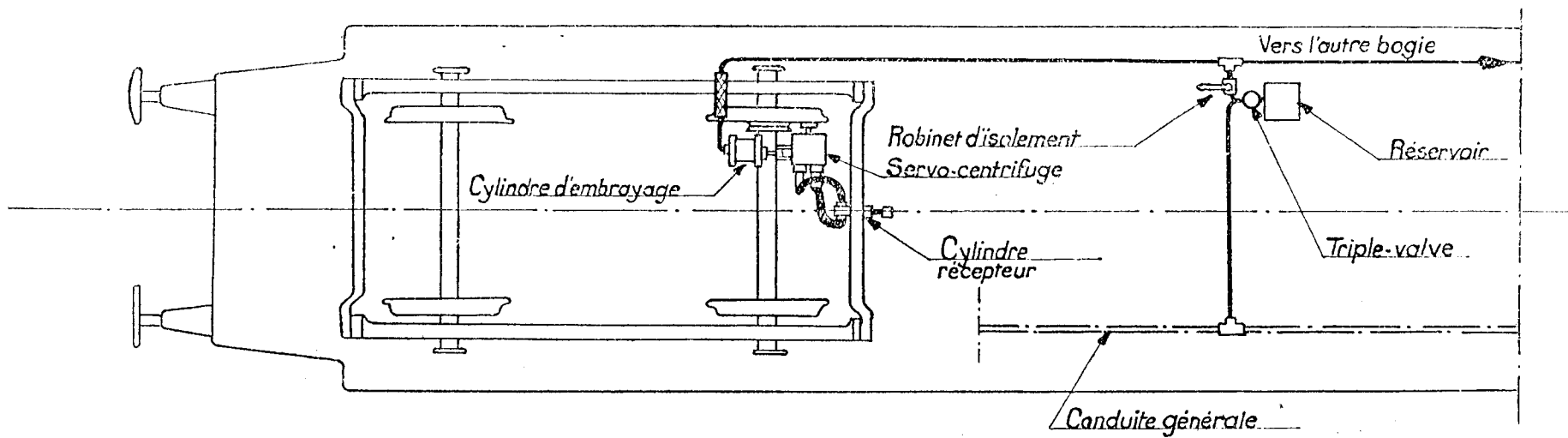


FIG. 95 bis D

calée sur l'axe d'un essieu, il s'embraye dès que le frein à air fonctionne, et agit directement sur la timonerie du frein à air, auquel il ajoute son effort.

Le servo-régulateur A (*fig. 95 bis B et C*) se compose d'un jeu de trois masses (*a*) comportant des rampes inclinées guidées entre les rampes de deux plateaux symétriques (*b*) et (*b'*) dont l'un (*b'*) peut coulisser sur un arbre C.

Les rampes des plateaux et des masses ont la même inclinaison: masses et plateaux peuvent être entraînés en rotation par l'arbre C commandé lui-même par un bras d'embrayage articulé D.

Lorsque l'arbre C entraîne le mécanisme dans son mouvement de rotation, les masses tendent, par l'effet de la force centrifuge, à s'éloigner du centre et, par le jeu des rampes, à écarter l'un de l'autre les plateaux (*b*) et (*b'*). Le plateau (*b*) reste fixe; le plateau mobile (*b'*)

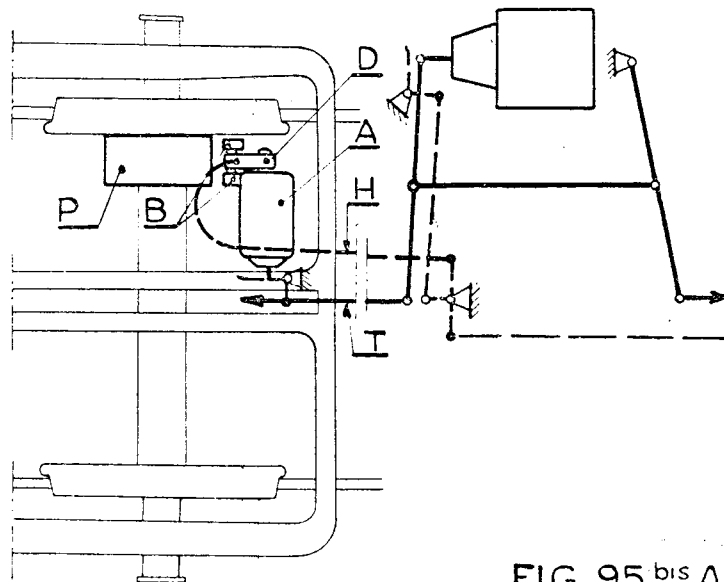


FIG. 95 bis A

prend appui sur le poussoir F, qu'il déplace avec d'autant plus de force que la vitesse de rotation des masses est plus élevée.

L'embrayage du servo-régulateur centrifuge s'obtient par l'entrée en contact du galet B (1) avec une poulie solidaire de l'essieu sous l'effet de la poussée du piston du cylindre d'embrayage alimenté en air par une triple-valve fonctionnant en même temps que la T.V. du frein ordinaire. La *figure 95 bis D* représente le schéma de l'ensemble de la tuyauterie nécessitée pour l'application du frein Piganeau.

Le poussoir F refoule de l'huile dans un cylindre récepteur Lockheed dont la tige de poussée vient ajouter son effort sur la barre de timonerie (2).

Une faible pression dans le cylindre d'embrayage suffit pour assurer l'embrayage du régulateur, qui donne alors sa pleine pression correspondant à la vitesse de marche au moment du freinage.

Le surplus de l'effort de freinage du frein à air reste disponible pour augmenter dans la limite nécessaire l'effort total du freinage.

(1) A l'origine, l'embrayage du servo-régulateur A s'obtenait par l'entrée en contact des galets B avec une poulie P solidaire de l'essieu sous l'effet de la traction d'un câble H (*fig. 95 bis A*), commandé par le levier du cylindre à air.

(2) A l'origine, le poussoir F agissait par l'intermédiaire d'un renvoi à coins sur une timonerie auxiliaire connectée avec la timonerie normale T.