

CHAPITRE VII

MOYENS D'ARRÊT DES TRAINS

154. Freins à main et divers. — Le moyen le plus généralement employé pour ralentir ou arrêter les trains consiste à serrer des *sabots de frein* contre les bandages des roues.

On distingue plusieurs espèces de freins à sabots :

Les *freins à main*, manœuvrés à l'aide d'une vis ou d'un autre mécanisme, amplifiant la force appliquée à la *manivelle* ou au *volant* de manœuvre. Ils 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 le serrage est alors successif, si l'homme peut passer d'un véhicule sur l'autre : certains matériels permettent facilement ce passage ; la manœuvre peut également se faire quand deux guérites de wagons à marchandises sont placées côte à côte. Enfin on emploie encore aux États-Unis, pour les trains de marchandises, un moyen dangereux, qui consiste à faire circuler les agents sur les toits des wagons pendant la marche : les volants de manœuvre sont élevés jusqu'au-dessus de ces toitures. Une sorte de rideau, formé de cordes à nœuds suspendues à un câble transversal, et s'approchant du contour du gabarit, avertit, assez brutalement, ces agents de l'approche des ponts ; ces ouvrages sont plus rares, il est vrai, sur les chemins de fer des États-Unis que chez nous.

Dans les trains munis de freins à main, le personnel de la machine n'a d'action directe que sur ceux du tender et de la locomotive : il doit demander au moyen du sifflet le serrage de ceux des wagons, et 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, il faut donc toujours éviter de caler les roues, ce qui, d'ailleurs, détériore les bandages.

Les *freins à levier* (fig. 268), qui souvent n'agissent que sur une seule roue, ne se manœuvrent facilement que lorsqu'on est à terre

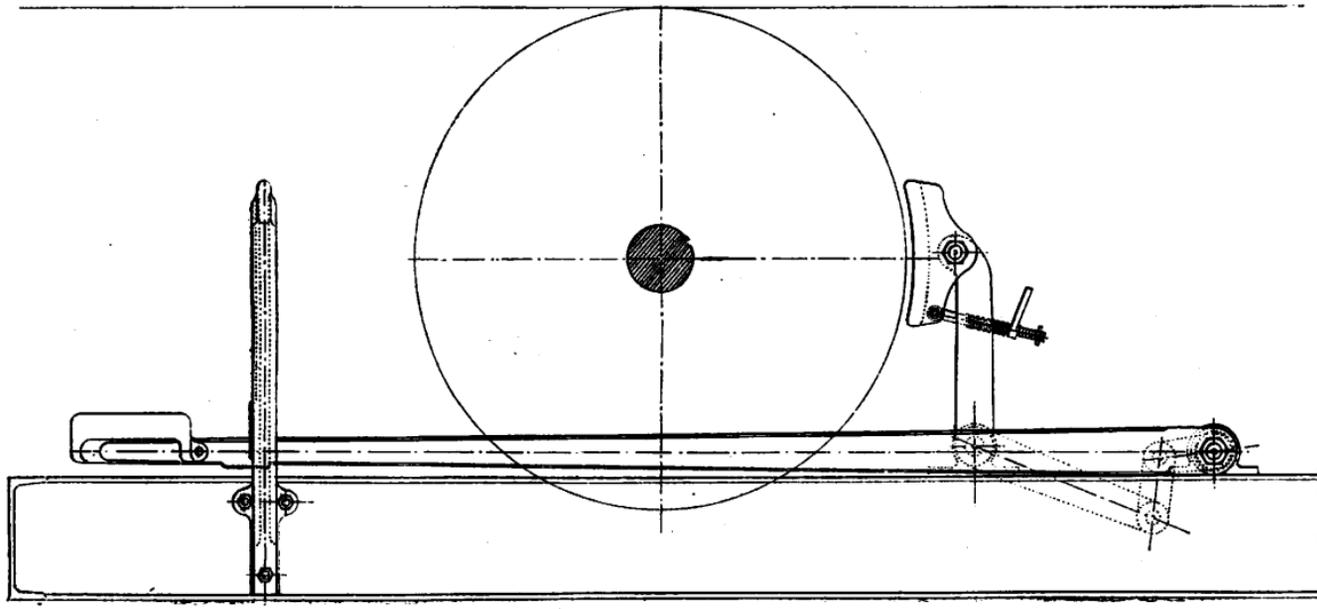


Fig. 268. — Frein à levier, pour la manœuvre des wagons dans les gares.

auprès du wagon : ils sont utiles surtout pour les mouvements dans les gares. Parfois on en serre d'avance un certain nombre sur les trains de marchandises, pour la descente des pentes.

La *contre-vapeur* n'est plus guère employée pour les arrêts rapides, parce qu'elle exige une manœuvre un peu longue et ne crée pas une forte résistance aux grandes vitesses. Mais elle est très utile pour modérer l'allure des trains à la descente des longues pentes ; nous l'étudions au paragraphe 162.

Il est facile de faire commander mécaniquement les freins d'une locomotive par un piston sur lequel s'exerce la pression de la vapeur : c'est le *frein à vapeur*. Un robinet admet la vapeur dans le cylindre du frein pour le serrage, et la laisse échapper pour le desserrage.

155. Freins continus. — Les *freins continus* constituent le perfectionnement le plus important apporté au matériel des chemins de fer depuis une vingtaine d'années. On désigne ainsi les mécanismes qui permettent au mécanicien de manœuvrer lui-même des freins montés sous tous les véhicules d'un train. Il existe plusieurs systèmes de freins continus ; nous ne les décrivons pas en détail, nous bornant à quelques indications sommaires sur ce sujet, assez étendu pour exiger une étude spéciale.

Un frein continu est dit *automatique* quand il s'applique spontanément en cas de rupture d'attelage : si la rupture se produit sur une rampe, l'*automaticité* prévient la dérive du coupon rompu en queue. Il est dit *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.

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 ; bien 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. Celui qui conduit une machine ressent une impression fort désagréable en approchant, à grande vitesse, d'hommes qui risquent d'être atteints, sans être sûr qu'ils vont se ranger à temps.

Trop souvent les agents qui travaillent sur une voie passent sur l'autre quand un train vient les déranger ; puis ils regardent tranquillement défilé ce train, sans se préoccuper le moins du monde de celui qui peut survenir en sens contraire. Traverser les voies immédiatement après le passage d'un train, sans bien s'assurer qu'un autre n'arrive pas à ce moment en sens inverse, est encore une imprudence grave et fréquente.

On n'est pas plus sage en d'autres pays. J'étais sur une locomotive d'un des chemins de fer des États-Unis, quand nous avons failli enlever un homme, sauvé juste à temps par un bond précipité; le mécanicien me demanda, d'un air de mauvaise humeur : « Y a-t-il autant d'im-béciles sur les voies dans votre pays que chez nous ? »

Le déraillement d'un ou de plusieurs véhicules d'un train peut rompre les attelages : le frein automatique s'applique aussitôt sous tous les véhicules ; mais si les attelages résistent, le frein n'est serré que par le personnel de la machine ou du train, lorsqu'il remarque l'accident. Il semble qu'en pareil cas on ne doive pas hésiter à faire usage des moyens d'arrêt dont on dispose : tout au plus pourra-t-on appliquer le frein avec une certaine modération pour éviter de brusques réactions.

Si nous faisons cette remarque, c'est qu'un récent accident, survenu dans le pays de Galles, nous montre cette hésitation : le mécanicien ayant remarqué que le fourgon de tête avait quitté les rails, n'osa pas mettre en jeu les freins continus, et ouvrit même légèrement le régulateur à plusieurs reprises, pour exercer un effort de traction, dans la crainte de voir le fourgon déraillé se mettre en travers de la voie. La crainte de ce danger pouvait être justifiée avant l'adoption des freins continus, quand l'arrêt n'était produit que par ceux de la locomotive et du tender. Mais avec le serrage sur toute la longueur du train, la compression des véhicules contre la machine n'est guère à craindre.

En fait, lors de l'accident que nous rapportons, l'hésitation du mécanicien à faire usage des moyens d'arrêt qu'il avait à sa disposition n'a pas eu d'heureuses conséquences, une partie du train ayant été précipitée en bas d'un remblai à quelque distance de l'origine du déraillement.

156. Réglage des sabots. — Quel que soit le système de freins employé, il convient qu'en marche les sabots ne touchent pas les roues, mais sans en être trop éloignés, afin qu'une faible course des appareils moteurs suffise à produire le serrage. 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, d'une manière moins précise, en changeant l'attache des tringles de traction ou de poussée, percées à cet effet d'une série de trous. Il convient que le jeu entre le bandage et le sabot ne dépasse pas un centimètre.

Il ne faut pas que le sabot desserré vienne frotter contre la roue par un angle, en pivotant autour de son axe d'articulation : souvent de petits ressorts de réglage sont disposés entre la partie supérieure du sabot en fonte et le porte-sabot, pour éviter ce frottement.

157. Frein Westinghouse. — Le système de l'Américain *Westinghouse*, fort répandu en France, fonctionne à l'aide d'air comprimé.

qui transmet aux divers véhicules la puissance nécessaire pour actionner les freins. Une machine à vapeur spéciale, dite *petit cheval*, comprime l'air à la pression effective de 4 ou 5 kilogrammes par centimètre carré : elle se compose d'un cylindre moteur à vapeur et d'une pompe à air, avec tige commune (fig. 269).

Le mécanicien met en marche le petit cheval en ouvrant une *prise de vapeur* sur la chaudière. La consommation d'air comprimé, et par suite la dépense de vapeur, varie suivant la longueur des trains, les fuites des appareils et le nombre des arrêts.

L'air comprimé est emmagasiné dans un *réservoir principal*, installé sous la machine : un *robinet de purge* permet d'en faire échapper de temps en temps l'eau, qui s'accumule au fond. Les tôles de ces réservoirs ne sont pas à l'abri des corrosions intérieures, qui peuvent les affaiblir au point de les rendre dangereux, comme l'ont prouvé quelques explosions : aussi faut-il parfois les visiter.

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 seulement.

L'abaissement de la pression dans la conduite fait jouer sous chaque véhicule une pièce appelée *triple valve*, qui coupe alors 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 desserrent les sabots ; en même temps les réservoirs se rechargent d'air comprimé.

Si le serrage de tous les freins se produisait exactement au même moment et si la pression qui applique les sabots était toujours graduée suivant le poids des véhicules, ils ne tendraient pas à se rapprocher ou à s'écarter pendant le serrage des freins continus. Mais il n'en est pas ainsi, et du serrage successif et inégal des sabots résultent des tractions et des poussées, qui peuvent être violentes et même rompre les attelages dans les longs trains, si les freins sont manœuvrés brusquement.

Lorsque les freins restent serrés jusqu'à l'arrêt complet d'un train, il se produit dans chaque véhicule, au moment même de l'arrêt, une secousse qui fait faire aux voyageurs des réflexions peu flatteuses pour

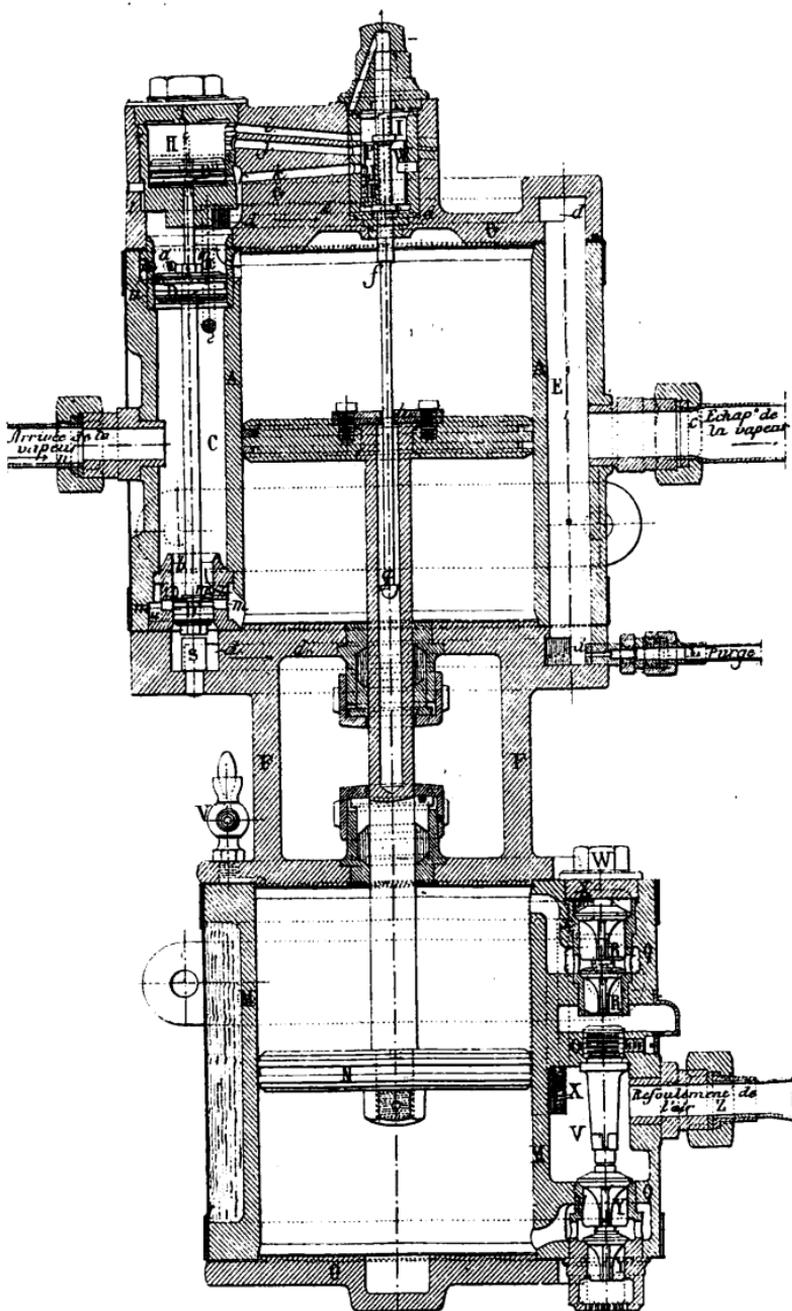


Fig. 269. — Petit cheval pour comprimer l'air.

le mécanicien ; cet effet tient à la compression inégale des ressorts de suspension pendant le serrage. La résistance qui ralentit le véhicule s'exerce au niveau des essieux, et la caisse se penche vers l'avant : elle se redresse brusquement, avec une secousse, au moment où la résistance cesse, c'est-à-dire lorsque l'arrêt se produit. En desserrant à temps le frein, un mécanicien habile évite complètement cet effet désagréable, qui peut même être dangereux pour les imprudents qui descendent trop tôt des voitures.

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, ce qui est un incident désagréable, rendu assez rare par le retrait en temps utile de ces tubes ou *boyaux*. L'ouverture d'un des robinets placés dans les fourgons produit le même effet.

En enveloppant ces boyaux 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, et ne donnant pas de fuites d'air par les articulations.

Lorsque le frein est ainsi appliqué 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 ouverte, et pourrait se vider entièrement. Dans la position normale de marche du robinet, le passage du réservoir à la conduite est étroit, afin que cette vidange ne soit pas trop rapide : en poussant le robinet vers la position de serrage, le mécanicien ferme cette communication, avant d'ouvrir l'échappement de la conduite au dehors.

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 : cela s'est déjà vu. 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 : il n'en est rien, car il doit toujours compter avec les incidents les plus bizarres et les plus imprévus ; c'est ainsi qu'en 1889, une briquette, tombant du tender d'une des locomotives de l'Est, a fermé le robinet du frein. D'autres fois, le croirait-on, des voyageurs, montés sur les escaliers de voitures à impériales, ont fermé volontairement ces robinets, bien qu'ils soient difficilement accessibles. D'autres causes agissent encore : 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 lui obéir.

On combine aisément avec le frein à air comprimé un système d'appareils d'appel mis à la portée des voyageurs. Des robinets, placés dans les voitures, 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. Ce sifflet est commandé par l'appareil représenté figure 269 bis. La conduite générale du

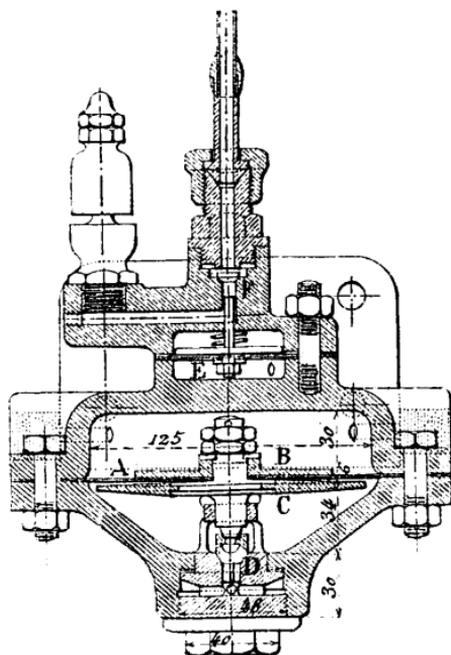


Fig. 269 bis. — Appareil avertisseur de la compagnie de l'Ouest.

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.

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 B avec la conduite principale lorsqu'il quitte sa position normale de repos.

157 bis. Frein Westinghouse automatique et modérable, 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 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.

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 de manière à ce qu'on puisse réduire à volonté la pression de l'air ainsi 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 qui peut se perdre par les fuites des appareils.

Un léger serrage, ainsi obtenu à l'aide de ce frein modérable, peut être fort commode pour la descente des pentes lorsque la contre-vapeur ne suffit pas. En outre, si le frein automatique vient à fonctionner 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 faudrait pas manœuvrer le robinet du frein modérable, puisqu'on viderait les réservoirs des véhicules, comme nous venons de le dire.

Quand on manœuvre le 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 de 1,5 kg par cm² 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 du serrage à bloc.

158. Divers systèmes de freins continus à air. — Outre le système Westinghouse, divers 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 faire serrer les sabots : une rupture d'attelage provoque le serrage. Ce système a pris une grande extension en Angleterre.

159. Frein à main des locomotives et tenders. — Les sabots qui agissent sur les roues de la locomotive et du tender 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, parce que la chaleur développée par le frottement brûle bien vite le bois si la roue tourne contre le sabot. Or le calage des roues a deux inconvénients sérieux, que nous avons déjà mentionnés : c'est d'abord la formation d'un *plat* sur les bandages au contact du rail ; puis la force qui retarde le train, force qui augmente à mesure qu'on serre davantage les sabots, diminue quand la roue cesse de tourner et glisse sur le rail. Il convient donc de desserrer un peu les sabots dès que le calage se produit.

Les sabots sont manœuvrés à l'aide d'un mécanisme, qui amplifie l'effort exercé sur la manivelle de commande, en réduisant la course. Nous donnons (fig. 270) l'un des types les plus simples de frein, à quatre sabots, monté sur des tenders de la compagnie de l'Est : un *manchon fileté à pas opposés* réunit les deux *porte-sabots* pour le réglage, et deux *ressorts* à boudin sont fixés aux extrémités de chaque sabot, pour éviter le frottement de l'angle contre la roue.

Le mécanisme qui augmente l'effort est un jeu d'engrenages analogue

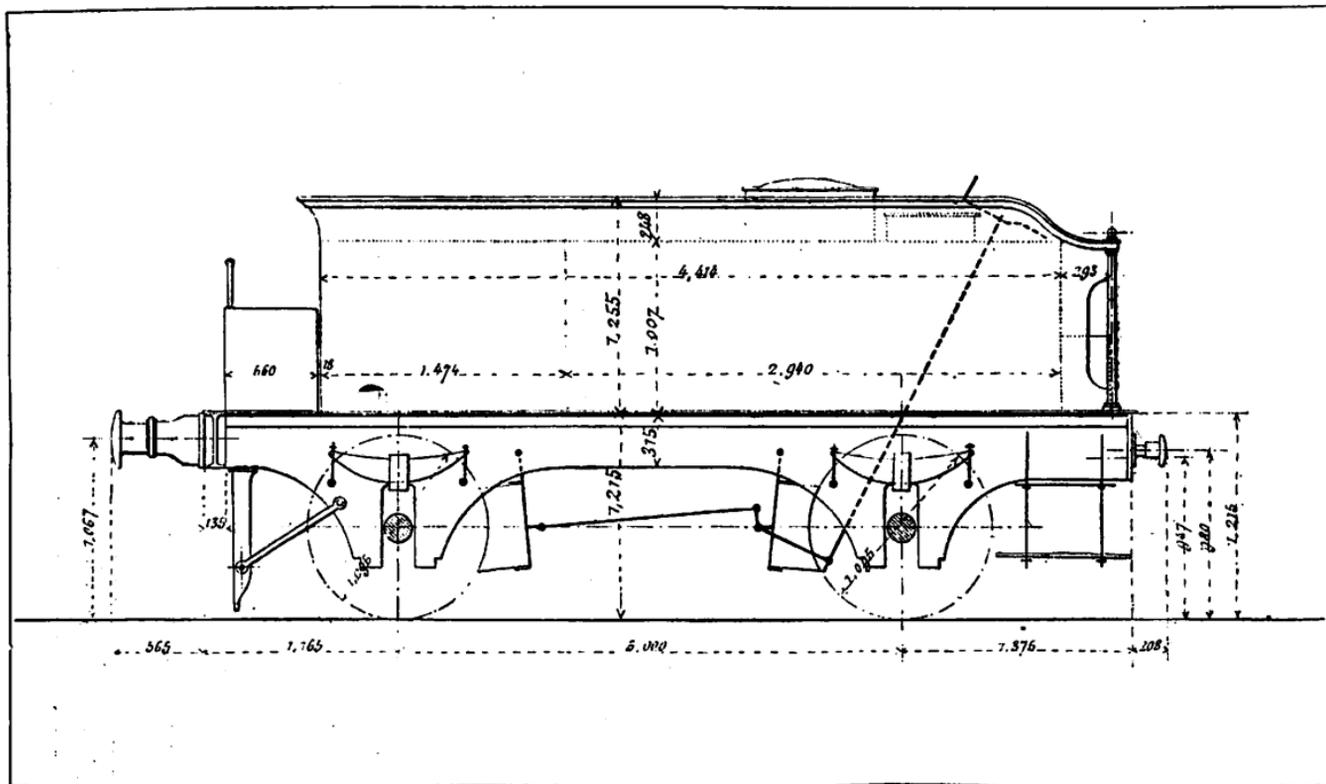


Fig. 271. — Tender avec frein à vis.

à celui d'un *crie* : l'*arbre* vertical, qu'on fait tourner avec la *manivelle*, porte un *pignon* à 4 dents, qui entraîne une roue à 28 dents; sur l'axe de cette roue est calé un second *pignon* à 4 dents, qui engrène avec une *crémaillère*, tirant sur un *levier* de l'*arbre* horizontal du frein. Un *cliquet* empêche le desserrage, et doit être relevé quand on veut qu'il se produise.

On emploie plus fréquemment, pour la commande des freins, une *vis*, qu'on fait tourner avec la *manivelle* (fig. 271), et qui entraîne un *écrou* monté sur un *levier* de l'*arbre* du frein. C'est un mécanisme plus simple que les engrenages; il perd en frottements un travail plus considérable.

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. S'il n'y avait pas de travail perdu en frottements, on calculerait comme il suit la force cherchée : 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 environ; par tour, une main fait un chemin de 0^m,63, l'autre de 0^m,78. Supposons que chaque main exerce un effort de 20 kilogrammes; multiplions l'effort de chaque main par le chemin qu'elle parcourt, pour un tour; les nombres ainsi obtenus représentent des kilogrammètres; on obtient les produits $20 \times 0^m,63$ ou 12,6, et $20 \times 0,78$ ou 15,6; au total, environ 28 kilogrammètres.

Si le sabot se déplace, pour un tour de la manivelle, de 6 mm ou 0^m,006, 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 4 700 kilogrammes. Elle se partage entre les divers sabots, mais les frottements la réduisent notablement.

On ferait, dans chaque cas, le même calcul avec d'autres nombres.

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.

160. Frein 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 fermant l'arrivée de 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 fort commodes sur les machines de gare, qui font de fréquents arrêts; en Angleterre, on les emploie souvent sur d'autres locomotives. Nous donnons (fig. 272) le croquis d'un de ces appareils, placé sous la plate-forme du personnel. La figure 273 représente un piston que la vapeur soulève, et qui, au moyen de deux tringles à

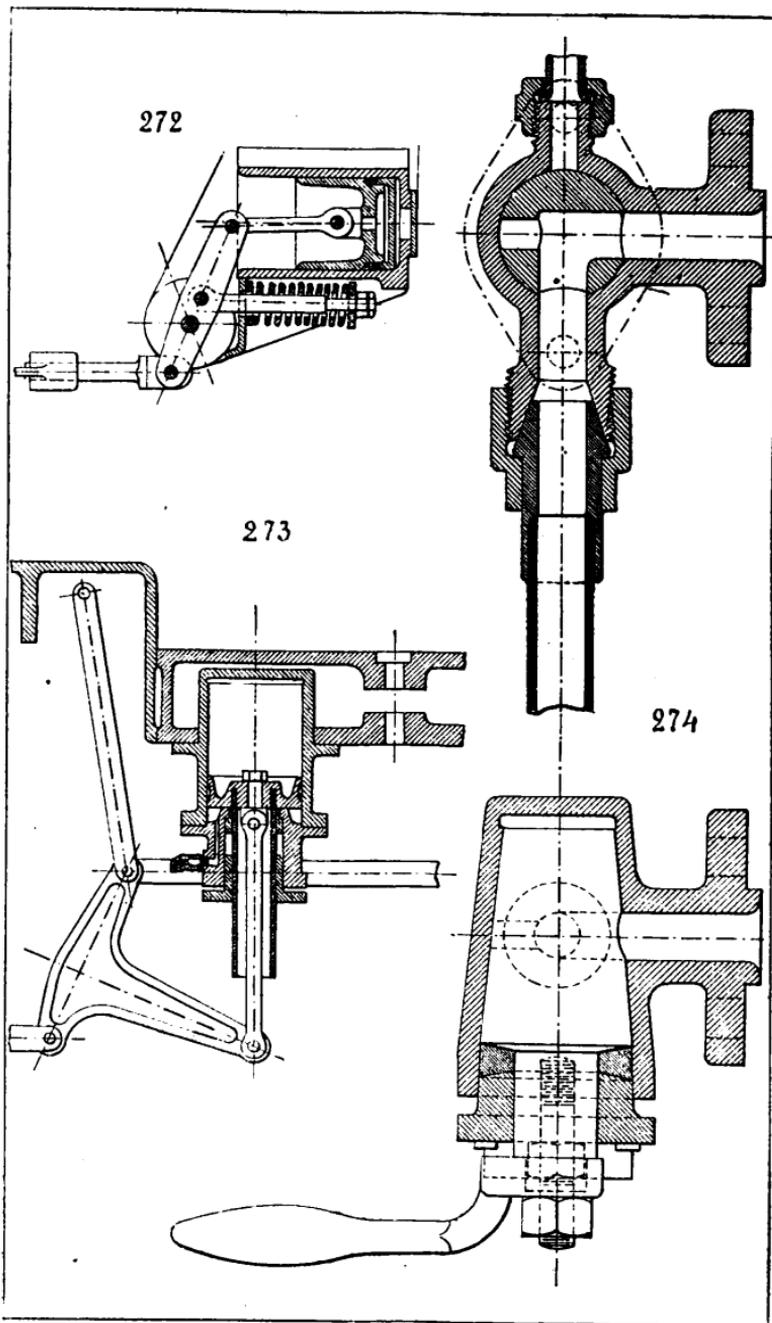


Fig. 272. Frein à vapeur. — Fig. 273. Frein à vapeur, agissant sur la locomotive et sur son tender. — Fig. 274. Robinet de frein à vapeur.

directions opposées, serre à la fois les freins de la locomotive et de son tender. Sur la figure 274 est un robinet à trois voies, de la compagnie du Nord, qui met alternativement le cylindre du frein à vapeur en communication avec la chaudière, pour le serrage, et avec un tuyau d'échappement, pour le desserrage.

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.

161. Freins de tender à main et à air comprimé. — Beaucoup de tenders sont munis d'un frein à air comprimé, qu'on manœuvre aussi à la main. Ces freins ont le plus souvent deux sabots sur chaque roue, c'est-à-dire 8 sabots pour 4 roues et 12 sabots (fig. 275) pour 6 roues.

Les deux sabots, qui étreignent la roue, ont l'avantage de ne pas pousser la boîte contre les glissières, comme le font les freins à un sabot par roue.

La commande, soit par le cylindre à air comprimé, soit à la main, s'exerce au moyen d'un *arbre de frein* suspendu au châssis ; chacun des deux mécanismes de commande vient tirer sur un levier de cet arbre, par l'intermédiaire d'une pièce à coulisse, qui fait qu'aucun des deux mécanismes ne gêne l'autre. La série des *bielles de renvoi* et des *balanciers* est établie de manière à répartir également l'effort entre les divers sabots.

Tout ce système est analogue à celui qui existe sous les voitures des chemins de fer.

Les mécanismes de freins doivent toujours être entretenus en bon état, avec leurs articulations graissées.

162. Contre-vapeur. — A une époque qui n'est pas encore 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 aujourd'hui quelquefois nécessaire pour les arrêts. Mais c'est surtout à la descente des longues pentes qu'elle est utile et qu'elle remplace avantageusement l'usage prolongé des freins à main.

Quand on veut se servir de la contre-vapeur, on place le changement de marche comme pour la direction opposée au mouvement de la locomotive ; le régulateur reste ouvert. Par suite de cette manœuvre, l'action de la vapeur, au lieu d'être motrice, oppose une résistance à la marche de la locomotive.

Pour bien se rendre compte de cette action, il faut se reporter à l'étude de la distribution : l'essieu tournant en avant, dans le sens de la flèche (fig. 276), considérons la manivelle motrice au moment où elle passe à son point mort, en OM_1 : le changement de marche est

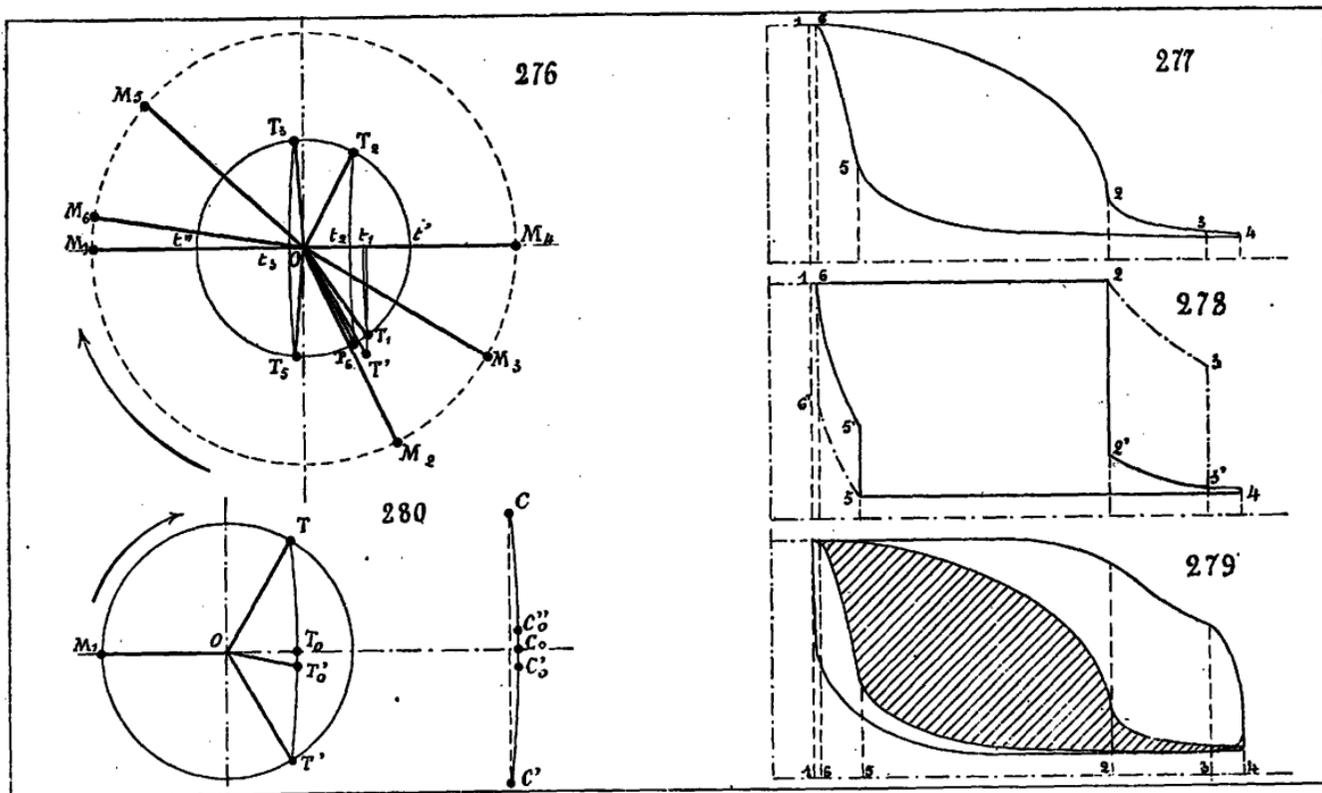


Fig. 276. Marche à contre-vapeur. — Fig. 277. Diagrammes de la contre-vapeur. — Fig. 278. Diagrammes de la marche normale et de la contre-vapeur sans laminage. — Fig. 279. Diagrammes de la marche normale et de la contre-vapeur avec laminage. (Voir p. suivante la correction que doit subir cette figure.) — Fig. 280. Zones motrice et résistante de la coulisse.

alors 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 . Si le changement de marche est à fond de course à l'arrière, OT_1 se confond avec l'excentrique OT' , existant réellement sur la machine, et conduisant effectivement le tiroir.

Suivons le mouvement du tiroir pour un tour complet de la manivelle motrice depuis OM_1 , et considérons 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 donne l'*avance linéaire*). Mais cette admission se referme dès que OT_1 est en OT_2 et OM_1 en OM_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 et la manivelle sont en OT_3 et en OM_3 . C'est alors seulement la pression de l'échappement, ou de l'atmosphère, qui pousse le piston jusqu'à son fond de course (manivelle en OM_4). En somme, il y a un faible travail moteur pendant ce parcours, représenté, sur le diagramme relevé à l'indicateur, par la ligne 4—6—5—4 (fig. 277).

Le piston, revenant en arrière, est d'abord, pendant un faible parcours, soumis à la simple résistance de la pression de l'échappement ; puis, pour les positions OT_3 et OM_3 , la communication du cylindre avec l'extérieur se ferme : une légère compression se produit dans le cylindre, jusqu'à ce que, la manivelle étant en OM_2 , l'excentrique, en OT_2 , 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 de sa course, où il revient à la position que nous avons choisie au début. Le diagramme donne, pour le travail résistant, le trait 4—3—2—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 cela peut se produire 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. 278) ; dans la marche à contre-vapeur, au même cran, le diagramme serait 1—6—5'—5—4—3'—2'—2—1, dont la surface est moindre : nous savons que le travail est représenté par la surface du diagramme.

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. 279), parce que ni la chute de pression en 5'5, ni l'élévation en 2'2 n'ont lieu instantanément, et le laminage réduit d'autant plus le diagramme de la contre-vapeur, c'est-à-dire le travail résistant par tour de roue, que la vitesse de la machine est plus grande. Ajoutons qu'il arrive parfois que la pression, pendant le retour du piston dans la marche à

contre-vapeur, s'élève au-dessus de celle qui règne dans la boîte à vapeur : le diagramme couvert de hachures sur la figure 279 présente alors, vers sa partie supérieure à gauche, une pointe qui en augmente légèrement la surface.

Cette étude explique pourquoi il est prudent, en abordant de 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 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 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, C_0 (fig. 280), ou quand l'excentrique fictif, qu'on peut supposer mener le tiroir, est en OT_0 , à l'opposé de la manivelle motrice OM_1 , il y a encore un travail moteur.

Supposons que la machine marche en avant : la vapeur produira un travail moteur quand le centre de l'excentrique fictif se déplacera de T à T_0 , et même quand il dépassera T_1 ; 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'annulera complètement : c'est alors le point C'_0 de la coulisse qui mène le tiroir. Si maintenant on continue à déplacer le changement de marche vers l'arrière, on aura un travail résistant de contre-vapeur de plus en plus grand, à mesure que le coulisseau se rapprochera de l'extrémité C' de la coulisse : mais la partie *motrice* CC'_0 de la coulisse est plus longue que la partie *résistante* C_0C' .

En considérant la locomotive marchant en arrière, on voit de même que la zone $C'C''_0$ de la coulisse est motrice, que le travail s'annule au point C''_0 et qu'elle devient résistante dans la zone C''_0C .

La contre-vapeur, appliquée sans disposition spéciale, comme nous venons de l'indiquer, a de graves inconvénients : pendant tout le parcours 5—4 du piston, il aspire dans la boîte à fumée, par le conduit d'échappement, de l'air chaud, qui peut entraîner des cendres. Une fois entré dans le cylindre, cet air chaud est comprimé : or, 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.

L'injection de vapeur ou d'eau chaude dans les conduits d'échappe-

ment fait disparaître ces inconvénients : l'eau chaude, en sortant de la chaudière à température élevée, se transforme en partie en vapeur, comme nous l'avons expliqué en parlant des explosions, § 60, et les conduits d'échappement sont, dans tous les cas, maintenus pleins de vapeur. Les cylindres n'aspirent plus l'air chaud de la boîte à fumée, mais de 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 jamais dépasser celle qui correspond à sa pression (§ 10), 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 ou les cylindres pendant la marche à contre-vapeur ou au moment de s'en servir.

Enfin, 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 : comme 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.

Les prescriptions réglementaires tiennent compte des diverses circonstances que nous venons d'indiquer.

Il faut remarquer qu'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 l'on roule la cheminée en avant, c'est la glissière inférieure qui va entrer 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.
