

# Architecture d'un système de freinage et principaux aspects techniques

Le système de freinage d'un convoi ferroviaire, qu'il s'agisse d'un train de fret, d'un TGV ou d'un tramway, est toujours architecturé de la même manière, architecture qui découle des préceptes vus précédemment.

Cette architecture se décompose en deux grandes parties :

- La commande du freinage du train lui-même : c'est l'ensemble des dispositifs destinés à générer et transmettre les ordres de freinage du conducteur, que celui-ci désigne un agent, un équipement de pilotage automatique ou un équipement de sécurité ("homme mort" par exemple)
- La commande du freinage au niveau local de chaque véhicule, bogie ou essieu (actionnement des freins).

## Commande de freinage du train

La commande du freinage du train fait appel à deux technologies :

- Commande pneumatique → C'est la technologie classiquement utilisée sur les matériels dits "grandes lignes" ainsi que sur les trains de fret, les trains régionaux et certains matériels de banlieue.
- Commande électrique → C'est la technologie utilisée sur les matériels urbains (tramways, métros) et la plupart des matériels suburbains (rames automotrices RER ou banlieue), ainsi que sur un nombre grandissant de matériels de type régional.

## Commande de freinage au niveau local (actionnement des freins)

La commande du freinage au niveau local est caractérisée par le type d'énergie utilisée pour assurer la mise en action des freins (au niveau des cylindres et étriers) :

- Energie pneumatique → L'actionnement est assuré à l'aide d'une pression d'air comprimé.
- Energie hydraulique → L'actionnement est assuré à l'aide d'une pression hydraulique.
- Energie électromécanique → L'actionnement est assuré par un ressort dont l'effort est modulé par l'intermédiaire d'un moteur électrique pas à pas.

## Architecture d'un système de freinage

Le système de freinage fait appel ensuite à la combinaison d'un type de commande du freinage du train avec l'un des types d'énergie mentionnés ci-dessus. Toutes les combinaisons sont a priori possibles, mais seules certaines sont effectivement utilisées. Les combinaisons utilisées dans le ferroviaire sont les suivantes :

- Frein pneumatique → La commande de freinage du train est de type pneumatique, et l'énergie utilisée pour l'actionnement des freins est également pneumatique.

- Frein électropneumatique → La commande de freinage du train est de type électrique, l'énergie utilisée pour l'actionnement des freins étant pneumatique.
- Frein électrohydraulique → La commande de freinage du train est de type électrique, l'énergie utilisée pour l'actionnement des freins étant hydraulique.
- Frein électromécanique → La commande de freinage du train est de type électrique, l'énergie utilisée pour l'actionnement des freins étant mécanique.

## **Contraintes particulières**

Le choix parmi les combinaisons ci-dessus répond à de nombreux critères. Citons les plus importants :

- La compatibilité avec le matériel existant → La nécessité de pouvoir se coupler en service normal ou(et) pour les opérations de secours en ligne peut influencer fortement sur le choix du type de commande du freinage du train (pneumatique ou électrique). Ce critère explique que la quasi-totalité des matériels "grandes lignes" (TGV, locomotives, voitures) et fret (locomotives et wagons) sont équipés de la commande pneumatique, de manière à permettre l'interopérabilité des matériels au sein d'un Réseau, ainsi que les échanges de matériels entre Réseaux.
- Le temps de réponse → La plupart des matériels urbains, notamment ceux circulant sous pilotage automatique ou semi-automatique, nécessitent des temps de réponse très courts pour permettre une grande précision dans la régulation de position du véhicule, ainsi qu'une réactivité importante en cas de besoin (cas des tramways par exemple). C'est pourquoi ces matériels utilisent exclusivement la commande électrique de freinage, qui assure un temps de réponse quasi-immédiat tandis que la commande pneumatique est tributaire des temps de propagation des ordres pneumatiques (voir plus loin). De même, le choix de l'énergie d'actionnement utilisée peut être conditionné par les temps de réponse à obtenir : l'énergie pneumatique procure en effet des temps de réponse nettement plus long que ceux procurés par l'énergie hydraulique, en raison de la nature même du fluide mis en œuvre (compressibilité de l'air par rapport à l'incompressibilité des fluides hydrauliques).
- Les coûts de maintenance → L'énergie pneumatique utilisée pour l'actionnement des freins est moins coûteuse à la mise en œuvre et plus tolérante aux mini-défaillances (fuites) que l'énergie hydraulique. Par ailleurs, le fluide utilisé (l'air comprimé) est disponible à volonté et peu coûteux à produire. C'est pourquoi elle est, et de loin, la plus couramment utilisée.
- L'espace disponible → L'énergie hydraulique permet la génération d'efforts de freinage très importants à partir d'actuateurs (étriers) très compacts, grâce aux pressions élevées mises en œuvre.
- Les conditions météorologiques → L'énergie pneumatique présente une limite en basses températures aux alentours de  $-25^{\circ}\text{C}$ , tandis que l'énergie hydraulique permet un fonctionnement quasi-optimal jusque vers  $-40^{\circ}\text{C}$ . En effet, plus que le fluide en lui-même, ce sont les appareils utilisés qui résistent moins bien à basse température (augmentation des taux de fuite notamment).

Vous trouverez dans les autres pages un peu plus de détails sur les principes de fonctionnement de chacun des types de frein.