

Créer l'effort de freinage : les actionneurs

Nous avons vu dans une autre page les différents types d'organes destinés à dissiper l'énergie de freinage (disques, semelles sur roues). La génération de l'effort est assurée par divers types d'actionneurs, adaptés à chaque type de frein. Tous ont cependant comme composant principal un cylindre de frein.

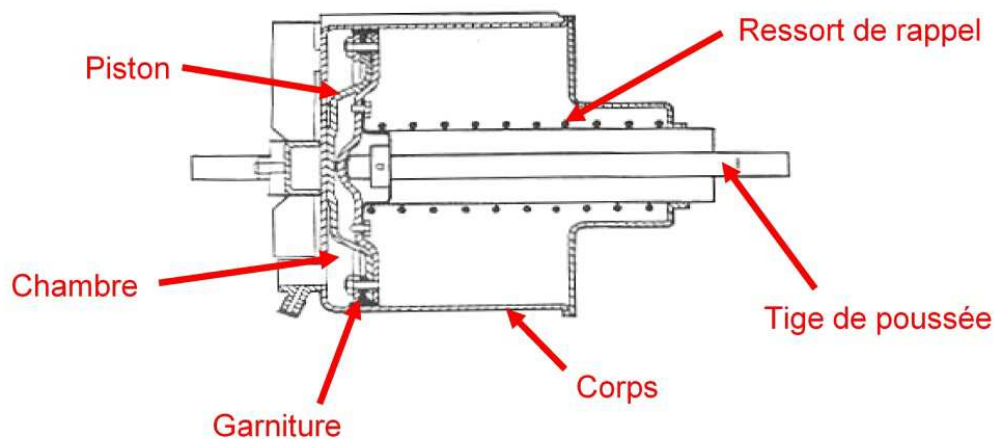
Par ailleurs, la très grande majorité des actionneurs intègrent un dispositif, appelé régleur, qui permet de compenser l'usure des organes de friction (semelles et garnitures de frein à disque) de manière à éviter qu'un jeu trop important consécutif à l'usure ne vienne réduire l'effort de freinage.

Nous allons passer en revue les différents types d'actionneurs.

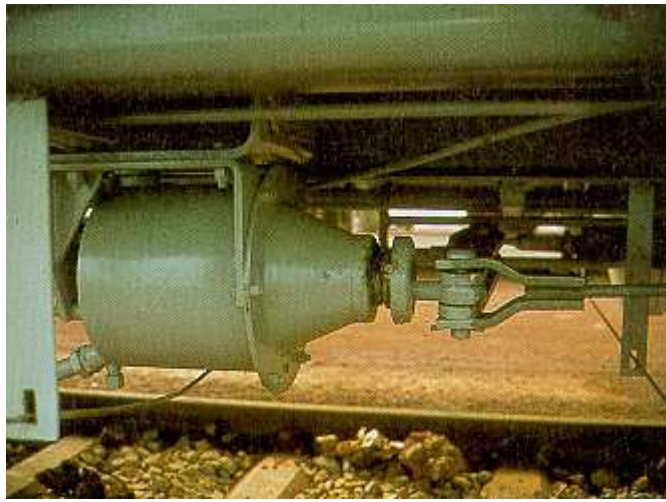
Cylindre de frein et timonerie

Durant des dizaines d'années, la génération et la transmission de l'effort de freinage ont été réalisées de la même manière, que ce soit sur une locomotive, une voiture ou un wagon.

Le principe repose sur un cylindre de frein unique, de fort diamètre, installé soit sous le châssis du véhicule, soit directement sur le bogie. Ce cylindre de frein est un simple piston, qui actionne une tige de poussée sous l'effet de la pression appliquée dans le piston. Le rappel final du piston (pour le desserrage complet) est assuré par un ressort de rappel de faible effort.

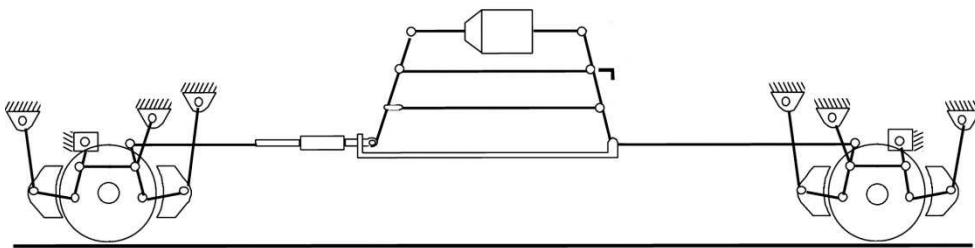


Constitution d'un cylindre de frein pneumatique

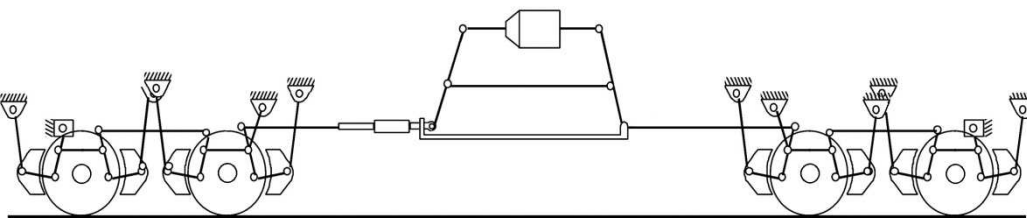


Cylindre de frein de wagon (Document FAIVELEY)

La transmission de l'effort jusqu'aux semelles est assurée par une timonerie, parfois complexe, composée de leviers et renvois, ainsi que de plusieurs points fixes. Les bras de leviers ainsi créés permettent également l'amplification de l'effort généré par le cylindre de frein.



Exemple type de timonerie pour wagon à deux essieux



Exemple type de timonerie pour wagon à bogies

Sur certains wagons, un dispositif de changement de régime permet par ailleurs d'ajuster le niveau de freinage en fonction de l'état (vide ou chargé) du wagon, ce de manière à ne pas diminuer par trop les performances de freinage lorsque le wagon est chargé, tout en évitant les enrayages (blocages) d'essieux lorsque le wagon est vide. Ce dispositif possède 2 positions (vide ou chargé), ce qui permet de changer le rapport d'amplification de la timonerie en déplaçant l'un des points fixes de cette timonerie au niveau d'un bras de levier. Le dispositif est réglé de telle sorte que l'on retrouve à mi-charge la même puissance de freinage en position "chargé" qu'à vide en position "vide". La décision de faire circuler le wagon en position "vide" ou "chargé" revient à l'Exploitant, en fonction de la charge effective du wagon.

On trouve aussi dans certains cas des dispositifs dits autovariables de type mécanique, permettant un ajustement continu de l'effort à la charge du wagon, l'image de celle-ci étant fournie sous forme d'une pression d'air comprimée générée par un capteur inséré dans la suspension primaire.

Un régleur est inséré dans la timonerie, en un point judicieusement déterminé pour rendre sa capacité de rattrapage compatible avec les usures maximales des semelles et des roues tout en tenant compte des amplifications de course engendrées par les différents leviers de la timonerie.

Cette architecture est cependant essentiellement adaptée au frein à semelles : l'apparition du frein à disque et le besoin d'augmenter l'efficacité du frein à semelles et de réduire son encombrement ont entraîné le développement de nouvelles générations d'actionneurs (voir ci-après).

Le régleur

Le régleur est un dispositif ingénieux qui permet de maintenir un jeu constant entre le matériau de friction (semelle ou garniture) et le contre-matériau (roue ou disque).

Il est soit installé dans la timonerie (cas d'un wagon), soit directement intégré dans l'actionneur (bloc de freinage ou cylindre de frein à disque : voir plus loin).



Régleur pour installation dans une timonerie de wagon (Document FAIVELEY)

Le principe du régleur est simple, bien que sa réalisation soit assez complexe et représente un savoir-faire particulier. Son fonctionnement en détail est également complexe à décrire, aussi nous ne nous étendrons pas sur le sujet.

Dans le principe, le régleur intègre un écrou à billes coulissant sur une vis solidaire de la tige de poussée transmettant l'effort du cylindre. Lorsque le frein se serre, l'écrou avance par rotation sur la vis d'une distance longitudinale correspondant à l'usure générée lors du freinage précédent, ce de manière à maintenir constant un jeu entre semelle et roue ou garniture et disque, lequel jeu est pré-réglé. Le régleur est défini pour absorber la totalité de la course correspondant aux usures maximales autorisées et cumulées du matériau de friction (semelle ou garniture) d'une part et du contre-matériau (roue ou disque) d'autre part.

Le bloc de freinage

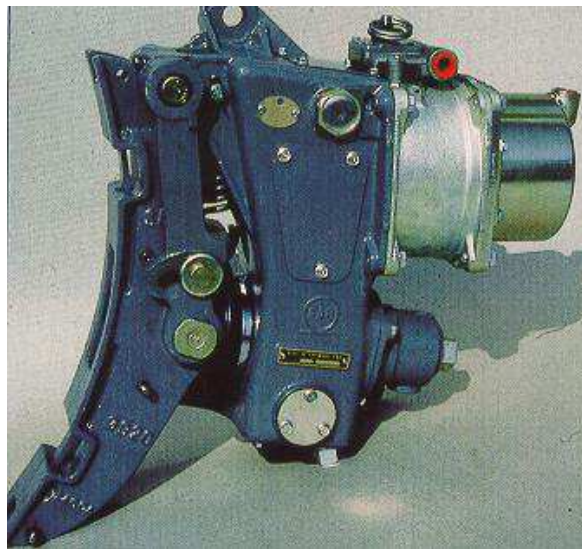
Les deux principaux inconvénients de l'architecture cylindre + timonerie pour la mise en œuvre du frein à semelles sont :

- Une masse importante
- Un rendement médiocre, d'autant plus si la maintenance n'est pas correctement effectuée

C'est pourquoi depuis une trentaine d'années sont apparus les blocs de freinage, dont le principe est de décentraliser la génération de l'effort de freinage (le cylindre) au niveau de chaque roue. Un bloc de freinage est donc constitué :

- D'un cylindre de frein
- D'un dispositif d'amplification de l'effort généré par le cylindre
- D'un régleur intégré
- D'un porte-semelle

Le bloc de freinage est fixé au châssis de bogie, dans le prolongement de la table de roulement de la roue. Il applique la semelle sur un seul côté de la roue. Dans certaines applications très spécifiques, une timonerie peut être utilisée pour venir appliquer une seconde semelle de l'autre côté de la roue.



Bloc de freinage pour bogie moteur de TGV et BB 26000 (Document FAIVELEY)

D'abord encombrants, les blocs de freinage ont fait, ces dernières années, de gros progrès en termes de compacité, et deviennent maintenant plus facilement installables dans l'environnement très encombré des bogies modernes.



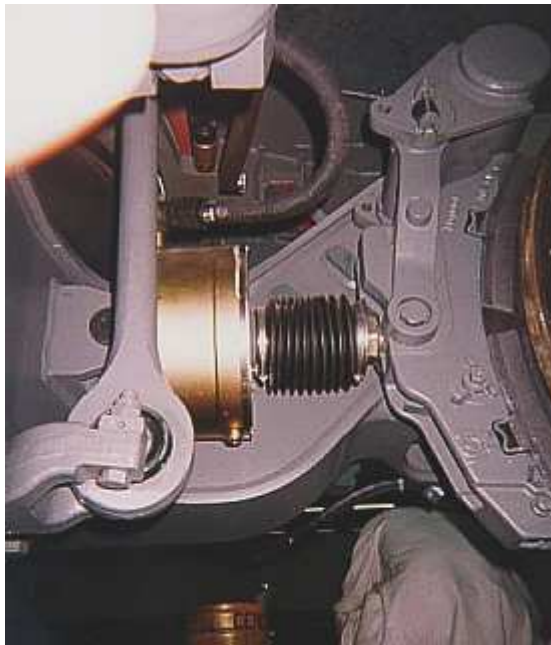
Bloc de freinage compact (Document KNORR Bremse)

Selon l'effort de freinage à appliquer et l'énergie à dissiper, il peut s'avérer nécessaire d'équiper le bloc de freinage de deux semelles, ce qui est rendu possible par l'utilisation d'un porte-semelle double.



Bloc de freinage compact avec semelle composite double sur roue motrice d'automoteur TER X 72500

Dans certains cas, la mise en œuvre du frein à semelles ne nécessite qu'un faible effort, à la portée d'un simple cylindre de frein et sans qu'il soit nécessaire d'intégrer une amplification : c'est notamment le cas lors de l'utilisation d'un frein combiné disques + semelles sur un même essieu, le frein à disque, plus puissant, prenant en charge la plus grande partie de l'effort de freinage de l'essieu. Le cylindre de frein intègre alors simplement un régleur, et applique directement la semelle sur la roue.

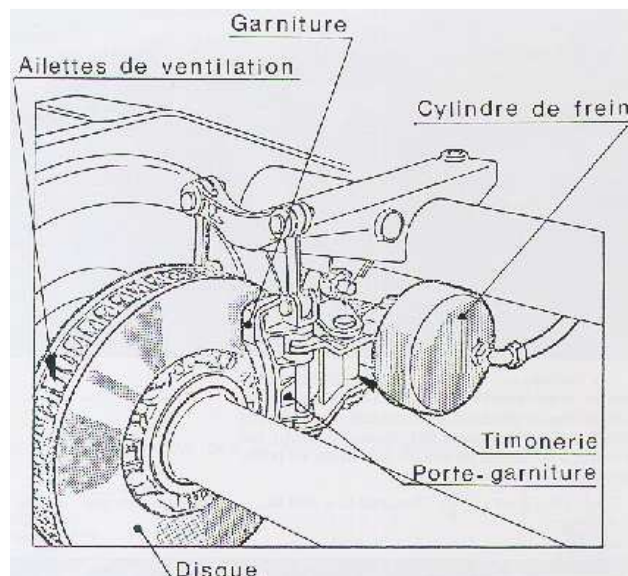


Cylindre de frein avec semelle composite double sur roue porteuse d'automoteur TER X 72500

Là encore, il peut s'avérer nécessaire d'installer un porte-semelles double.

L'unité de frein à disques

Lorsqu'est apparu le frein à disque, il a fallu concevoir des actionneurs spécifiques, le système de cylindre unique associé à une timonerie n'étant pas adapté à cette application.

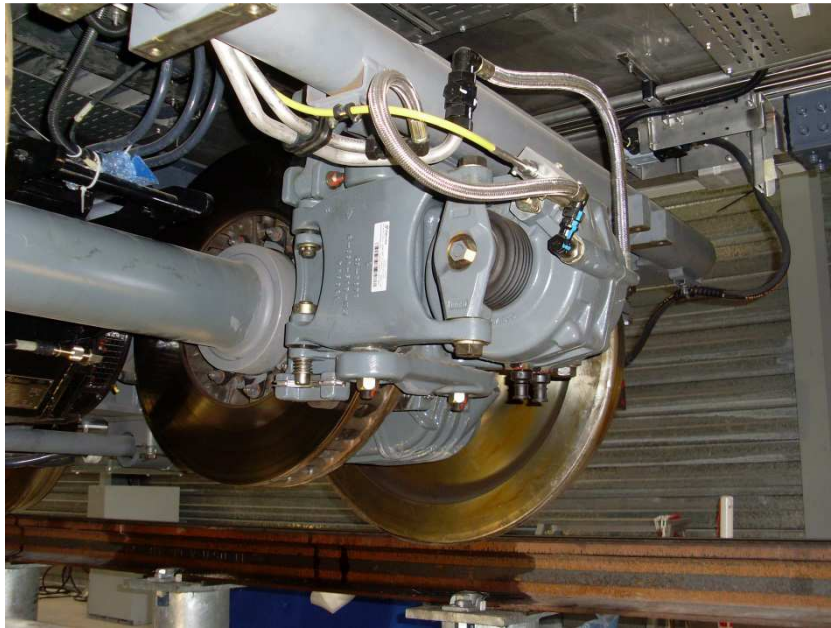


Principe de montage du frein à disque calé sur essieu

L'actionneur est donc constitué, pour chaque disque :

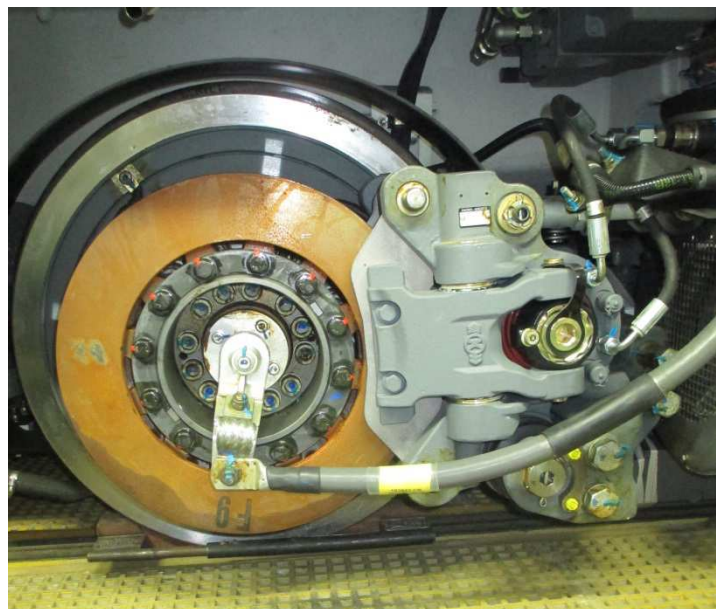
- D'un cylindre de frein avec régleur intégré
- D'une timonerie amplificatrice

- D'un porte-garnitures



Cylindre de frein et timonerie amplificatrice sur bogie moteur de métro

Dans le cas du frein hydraulique (voir la page sur le frein électro-hydraulique), la timonerie est souvent beaucoup plus compacte (en raison des efforts beaucoup plus importants générés grâce aux hautes pressions que permet l'hydraulique), voire est réduite à un simple basculeur ou n'existe pas (cas des étriers similaires aux étriers pour automobile).



Etrier hydraulique à basculeur sur disque bogie moteur de tramway CITADIS

Il faut aussi noter que pour certaines applications du frein à disque nécessitant une sécurité intrinsèque élevée des actionneurs (tramways, et certains métros), le cylindre de frein n'est plus actif mais "passif" : l'effort de freinage est assuré par des ressorts (ressorts hélicoïdaux, ou rondelles ressorts), la pression pneumatique ou hydraulique servant dans ce cas à desserrer le frein par compression des ressorts.

Le frein de parking

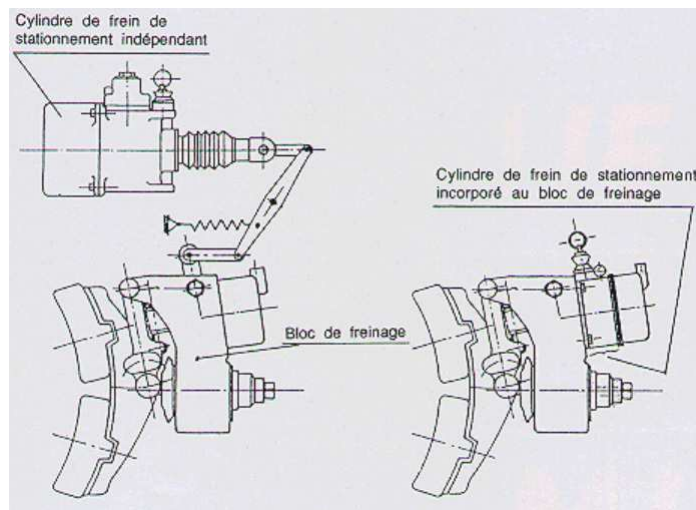
Comme une automobile, un véhicule ferroviaire doit être équipé d'un frein de parking destiné à l'immobiliser lorsqu'il n'est pas en service.

Etant donné, comme nous l'avons vu ci-dessus, que la plupart des actionneurs sont de type direct, c'est-à-dire que l'effort de freinage est assuré par apport d'énergie (pneumatique ou hydraulique), il devient nécessaire d'installer des dispositifs permettant de réaliser un effort de manière purement mécanique : il ne s'agirait pas en effet qu'une fois l'énergie pneumatique ou hydraulique épuisée (par les inévitables fuites) au cours du temps, le véhicule ne se mette à dériver sous l'effet de la pente ou(et) du vent.

Jusqu'à il y a quelques années, le frein de parking était tout simplement assuré par le biais d'un câble actionné par un volant installé dans la caisse du véhicule. En tournant le volant, on vient enrouler le câble, lequel tire sur un levier qui vient actionner la timonerie de frein (wagon ou voiture ancienne) ou actionner les leviers internes d'un des blocs de freinage équipé d'un levier extérieur spécifique (prise de frein de parking). Beaucoup de véhicules (dont les voitures Corail) sont équipés de ce type de frein de parking. Il a l'avantage d'être simple et bon marché, mais il nécessite une maintenance soigneuse car il se dérègle facilement au cours du temps.

Depuis environ une trentaine d'années sont apparus les freins de parking à ressorts. Le principe consiste :

- Soit à installer un cylindre à ressorts séparé, venant agir sur la prise de frein de parking d'un bloc de freinage en lieu et place du câble utilisé auparavant ; dans cette configuration, on peut même créer une amplification additionnelle par l'intermédiaire d'un bras de levier.
- Soit à insérer, entre le cylindre de frein et la timonerie de l'unité de frein à disque ou entre le cylindre de frein et les leviers interne du bloc de freinage, un cylindre intégrant des ressorts de forte capacité et pouvant appliquer une effort au même titre que le cylindre de frein principal.



Les deux types de frein de parking à ressorts agissant sur un bloc de freinage



Cylindre de frein à disque avec frein de parking intégré sur essieu porteur d'automoteur TER X 72500 (avec dispositif de déverrouillage par câble)

En service normal (lorsque le véhicule circule), les ressorts sont comprimés par une pression d'air ou hydraulique.

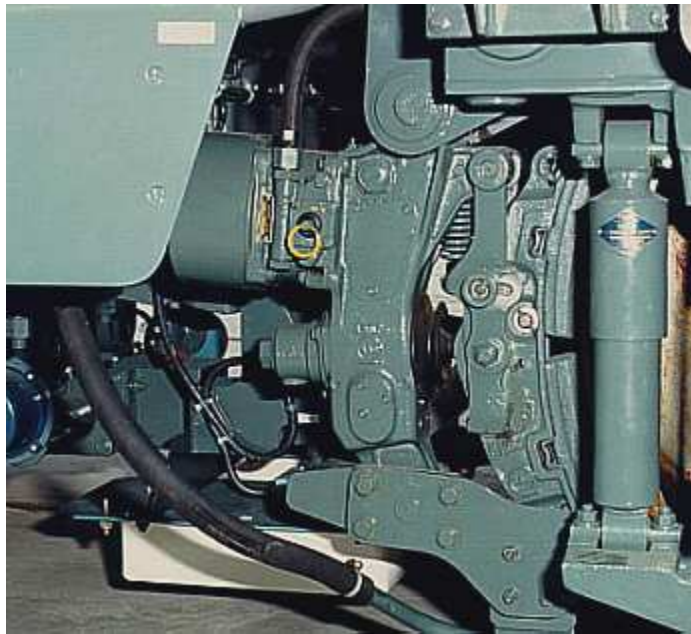
Lorsque le véhicule est mis hors service :

- Soit les ressorts vont substituer leur effort à celui du cylindre (pneumatique ou hydraulique) lorsque la pression (pneumatique ou hydraulique) va décroître au cours du temps de manière simultanée dans le cylindre de frein principal et dans le cylindre de frein de parking.
- Soit l'agent de conduite provoque, avant de quitter son train, la vidange des cylindres à ressorts, provoquant la détente de ceux-ci et l'application de l'effort du frein de parking.

Lorsque le véhicule est remis en service, les dispositifs de commande assurent la remise en pression des cylindres de frein principaux (donc la génération d'un effort). Dans ce cas :

- Soit les freins de parking sont automatiquement remis sous pression, ce qui provoque la recompression des ressorts et l'annulation de leur effort
- Soit l'agent de conduite commande la remise en pression des freins de parking pour annuler leur effort une fois qu'il s'est assuré que les cylindres de frein sont sous une pression suffisante pour garantir l'immobilisation du train.

Un dispositif de déverrouillage mécanique ("décrabottage") permet en général de provoquer le relâchement complet de l'effort des freins de parking, de manière à pouvoir déplacer les véhicules et bogies en atelier lors des opérations de maintenance.



*Bloc de freinage avec frein de parking et dispositif de déverrouillage (anneau jaune)
sur roue de BB 26000 (Document ALSTOM)*