

CHAPITRE VII

MOYENS D'ARRÊT DES TRAINS

138. Freins manœuvrés à la main. — Le moyen usuel pour ralentir ou arrêter les trains consiste à serrer des sabots de frein contre les bandages des roues. La manœuvre se fait souvent à la main, à l'aide d'une vis ou d'un autre mécanisme, amplifiant la force appliquée à la manivelle ou au volant de commande. Ces freins n'agissent le plus souvent que sur les roues d'un seul véhicule ; quelquefois des transmissions permettent à un seul homme de commander à la fois les freins de deux ou trois wagons. Il en est de même, mais avec serrages successifs, si l'homme peut passer d'un véhicule sur l'autre, et quand deux guérites de wagons à marchandises sont placées côte à côte. Le personnel de la machine n'a d'action directe que sur les freins du tender et de la locomotive : il doit demander, au moyen du sifflet, le serrage sur les wagons ; il n'est jamais sûr que cet appel soit partout entendu et que la manœuvre soit exécutée immédiatement.

La résistance, qui résulte de l'application des freins, est d'autant plus grande que les sabots sont plus fortement appuyés contre les bandages, mais à condition que les roues ne cessent pas de tourner : dès que le calage des roues se produit, cette résistance diminue. En serrant les freins, on doit donc tâcher de ne jamais caler les roues, ce qui, d'ailleurs, détériore les bandages : on doit desserrer un peu les sabots dès que le calage a lieu.

Les freins à levier, qui souvent n'agissent que sur une seule roue, ne se manœuvrent facilement que lorsqu'on est à terre auprès du wagon : ils sont utiles surtout pour les mouvements dans les gares.

Les sabots de freins sont en bois ou en fonte. Le remplacement des sabots est plus facile avec le bois qu'avec la fonte, à moins que les porte-sabots et les sabots en métal ne soient convenablement calibrés ; mais le bois s'use vite, et surtout, avec le bois, le personnel est incité à caler les roues, car la chaleur développée par le frottement brûle bientôt le bois si la roue tourne contre le sabot.

Il est facile de se faire une idée de la force avec laquelle les sabots pressent les roues, en mesurant le déplacement d'un sabot pour un tour de la manivelle de commande. S'il n'y avait pas de travail perdu en frottements, on calculerait cette force comme il suit : une main pousse une extrémité de la manivelle, tirée à son extrémité opposée

par l'autre main; une main parcourt, par exemple, un cercle de 200 mm de rayon, l'autre un cercle de 250 mm; par tour, une main fait un chemin de 0,63 m, l'autre de 0,78 m. L'effort de chaque main est, par exemple, de 20 kg; on multiplie l'effort de chaque main par le chemin qu'elle parcourt, dans un tour; les nombres ainsi obtenus représentent des kilogrammètres; on obtient les produits $20 \times 0,63$ m, ou 12,6, et $20 \times 0,78$ m, ou 15,6; au total, environ 28 kgm.

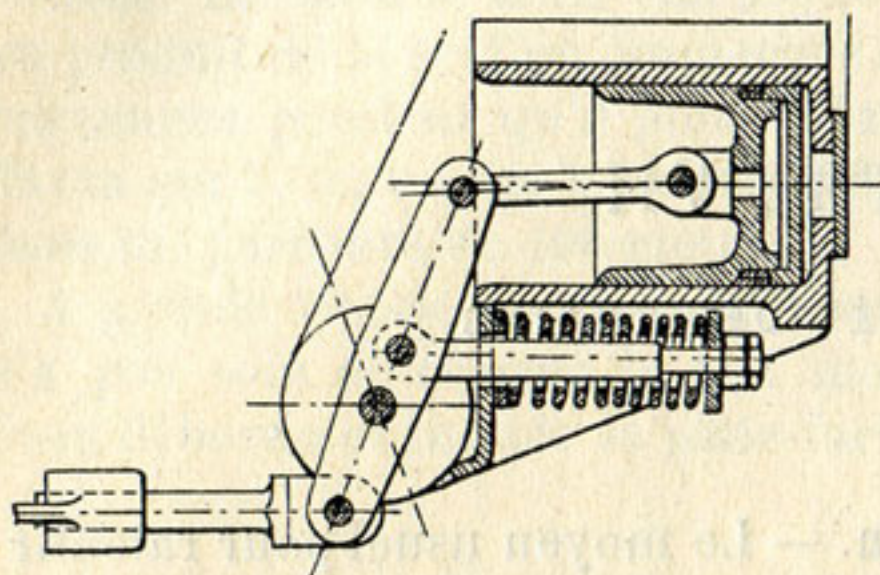


Fig. 304. — Frein à vapeur de locomotive, avec ressort de rappel.

Si le sabot se déplace, pour un tour de la manivelle, de 6 mm, ou 0,006 m, le produit de ce déplacement par la poussée qu'il exercerait, sans les frottements, aurait la même valeur, 28; cette poussée serait donc 28 divisé par 0,006 ou 4700 kg. Elle se partage entre les divers sabots; mais les frottements la réduisent.

Les mécanismes des freins à main doivent être surveillés avec grande attention, puisqu'on compte absolument sur eux pour assurer les arrêts. Parfois la vis de commande et son écrou s'usent assez pour que les filets ne s'engagent plus l'un dans l'autre.

139. Freins à vapeur des locomotives. — Les freins à vapeur, montés sur les locomotives, sont des appareils d'une grande simplicité : la vapeur presse un piston quand on ouvre un robinet ou une soupape, et ce piston applique les sabots de frein contre les roues. En cessant d'envoyer la vapeur et en la laissant échapper au dehors, on supprime la pression : le poids des pièces ou l'action d'un ressort desserre les sabots.

Ces freins sont commodes sur les machines de gare, qui font de fréquents arrêts; en Angleterre, on les emploie aussi sur d'autres

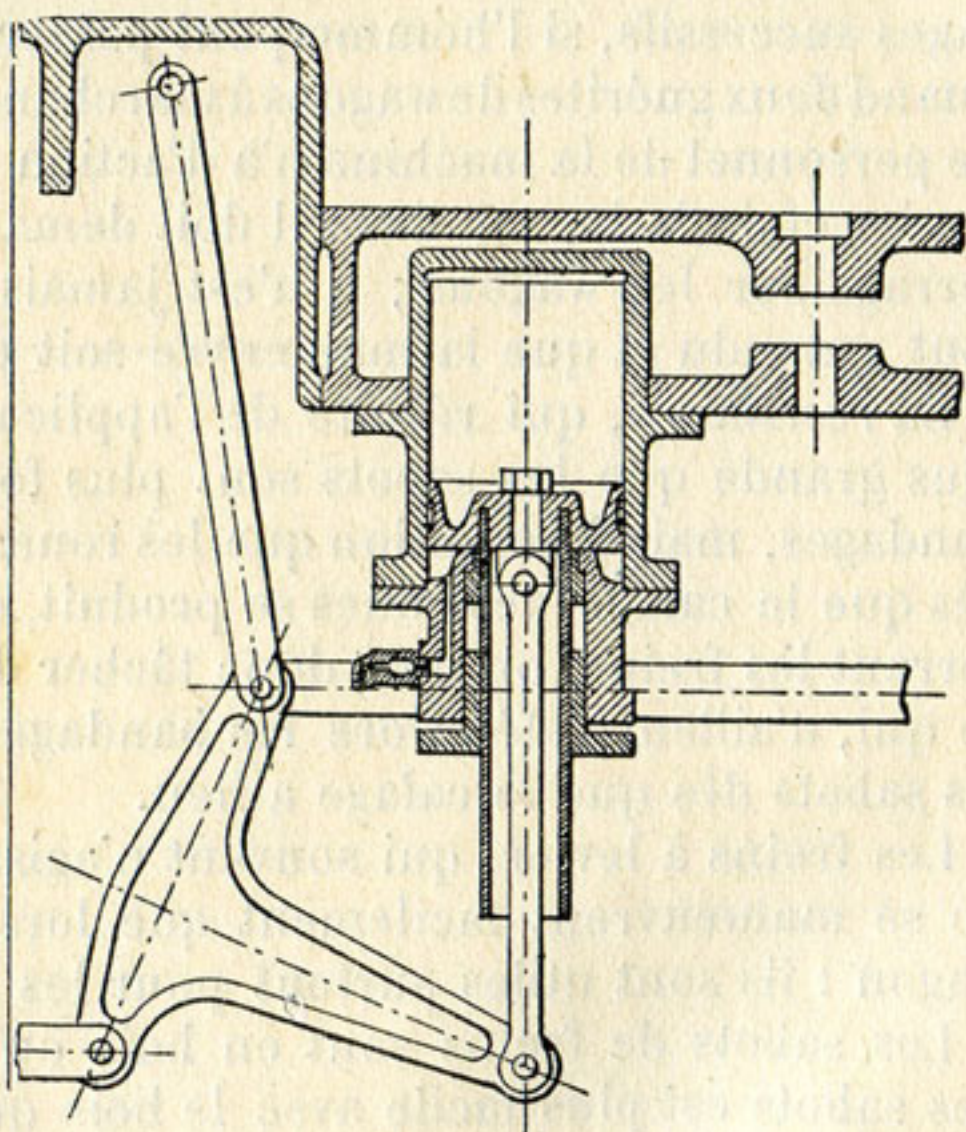


Fig. 305. — Frein à vapeur agissant sur la locomotive et sur son tender.

locomotives. Les figures 304 et 305 représentent deux types de ces appareils; dans le second appareil, la vapeur soulève le piston, qui agit sur les freins de la locomotive et du tender. Les tuyaux de vapeur doivent avoir un petit diamètre (20 mm à l'intérieur), afin que l'action du frein ne soit pas trop brusque. Certains robinets de manœuvre sont munis d'un détendeur, qui réduit à volonté la pression de la vapeur admise dans le cylindre du frein.

140. Freins continus. — Les freins continus, montés sur tous les véhicules d'un train, sont à la disposition du mécanicien. Un frein continu est *automatique* quand il s'applique spontanément en cas de rupture d'attelage : si la rupture se produit sur une rampe, l'automatisme prévient la dérive du coupon rompu en queue. Il est *modérable* quand le mécanicien peut facilement faire varier la pression sur les sabots, de manière à bien régler les arrêts et à produire un serrage léger et permanent pour la descente des pentes. Il existe plusieurs systèmes de freins continus : la plupart fonctionnent à l'aide d'air comprimé.

Les freins continus préviennent bien des collisions; ils évitent beaucoup d'accidents individuels et sauvent la vie à des imprudents qui traversent les voies sans attention, à des enfants qui jouent sur les rails. Mais un mécanicien ne peut arrêter son train toutes les fois qu'il aperçoit une personne sur la ligne qu'il parcourt : il faut que quelque indice lui montre que cette personne ne se dérangera pas pour son passage. Les agents qui circulent à pied sur les chemins de fer, qui travaillent aux voies, sont nombreux; trop souvent ils ne se dérangent pour le passage d'un train qu'au dernier moment; on dirait même quelquefois qu'ils font semblant de ne pas l'apercevoir. Le conducteur d'une locomotive ressent une impression désagréable en approchant, à grande vitesse, d'hommes qui risquent d'être atteints, sans être sûr qu'ils vont se ranger à temps.

Fréquemment les agents qui réparent une voie passent sur l'autre quand un train vient les déranger; puis ils regardent tranquillement défiler ce train, sans se préoccuper de celui qui peut survenir en sens contraire. Traverser les voies immédiatement après le passage d'un train, sans s'assurer qu'un autre n'arrive pas à ce moment en sens inverse, est encore une imprudence grave et fréquente. Aussi devrait-on répéter aux agents qui vivent sur les voies de chemin de fer : « Prenez garde à l'autre train. »

141. Réglage des sabots. — Quel que soit le système de freins employé, il est indispensable que le mécanisme de commande n'arrive pas à bout de course avant que les sabots appuient sur les roues; il convient d'ailleurs qu'en marche les sabots ne touchent pas les roues, mais sans être trop éloignés, afin qu'une faible course des appareils moteurs produise le serrage : un jeu d'un centimètre

suffit entre le sabot et le bandage. Comme les bandages et surtout les sabots s'usent en service, on règle de temps en temps les sabots en les rapprochant des roues, soit par l'action de tiges filetées et d'écrous, soit en changeant l'attache des tringles de traction ou de poussée, percées à cet effet d'une série de trous.

Il ne faut pas qu'un angle du sabot desserré frotte contre le bandage : de petits ressorts de réglage, placés entre le sabot et le portesabot, maintiennent le sabot en bonne position.

142. Freins Westinghouse. — Les freins du système Westinghouse, fort usités en Amérique, en France, et dans bien d'autres contrées, fonctionnent à l'aide d'air comprimé. La locomotive porte un réservoir d'air principal, constamment entretenu à une pression de plusieurs kilogrammes par centimètre carré, à l'aide d'un compresseur, que commande un moteur à vapeur, souvent appelé *petit cheval*. Une conduite, avec raccords flexibles d'un véhicule à l'autre, règne sur toute la longueur du train : elle est fermée à ses extrémités par des robinets. Lorsque le frein n'est pas serré, cette conduite communique avec le réservoir principal de la locomotive et avec des réservoirs plus petits installés sous chaque véhicule : la conduite et tous les réservoirs doivent alors être remplis d'air comprimé.

Pour serrer le frein, on abaisse la pression dans la conduite générale, en tournant le robinet de manœuvre monté sur la locomotive : le même mouvement interrompt au préalable la communication de la conduite et du réservoir principal, de sorte que l'air s'échappe de la conduite seule. L'abaissement de la pression dans la conduite actionne, sous chaque véhicule, la *triple valve*, qui coupe la communication du réservoir du véhicule avec la conduite, mais le met en relation avec le cylindre du frein : l'air comprimé du réservoir pousse alors le piston de ce cylindre et applique les sabots contre les roues.

Quand on rétablit la pression dans la conduite, à l'aide du robinet de manœuvre, les triples valves isolent de nouveau les cylindres et en laissent échapper l'air au dehors : des contrepoids ou des ressorts desserrent les sabots ; en même temps les réservoirs se rechargent d'air comprimé.

Si un attelage se rompt, les tuyaux d'accouplement se détachent, l'air comprimé de la conduite s'échappe et les freins s'appliquent. Il en est de même lorsqu'un des tubes flexibles de raccord vient à crever ; cet incident désagréable est rendu assez rare par le retrait en temps utile de ces tubes. L'ouverture d'un des robinets placés dans les fourgons produit le même effet.

Le compresseur et son moteur doivent former un ensemble simple et peu encombrant ; c'est souvent une machine à action directe, sans transformation du mouvement rectiligne du piston en mouvement circulaire (fig. 306). La vapeur est distribuée par un tiroir

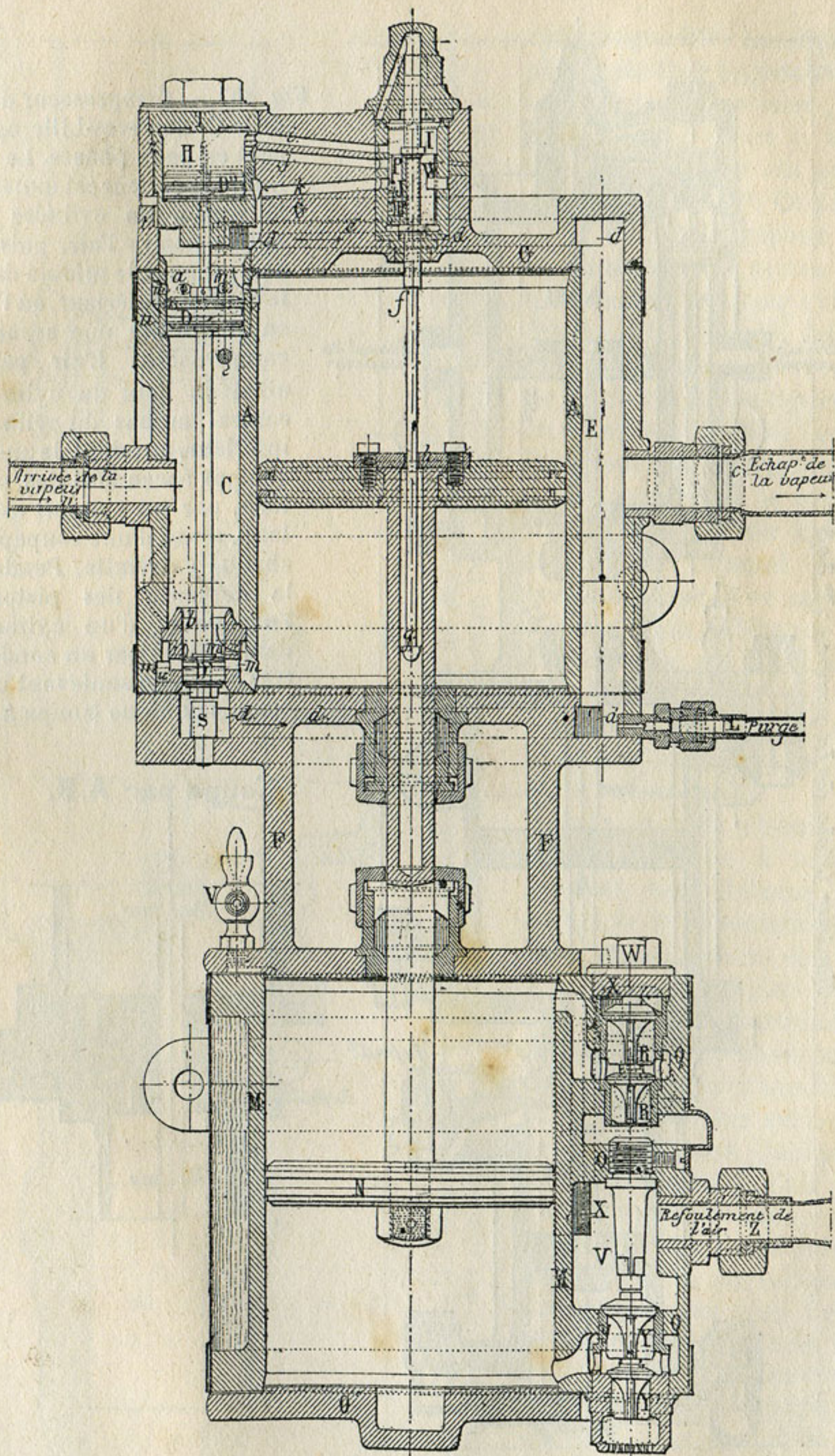


Fig. 306. — Petit cheval Westinghouse pour comprimer l'air.

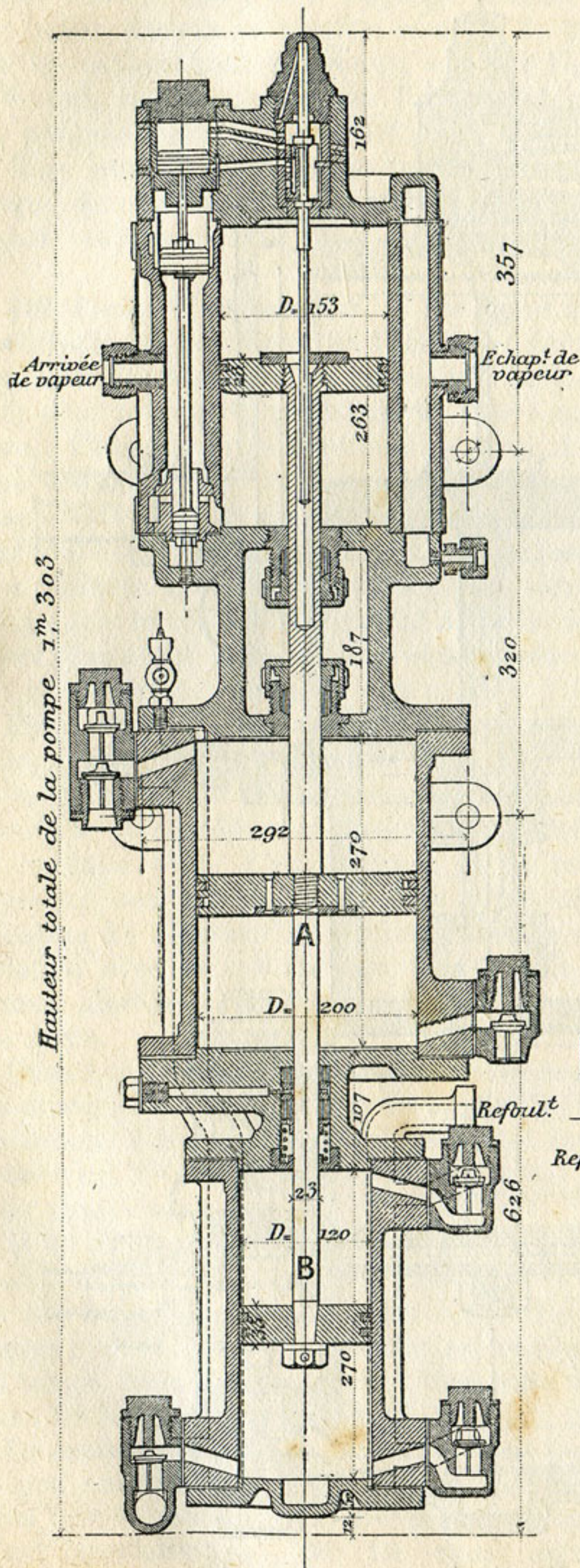
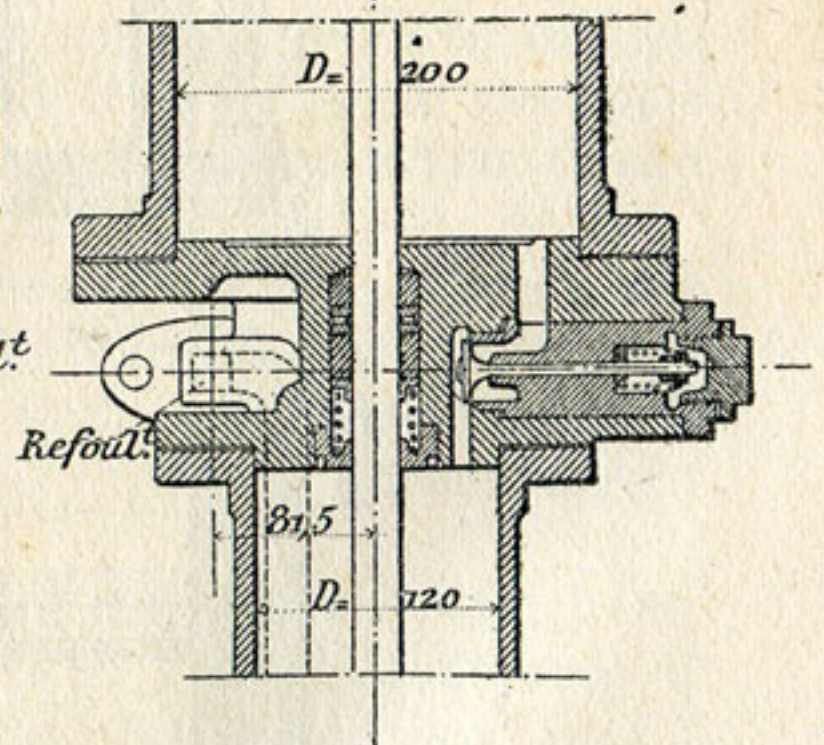


Fig. 307. — Compresseur d'air de la C^{ie} de Fives-Lille, agissant en deux phases. Le cylindre supérieur est moteur; le piston du cylindre du milieu aspire l'air, puis le comprime et le refoule dans le cylindre inférieur, où l'air subit ensuite une seconde compression. L'air passe ainsi du haut du cylindre central au bas du cylindre inférieur, pendant le mouvement ascendant des pistons, par un conduit assez long, muni d'une soupape à chaque extrémité. Pendant la descente des pistons, l'air passe d'un cylindre dans l'autre par un conduit très court, en soulevant une soupape unique (coupe A.B.).

Coupe par A.B.



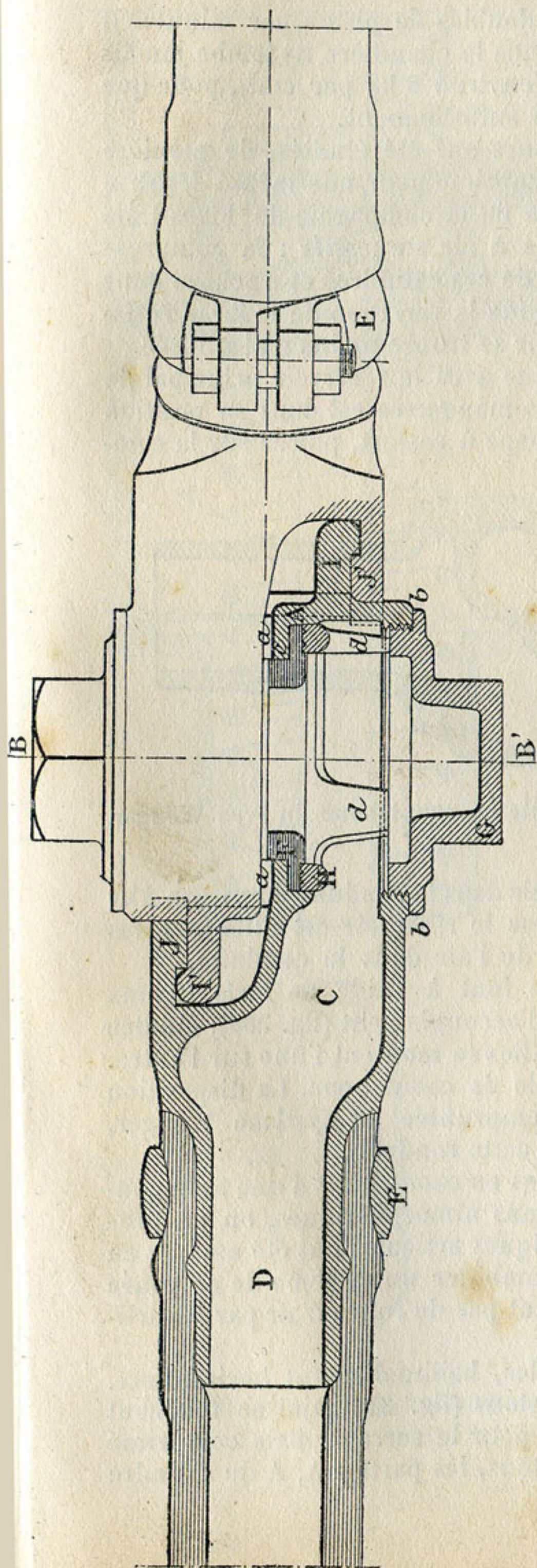


Fig. 308. — Raccords d'accouplement du frein Westinghouse, formés de deux pièces pareilles. L'étanchéité est obtenue par l'emploi des rondelles de caoutchouc F, qui appuient l'une contre l'autre et contre la partie métallique A.

cylindrique DD'. Lorsque le piston moteur approche de ses fonds de course, il frappe, en *f* et en *g*, une tige qui déplace un petit tiroir auxiliaire P. Ce petit tiroir admet la vapeur en H, au-dessus du piston D'' qui conduit le tiroir cylindrique DD', ou la laisse échapper; la face inférieure de ce piston D'' est toujours en communication avec l'échappement. La pression de la vapeur sur le piston D'' abaisse le tiroir cylindrique DD'; quand cette pression cesse, il se relève, à cause de la différence de diamètre de ses deux pistons D et D'.

Le cylindre à air est muni de soupapes d'aspiration et de refoulement.

Dans ce petit cheval, la vapeur travaille à pleine pression sans détente, de sorte que la consommation en est relativement élevée.

La pression la plus forte que l'air puisse atteindre dépend de la pression de la vapeur dans la chaudière et du rapport des surfaces des deux pistons. Quelquefois la pression de l'air est limitée par une soupape de sûreté; mais habituellement c'est la surveillance du mécanicien qui l'empêche d'atteindre une valeur trop élevée. On règle la vitesse de la pompe en ouvrant plus ou moins le robinet de prise de vapeur qui l'alimente; elle ne doit

pas donner plus de 35 à 40 coups doubles de piston par minute. Il est indispensable que la pression dans la chaudière ne tombe jamais au-dessous d'une certaine limite (environ 6 kg par cm^2), pour que l'air puisse toujours être comprimé suffisamment.

D'autres systèmes de compresseurs ont été étudiés, de manière à augmenter la production d'air comprimé pour une même dépense de vapeur. Par exemple, la pompe de la compagnie de Fives-Lille (fig. 307) comporte deux cylindres à air successifs : la compression commence dans le plus grand de ces cylindres et s'achève dans le plus petit. Cette disposition diminue la variation de la force résistante pendant la course, et la vapeur se trouve moins mal utilisée.

La conduite générale communique avec le réservoir principal de la locomotive, quand le robinet de manœuvre est dans sa position normale de marche, mais une soupape à ressort, placée sur la com-

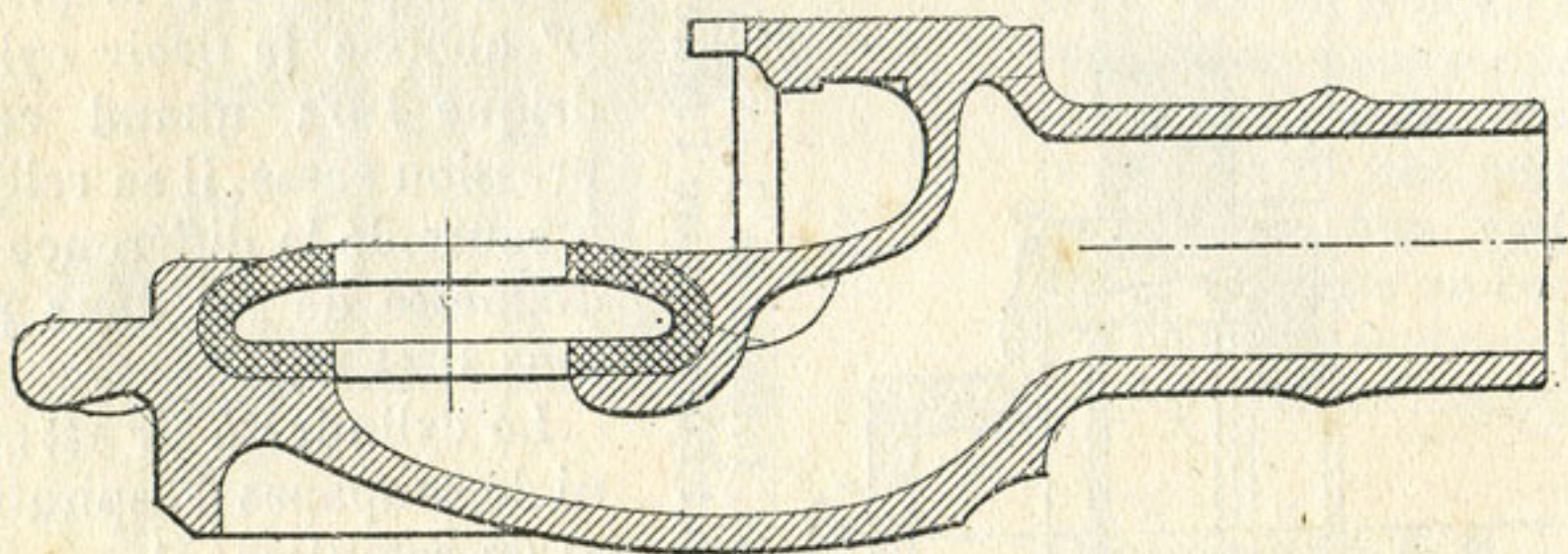


Fig. 309. — Accouplement avec rondelle en caoutchouc du type Wenger.

munication, réduit la pression de l'air dans la conduite d'environ 2 kg par cm^2 . Cet excès de pression dans le réservoir est utile lors des desserrages pour l'arrivée rapide de l'air dans la conduite.

Les raccords entre véhicules se font à l'aide de forts tuyaux flexibles, terminés par une rotule d'accouplement (fig. 308), étudiée de telle sorte que deux pièces pareilles se montent l'une sur l'autre. Le joint est assuré par une rondelle de caoutchouc. La disposition de la rondelle de la figure 309, empruntée au système Wenger, permet un remplacement facile de cette rondelle.

En enveloppant les tuyaux flexibles en caoutchouc d'une toile goudronnée, qui les préserve des actions atmosphériques, on en prolonge la durée. Des raccords métalliques articulés ont été essayés en grand nombre ; il est difficile de combiner un système de ce genre simple, d'entretien facile, ne donnant pas de fuites d'air par les articulations.

Les cylindres à frein des véhicules, habituellement horizontaux, renferment un piston ou deux pistons (fig. 310), qui se touchent lorsque les freins sont desserrés ; pour le serrage, l'air comprimé pénètre en D et écarte les deux pistons, les parties A, A du cylindre

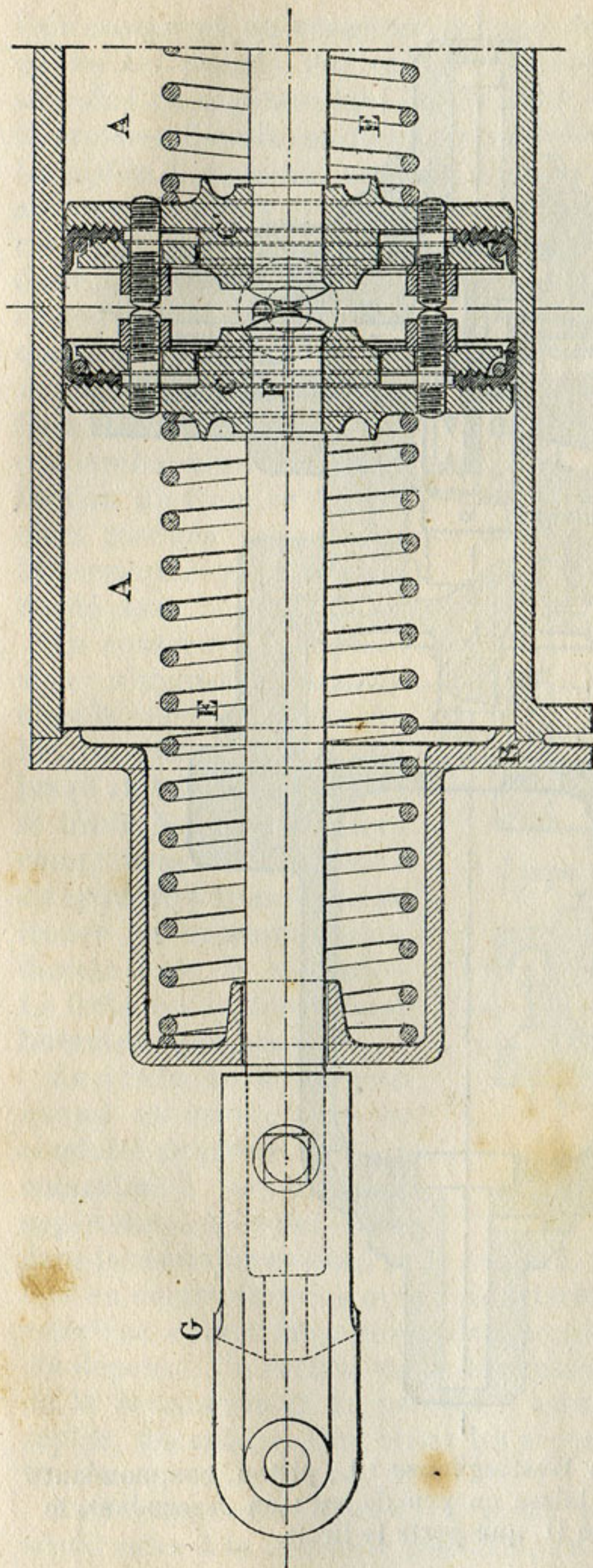


Fig. 310. — Cylindre double de frein Westinghouse; coupe longitudinale.

communiquant toujours avec l'atmosphère. L'étanchéité du piston est assurée par un cuir, que la pression de l'air appuie contre la paroi du cylindre. Les locomotives portent des cylindres verticaux avec un seul piston.

La triple valve (fig. 311), qui distribue l'air dans le cylindre à frein, contient un tiroir N, commandé par le piston L. L'air comprimé, venant de la conduite principale, soulève ce piston, puis passe par une petite rainure *f*, quand ce piston est en haut de sa course; l'air pénètre alors dans le réservoir du véhicule, dit réservoir auxiliaire. Le tiroir N met le cylindre à frein en communication avec l'air extérieur, par le passage *e*, de sorte que le frein est desserré.

Le tiroir N (fig. 312), renferme une soupape O, qui est rattachée à une broche *h* (fig. 311), que porte le prolongement *cd* du piston L; le tiroir N a un peu de jeu sur la pièce *cd*.

Quand la pression s'abaisse dans la conduite générale, l'air comprimé dans le réservoir auxiliaire fait descendre le piston : en descendant, ce piston isole le réservoir auxiliaire de la conduite principale, ouvre la soupape O, puis déplace le

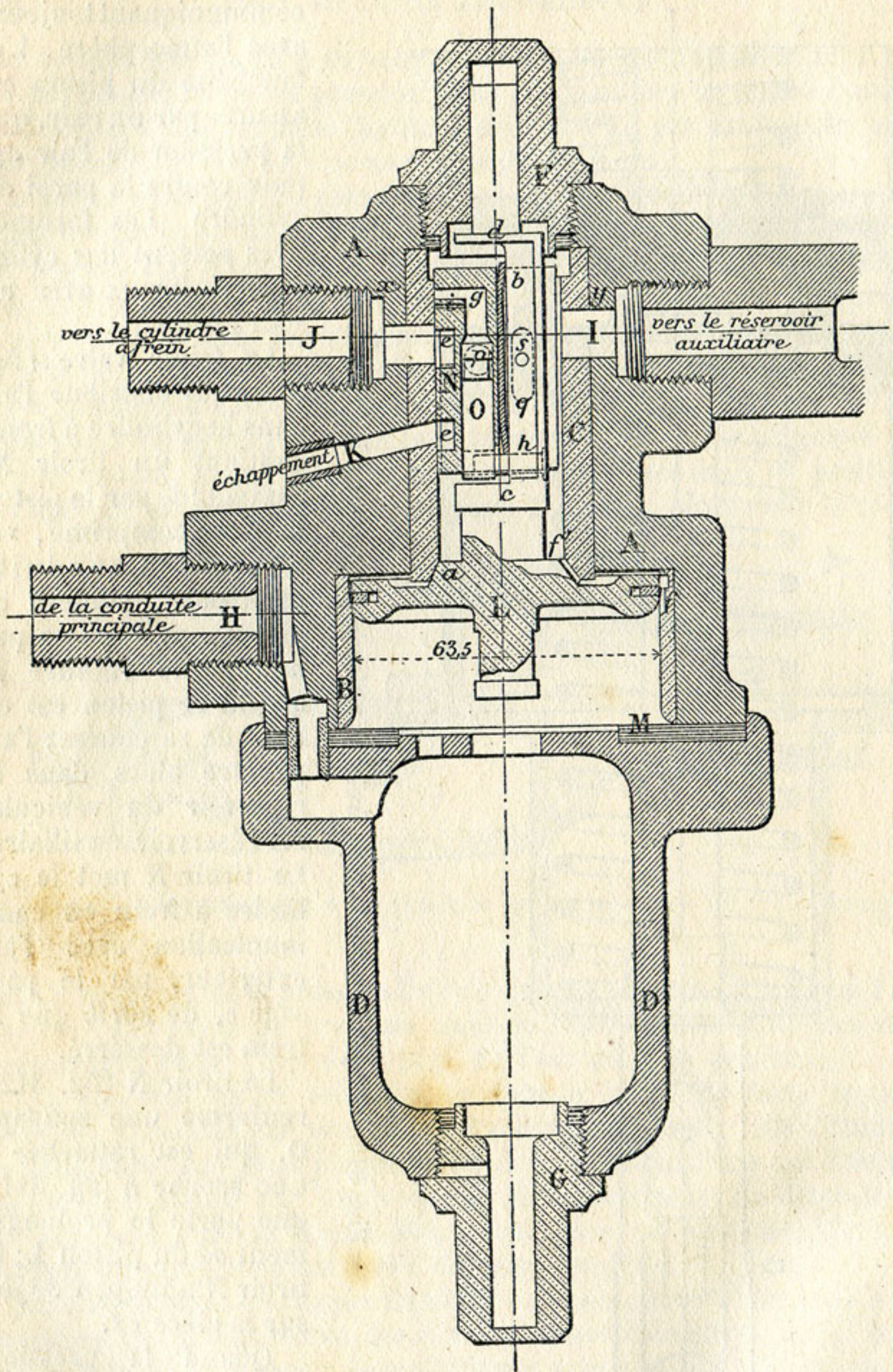


Fig. 311. — Triple valve du frein Westinghouse : L, piston, commandant le tiroir N par la pièce *cd*, qui laisse un peu de jeu : en descendant, le piston ouvre d'abord la soupape O, que porte le tiroir.

tiroir : le cylindre à frein cesse alors de communiquer avec l'extérieur, et se trouve en relation avec le passage *g* : par ce passage *g*,

l'air comprimé du réservoir se rend dans le cylindre à frein et en pousse les pistons. Par suite de l'accroissement de volume, la pression de l'air diminue dans le réservoir; elle peut devenir inférieure à la pression dans la conduite, quand celle-ci n'a pas beaucoup baissé. Le piston L remonte aussitôt, et referme la soupape O, mais sans achever sa course et sans relever le tiroir N. Les freins restent serrés. Si on laisse alors écouler une nouvelle partie de l'air de la conduite, le piston L descend de nouveau, et une nouvelle quantité d'air passe du réservoir dans le cylindre à frein. Ces effets peuvent se renouveler plusieurs fois : l'action du frein se trouve alors graduée suivant l'abaissement de pression provoqué dans la conduite.

Au contraire, si la pression s'abaisse beaucoup dans la conduite dès le début, le piston L descend jusqu'au bas de sa course; le tiroir N découvre alors complètement la lumière J du cylindre à freins, qui se trouve en communication directe avec le réservoir. Le frein est appliqué aussi fortement que possible.

Le frein se desserre quand on envoie dans la conduite générale de l'air comprimé à une pression supérieure à celle qui existe dans le réservoir auxiliaire : le piston L remonte complètement, mettant en communication avec l'air extérieur le cylindre à frein, qui se vide; l'air comprimé pénètre dans le réservoir et remplace l'air qui a été dépensé. Un certain excès de pression dans le réservoir principal de la locomotive (2 kg par cm^2) assure un desserrage franc et rapide, nécessaire pour éviter les secousses aux véhicules des longs trains.

En fermant un robinet d'isolement, placé sur le tuyau qui relie la triple valve à la conduite générale, on met hors de service le frein d'un véhicule. On peut desserrer isolément le frein d'un véhicule en ouvrant une valve de décharge, ménagée entre la triple valve et le cylindre à frein.

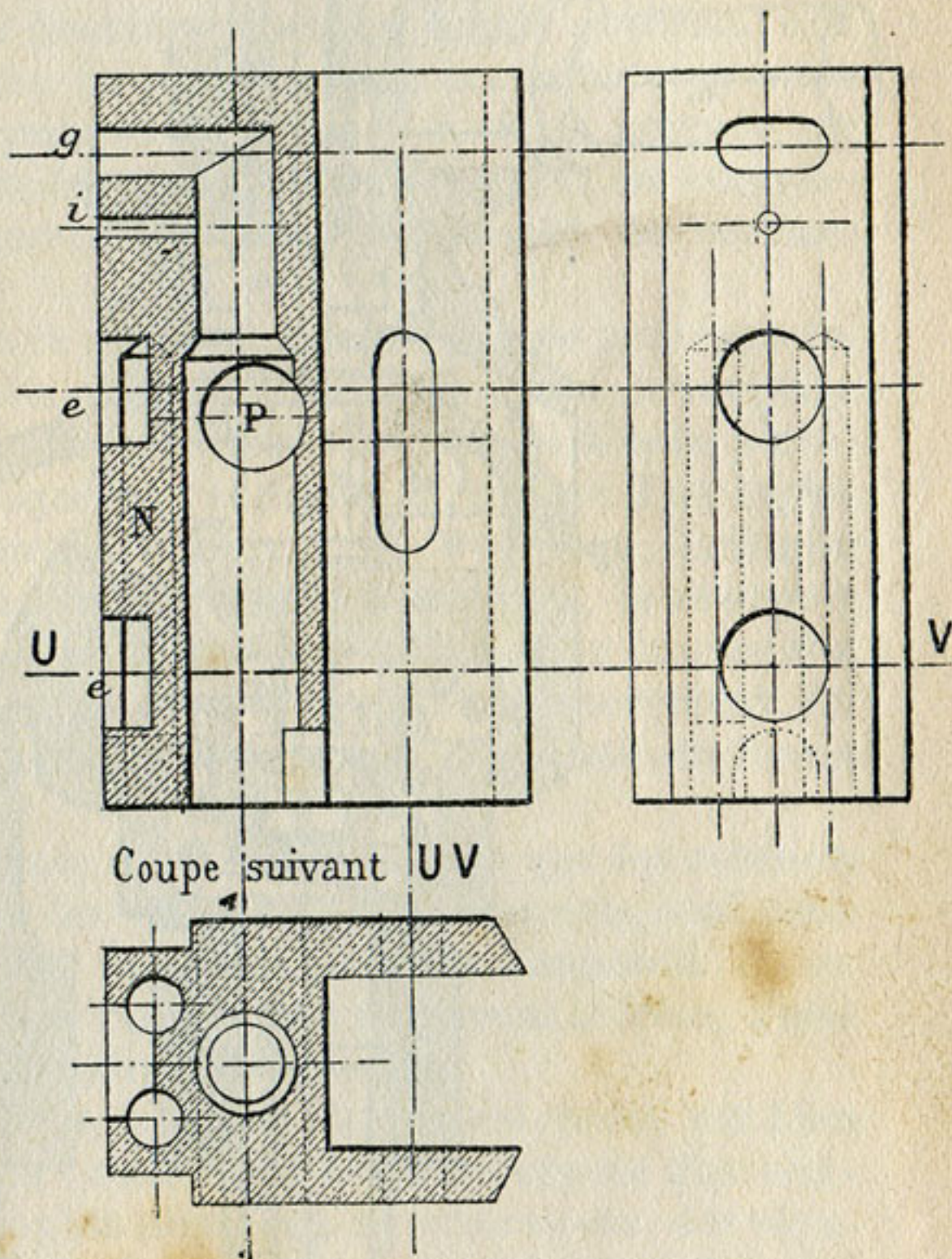


Fig. 312. — Tiroir de la triple valve.

Le mécanicien manœuvre les freins à l'aide d'un robinet spécial (fig. 313), qui consiste en un papillon E, que fait tourner la poignée de manœuvre K. Lorsque cette poignée occupe la position de desserrage, ou première position, le papillon établit librement la com-

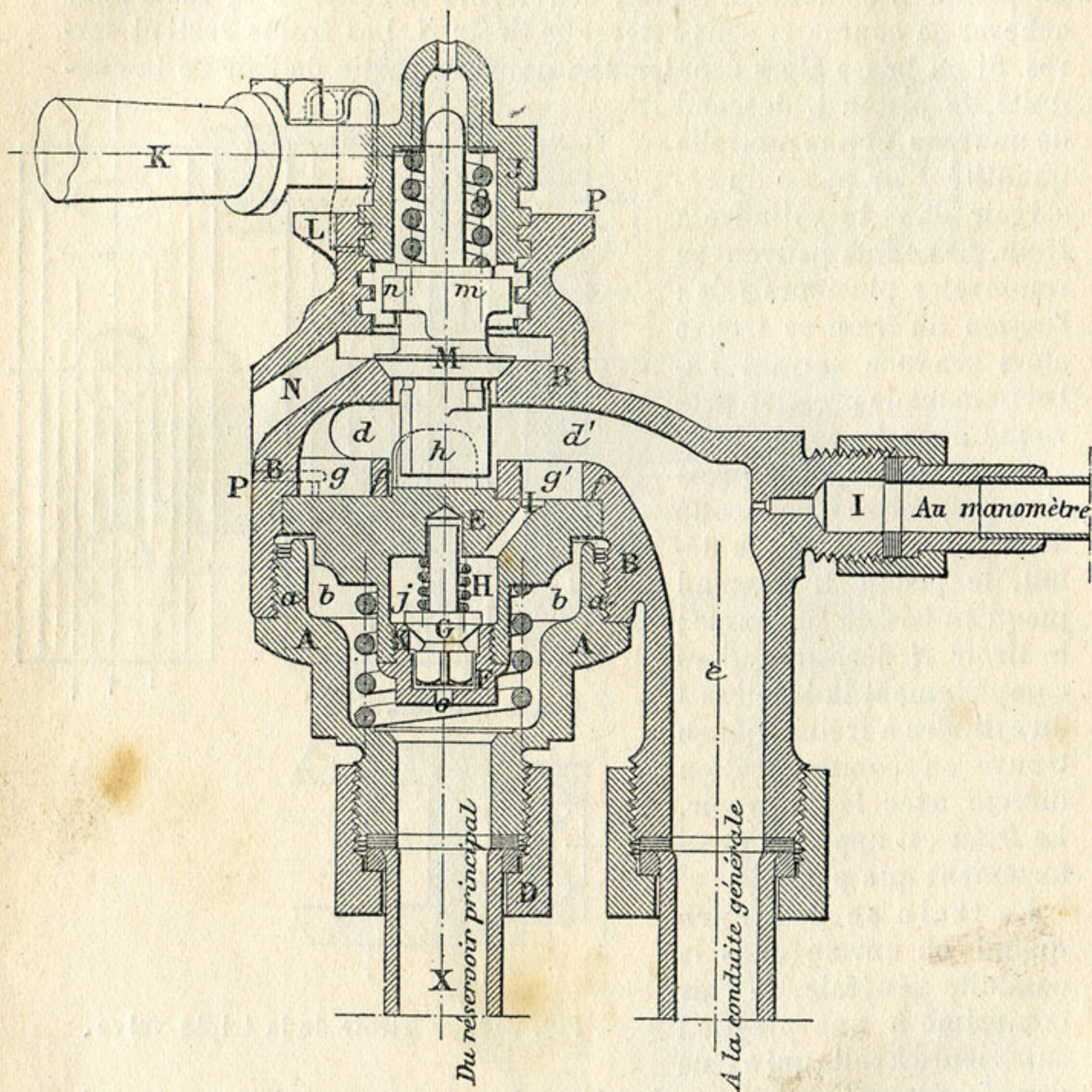


Fig. 313. — Robinet du mécanicien pour manœuvre du frein Westinghouse, placé dans la position normale de marche ou deuxième position. L'air du réservoir principal, arrivant en X, ne peut passer en e, dans la conduite générale du train, qu'en soulevant la soupape G, qui maintient une différence de pression de 2 kg par cm^2 . La communication directe existe quand on place le robinet dans la position de desserrage ou première position. En tournant la poignée K, on réduit la tension du ressort O, qui charge la soupape M, et l'air de la conduite s'échappe à l'extérieur, ce qui produit le serrage des freins.

munication entre le réservoir et la conduite. Quand on le pousse dans la deuxième position, position normale de marche, la commu-

nication n'a plus lieu que par la soupape G, chargée par un ressort qui établit la différence de pression de 2 kg par cm^2 . Quand la poignée est poussée au delà de la deuxième position, toute communication cesse entre le réservoir et la conduite; à mesure que la poignée tourne, elle se relève et détend le ressort O : la pression de la conduite soulève alors la soupape M, qui en laisse échapper l'air. Au moment où cet échappement commence, la poignée est dite dans sa troisième position; entre la deuxième et la troisième position, elle occupe des positions neutres. La pression dans la conduite s'abaisse jusqu'à ce qu'elle fasse équilibre au ressort O. Si la poignée est poussée à fond ou à la quatrième position, le ressort O est complètement détendu, et la conduite se vide, produisant un serrage rapide.

Le robinet, dans la première position, démasque une petite ouverture, et donne lieu à une fuite d'air vers l'extérieur, afin de rappeler au mécanicien qu'il ne doit pas être laissé longtemps à cette place.

Lorsque le frein est appliqué par suite de la rupture d'un tuyau d'accouplement ou de l'ouverture d'un robinet de fourgon, sans que le mécanicien ait touché à son robinet de manœuvre, le réservoir principal de la locomotive reste en communication avec la conduite générale, qui est alors ouverte, et pourrait se vider entièrement. En poussant le robinet vers la position de serrage, le mécanicien ferme cette communication.

Pour que le frein fonctionne, il est indispensable que les robinets placés sur la conduite, entre les véhicules, soient ouverts, sauf ceux des deux extrémités du train. Un oubli paralyse l'appareil. On se met en garde contre un oubli si dangereux en essayant le frein, avant le départ, par l'ouverture du robinet de queue.

On pourrait croire que le mécanicien, après cet essai, est bien sûr d'avoir son frein en main : mais il est toujours exposé aux accidents les plus bizarres et les plus imprévus. Le croirait-on, des voyageurs, montés sur les escaliers de voitures à impériales, ont fermé volontairement ces robinets, bien qu'ils soient difficilement accessibles. Un tuyau peut se boucher, une poignée de manœuvre se rompre; c'est pourquoi il est prescrit de régler les arrêts sur les voies en impasse de manière qu'il ne soit pas nécessaire de recourir au frein continu; dans tous les autres endroits où il serait dangereux de dépasser la place normale de l'arrêt, un mécanicien prudent s'assure en temps utile, par une légère application des sabots, que le frein est prêt à obéir.

143. Freins Westinghouse à action rapide. — Avec la plupart des freins continus à air comprimé, et notamment avec le frein Westinghouse ordinaire, le serrage des divers véhicules d'un train se fait successivement de la tête à la queue, à mesure que la dépression produite par l'échappement de l'air sur la locomotive se propage

dans la conduite générale. Sur les trains de grande longueur, de plus de 30 véhicules, par exemple, plusieurs secondes s'écoulent entre le serrage en tête et en queue. Lorsque le frein agit modérément pour les arrêts ordinaires, ce retard dans le serrage n'a pas grand inconvénient : mais quand on serre les freins à fond pour un arrêt d'urgence, il en résulte des secousses très violentes, qui endommagent le matériel et peuvent rompre les attelages.

Le frein Westinghouse à action rapide a été étudié pour éviter ces inconvénients, en accélérant la propagation du serrage sur les longs trains. On en comprend l'action en se rappelant que le piston de la triple valve ordinaire parcourt seulement une fraction de sa course pour des serrages modérés, tandis qu'il se déplace à fond lors des serrages énergiques ; on a utilisé, pour l'action rapide, la dernière partie du parcours de ce piston, qui établit une communication directe entre la conduite générale et le cylindre à frein. Cette communication accélère la vidange de la conduite ; tout l'air comprimé qu'elle renfermait n'est plus obligé de sortir par le robinet du mécanicien, mais de proche en proche, à mesure que les triples valves fonctionnent, cet air se rend dans les cylindres à frein : l'effet se propage sur toute la longueur du train avec une grande rapidité. En outre, l'air comprimé que contenait la conduite, au lieu d'être rejeté au dehors, est utilisé en partie pour le serrage des freins.

Pour produire cet effet, le tiroir ordinaire de la triple valve, lorsqu'il arrive à fond de course, envoie l'air du réservoir auxiliaire sur un piston, qui ouvre une soupape admettant l'air de la conduite générale dans le cylindre à frein (fig. 314). Cette communication se referme dès que la pression devient la même dans le cylindre à frein et dans la conduite générale. En même temps, l'air du réservoir auxiliaire pénètre dans ce cylindre, mais par un orifice plus petit.

Pour le desserrage, l'air comprimé envoyé dans la conduite repousse vers la gauche le piston qui manœuvre le tiroir de la triple valve ; en se déplaçant, le tiroir laisse d'abord échapper l'air au-dessus du piston F ; la pression de l'air dans le cylindre à frein soulève alors ce piston et la soupape C se ferme. Le tiroir laisse ensuite échapper au dehors l'air du cylindre à frein.

Ce desserrage, ne se produisant pas aussi rapidement que le serrage sur les trains de grande longueur, peut donner lieu à des chocs si on l'effectue, après un serrage d'urgence, quand le train a encore une certaine vitesse.

On combine avec la triple valve à action rapide le robinet d'isolement qui la sépare de la conduite générale ; ce robinet, modifié, peut occuper trois positions : dans l'une il permet le fonctionnement complet du frein ; dans une autre, il met hors circuit le mécanisme auxiliaire d'action rapide, de sorte que le frein fonctionne comme frein Westinghouse ordinaire ; enfin il peut isoler complètement le véhicule.

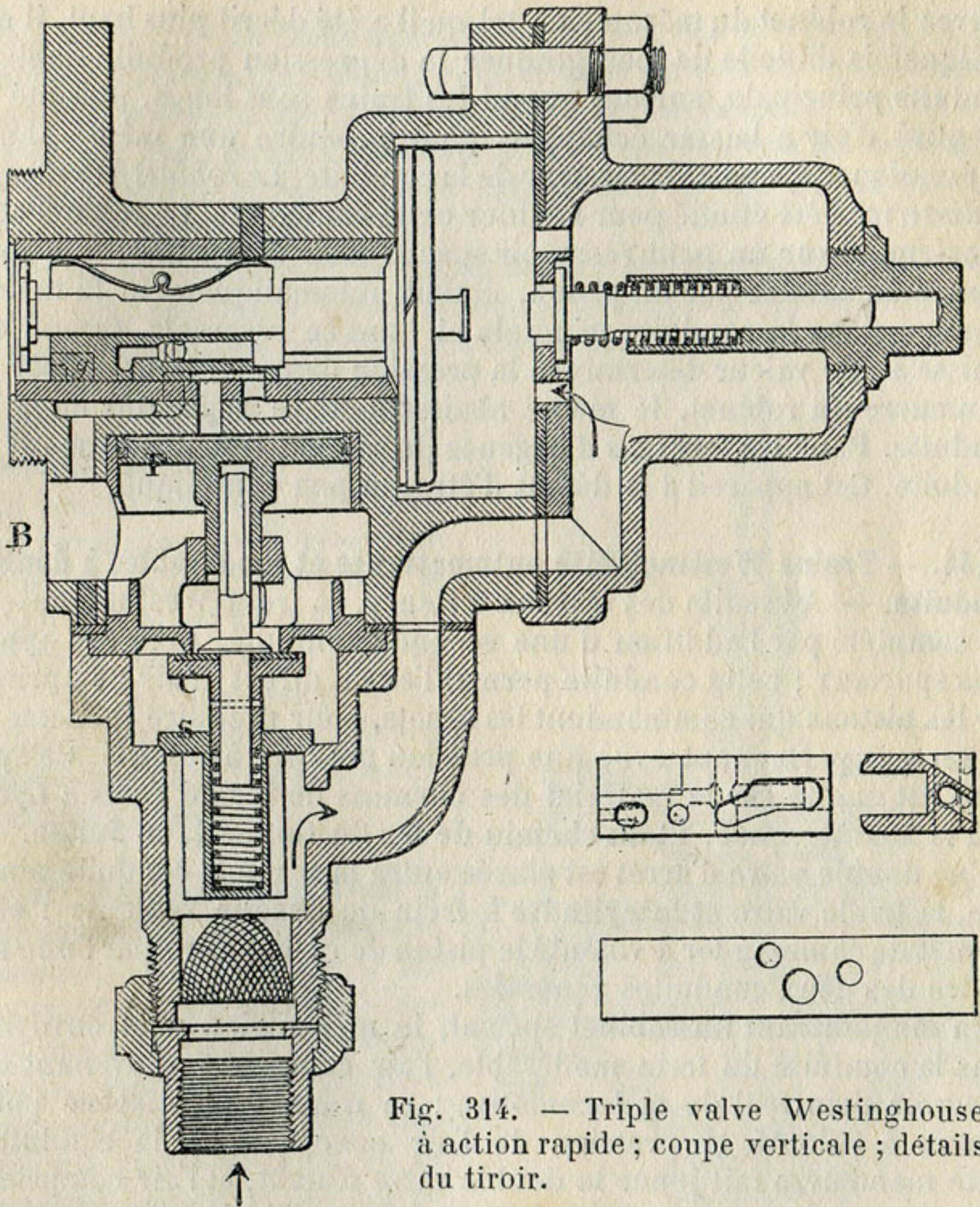


Fig. 314. — Triple valve Westinghouse à action rapide ; coupe verticale ; détails du tiroir.

Cette pièce communique avec la conduite générale par sa partie inférieure, avec le cylindre à frein en B, et avec le réservoir auxiliaire dans sa partie supérieure, à gauche, au-dessus de B. Cette partie supérieure renferme le tiroir de distribution avec sa petite soupape et le piston qui commande ce tiroir.

Sous l'action d'une forte chute de pression dans la conduite générale, le piston qui commande le tiroir se déplace complètement vers la droite et appuie sur un cuir de manière à fermer la communication avec la conduite générale. Le déplacement du tiroir fait pénétrer l'air du réservoir auxiliaire dans le cylindre à frein, à travers un orifice étroit ; en même temps l'air est admis au-dessus du piston F, qu'il abaisse : ce piston ouvre la soupape C. L'air comprimé, qui reste encore dans la conduite générale soulève alors la soupape d'arrêt S et pénètre dans le cylindre à frein, où l'air du réservoir comprimé se rend aussi, mais plus lentement. Dès que la pression dans le cylindre à frein est égale à celle de la conduite, la soupape d'arrêt S se referme.

Avec le robinet du mécanicien tel qu'il a été décrit plus haut, il est quelquefois difficile de bien graduer la dépression produite dans la conduite principale, surtout quand les trains sont longs, puisque la quantité d'air à laisser échapper, pour produire une même chute de pression, dépend de la longueur de la conduite. Le *robinet à décharge égalisatrice* a été étudié pour faciliter cette manœuvre. Le robinet agit directement sur un petit réservoir spécial d'air comprimé ; une soupape, commandée par un piston, établit automatiquement la même pression dans la conduite générale et dans ce réservoir. Quand on abaisse à une valeur déterminée la pression dans ce réservoir, par la manœuvre du robinet, le même abaissement se reproduit dans la conduite. Pour les serrages d'urgence, le robinet vide directement la conduite. Cet appareil a le défaut d'être un peu compliqué.

144. — Freins Westinghouse automatiques et modérables à double conduite. — A la suite des travaux d'Henry, le frein Westinghouse a été complété par l'addition d'une seconde conduite, avec des appareils spéciaux ; cette conduite permet l'envoi direct d'air comprimé sur les pistons qui commandent les sabots, pour produire facilement un serrage permanent avec une pression graduée à volonté. Ce système est monté sur le matériel des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, et du chemin de fer du Gothard, en Suisse.

Une double valve d'arrêt est placée entre la seconde conduite générale, la triple valve et le cylindre à frein de chaque véhicule : elle permet de commander à volonté le piston de ce cylindre par l'une ou l'autre des deux conduites générales.

En manœuvrant un robinet spécial, le mécanicien peut envoyer, dans la conduite du frein modérable, l'air comprimé provenant du réservoir principal de la locomotive : ce robinet est disposé pour réduire à volonté la pression de l'air envoyé dans la conduite. Cette manœuvre fait jouer la double valve d'arrêt, et l'air comprimé vient pousser les pistons des cylindres à frein. Les freins sont serrés avec une force graduée à volonté, et ils restent serrés tant qu'on ne referme pas le robinet de manœuvre : le réservoir de la machine remplace pendant ce temps l'air que perdent les fuites des appareils.

Un léger serrage, ainsi obtenu à l'aide de ce frein modérable, est commode pour la descente des pentes. En outre, si le frein automatique fonctionne d'une manière intempestive par suite d'une rupture de conduite, il suffit de mettre le robinet de manœuvre du frein modérable dans la position de serrage à fond, pour faire jouer les doubles valves d'arrêt, et vider tous les réservoirs à air comprimé des véhicules, en moins de deux minutes. Le frein automatique est alors annulé, mais le frein modérable reste à la disposition du mécanicien. Lorsqu'on a mis volontairement en action le frein automatique, il ne faut pas manœuvrer le robinet du frein modérable, puisqu'on viderait les réservoirs des véhicules.

En se servant du frein modérable, sauf en cas d'urgence, on doit tourner lentement le robinet, pour obtenir un serrage égal et simultané des freins. Il faut toutefois atteindre la pression effective de $1,5 \text{ kg par cm}^2$, dans la conduite de ce frein pour qu'il fonctionne : on peut ensuite la réduire. Un manomètre spécial sur la machine indique cette pression.

Les accouplements de la conduite du frein modérable sont munis d'une soupape qui se ferme automatiquement lorsqu'on les sépare.

En cas de double traction, les freins sont manœuvrés par le conducteur de la première machine ; le mécanicien de la seconde ferme les robinets qui sont montés à l'origine des conduites sur le réservoir principal d'air comprimé ; il place le robinet de manœuvre du frein automatique dans la position de desserrage et le robinet de manœuvre du frein modérable dans la position de serrage à bloc.

145. Appareil avertisseur à air comprimé. — On combine aisément avec le frein à air comprimé des appareils d'appel mis à la portée des voyageurs. Parfois, les voitures sont munies de robinets qui laissent échapper l'air de la conduite lorsqu'on les ouvre et arrêtent le train : c'est la disposition la plus simple. En donnant à ces robinets une section assez faible, leur ouverture n'abaisse pas la pression dans la conduite au point de serrer les freins, mais fait fonctionner un petit sifflet monté sur la locomotive (fig. 315). La conduite générale du frein communique avec la chambre B, au-dessus du piston à diaphragme A ; la chambre C communique avec le réservoir auxiliaire de la machine. Lorsque l'ouverture d'un robinet d'appel abaisse la pression dans la conduite, et, par suite, dans la chambre B, le piston se soulève et manœuvre la soupape D, qui envoie l'air comprimé sous le petit piston à diaphragme E. Celui-ci se soulève à son tour, et ouvre la soupape F, qui laisse écouler l'air du réservoir principal par le sifflet.

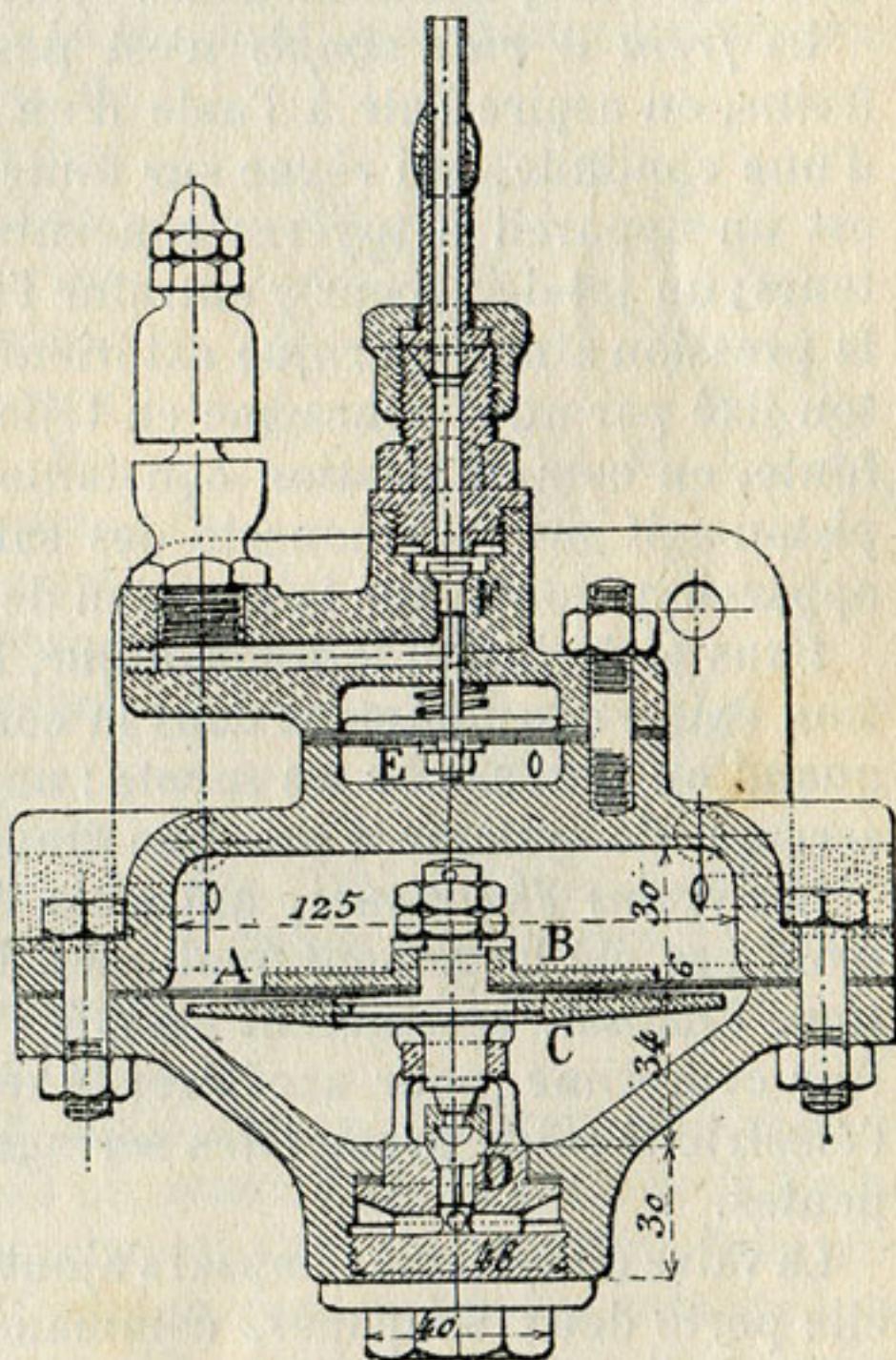


Fig. 315. — Appareil avertisseur, monté sur les locomotives des chemins de fer de l'Ouest.

Pour éviter que ce sifflet ne fonctionne lorsque le mécanicien abaisse la pression dans la conduite principale afin de serrer les freins, le robinet de manœuvre est disposé de manière à interrompre la communication de la chambre A avec la conduite principale lorsqu'il quitte sa position normale de repos.

146. Systèmes divers de freins continus. — Outre le système Westinghouse, d'autres freins à air comprimé sont en usage ; certains peuvent fonctionner plus ou moins bien en même temps que le frein Westinghouse, notamment les systèmes Wenger et Soulerin.

Le *frein à vide simple* n'est pas automatique : pour serrer les freins, on aspire l'air à l'aide d'un éjecteur, agissant à l'extrémité d'une conduite, qui règne sur toute la longueur du train. L'éjecteur est un appareil à tuyères concentriques, comme celles des injecteurs ; un jet de vapeur y entraîne l'air. Par suite de cette aspiration, la pression atmosphérique extérieure s'exerce sous une sorte de piston fixé par un diaphragme en toile et caoutchouc à une cuvette en fonte, en communication constante avec la conduite générale : ce piston agit sur la timonerie des sabots. Chaque véhicule porte cet appareil actionné par la pression de l'atmosphère.

Dans le *frein à vide automatique*, le vide ou plutôt une faible pression existe constamment dans la conduite, où on laisse rentrer l'air quand on veut serrer les sabots : une rupture d'attelage provoque le serrage. Ce système a pris une grande extension en Angleterre.

Les *freins électriques*, autrefois étudiés par l'ingénieur Achard, n'ont pas été largement appliqués. Dans le système *électro-pneumatique* Chapsal, récemment essayé, l'électricité agit de concert avec l'air comprimé, pour accélérer le serrage et le desserrage ; en outre l'électricité seule permet des serrages modérés pour la descente des pentes.

La valve du système Chapsal s'ajoute à la triple valve Westinghouse : elle porte deux soupapes, commandées par des pistons, et servant, l'une à l'envoi de l'air du réservoir auxiliaire dans le cylindre à freins, pour le serrage, l'autre à l'échappement de l'air contenu dans ce cylindre, pour le desserrage. Ces soupapes sont mises en action par un courant électrique, provenant d'une petite batterie d'accumulateurs placée sur la locomotive. Ce courant est transmis par un fil unique, et il agit sur l'une ou sur l'autre soupape suivant le sens dans lequel il est dirigé. Les raccords entre les véhicules sont portés par les têtes d'accouplement de la conduite d'air, de sorte qu'ils n'exigent aucune manœuvre supplémentaire lors des attelages. Le robinet de manœuvre du frein à air comprimé est complété par un limbe sur lequel se font les contacts nécessaires, quand on tourne la poignée. Cette manœuvre agit sur la conduite d'air à la façon ordinaire, mais en outre envoie dans le fil un courant électrique, qui produit le serrage simultané de tous les freins ; si, par hasard, ce

courant se trouvait interrompu, le serrage aurait lieu à la manière ordinaire, c'est-à-dire un peu plus lentement qu'avec l'électricité. Des effets analogues se produisent pour le desserrage. L'action électrique seule appliquerait les sabots, si la conduite d'air était bouchée. En outre, des contacts disposés dans la zone neutre du robinet permettent le serrage et le desserrage électrique seul : on peut ainsi faire passer une petite quantité d'air dans les cylindres à frein, pour les serrages modérés.

147. Contre-vapeur. — A une époque qui n'est pas fort éloignée, les trains n'étaient pas munis de freins continus. Beaucoup de locomotives n'ayant pas de freins à main, on en était réduit, pour les arrêts, aux freins du tender et d'un ou deux fourgons, et au renversement de la marche, ou à la contre-vapeur. Cette manœuvre est encore quelquefois nécessaire pour les arrêts. Mais c'est surtout à la descente des longues pentes qu'elle est utile : elle remplace avantageusement le serrage prolongé des freins à main.

Quand on veut faire agir la contre-vapeur, on place le mécanisme de relevage comme pour le sens de marche contraire à la direction qu'on suit, le régulateur restant ouvert. On se rend compte de cette action en se reportant à l'étude de la distribution : l'essieu tournant en avant, dans le sens de la flèche (fig. 316), le changement de marche est dans une position telle que le centre de l'excentrique fictif (qu'on peut supposer substitué au mécanisme de la coulisse) sera en OT_1 quand la manivelle motrice passe à son point mort en OM_1 . Si le changement de marche est à fond de course à l'arrière, OT_1 se confond avec l'excentrique de marche arrière, existant réellement sur la machine, et conduisant effectivement le tiroir.

Qu'on suive le mouvement du tiroir pour un tour complet de la manivelle motrice depuis OM_1 , en considérant ce qui se passe sur la face arrière du piston : au début, la lumière de cette face est légèrement ouverte pour l'admission, le tiroir donnant l'avance linéaire. Mais cette admission se referme dès que T est en 2. La quantité de vapeur qui est ainsi entrée dans le cylindre, jointe à celle qui remplissait l'espace libre, se détend alors et pousse le piston, jusqu'au moment où s'ouvre la communication avec l'échappement, quand l'excentrique est en 3. C'est alors seulement la pression de l'échap-

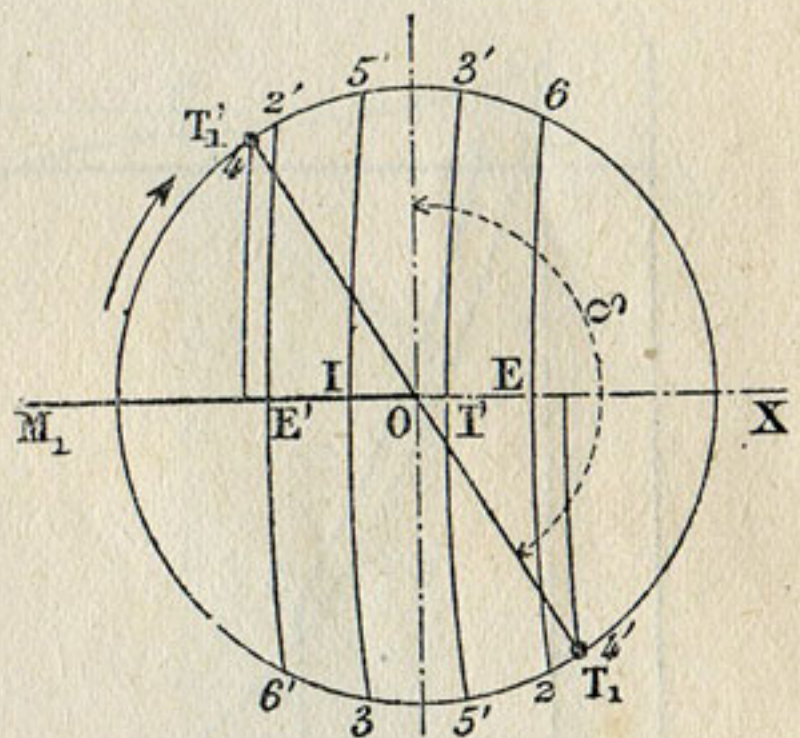


Fig. 316. — Étude de la distribution dans la marche à contre-vapeur.

pement, ou de l'atmosphère, qui pousse le piston jusqu'à son fond de course. En somme, il y a un faible travail moteur pendant ce parcours, représenté, sur le diagramme relevé à l'indicateur, par la ligne 1-2-3-3-4 (fig. 317) s'il ne se produit pas de laminage.

Le piston, revenant en arrière, est d'abord, pendant un faible parcours, soumis à la simple résistance de la pression de l'échappement; puis, quand l'excentrique est en 5, la communication du cylindre avec l'extérieur se ferme : une légère compression se produit dans le cylindre, jusqu'à ce que l'excentrique, en 6, découvre la lumière d'admission; alors la pression de la boîte à vapeur s'exerce contre le piston et lui oppose une résistance importante jusqu'à la fin

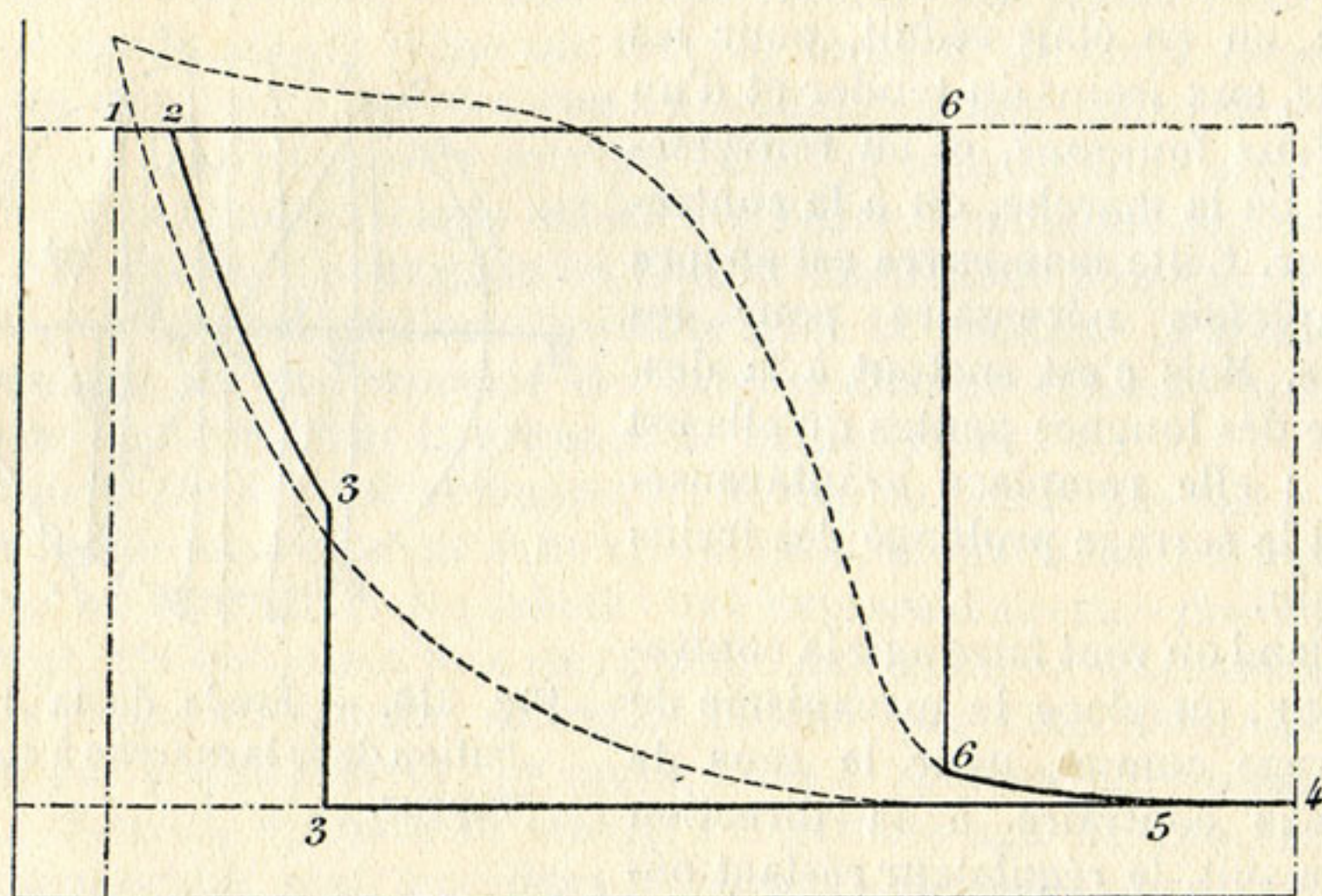


Fig. 317. — Diagrammes de la contre-vapeur, sans laminage et avec laminage.

de sa course, où il revient à la position initiale. Le diagramme donne, pour le travail résistant, le trait 4-5-6-6-1.

Le travail résistant de la contre-vapeur, pendant un tour de la machine, est moindre que le travail moteur dans la marche normale au même cran de la distribution. S'il n'y avait pas de laminage de la vapeur (comme dans le cas d'une marche très lente), le diagramme donné par l'indicateur aurait la forme 1'-2'-3'-3'-4'-5'-6'-6'-1' pour la marche normale (fig. 318); dans la marche à contre-vapeur, au même cran, le diagramme serait 1-2-3-3-4-5-6-6-1, dont la surface est moindre.

Mais en outre il se produit un laminage : ce laminage ne change pas beaucoup la surface du diagramme de marche normale, mais réduit notablement celle du diagramme de contre-vapeur (fig. 317)

parce que ni la chute de pression en 3-3, ni l'élévation en 6-6 n'ont lieu instantanément.

Cette étude explique pourquoi il est prudent, en abordant les fortes pentes, de faire usage de la contre-vapeur sans retard; si l'on attend que le train ait pris une vitesse un peu forte, il peut arriver que la contre-vapeur, même avec le changement de marche à fond de course, ne puisse plus le retenir, tandis qu'elle suffit, si on a ralenti convenablement dès le début : pour une certaine vitesse, la contre-vapeur équilibre exactement la force qui entraîne le train (cette force est due à son poids, et il faut en déduire les

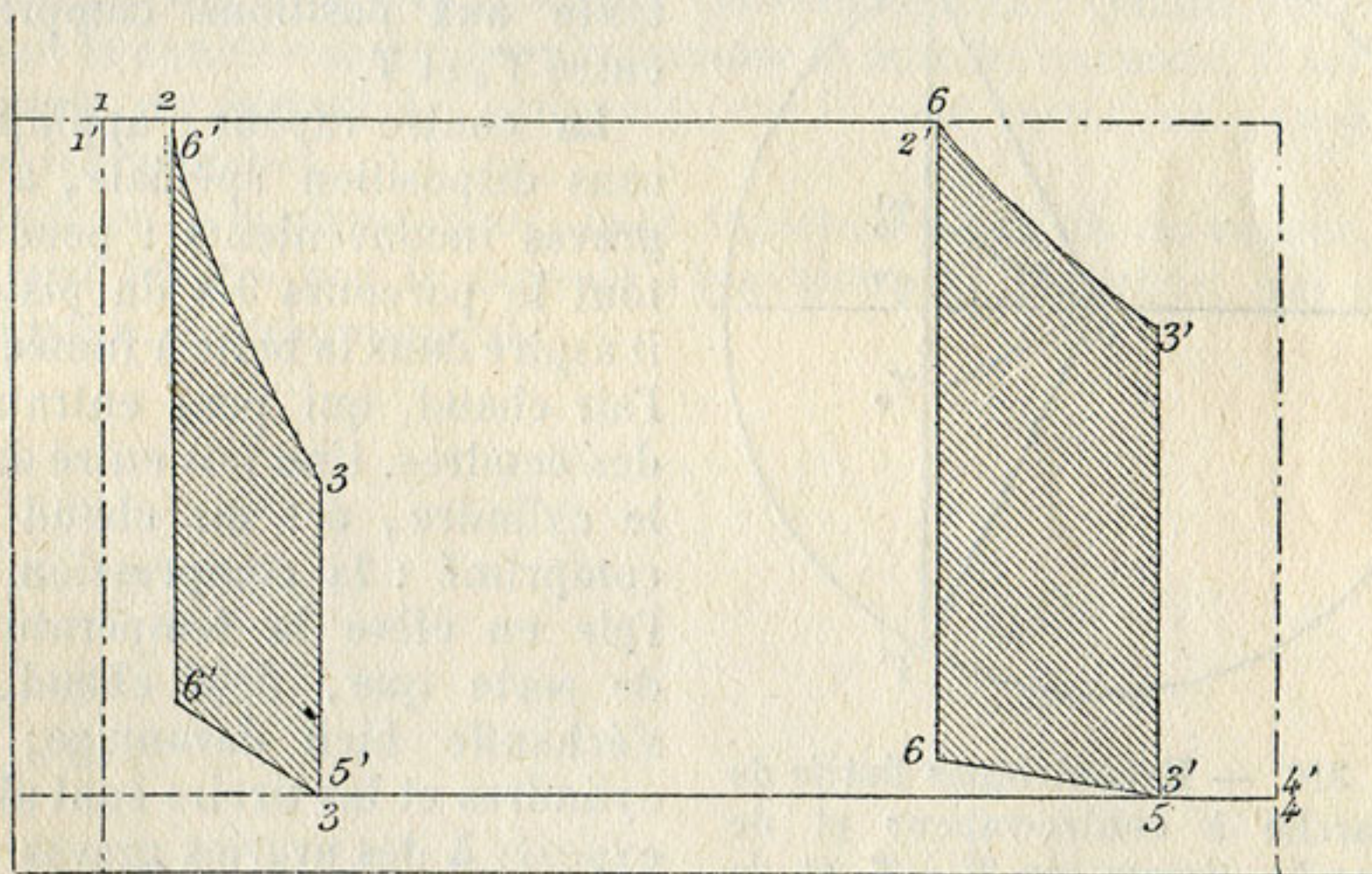


Fig. 318. — Diagrammes comparés de la contre-vapeur et de la marche directe : 1-2-3-3-4-5-6-6, diagramme de la contre-vapeur, sans laminage ; 1'-2'-3'-3'-4'-5'-6'-6', diagramme de marche directe, sans laminages. La différence des deux surfaces est couverte de hachures.

résistances diverses); si on se tient en dessous de cette vitesse, on sera toujours maître de la conduite du train; mais au-dessus, l'effet de la contre-vapeur diminue par suite des laminages, et on est emballé.

Les remarques qui suivent peuvent préciser les idées sur l'action de la distribution pendant la contre-vapeur : lorsque le changement de marche est au point mort, c'est-à-dire quand le tiroir est conduit par le milieu de la coulisse (fig. 319), ou quand l'excentrique fictif, qu'on peut supposer mener le tiroir, est en OT'' , à l'opposé de la manivelle motrice OM , il y a encore un travail moteur (voir fig. 181). Lorsque la machine marche en avant, la vapeur produit un travail moteur quand le centre de l'excentrique fictif se déplace de T à T'' , et même quand il dépasse T'' ; c'est pour une certaine position telle que T_0 , c'est-à-dire avec le changement de marche placé un

peu au delà du point mort, dans la zone de marche arrière, que le travail de la vapeur s'annule complètement. Si on continue à déplacer le changement de marche vers l'arrière, on a un travail résistant de contre-vapeur de plus en plus grand, à mesure que le coulisseau se rapproche de l'extrémité de la coulisse : mais la partie motrice de la coulisse est plus longue que la partie résistante.

En considérant la locomotive marchant en arrière, on voit de même que la zone motrice de la coulisse correspond aux positions

de l'excentrique fictif comprises entre T' et T_0 , et la zone résistante aux positions comprises entre T_0 et T .

La contre-vapeur, appliquée sans disposition spéciale, a de graves inconvénients : pendant tout le parcours 3-4 du piston, il aspire dans la boîte à fumée de l'air chaud, qui peut entraîner des cendres. Une fois entré dans le cylindre, cet air chaud est comprimé : la compression de l'air en élève la température, de sorte que, déjà chaud, il s'échauffe bien davantage ; les cylindres et les tiroirs sont alors exposés à des avaries graves par grippement. En outre, l'air est refoulé dans la chaudière et gêne le fonctionnement des injecteurs.

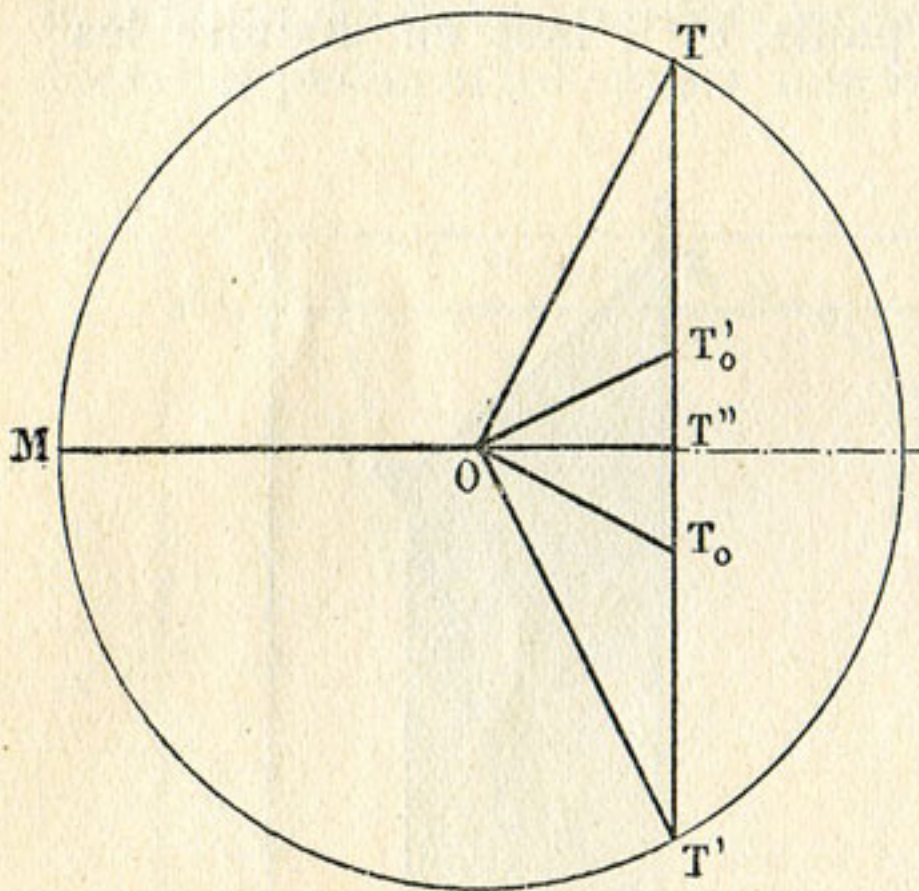


Fig. 319. — Excentriques fictifs de marche à contre-vapeur et de marche directe (de T' à T_0 et de T_0 à T pour un sens de rotation ; de T à T_0' et de T_0' à T' pour l'autre sens).

L'injection de vapeur ou d'eau chaude dans les conduits d'échappement fait disparaître ces inconvénients : l'eau chaude, en sortant de la chaudière à température élevée, se transforme en partie en vapeur, et les conduits d'échappement sont maintenus pleins de vapeur. Les cylindres n'aspirent plus l'air chaud de la boîte à fumée, mais la vapeur, qui est très humide si elle provient d'une injection d'eau : pendant la compression de cette vapeur humide, la température ne peut dépasser celle qui correspond à sa pression, et les cylindres et tiroirs ne sont pas plus fatigués que dans la marche normale. Les cylindres refoulent dans la chaudière de la vapeur et non plus de l'air. Il faut pour cela que les conduits d'échappement reçoivent une quantité suffisante de vapeur ou d'eau formant de la vapeur, ce dont on est sûr quand on en envoie un peu trop : on en voit sortir l'excès par la cheminée.

La vapeur refoulée à la chaudière y entraîne l'huile que peuvent renfermer les cylindres ; comme l'huile est nuisible dans la chaudière,

il faut éviter de graisser les tiroirs et les cylindres pendant la marche à contre-vapeur ou au moment de s'en servir.

Si le rail est glissant, la contre-vapeur pourrait arrêter le mouvement de rotation des roues, puis les faire tourner en sens inverse, malgré l'entraînement par le train; ce patinage est dangereux pour le mécanisme et réduit beaucoup l'action utile de la contre-vapeur; il faut l'éviter au moyen du sable.

En passant de la marche normale à la marche à contre-vapeur, la pression de la tête du piston sur les glissières change de sens; si on roule cheminée en avant, c'est la glissière inférieure qui entre en action et qui doit être graissée convenablement. Quand on interrompt la contre-vapeur pour reprendre la marche normale, il est bon d'ouvrir un instant les purgeurs, car il peut rester un peu d'eau dans les cylindres.

Le frein à contre-vapeur, avec injection d'eau ou de vapeur, est souvent désigné par le nom de l'ingénieur Le Chatelier, qui en a indiqué le fonctionnement.
