

12.1 Installations de sécurité

12.1.1 Motivations

Dès qu'il s'est agit de faire circuler plus d'un train sur un réseau, il a fallu prévoir des dispositions pour éviter des conflits d'itinéraire entre les convois et réduire le risque d'accidents. La première étape fut celle des signaux visuels indiquant au personnel de conduite s'il pouvait ou non poursuivre sa route. Cela impliquait un respect rigoureux des signaux par le personnel du train et la sélection tout aussi rigoureuse des images des signaux – fermé ou ouvert – par le personnel responsable des circulations selon que la voie est disponible ou pas : c'est le principe du *cantonement*. [144, 152 - 155]. Les signaux devaient présenter une image sans ambiguïté. On les a d'abord réalisés avec des éléments mobiles, puis avec des éléments lumineux.

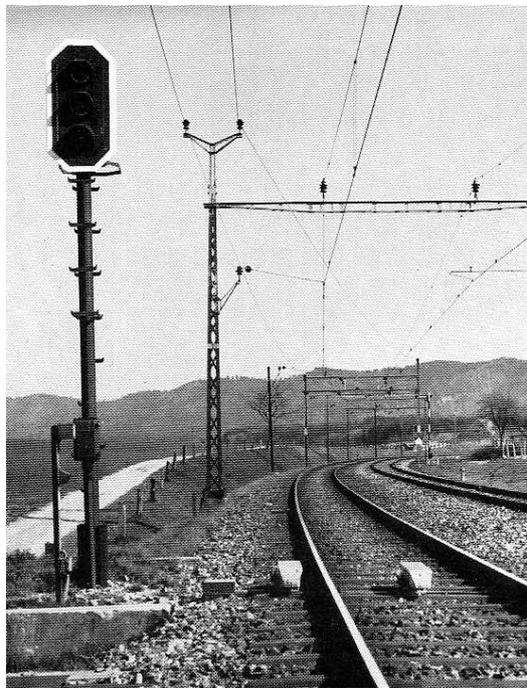
| Image du signal | | Image | Signification: |
|---|---|-------|--|
| avancé | principal | | |
|  |  | – | Arrêt devant le signal principal |
|  |  | 1 | Marche à la vitesse maximale indiquée dans l'horaire de service, mais ne figurant ni dans un cercle, ni dans un carré. |
|  |  | 2 | Marche à la vitesse de 40 km/h si l'horaire de service ne prescrit pas, d'une manière générale, une vitesse plus faible. |
|  |  | 3 | Marche à 65 km/h (catég. R) ou 60 km/h (autres trains). Si une vitesse est inscrite dans un cercle ou un carré dans l'horaire de service, c'est celle-ci qui fait foi. |
|  |  | 5 | Marche à 95 km/h (catég. R) ou 90 km/h (autres trains). |
|  |  | 6 | Marche compte tenu des dispositions ci-après: La vitesse ne doit pas dépasser 40 km/h – à partir du premier branchement si l'image 6 est présentée par le signal d'entrée; – à partir du signal de tronçon de voie si l'image 6 est présentée par ce signal. Le prochain signal ordonne l'arrêt. |

Fig. 12.1 – Exemple de signaux lumineux : Suisse vers 1970.

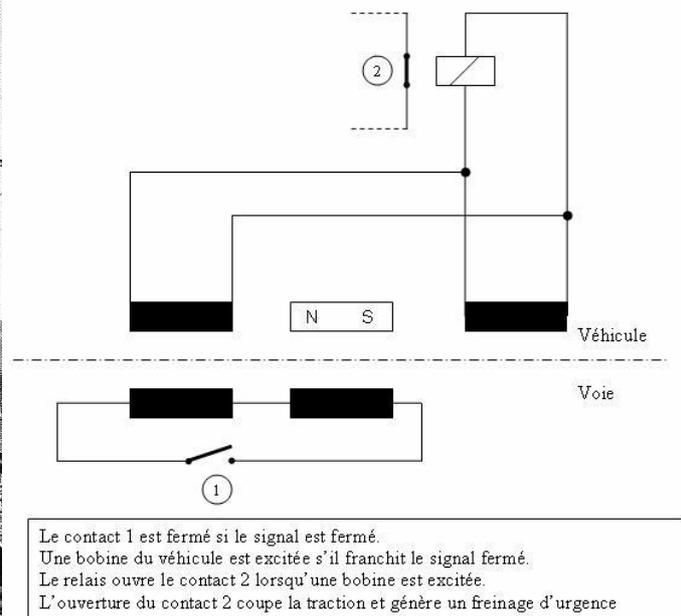
12.1.2 Développements de base

Des accidents liés à des erreurs humaines conduisirent à une deuxième étape: un dispositif au sol, conjugué avec le signal, donne un ordre d'arrêt d'urgence au train si ce dernier franchit de manière erronée un signal fermé à la suite d'une erreur du personnel de conduite : le disjoncteur principal est ouvert, ce qui interrompt brutalement l'effort de traction, et la conduite principale de frein est mise à l'air libre, ce qui provoque une action du frein sur l'ensemble du train. Pour palier aux erreurs du personnel des gares, on a aussi mis en place des systèmes qui empêchent de libérer un itinéraire s'il est déjà occupé par un autre convoi : on parle de *système de block*. La majorité des chemins de fer en sont à cette deuxième étape, avec des niveaux de sophistication plus ou moins grands. Même si ce sont à

peu près les mêmes fonctions qui sont assurées, ces systèmes sont incompatibles entre eux en raison de choix historiques.



A Disposition en pleine voie.



B Principe de fonctionnement

Fig. 12.2 – Exemple de dispositif de surveillance du franchissement d'un signal : *Signum*.

Les systèmes des différents réseaux ne sont toutefois pas totalement sûrs: il n'est par exemple pas toujours possible de prévoir une distance suffisante entre le signal de protection et le lieu d'interception de l'itinéraire antagoniste pour que l'arrêt d'urgence empêche une collision quelle que soit la vitesse du train "fautif". Ces dispositifs ponctuels peuvent être classés en deux catégories : les systèmes à contacts et les systèmes à induction. L'augmentation des vitesses conduisit à la pose de signaux avancés, informant le mécanicien qu'il devait arrêter son train au prochain signal ; la distance de visibilité du signal principal étant devenue plus courte que celle nécessaire à l'arrêt du train. Dans certains cas on eût même deux étapes de signaux avancés. Les vitesses augmentant encore, certains trains furent équipés de répétition de l'image du signal sur le pupitre de conduite, pour donner suffisamment de temps pour une lecture sûre.

12.1.3 Développements récents

L'augmentation du trafic et les lacunes des systèmes précédents ont amené une troisième étape à la fin du XX^e siècle: un échange de télégrammes codés a lieu ponctuellement entre le sol et le train. Le contenu du télégramme est déterminé par l'image du signal qui protège le tronçon dans lequel le train s'apprête à s'engager. En fonction des informations reçues: vitesse à respecter à une distance donnée et déclivité sur cette distance, l'ordinateur calcule le profil limite d'arrêt ou de ralentissement en incluant les paramètres du convoi entrés en début de parcours par le conducteur du train. Ce système permet également de surveiller un dépassement de la vitesse maximale autorisée. Au droit du signal principal, une borne permet de donner à l'ordinateur de bord une nouvelle indication de vitesse autorisée, lorsque le signal est à nouveau ouvert.

L'ordinateur ne provoque un arrêt d'urgence que si le profil limite est franchi. On garantit ainsi que le train sera arrêté – manuellement ou par l'ordinateur – avant un signal fermé ou n'abordera pas à vitesse excessive un tronçon autorisé à faible vitesse. Ici aussi, on peut observer plusieurs systèmes analogues qui font appel à des solutions techniques différentes, mais incompatibles entre elles, pour assurer la transmission sol–train (KVB, ZUB, ...) [117, 118].

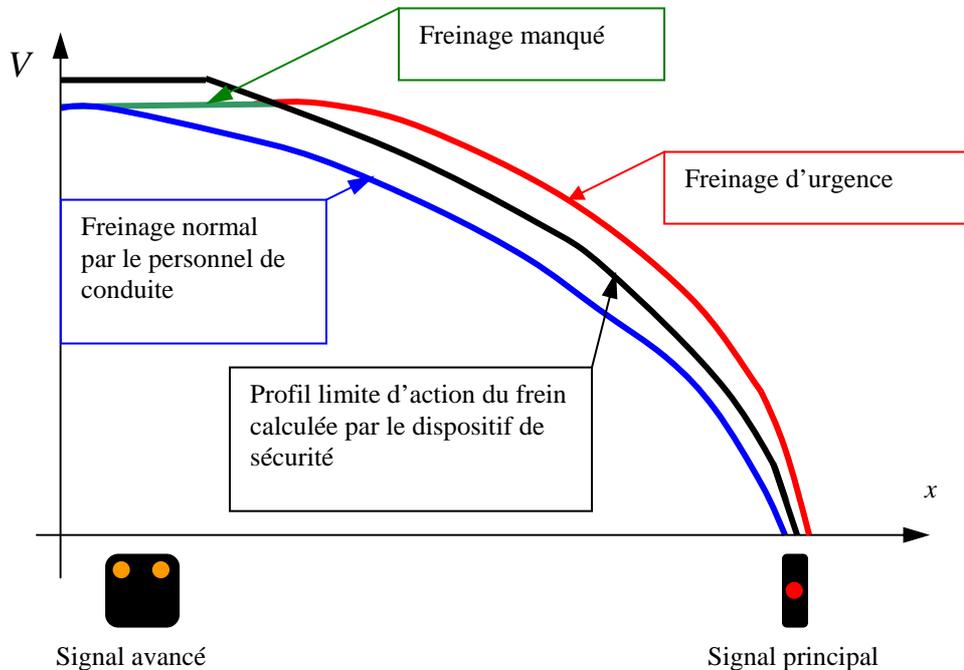


Fig. 12.3 – Profils de vitesse calculée et réelle.

Une quatrième étape est en cours: une normalisation européenne des transmissions sol–train (types d'onde et protocole de communication) avec une fonctionnalité encore plus étendue qui permet de surveiller la vitesse du train sur tout le parcours, voire d'assurer la conduite totalement automatique (ETCS : *European Train Control System*) [119, 120]. Au moment de la rédaction, plusieurs lignes pareillement équipées sont en cours de mise en service, affectées au trafic voyageurs, marchandises ou mixte. Avec un tel système, les tronçons à protéger ne seront plus forcément fixes par rapport au sol, mais pourront être définis par les autres convois en circulation: un train peut en suivre un autre à la distance nécessaire pour ne pas le percuter: ce système est appelé *cantonnement mobile*. A terme, il n'y a même plus de signalisation visuelle en bord de voie. La fiabilité du dialogue sol–train doit être assurée en tout temps de même que la connaissance de la position du train par celui-ci et par l'organe de gestion du trafic. Les capteurs de vitesse sur l'arbre d'essieu donnent une mesure suffisamment précise pour la vitesse malgré le glissement de la roue sur le rail, mais pas pour la position, dans laquelle l'erreur peut s'accumuler jusqu'à entraîner des dysfonctionnements. Il faudra peut-être avoir recours à des dispositifs de positionnement par satellite (GPS, Galileo) ou au minimum à des bornes suffisamment rapprochées pour réinitialiser la position calculée à bord du véhicule.

12.1.4 Interopérabilité

La volonté de faire circuler des engins de traction sur les voies de différentes entreprises de chemin de fer conduit à la multiplication de dispositifs de sécurité. Non seulement il faut faire face à une place disponible fort limitée, mais on doit veiller à ce qu'un dispositif inutilisé ne perturbe pas d'autres installations.

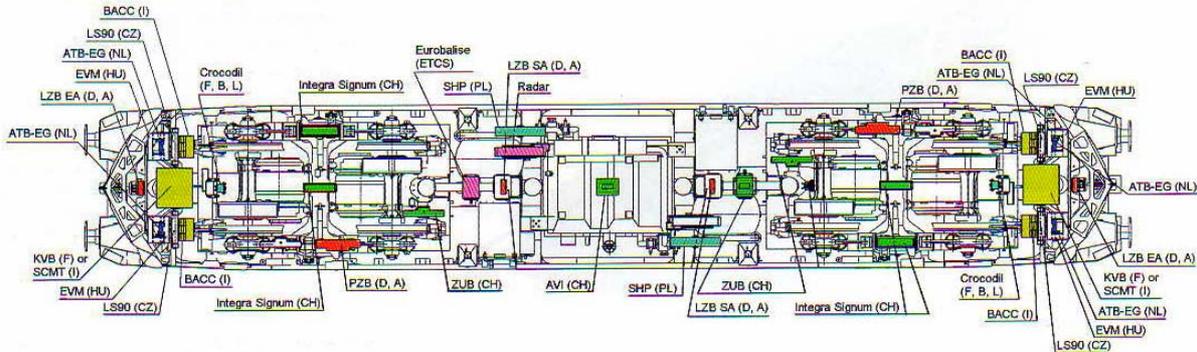


Fig. 12.4 – Dispositifs de sécurité sous une locomotive à quatre essieux.