

Quelques principes de base du freinage ferroviaire

Le freinage ferroviaire repose sur quelques principes de base qu'il convient de connaître et de comprendre pour mieux appréhender ensuite les tenants et aboutissants de la conception des systèmes de freinage des convois ferroviaires.

On relève trois principes de base :

- Le frein doit être automatique.
- Le frein doit être continu.
- Le frein doit être inépuisable.

Le frein doit être automatique

L'automatisme est certainement le principe de conception le plus important pour un système de freinage ferroviaire. En effet, un convoi ferroviaire est constitué de véhicules ou rames reliés entre eux par un attelage (attelage à vis, barre permanente ou attelage automatique). Or de tels dispositifs ont des limites mécaniques, limites qui peuvent, dans certaines circonstances, être dépassées par suite d'efforts longitudinaux importants consécutifs aux variations d'effort de traction ou de freinage. Cela peut aboutir à des ruptures d'attelage, et donc à une séparation du convoi en deux ou plusieurs parties. Si il se trouve que le convoi est en rampe, la partie arrière, dans laquelle aucun agent de conduite n'a pris place, doit pouvoir être stoppée puis maintenue immobilisée : il faut donc que le freinage soit commandé, si possible de manière automatique.

Un frein est donc dit automatique si, lorsque la ligne de commande qui parcourt le train se rompt en un quelconque endroit du convoi, le freinage est commandé de manière automatique sur les deux parties du convoi.

A noter aussi qu'hormis le cas de rupture d'attelage (entraînant évidemment la rupture de la ligne de commande par arrachement des liaisons pneumatiques ou(et) électriques entre véhicules), l'automatisme du frein permet, en cas de rupture accidentelle de la ligne de commande, de provoquer le freinage sur l'ensemble du convoi, obligeant l'agent de conduite à s'arrêter pour remédier au problème ou demander le secours : ceci lui évite de se retrouver par la suite avec un train insuffisamment freiné lorsqu'il aura besoin de ralentir ou de s'arrêter.

C'est ainsi que le frein à commande pneumatique est bien automatique : lorsque la Conduite Générale de frein se rompt (notamment par arrachement des demi-accouplements flexibles lors d'une rupture d'attelage), elle se vide dans les deux parties du convoi de chaque côté de la rupture, provoquant *de facto* la mise en action du frein sur tous les véhicules par le biais des distributeurs de frein et de leurs réserves d'air locales (les Réservoirs Auxiliaires). Pour plus de précisions sur le fonctionnement détaillé du frein pneumatique, voir les pages correspondantes.

Le frein doit être continu

Ceux qui ont eu le courage de lire la petite histoire du freinage ferroviaire auront pu, à travers les différents systèmes inventés depuis les débuts du chemin de fer, appréhender ce que recouvre le terme de continuité du freinage.

Un frein est dit continu si chaque véhicule du convoi est équipé d'un dispositif assurant le freinage du dit véhicule. La commande du freinage peut être assurée soit localement par un agent disposé sur chaque véhicule ou à intervalles réguliers (et commandant alors le freinage de plusieurs véhicules), soit de manière centrale par l'agent de conduite depuis le véhicule de tête, par le biais d'une ligne de commande parcourant toute la longueur du convoi.

Comme nous avons pu le voir, la plupart des premiers systèmes de freinage n'étaient pas continus, puisque seuls certains véhicules du convoi étaient freinés. Mais il s'est vite avéré que la continuité était absolument nécessaire, notamment pour tenir compte de l'augmentation régulière des tonnages et des vitesses des convois au regard des capacités de freinage forcément limitées des véhicules.

Au jour d'aujourd'hui, seul un cas d'isolement local d'un équipement de freinage suite à avarie sur un véhicule peut "rompre" le principe de cette continuité, mais cela ne porte pas atteinte à la sécurité tant que cet isolement reste un cas... isolé !

A noter que l'on parle aussi de continuité de la ligne de commande (notamment de la Conduite Générale du frein pneumatique : voir le topo sur ce sujet) pour indiquer que la dite ligne de commande est effectivement active sur toute la longueur du convoi, et pas simplement sur une partie de celui-ci.

Le frein doit être inépuisable

Dans certaines configurations, notamment les longues descentes (comme la Maurienne ou le Saint Gothard), le frein peut être fréquemment sollicité pour maîtriser la vitesse du convoi. Lors de ces sollicitations répétées, le frein doit conserver à chaque application la même efficacité : il doit être inépuisable.

Le caractère inépuisable concerne uniquement la partie commande, et non les organes de dissipation d'énergie (semelles de frein, disques et garnitures). Pour ces derniers, leur capacité de dissipation est forcément limitée et ne peut être régénérée aisément, et seules des consignes ou habitudes de conduite peuvent permettre de les solliciter de telle sorte qu'ils conservent leur efficacité optimale en permanence : le problème est exactement le même que lorsque vous descendez d'une montagne avec votre véhicule automobile...

Ainsi, le frein doit être conçu de manière à ce qu'à chaque fois que le desserrage est requis, les équipements soient prêts pour une nouvelle application à performances nominales. Ceci concerne plus particulièrement la reconstitution de la réserve locale d'énergie nécessaire au freinage.

Dans le cas des freins à actuation pneumatique, les équipements de frein doivent être conçus de sorte à garantir, à chaque desserrage, le remplissage du Réservoir Auxiliaire à une pression suffisamment élevée pour garantir que la pression maximale requise aux cylindres de frein pourra être obtenue lors de l'application suivante.

Une notion complémentaire

Attendu que les convois ferroviaires sont conçus pour transporter des voyageurs ou des marchandises, ceux-ci et celles-là ont droit à certains égards (confort pour les premiers, intégrité pour les secondes). C'est pourquoi le frein doit permettre de garantir leur sécurité tout en assurant une mise en freinage régulière et non "traumatisante", au moins en ce qui concerne les freinages de service... On dit ainsi que le frein doit être tranquille.

Ici intervient la notion de jerk, qui caractérise la variation de la décélération au cours du temps (pour les matheux : c'est la dérivée première de la décélération par rapport au temps, donc la dérivée seconde de la vitesse par rapport au temps). En effet, plus que le niveau de décélération lui-même, c'est la variation de décélération qui est dommageable. Les équipements de frein intègrent donc des dispositions qui assurent une limitation de ce jerk, en introduisant une rampe limitant la croissance et la décroissance de l'effort de freinage (donc de la décélération).

Ceux qui ont pris ou prennent régulièrement le tramway ou certains métros (métros sur pneumatiques notamment) objecteront qu'ils ont déjà vécu des expériences peu agréables de freinage d'urgence ayant entassé la totalité des voyageurs sur une surface extrêmement réduite à l'avant du véhicule. A ceux-ci, il faut répondre que la limitation de jerk existe toujours, mais que dans certaines configurations elle est réglée à des valeurs élevées eût égard à la nécessité de se trouver rapidement en freinage à la décélération maximale compte-tenu que les obstacles potentiels (piétons ou automobiles dans le cas des tramways) laissent souvent peu d'espace pour réagir.