

La signalisation à la SNCB

Partie 1 L'histoire

Dirk Viaene
I.NO.E3

Juillet 2007

Contenu :

1 Avant-propos

2 Introduction

3 Les débuts

4 Les premiers signaux

5 Les premières cabines de signalisation et le block-système

6 Les cabines de signalisation Saxby

7 Les cabines Siemens

8 Les premiers postes de signalisation électriques

9 Les cabines de signalisation ACEC

10 Les cabines de signalisation tout relais

11 Les postes de signalisation à commande informatisée

11.1 Le poste de commande électronique (EBP)

11.2 Le poste logique programmée (PLP)

11.3 Réseau de diagnostic (DGN)

11.4 Quelques notions relatives à l'EBP et au PLP

1 Avant-propos

La "signalisation" est un vaste concept. En bref, nous pourrions la définir comme "tout ce qui a trait aux équipements situés le long de la voie ou dans la voie en vue de garantir que les trains puissent atteindre leur destination de manière sûre". La signalisation est donc un élément essentiel à l'exploitation du réseau ferroviaire en toute sécurité.

Les moyens mis en oeuvre à cette fin peuvent être primitifs, tels un drapeau ou une lanterne, mais aussi à la pointe de la technologique, comme l'ETCS. Tous les aspects de la signalisation sont présentés dans cet ouvrage de référence. Pour obtenir des descriptions plus détaillées, il conviendra toutefois de consulter les notices, circulaires et règlements spécifiques.

2. Introduction

Lorsqu'en 1835, les premiers trains ont commencé à circuler dans notre pays, seule une signalisation élémentaire était nécessaire. L'accompagnement était alors assuré par le "convoyeur". Le convoyeur escortait le train. Aux endroits fréquentés et aux abords des centres, le convoyeur précédait le train avec une cloche pour avertir les gens du danger imminent. Il donnait des indications au conducteur au moyen de drapeaux et de signaux acoustiques.

L'extension progressive du réseau ferré a rapidement nécessité une surveillance permanente des aiguillages et la pose de signaux.

Dans les chapitres qui suivent, nous examinerons principalement l'évolution technique des cabines de signalisation. A cet égard, nous pouvons affirmer que quelles que soient les techniques employées, la sécurité a toujours été considérée comme une priorité.

3. Les débuts

De 1835 à 1855, la littérature ferroviaire belge ne parle pratiquement pas de la signalisation. Seule l'histoire de la Jonction Nord-Midi mentionne que les trains de la première liaison traversant Bruxelles étaient précédés par un "convoyeur" muni d'une cloche ou d'un drapeau ou (la nuit) d'une lanterne.

4. Les premiers signaux

En 1855, le premier télégraphe de Morse fit son apparition sur le réseau de la SNCB. Grâce au fonctionnement électrique du télégraphe (avec batteries et électro-aimants), un avertisseur ou système de sonnerie a pu être mis au point.

Des sonneries actionnées à distance, ont été placées à proximité des passages à niveau qui n'étaient pas visibles de loin. Les cabines de signalisation d'une même gare étaient souvent reliées entre elles par des sonnettes qui permettaient d'échanger certains codes convenus et remplaçaient parfois le porte-voix. C'est à cette période également qu'est né le **signal optique**, toujours en service actuellement, qui consistait principalement en un disque mobile dont la forme, la couleur et la position indiquaient si la voie était libre ou occupée. Il était actionné sur place ou à distance. A distance, il était manœuvré par un seul fil qui était équilibré par un ou plusieurs contrepoids en fonction de la distance entre le signal et le poste de signalisation. A la fin de cette période, la commande par câble pouvait couvrir un champ d'action de 1000 m. Le fil de commande était également équipé d'un tendeur actionné par le signaleur, qui intervenait lorsque les conditions atmosphériques augmentaient ou diminuaient la tension dans le fil. Le signal d'arrêt était monté sur un poteau en bois ou en métal. Il était rectangulaire et peint en rouge.

Lorsqu'il devenait invisible, le train pouvait circuler. La nuit, on allumait des lanternes qui présentaient la même couleur et donnaient les mêmes indications optiques que les signaux mobiles.

5. Les premières cabines de signalisation et le block-système

La forme des signaux a changé à partir de 1875 : Des poteaux de signalisation anglais et allemands qui disposaient déjà de "bras de sémaphore", ont été installés en Belgique pour remplacer les signaux rectangulaires. La signification des bras de sémaphore anglais était la suivante :

- Horizontal = arrêt;
- 45° oblique vers le bas = ralentir;
- Pendant le long du poteau de signalisation = voie libre.

Ce système était en fait le précurseur du système de signalisation à trois positions. Contrairement au système anglais, les bras de sémaphore allemands étaient placés à droite du point de vue du conducteur. Ils adoptaient la position haute à 45° pour indiquer que la voie était libre. Ils ne pouvaient adopter que deux positions. Monsieur Flamache, ingénieur auprès des Chemins de fer belges et professeur à l'Université de Gand, déplorait ce manque d'uniformité.

Au cours de cette période, la protection des trains, basée sur l'espacement des trains par un intervalle de temps, a également été remplacée par la protection par block-système. Ce système existait d'ailleurs déjà en partie entre les gares, où il était appliqué à l'aide du télégraphe de Morse.

Progressivement, la densité de trafic s'est intensifiée, et c'est précisément à ce moment que l'électricité a fait son apparition. Le block-système équipé d'une sonnerie ou sonnerie de réveil a d'abord été introduit sur la ligne Bruxelles – Ostende, où les postes de block étaient distants l'un de l'autre d'environ 3 km. Ils étaient reliés entre eux par un système électrique à courant continu, alimenté par des batteries. Le numéro de train était toutefois communiqué télégraphiquement d'une gare à l'autre.

A cette époque, le block-système reposait sur trois principes :

- Tout train qui dépassait un poste de block devait être couvert par un signal avant qu'un second train puisse se présenter au même poste.
- Ce signal ne pouvait être ouvert qu'après réception d'un message du poste de block suivant confirmant que le train précédent avait quitté la section.
- Le message "voie libre" ne pouvait être transmis par le poste suivant que lorsque le train était réellement hors de la section.

Ces principes ont débouché sur le **block-système à voie ouverte** avec lequel les signaux de block de pleine voie restaient ouverts en permanence, sauf lorsqu'ils devaient couvrir les trains. Toutefois, étant donné la survenance d'accidents à la suite d'erreurs humaines, les ingénieurs ont mis au point, vers 1880, le **block-système à appareils reliés par enclenchements**.

C'est à cette occasion que la notion de **pédale** fut employée pour la première fois (il s'agit d'un contact de rail utilisé le plus souvent en combinaison avec un circuit de voie), et que des enclenchements entre des appareils de transmission de postes adjacents furent mis en pratique.

Jusqu'à-là, il n'y avait pas de répétition des signaux. Il existait néanmoins ici et là des signaux de distance carrés, associés à des pétards qui étaient placés sur la voie lorsque le signal était fermé. Mais il a fallu attendre jusqu'en 1883 environ pour que le signal de block à bras de sémaphore soit précédé et relié par enclenchements à un signal de distance rectangulaire. Ce système fut baptisé "souricière" parce que les deux signaux ne pouvaient pas être ouverts en même temps. Il n'était donc pas encore véritablement question d'un **signal avertisseur**.

6. Les cabines de signalisation Saxby

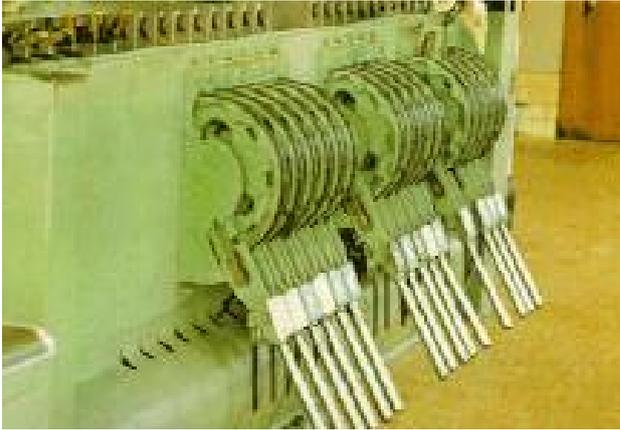


Les cabines de signalisation Saxby ont été installées pour la première fois dans les gares. Auparavant, l'utilisation d'enclenchements pour relier entre eux les signaux d'arrêt et les aiguillages de bifurcations, avait déjà été introduite sur la partie occidentale du réseau français. Ce 'système de Vignier' consistait essentiellement à munir le levier d'enclenchement d'une tringle perforée ou rainurée dans laquelle pouvaient s'insérer d'autres barres ou verrous, eux-mêmes commandés par le levier d'enclenchement. Cet appareil, qui était assez encombrant, n'a jamais fonctionné en Belgique sous sa forme originale. La préférence fut donnée au **système Saxby** qui était surtout caractérisé par ses enclenchements conditionnels et indirects. Le système Saxby était relié aux aiguillages situés en dehors de la gare par des transmissions rigides dont le rayon d'action n'atteignait en principe que 400 mètres. Au départ, la commande des signaux s'effectuait au moyen de transmissions funiculaires (à double fil).

Il existait toutefois déjà des appareils de sécurité complémentaires, tels que les lattes de calage électriques, les contacts de rail, etc.

Les enclenchements mécaniques empêchaient l'aiguilleur de tracer, dans sa cabine de signalisation, des itinéraires incompatibles (sécants ou de sens contraires). Ils garantissaient donc la sécurité du trafic. Les enclenchements mécaniques qui ont été perfectionnés avec le temps, ont fonctionné dans toutes les cabines de signalisation jusqu'à ce qu'ils soient remplacés systématiquement par les postes de signalisation tout relais.

7. Les cabines Siemens



Les premières cabines de signalisation Siemens ont été mises en service entre 1890 et 1900. Tandis que les leviers du système Saxby étaient actionnés d'avant en arrière, ceux du système Siemens l'étaient de bas en haut. Ces leviers étaient reliés aux aiguillages et aux signaux au moyen de transmissions funiculaires qui étaient plus maniables et avaient, en outre, un rayon d'action plus grand. A partir de 1930, les cabines de signalisation Saxby ont également été équipées de transmissions funiculaires pour la commande des aiguillages et des signaux. Au 1er janvier 1979, 374 cabines de signalisation mécaniques, dont 300 cabines Siemens et 26 Saxby, étaient encore en service sur le réseau belge. Les autres postes de signalisation appartenaient à des types variés dont les principaux étaient **S8A** et **Jüdel**.

8. Les premiers postes de signalisation électriques

Au début du vingtième siècle, la signalisation a pu poursuivre son évolution grâce à la production industrielle de courant fort, à la dynamo de Gramme (1872) et au transformateur de l'Anglais Gibbs et du Français Gaulard (1884).

Le téléphone inventé en 1876 par Graham Bell, devait également jouer un rôle important dans cette évolution bien que son entrée en scène se soit heurtée au départ à quelques préjugés : une conversation téléphonique ne laisse en effet aucune trace, contrairement à une communication télégraphique. Jusqu'à la Première Guerre mondiale, les gares continueraient dès lors à faire usage du télégraphe pour l'annonce réciproque des trains.

En pleine voie, les postes de block ne communiquaient que la nature du train. Pour cela, ils se servaient d'un code de signalisation par cloche : quatre coups pour un train de voyageurs, huit coups pour un train de marchandises, etc. Pourtant, les premières lignes téléphoniques entre les postes de block remontent à 1905. En 1914, bon nombre de lignes étaient déjà équipées du téléphone. Par contre, le block-système par téléphone a été progressivement introduit à partir de 1910 sur les lignes qui n'avaient pas été équipées du block-système à appareils par enclenchements.

Septembre 1903 constitue une autre étape importante dans le développement de la signalisation.

En effet, c'est à cette époque que la première cabine de signalisation électrique de Siemens et Hälske fut mise en service à Anvers-Central. Basée sur le principe des enclenchements mécaniques, cette cabine de signalisation faisait appel à des manettes pour la manœuvre des aiguillages et signaux et pour l'enclenchement des itinéraires, ce qui représentait une innovation considérable.

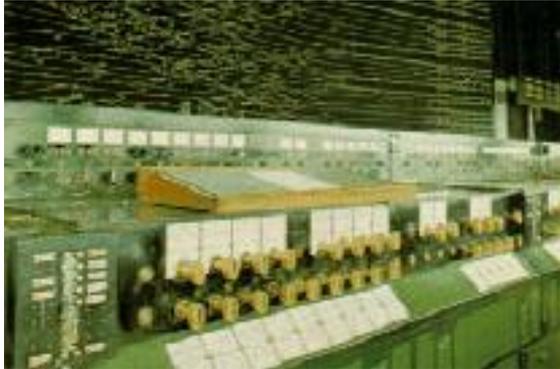
En 1905, Bruxelles-Nord fut équipée de deux cabines de signalisation du même type. Vinrent ensuite Charleroi-Sud, Louvain et Gand-Sud. Plus tard, une cabine de signalisation plus simple, du nouveau modèle, sera construite à Namur dans laquelle les itinéraires et signaux seront commandés au moyen d'une manette au lieu d'un levier. Entre 1913 et 1914, Willebroek, Marchienne-au-Pont et Alost ont également profité de cette nouvelle technique Siemens.

La cabine de signalisation Siemens d'Anvers-Central est restée en service jusqu'en 1953, tandis que celle d'Alost, dernière de cette série, a disparu en 1954. Elle a été remplacée par le premier poste de signalisation tout relais, système B, qui faisait office de prototype.

La première modification profonde de la signalisation a été suscitée par le trafic ferroviaire lui-même. Des vitesses de 100 à 120 km/h devenaient peu à peu courantes sur les lignes Bruxelles - Mons, Bruxelles - Ostende et Bruxelles - Anvers. En 1905, la vitesse des trains de marchandises restait généralement limitée à 45 km/h. Bien qu'à cette époque, il existait déjà un signal avertisseur spécial, à savoir le "bras en forme de pavillon" qui permettait d'atteindre la vitesse maximale autorisée, le besoin d'un véritable signal avertisseur se faisait néanmoins sentir. C'est ainsi que la signalisation du réseau de l'Etat a été modifiée et que la signalisation à deux positions a vu le jour. Les feux de signalisation ont également été adaptés : rouge = arrêt; jaune = continuer prudemment; vert = sûr. Le signal en forme de pavillon était équipé de deux feux verts, et le feu blanc a disparu pour éviter toute confusion avec les feux de signalisation de gare assez singuliers et toujours plus nombreux.

C'est également à cette période que les poteaux de signalisation ont été munis de bras de manœuvre : l'ouverture du signal faisait apparaître une lettre ou un chiffre qui informait le personnel des trains de l'itinéraire tracé. Ce système sera appliqué jusque 1950 environ.

9. Les cabines de signalisation électriques ACEC



Le réseau de l'Etat belge qui, à la veille de la Première Guerre mondiale, comptait parmi les réseaux ferrés les mieux équipés, a malheureusement payé un lourd tribut à cette guerre.

Cela n'a toutefois pas freiné la volonté de modernisation des cheminots. Ainsi, dans les années 1921/22, la signalisation à trois positions a été installée sur les lignes Bruxelles – Arlon, Bruxelles – Ostende, Bruxelles – Anvers, Bruxelles – Herbenthal et Bruxelles – Tournai.

Pour ne rien oublier, il convient de signaler que les principes de cette signalisation nous avaient été amenés des Etats-Unis bien avant la guerre par Monsieur Weissenbruch, un ingénieur des chemins de fer belges. D'ailleurs, cette signalisation à trois positions devait également être introduite dans les années suivantes sur d'autres lignes. Les premiers travaux ont été dirigés par l'ingénieur en chef Verdeyen, dont le nom reste lié au graphique de l'occupation des voies. C'est également au cours de cette période que la signalisation à deux positions a revêtu sa forme définitive, avec ses bras de sémaphore arrondis.

En 1923, le remplacement des anciennes cabines de signalisation par des cabines ACEC a été entamé sur l'ensemble du réseau.

En 1932/1933, la signalisation lumineuse, basée sur les principes de la signalisation à trois positions, a été mise en service entre Charleroi-Sud et Namur et, en 1935, sur la première ligne électrifiée Bruxelles - Anvers.

En 1937/38, un système ACEC amélioré a été introduit à Manage permettant, à l'aide d'une seule manette, d'actionner tous les éléments (aiguillages et signaux) entrant dans le tracé de l'itinéraire. Cette technologie fut développée en vue de la construction de la Jonction Nord-Midi. Les grands postes de signalisation de Bruxelles-Midi, Bruxelles-Nord et Schaerbeek ont été équipés de cette technique au début des années '50. Par la suite, la cabine de signalisation de Manage a été remplacée par un poste tout relais offrant un champ d'action trois fois plus important.

Après la Seconde Guerre mondiale, l'application de l'électricité se renforça toujours plus. C'était l'époque de la reconstruction du réseau. En 1947, la SNCB décida de créer la direction E.S. (Electricité et Signalisation).

10. Les cabines de signalisation tout relais



Les premiers postes de signalisation tout relais sont apparus dès 1950, les enclenchements mécaniques ont donc été remplacés par des enclenchements électriques. Cette technique fait appel à des circuits électriques constitués de contacts de relais et de boutons-poussoirs, une innovation qui a considérablement facilité la tâche des signaleurs. La première cabine de signalisation tout relais a été installée à Soignies par la société Westinghouse.

Après avoir étudié cette nouvelle technique pendant quelques années, la SNCB élaborera son propre système tout relais.

Par la suite, quelques cabines de signalisation ont été construites avec des éléments magnétostatiques offrant une sécurité absolue. Ces éléments, une fois assemblés, remplissaient la même fonction que les relais électromagnétiques.

La gestion de ligne centralisée qui doit son apparition à la technique tout relais, a été introduite pour la première fois en 1961 sur la ligne Liège - Welkenraedt. Un certain nombre de trouvailles techniques, comme l'annonce automatique des trains, les graphiques automatiques et les télécommunications spécialisées ont facilité le maniement et tiré un rendement maximal de l'infrastructure d'une ligne.

Jusqu'aux environs de 1972, c'est le circuit dit d'accouplement qui permettait de contrôler si la section de block/le circuit de voie était ou non occupé(e). Généralement, un interrupteur de secours permettait, en cas de dérangement du circuit de voie, d'obtenir l'accouplement du signal et de l'ouvrir, pour autant que les conditions d'accouplement restantes aient été remplies. Ce système s'appelait **grand accouplement**.

Par la suite, les cabines tout relais passèrent au système du **petit accouplement**, dans lequel l'occupation ou non de la section de block, du circuit de voie n'était plus contrôlée par le circuit d'accouplement, mais bien par le circuit de commande du signal. Ce nouveau système présentait l'avantage de réduire considérablement les formalités de franchissement (il n'était plus nécessaire de contrôler toutes les autres conditions d'accouplement). On retrouve ce système dans les cabines tout relais postérieures à 1972, ainsi que dans celles qui ont subi une modification approfondie.

Jusqu'en 1972 environ, l'occupation d'un gril était contrôlée par des **circuits de voie à pédale** disposés à hauteur des limites de gril. Pour améliorer la qualité de la libération de la voie, il fut procédé progressivement à l'isolation des grils et à la pose de circuits de voie de gril.

11. Les postes de signalisation à commande informatisée

11.1 Le poste de commande électronique (EBP)



Avec la percée de l'informatique dans les années '80, les chemins de fer ont également recherché des moyens permettant la desserte d'un poste de signalisation par ordinateur.

Ainsi, l'ancienne SNCB a mis au point, en collaboration avec une équipe de Siemens, le **poste de commande électronique (EBP)**.

Le poste de commande électronique confère un nouveau visage à la cabine de signalisation classique.

La salle de commande est équipée d'ordinateurs - appelés postes de travail - qui remplacent aussi bien l'(les) ancien(s) pupitre(s) de commande que le tableau de contrôle optique. Tous ces postes de travail sont reliés à un ordinateur central STRATUS à tolérance d'erreurs. Cet ordinateur est entièrement redondant sur le plan interne et continue de fonctionner sans aucun dérangement après l'apparition d'erreurs simples au niveau du hardware.

L'EBP reprend toutes les fonctionnalités présentes dans le poste de commande et les intègre dans un système informatique unique, avec tous les avantages que cela comporte. La partie EBP doit donc être considérée comme l'interface (entièrement revue) homme/machine du poste de signalisation.

Le fonctionnement du système EBP repose sur les données de l'Annonce Automatique des Trains.

Tout comme avec le système d'Annonce Automatique des Trains, les données de train sont transmises à ARTEMIS (**A**dvanced **R**ailway **T**raffic **E**nvironment **M**anagement and **I**nformation **S**ystem) / ARTWEB (**A**dvanced **R**ailway **T**raffic **W**EB) qui permet de suivre la circulation des trains en temps réel via l'Intranet.

L'EBP offre un nombre d'avantages indéniables :

- Le nombre de cabines de signalisation peut être fortement réduit. Cela doit renforcer l'efficacité et la flexibilité de l'exploitation et permettre de travailler de manière plus rationnelle.
- L'EBP permet aussi d'attribuer une plus grande zone de travail aux postes de signalisation grâce à la télécommande intégrée. L'objectif est d'équiper, dans le cadre de la modernisation de la signalisation, un grand nombre de postes de signalisation de la technologie EBP.
- Contrairement à l'équipement traditionnel, l'EBP est un système actif. Il filtre les données avant de les afficher et assume un certain nombre de tâches de routine du signaleur. L'EBP connaît les itinéraires habituels des trains et suggère lui-même des itinéraires. La fonction du signaleur-opérateur consiste alors davantage à assurer le suivi de la circulation des trains que le tracé des itinéraires. L'EBP comprend également une fonction de test et d'assistance qui peut aider l'opérateur en cas de problèmes de trafic.
- L'utilisation d'un **serveur d'images** permet de placer les images EBP sur l'intranet pour une consultation à partir de n'importe quel local ou bâtiment, depuis un PC traditionnel, un poste de travail ou tout autre appareil. Cette opération ne peut d'ailleurs être effectuée que par des utilisateurs détenant au moins la compétence d'"observateur" dans l'installation EBP concernée.
- L'utilisation d'un **serveur logbook** permet de consulter rapidement et de manière conviviale via l'intranet le livre de bord d'une installation EBP à partir d'un simple PC, poste de travail ou tout autre appareil et de l'imprimer sur l'imprimante locale.
- Deux postes des signalisation EBP (généralement adjacents) ont la possibilité de procéder à un échange réciproque de commandes et de signalisations (par exemple, l'envoi d'une commande CSTR pour un tronçon dont une extrémité se trouve dans un poste de signalisation et l'autre dans l'autre poste de signalisation).
- Diagnostic automatique à distance : toutes les installations EBP sont suivies depuis le helpdesk de Bruxelles-Midi au niveau du fonctionnement hardware. Actuellement, quelque 5000 paramètres sont transmis à cette fin (NAGIOS).
- La **fonctionnalité ZAP** permet de commander automatiquement l'ouverture de certains signaux lorsque le mouvement se trouve dans la Zone d'Approche ZAP. Le calcul de la présence d'un mouvement dans la zone d'approche s'effectue sur la base de l'enregistrement de passage dans un gril ou à hauteur d'un point d'enregistrement de passage (et non sur la base de l'occupation des voies). L'envoi de l'ordre de traçage de l'itinéraire et de commande de signal a lieu le plus tard possible, d'une part, (pour ne pas imposer de restrictions inutiles dans le gril) et suffisamment tôt, d'autre part, (pour donner une autorisation de mouvement maximale au train en lui présentant l'aspect de signal le moins restrictif¹).

En ce qui concerne le système d'enclenchement, l'EBP peut être raccordé à une salle à relais classique d'un poste de signalisation tout relais, ou à un poste à logique programmée (PLP).

¹ Respect de la 'règle de confort' qui impose l'ouverture d'un signal en temps opportun, parce que l'observation d'un ordre d'arrêt contraint le conducteur à freiner).

11.2 - Le poste à logique programmée (PLP)

Le PLP a été mis au point par ACEC Transport sur la base de la technologie des chemins de fer britanniques.

Ce système reprend toutes les fonctions traditionnelles de l'enclenchement de la salle à relais classique et offre en plus les avantages incontestables de l'électronique :

- Sécurité et fiabilité grâce à un triple traitement de l'information et une décision à la majorité (2/3).
- Entretien aisé et limité.
- Gain de place.
- Convivialité d'utilisation.
- Flexibilité dans la libération intermédiaire (voir plus loin).
- Facilité d'adaptation à la situation d'exploitation.

Grâce à sa conception astucieuse, le système PLP peut être facilement adapté aux principes de signalisation d'Infrabel. Le paramétrage PLP permet d'appliquer la libération intermédiaire à un parcours, d'une manière à la fois souple et simple :

- La libération s'effectue par circuit de voie ou par paire de circuits de voie;
- Aucun contact de rail n'est requis à hauteur du point de libération intermédiaire;
- Il vérifie que les différentes portions d'itinéraire sont libérées dans le bon ordre.

Le poste à logique programmée fonctionne toujours en combinaison avec un poste de commande électronique et veille, comme pour la salle à relais dans un poste de signalisation tout relais, à ce qu'il existe un lien sûr entre la position des aiguillages et l'aspect présenté par les signaux.

Un PLP comprend essentiellement une ou plusieurs **armoires SSI** (Solid State Interlocking) dans laquelle/lesquelles 3 modules d'enclenchement indépendants traitent les données de l'équipement présent en campagne (signaux, aiguillages, passages à niveau, ...) et les demandes émanant du niveau de commande (EBP). Cela débouche sur une prise de décision à la majorité des deux tiers, qui commande l'appareillage en campagne, tout en garantissant une grande sécurité et une grande sûreté d'exploitation.

La technologie PLP est également adaptée à l'évolution des autres technologies. C'est ainsi qu'est apparu, par exemple, le Smartlock. Un Smartlock est entièrement compatible avec l'équipement extérieur d'un poste PLP classique. Il remplace toutefois les 6 cartes SSI, ce qui rend le système d'enclenchement beaucoup plus compact et aussi beaucoup plus stable.

De plus, le Smartlock permet un diagnostic plus flexible à distance.

La communication avec l'appareillage extérieur est assurée par un double réseau de fibres de verre disposé en boucle, de telle sorte qu'une rupture dans le réseau de câbles ne paralyse pas l'installation.

Les ordinateurs existent déjà depuis pas mal de temps, et l'on peut se demander à juste titre pourquoi ils n'ont pas été appliqués plus tôt à la signalisation. La réponse est simple : la sécurité. Ce n'est qu'à partir de 1990 environ que la technologie informatique a offert suffisamment de garanties en matière de fiabilité, à un prix acceptable. En outre, seules des informations à sécurité intégrée ("failsafe") sont utilisées : en cas de perte d'informations à la suite de la défaillance d'un composant ou

d'un mauvais contact, le système adopte toujours la position la plus sûre. Avec le PLP, l'EBP représente le poste de signalisation des années '90/2000. Un prototype de poste EBP a été mis en service en 1992 à la gare de formation d'Anvers-Nord. Le premier poste de signalisation combiné EBP-PLP a été mis en service à Forest-Midi en 1993.

A l'heure actuelle, il y a, sur l'ensemble du réseau, 20 postes de signalisation EBP en service : Anvers-Nord, Berchem, Bertrix, Bruges (d'où est assurée également la desserte d'Ostende et La Panne depuis le 22 octobre 2006) Bruxelles-Nord, Charleroi, Forest-Voitures, Gand-Saint-Pierre, Ligne à grande vitesse L1, Ligne à grande vitesse L2, Louvain, Liège, Malines, Mol, Namur, Nivelles, Ottignies, Saint-Ghislain, Verviers et Waaslandhaven. Bruxelles-Nord et Ronet possèdent un centre de formation. A l'avenir, Herentals est également prévu au programme et verra l'installation d'un type d'ordinateur STRATUS entièrement neuf – avec une plus grande capacité de calcul, un système d'exploitation plus puissant (Linux) et s'appuyant sur une base de données SQL -, ce qui permettra de charger un nouveau paramétrage EBP sans devoir arrêter l'installation EBP, et de pouvoir également effectuer un transfert vers un backup PC.

L'objectif est de doter, dans le cadre de la modernisation de la signalisation et de la concentration des cabines de signalisation, un grand nombre de postes de signalisation de la technologie EBP.

11.3 Réseau de diagnostic (DGN)

Le programme de concentration des cabines de signalisation a fait naître le besoin d'un système qui soit capable de contrôler le bon fonctionnement des différentes installations de signalisation et d'alimentation.

Dans un premier temps, cette information était mémorisée via les modules PLP en campagne (pour l'installation extérieure) ou via un ordinateur à interface IO (pour la salle des ordinateurs). Compte tenu du coût élevé, et puisqu'il ne s'agit pas en l'occurrence de signalisations liées à la sécurité, une alternative a été recherchée. L'industrie offrait un éventail de possibilités. La condition requise était que le PLC (Programmable Logic Controller) central puisse communiquer avec l'EBP.

Un projet pilote fut donc lancé en 2000 sur la Ligne 50A (Bruxelles – Gand-Saint-Pierre), dans le cadre des travaux de renouvellement. Pour le réseau de diagnostic, il a été opté en faveur d'un PLC Siemens de type N7, doté d'un réseau profibus. Dans toutes les installations suivantes, un système T-Box a été utilisé à cette fin. Le PLC central est relié à un ordinateur STRATUS, qui transmet à son tour l'information à l'opérateur et au répartiteur ES.

L'information peut ainsi être mise directement à la disposition du personnel d'entretien via un PC de diagnostic. Cette information est également disponible sur l'intranet dans un format HTML.

Le réseau de diagnostic est appliqué à tous les nouveaux travaux d'investissement.

11.4 Quelques notions relatives à l'EBP et au PLP

- Une **ligne de mouvement** indique les itinéraires qui seront empruntés par un mouvement.
Il s'agit de l'évolution planifiée d'un train déterminé, adaptée en temps réel par le système au mouvement du train, à la situation de la salle à relais et aux problèmes qui se manifestent ou disparaissent. Une ligne de mouvement est représentée sur l'écran de dialogue et peut être entièrement adaptée par l'opérateur.
- Une **route** est une variable interne du SSI (PLP). Il s'agit de la distance à parcourir par un mouvement entre deux signaux successifs à respecter, soit entre un signal et un point S ou D (voir plus loin) soit entre deux points S ou D, avec la direction correspondante.
- Une **sous-route** est une variable interne du SSI (PLP) qui est utilisée pour enclencher un ou plusieurs aiguillages ou matérialiser un blocage du sens de circulation.

- Un **trajet** est la distance qu'un mouvement peut parcourir sur l'ensemble des itinéraires et sections de block qui se succèdent à l'intérieur d'une même gare ou entre des différentes gares. La succession normale des points de trajet peut être programmée au préalable pour chaque trajet (partiel) à l'intérieur de la zone EBP, de commun accord entre les services Réseau et Signalisation. On parle alors d'un **trajet préprogrammé**.
 - Un **point de trajet** permet de faire un choix sans équivoque entre les différents itinéraires d'un même trajet; il peut s'agir d'une voie, d'un signal ou d'un point d'itinéraire.
 - Un **point obligatoire** est un point d'itinéraire ou de trajet par lequel un mouvement doit impérativement passer.
 - La **réutilisation** est le changement du numéro de train sur une voie déterminée ou la scission d'un train en deux ou plusieurs rames.
 - L'**écran de dialogue** est l'écran sur lequel l'opérateur peut suivre et traiter la ligne de mouvement.
 - L'**écran de visualisation** est l'écran qui fournit un aperçu global de la zone d'action, sans les détails.
 - L'**écran de détail** est celui qui restitue une image détaillée d'une partie de la zone EBP.
 - Un **poste d'information** (thin client) est un écran situé près de l'opérateur, qui peut afficher une image supplémentaire au choix.
 - Un **terminal de gestion** (EBP Management Terminal ou EMT) est un poste de travail dont l'opérateur se sert pour :
 - la consultation du livre de bord électronique;
 - la consultation et la gestion des données relatives au service des trains;
 - la gestion utilisateur;
 - le règlement des programmes d'entretien technique réservés au personnel technique.
 - Un **poste de travail** est un poste de commande de la zone EBP, qui est utilisable par tous les opérateurs et peut desservir n'importe quelle partie de la zone EBP.
 - Une **zone de base** est la plus petite zone constituée de voies et d'installations de signalisation, dont la commande peut être échangée entre les utilisateurs.
 - La **zone d'action** des utilisateurs peut se composer d'une, de plusieurs ou de toutes les zones de base.
 - Un **groupe** est une zone composée d'installations de signalisation (signaux, aiguillages, ...) dont le dernier caractère du repère est identique. Cette lettre est la caractéristique du groupe (lettre de groupe).
 - Une **zone EBP** est l'ensemble des groupes gérés à partir d'un même EBP. Elle se caractérise par le nom de la gare où se trouve le poste dirigeant (par exemple, EBP Gand-Saint-Pierre).
-

La signalisation à la SNCB

Partie 2 La signalisation actuelle

Contenu :

1 Avant-propos

2. Principes de base de la signalisation

2.1 Avant-propos

2.2 Lignes, voies et raccordements

2.3 Sens de circulation

2.4 Appareils de voie

2.5 Point dangereux

2.6 Combinaison d'appareils de voie

2.7 Programme de la signalisation

2.8 Equipements: signaux fixes et signaux mobiles le long de la voie

2.9 Mouvement

2.10 Tracé - trajet - itinéraire - fraction d'itinéraire - point d'itinéraire

2.11 Aiguillages empruntés, aiguillages incompatibles et aiguillages de protection

2.12 Indications de sécurité

2.13 Nature d'un mouvement

2.14. Type de mouvement : mouvement IN et OUT

2.15 Régime d'un mouvement : grand et petit mouvement

2.16 Circulation à vitesse normale et en marche à vue

2.17 Monocinétisme

2.18 Blocage et block-système

2.18.1 Les sept consignes du block-système

2.18.2 Types de block-systèmes

2.18.3 Subdivision d'un tronçon de voie en sections de block

2.18.4 Blocage du sens de marche

2.18.4.1 BSRM

2.18.4.1.1 Application

2.18.4.1.2 Particularités

2.18.4.2 Blocage permanent du sens de marche (BSP)

2.18.4.2.1 Application

2.18.4.2.2 Particularités

2.18.4.3 Blocage intermittent (= non permanent) du sens de circulation (BSI)

2.18.4.3.1 Application

2.18.4.3.2 Particularités

2.18.4.3.3 Remarque

2.19 Poste de signalisation, salle de commande, local technique et équipement extérieur

2.20 Poste de signalisation, poste de block, cabine de signalisation, poste d'aiguilleur, poste de triage

2.21 Prise en considération des signaux

2.22 Signal avertisseur - signal d'arrêt

2.23 Avertissement de signal

2.24 Zone en amont et en aval d'un signal

2.25 Description d'un mouvement

2.25.1 Annonce du trafic

2.25.2 Commande d'itinéraire

2.25.3 Commande du signal

2.25.4 Occupation et couverture de l'itinéraire

2.25.5 Enregistrement du passage

2.25.6 Libération

2.25.7 Libération intermédiaire

2.25.8 Fermeture intempestive d'un signal d'arrêt

2.25.9 Non-utilisation d'un itinéraire tracé

2.26 Autres particularités de la signalisation

2.26.1 Manoeuvres spéciales pour les besoins de l'exploitation

2.26.1.1 Manœuvre avec rebroussement

2.26.1.2 Manoeuvre limitée

2.26.1.3 Manoeuvre en tiroir

2.26.2 Triage

2.26.3 Protection des caténaires

2.26.4 Commande cyclique

2.26.5 Mise hors service d'un poste de signalisation

2.26.6 Télécommande

2.26.7 Equipement TW des passages à niveau

2.26.8 Commande de signaux couplés

2.26.9 Slots électriques couplés

2.26.10 Enregistrement intermédiaire en pleine voie

2.26.11 CSTR

2.27 Contrôle de la fermeture des signaux

2.28 Contrôle de l'éclairage des signaux

2.29 Quelques notions

2.30 Documents locaux relatifs aux postes de signalisation

2.30.1 Instruction locale

2.30.2 Instruction locale temporaire

2.30.3 Instruction professionnelle

2.30.4 Consigne

2.31 Rappel du personnel d'entretien de la signalisation en dehors des heures de service

2.32 Contrôle des installations de signalisation

2.33 Dispositifs de blocage, plombs et dispositifs d'attention

3 Systèmes de signalisation

3.1 Le système de signalisation à deux positions

3.2 Le système de signalisation à trois positions

3.3 La signalisation lumineuse

3.4 Identification des signaux lumineux et téléphone

3.5 Sécurité en cas de dérangement à un signal lumineux

3.6 Signalisation de vitesse

3.7 Vitesse de référence

3.8 Classification des indications de vitesse

3.9 Crocodile

3.10 Signaux hors service, éléments de signal et panneaux

4 Détection des trains

4.1 Contacts de rail

4.2 Circuits de voie

4.3 Compteurs d'essieux

4.3.1 Compteurs d'essieux autonomes

4.3.2 BSRM avec compteurs d'essieux de type Siemens AzS(M)350T

4.3.3 Quelques notions en rapport avec les compteurs d'essieux

5 Aiguillages et autres appareils de voie

5.1 Introduction

5.2 Aiguillage abordé par la pointe et par le talon

5.3 Position normale et renversée d'un aiguillage

5.4 Position gauche et droite d'un aiguillage

5.5 Aiguillages articulés et flexibles

5.6 Manœuvre, verrouillage et contrôle des aiguillages

5.7 Talonnage et possibilité de talonner un aiguillage ou appareil de voie

5.8 Permissivité d'un aiguillage

5.9 Verrouillage électromécanique des aiguillages

5.10 Chauffage d'aiguillage

5.10.1 Commandes de chauffage

5.10.1.1 Régimes

5.10.1.2 Commandes et contrôles

5.11 Chauffage du mécanisme de commande des aiguilles

5.12 Fiche de contrôle des organes de commande des aiguillages

5.13 Forces exercées sur la crémaillère d'un mécanisme de commande d'aiguille

5.13.1 Force de commande maximale :

5.13.2 La force de friction

5.13.3 La force négative

5.13.4 La force de talonnage

5.14 Autres appareils de voie

5.14.1 Taquets d'arrêt

5.14.2 Aiguilles de déraillement

6 Passages à niveau

6.1 Introduction

6.2 Classification des passages à niveau

6.3 Contrôle du fonctionnement des passages à niveau automatiques

6.4 Couplage des signaux aux passages à niveau : Système DA (Dédoublément d'alarme)

7 Traversées de service

7.1 Traversées de service de type A

7.2 Traversées de service de type B

7.3 Traversées de service de type C

7.4 Traversées de service de type D

7.4.1 Traversées de service de type D1

7.4.2 Traversées de service de type D2

7.4.3 Traversées de service de type D3

7.4.4 Traversées de service de type D4

7.4.5 Traversées de service de type D5

7.5 Traversées de service de type E

8 Répétition des signaux dans le poste de conduite : brosse/crocodile, TBL₂, ETCS, TVM430

8.1 Le crocodile

8.2 TBL

8.2.1 TBL1

8.2.2 TBL2

8.3 TVM 430

8.4 ERTMS/ETCS (European Rail Traffic Management System/European Train Control System)

8.4.1 Introduction

8.4.2 Genèse du système

8.4.3 Avantages d'un système interopérable

8.4.4 Structure du système

8.4.4.1 Sous-système de voie

8.4.4.2 Sous-système de bord

8.4.5 Le projet ETCS

8.4.5.1 Description de l'infrastructure existante et des problèmes

8.4.5.2 Objectif fonctionnel du nouveau projet ETCS

8.4.5.3 Une sécurité accrue

8.4.5.4 Le système TBL1+

8.4.5.5 La moitié du réseau en 2009, l'ensemble du réseau à l'horizon 2012

8.4.5.6 L'ETCS sur le réseau ferroviaire belge

9 L'électronique, un outil au service des postes de block

9.1 Le dispositif d'annonce automatique des trains (AAT)

9.2 Le livre de bord électronique (ELB)

9.3 PIDAAS (Passenger Information Digital Audio Announce System)

10 Liaisons radio avec les trains

10.1 Systèmes analogues

10.2 GSM-R

11 Détection de boîtes chaudes (DWBC)

11.1 Objectif

11.2 Principe de fonctionnement

12 La signalisation sur les lignes à grande vitesse

12.1 Interaction entre deux équipements

12.2 Combinaison complexe des systèmes de sécurité

13 Régulation du trafic

13.1 Régulation du trafic au niveau local

13.1.1 Exemple : poste de block 6 Gand-Saint-Pierre

13.1.1.1 Répartition des tâches

13.2 Régulation du trafic au niveau national : Traffic Control

14 Sécurité, fiabilité et disponibilité des installations de signalisation

14.1 Sécurité

14.2 Fiabilité

14.3 Disponibilité

14.4 Mise à l'épreuve d'une installation

15 Inventaire des postes de signalisation - situation au 01/01/2004

16 La tâche du service Signalisation

17 Conclusion

1 Avant-propos

La Belgique possède l'un des réseaux de chemin de fer les plus denses et les plus fréquentés au monde. Notre pays est traversé par quelque 3 600 kilomètres de lignes, soit 6 300 kilomètres de voies, alors que la production annuelle en termes de trafic représente 10^8 (1 milliard de) train-kilomètres. Les trains doivent atteindre leur destination en toute sécurité en empruntant les nombreux nœuds importants, véritables enchevêtrements de voies.

La sécurité d'un parcours dépend dans une large mesure de la signalisation, parfois qualifiée de cœur du chemin de fer. Contrairement à l'automobiliste, le conducteur de train ne peut pas choisir lui-même son itinéraire. La manoeuvre des appareils de voie, signaux, passages à niveau, etc. est commandée à partir des postes de signalisation.

Le fonctionnement de base d'un poste de signalisation est relativement simple. Le signaleur ou opérateur trace un itinéraire imaginaire pour le mouvement de train. Il place à cette fin tous les appareils de voie à emprunter dans la bonne position. Puis, pour empêcher toute manoeuvre intempestive de ces appareils de voie, l'itinéraire est "enclenché" (cette opération peut être effectuée de manière mécanique, électrique, électromécanique ou informatique). Le conducteur de train reçoit ensuite les indications nécessaires à l'exécution du mouvement via les signaux implantés latéralement le long des voies. Un rapport de sécurité formel est ainsi établi entre les aiguillages et les signaux. Après le passage du mouvement, l'enclenchement est levé, et les appareils de voie peuvent à nouveau être manoeuvrés pour permettre l'établissement éventuel d'un nouvel itinéraire.

Un réseau ferré moderne doit impérativement disposer d'une signalisation bien conçue, fiable et sûre en toutes circonstances. Les principes de cette signalisation sont quelque peu détaillés dans les chapitres suivants.

2. Principes de base de la signalisation

2.1 Avant-propos

Le présent chapitre énonce quelques principes de base de la signalisation. Ce texte ne remplace **en aucun cas** le RGUIF (Règlement Général pour l'Utilisation de l'Infrastructure Ferroviaire) qui contient une terminologie précise et une réglementation stricte en matière de signalisation.

2.2 Lignes, voies et raccordements

Le réseau de la SNCB comporte des **lignes à double voie** et des **lignes à voie unique**, classées comme suit :

- a. lignes principales**, empruntées par les trains de voyageurs et de marchandises à une vitesse qui est généralement supérieure à 40 km/h;
- b. lignes locales**, subdivisées en :
 - **lignes à exploitation simplifiée**, empruntées par des trains de marchandises et exceptionnellement par des trains de voyageurs, à une vitesse n'excédant pas 40 km/h;
 - **lignes industrielles**, empruntées exclusivement par des trains de marchandises qui

desservent des entreprises liées, et ce à une vitesse n'excédant pas 40 km/h.

En fonction des mouvements qui y sont normalement autorisés, l'on distingue :

a. dans les gares :

1. les voies principales, réservées en service régulier aux trains de voyageurs et de marchandises. Elles comprennent :

- les voies principales directes, normalement affectées au passage des trains qui ne font pas arrêt en gare, et auxquelles la signalisation de pleine voie et, plus particulièrement, la répétition des signaux, est toujours appliquée;
- les voies principales de réception, normalement affectées à la circulation des trains qui s'arrêtent en gare, et auxquelles la signalisation de pleine voie et, plus particulièrement, la répétition des signaux, n'est appliquée qu'exceptionnellement;

2. les voies de triage, destinées aux manœuvres;

b. en dehors des gares :

- les voies principales qui relient deux gares voisines ou les deux extrémités d'une ligne ferroviaire;
- les **voies de garage**, reliées à une voie principale en dehors des gares et utilisées pour le garage des trains et/ou la desserte d'installations intermédiaires.

Les **raccordements ferroviaires** sont des installations situées dans ou en dehors des gares et mises à la disposition de particuliers ou de services spécifiques de la SNCB ou d'Infrabel.

2.3 Sens de circulation

Sur les lignes à double voie, à l'exception du tronçon de ligne Montzen – Aachen-West, les trains roulent normalement à gauche.

Une **voie spécialisée** est une voie qui, en service normal, est empruntée dans un sens bien déterminé. Ce sens est appelé **sens de circulation à voie normale**, le sens opposé est qualifié de **sens de circulation à contre-voie**.

Une **voie banalisée** est une voie qui, en service normal, peut être empruntée dans les deux sens. Sur une voie banalisée, les deux sens de circulation sont appelés **sens de circulation à voie normale**.

2.4 Appareils de voie

Un **aiguillage** assure la continuité entre deux voies, voire trois exceptionnellement, et la voie commune qui les prolonge. Dans le premier cas, on parlera d'un **branchement simple**; dans le second, d'un **branchement double (aiguillage à trois directions)**. Les aiguillages peuvent être placés en position de voie directe ou en courbe.

La **traversée ordinaire** est placée au croisement de deux voies, mais sans possibilité de passer de l'une à l'autre. L'une des deux voies est appelée **voie directe**, l'autre **voie transversale**. Généralement, le croisement est réalisé de biais, avec un angle aigu, suivant deux mouvements rectilignes. Il peut cependant aussi être aménagé en courbe.

Le **croisement à aiguilles** remplit la même fonction qu'une traversée ordinaire, mais possède, à hauteur du cœur de traversée, des aiguilles mobiles qui garantissent l'absence de tout interstice pour le guidage du boudin de roue. Cela permet de réduire l'angle de croisement et d'atteindre dès lors des vitesses plus élevées. Par conséquent,

les croisements à aiguilles se retrouvent fréquemment aux bifurcations.

La **traversée-jonction simple** est posée au croisement de deux voies et permet de passer d'une voie à l'autre par un seul côté de l'aiguillage.

La **traversée-jonction** est posée au croisement de deux voies et permet de passer d'une voie à l'autre par les deux côtés de l'aiguillage.

L'**aiguillage à coeur à pointe mobile** (voir 3.5.5) est constitué de deux parties : d'une part, les lames d'aiguille et, d'autre part, le coeur à pointe mobile, chaque partie étant commandée par un appareil de manoeuvre distinct.

L'**aiguille de déraillement** est insérée dans une file de rails. Elle peut en interrompre la continuité et provoquer ainsi le déraillement d'un mouvement non autorisé afin d'éviter toute collision avec un autre mouvement.

Les **aiguilles** des appareils de voie peuvent être manoeuvrées sur place au moyen d'un **levier à simple ou double action**, ou à distance au moyen d'un **appareil de manoeuvre électrique ou mécanique** (monté à hauteur de l'appareil de voie) et d'un **levier**, d'une **manette** ou d'un **bouton de commande** (monté(e) sur le poste de signalisation). La commande à distance permet de réaliser un enclenchement direct avec les signaux.

2.5 Point dangereux

On appelle **point dangereux** le point de convergence de deux voies, où la présence simultanée de deux véhicules est interdite. Ces points sont (généralement) caractérisés par une traverse d'écartement peinte en blanc. Le dépassement de la traverse d'écartement correspond à l'occupation de l'appareil de voie. Des points dangereux fixes se retrouvent également à hauteur d'une jonction, d'une traversée transversale, d'une jonction double ou dans un complexe d'aiguillages. De même, les ponts mobiles, plaques tournantes, passages à niveau, ainsi que les obstacles incidentels doivent être considérés comme des points dangereux.

2.6 Combinaison d'appareils de voie

On appelle :

- **bifurcation ordinaire**, l'endroit où une ligne ferroviaire se sépare d'une autre avec croisement de voies à un même niveau;
- **traversée-jonction**, l'endroit où une ligne ferroviaire se sépare d'une autre sans croisement de voies à un même niveau;
- **jonction**, l'ensemble formé par deux aiguillages et leurs rails de raccord, reliant deux voies parallèles;
- **traversée diagonale** ou **transversale**, une série d'appareils de voie disposés en ligne droite, qui coupe plusieurs voies parallèles;
- **jonction double**, l'ensemble formé par les appareils de voie de deux liaisons ou de deux traversées diagonales qui se croisent;
- **complexe d'aiguillages**, l'ensemble des appareils de voie qui composent l'entrée ou la sortie d'une gare;
- **gril**, un groupe d'appareils de voie protégés par des signaux d'arrêt;
- **sas de manoeuvre**, une zone située au milieu d'un gril et qui ne comporte pas d'appareils de voie. Le sas de manoeuvre est limité aux deux extrémités par un petit signal d'arrêt.
Cela permet d'effectuer de petits mouvements sans devoir traverser le gril tout entier tout en exécutant simultanément d'autres mouvements qui évitent le sas.

2.7 Programme de la signalisation

La signalisation a pour but de fournir aux conducteurs de train les indications précises nécessaires à l'exécution d'un mouvement. Elle doit garantir que l'itinéraire emprunté :

- ne présente pas la moindre interruption et ne peut pas être coupé par un autre mouvement;
- n'est pas emprunté par autre mouvement, que ce soit dans le même sens ou dans le sens opposé;
- peut être parcouru à la vitesse autorisée.

2.8 Equipements: signaux fixes et signaux mobiles le long de la voie

Les **signaux fixes** sont des signaux implantés à demeure, à un endroit bien déterminé le long de la voie. Les signaux qui s'adressent aux mouvements circulant sous le régime voie normale sont normalement implantés **à gauche** de la voie concernée, et ceux qui s'adressent aux mouvements circulant sous le régime contre-voie se trouvent normalement **à droite** de la voie en question. Les signaux implantés à titre exceptionnel de l'autre côté de la voie, portent un panneau avec une flèche blanche sur fond bleu, dirigée vers le bas. Les conducteurs sont informés de l'emplacement des signaux fixes par le biais des documents prévus à cette fin.

Les **signaux mobiles implantés le long de la voie** sont des signaux qui peuvent être utilisés à tout moment et à n'importe quel endroit le long de la voie. Ils s'adressent aussi bien aux grands qu'aux petits mouvements, sans toutefois déterminer ou modifier la nature ou le régime des mouvements (à quelques exceptions près). Les signaux mobiles de voie englobent les **signaux optiques** (drapeaux, plaques, lanternes) et les **signaux acoustiques** (pétards et klaxon).

2.9 Mouvement

Un **mouvement** est le déplacement d'un ou de plusieurs véhicules ferroviaires accouplés. Hormis quelques cas exceptionnels, un mouvement est toujours autorisé par un signal d'arrêt (fixe ou mobile) ou par un ordre verbal ou écrit.

Un mouvement ne peut être exécuté que jusqu'au pied du prochain signal d'arrêt à respecter.

2.10 Tracé - trajet - itinéraire - fraction d'itinéraire - point d'itinéraire

Un **tracé** est la distance qu'un mouvement peut parcourir entre un signal d'arrêt manoeuvré et le prochain signal d'arrêt à respecter ou panneau imposant l'arrêt, et entre lesquels se trouvent en principe un ou plusieurs appareils de voie. Il se compose en principe de trois parties :

- la partie comprise entre le signal d'arrêt d'amont et le premier appareil de voie;
- la partie comprenant les appareils de voie;
- la partie située entre le dernier appareil de voie et le prochain signal d'arrêt à respecter ou panneau imposant l'arrêt.

Un **trajet** est un enchaînement de tracés successifs pour un train déterminé.

Un **itinéraire** est une portion de tracé qui contient les appareils de voie et qui est comprise entre les points de libération situés aux extrémités de ce tracé.

Une **fraction d'itinéraire** ou **itinéraire partiel** est la partie d'itinéraire située entre deux points de libération. Elle comprend un groupe d'appareils de voie qui sont enclenchés ou libérés ensemble.

Un **point d'itinéraire** permet, pour un même tracé, de rendre explicite le choix entre les différents itinéraires.

Afin de garantir la sécurité d'un mouvement, il importe que :

- les aiguilles des appareils de voie à emprunter soient orientées de manière à garantir la **continuité** de l'itinéraire;
- les appareils de voie qui ne seront pas empruntés par le mouvement, **protègent** l'itinéraire tracé contre les cisaillements;
- les aiguilles des appareils de voie soient **immobilisées**, afin d'obtenir la protection de l'itinéraire.

2.11 Aiguillages empruntés, aiguillages incompatibles et aiguillages de protection

Un **aiguillage emprunté** est un aiguillage dont l'appareil proprement dit ou l'aiguille est emprunté(e).

Un **aiguillage incompatible** est un aiguillage qui n'est pas emprunté, mais donne accès à une traversée sur l'itinéraire. Les conditions d'itinéraire n'imposent pas le contrôle de la bonne position de l'appareil en campagne.

Si la distance entre les pointes de deux aiguillages placés pointe contre pointe est inférieure au minimum prescrit, il convient d'imposer une restriction de vitesse supplémentaire si les deux aiguillages sont empruntés en voie déviée. Si cette distance est encore réduite, les deux aiguillages ne peuvent probablement pas être empruntés simultanément dans la voie déviée. Ce type de cas est appelé **incompatibilité du point de vue de la Voie**.

Un **aiguillage de protection** est un aiguillage qui n'est pas parcouru, mais qui dévie un convoi qui se met inopinément en mouvement, de l'itinéraire tracé. Il peut ou non avoir une position préférentielle contrôlée. Un aiguillage de protection n'est prévu que si aucun itinéraire signalisé compatible n'est entravé.

2.12 Indications de sécurité

Les indications de sécurité sont des indications affichées sur le tableau de contrôle optique ou sur l'écran EBP, qui peuvent être considérées comme étant 'sûres du point de vue de la technique de signalisation', cela signifie que le personnel d'exploitation peut considérer la position la moins restrictive de ces indications comme étant fiable à 100 %. Il s'agit, par exemple, d'indications de la position d'aiguille, du dispositif de blocage, de la non-occupation d'un circuit de voie ou d'une section de voie, etc.

2.13 Nature d'un mouvement

Selon la nature du mouvement, on a affaire à :

- un **grand mouvement**, qui s'effectue à la vitesse normale autorisée par la signalisation;
- un **petit mouvement**, qui s'effectue en marche à vue. La vitesse maximale est fixée à 40 km/h.

Les notions de **grand** et de **petit mouvement** ne doivent pas être confondues avec les notions respectives de 'train' et 'manoeuvre', deux concepts en usage auprès du service Réseau :

- **Train**

Tout mouvement auquel est attribué :

- un numéro qui permet son identification par rapport au sillon utilisé.
- un horaire mentionnant au moins une heure de départ (ou l'heure d'entrée sur une voie hors service) et une heure d'arrivée (ou heure de sortie d'une voie hors service).

- **Manoeuvre**

Tout mouvement qui n'est pas considéré comme un train; par exemple, le retrait ou l'adjonction de véhicules aux trains, ou encore les opérations de desserte des cours à marchandises, raccordements ferroviaires, ateliers, etc. Un train et une manoeuvre peuvent tous deux circuler en tant que grand ou petit mouvement. La vitesse maximale dans le cas d'une manoeuvre est toutefois de 40 km/h (20 km/h pour les mouvements de refoulement).

Dans le cas des postes de commande électroniques, un numéro de train est attribué d'office à chaque mouvement, qu'il s'agisse d'un train ou d'une manoeuvre. Ce numéro est seulement requis du point de vue de la signalisation, pour la formation de la ligne de mouvement.

2.14. Type de mouvement : mouvement IN et OUT

Jusqu'à l'apparition des postes de commande électroniques, une distinction était opérée entre le type de mouvement, à savoir :

- **mouvement IN** pour un mouvement d'un point de direction vers un point de quai ;
- **mouvement OUT** pour un mouvement d'un point de quai vers un point de direction.

Les concepts de point de direction et de point de quai sont détaillés au point 3.2.29.

2.15 Régime d'un mouvement : grand et petit mouvement

Un **grand mouvement** est toujours effectué sous le régime voie normale ou contre-voie.

Un **petit mouvement** n'a pas de régime. Il s'effectue dans les deux sens de marche sur n'importe quelle voie.

2.16 Circulation à vitesse normale et en marche à vue

La **circulation à vitesse normale** s'effectue à une vitesse autorisée par la signalisation (ou) la réglementation.

La **circulation en marche à vue** s'effectue à une vitesse telle que l'agent responsable (le conducteur de train ou, dans certains cas, l'agent de triage) puisse, à coup sûr, immobiliser le mouvement avant un obstacle prévisible présent sur l'étendue de voie libre qu'il perçoit clairement devant lui. La vitesse maximale autorisée lors de la marche à vue s'élève, pour les grands mouvements, à 40 km/h le jour et à 20 km/h la nuit. Pour les petits mouvements, la vitesse maximale autorisée est de 40 km/h (de nuit comme de jour).

2.17 Monocinétisme

La notion de 'monocinétisme' apparaît souvent dans la structure des circuits de sécurité – qu'ils soient mécaniques, électriques ou informatisés. Un principe général de la signalisation prévoit en effet qu'une autorisation ne peut être délivrée et utilisée qu'une seule fois à l'intérieur d'un cycle de fonctionnement normal.

2.18 Blocage et block-système

La rencontre de deux mouvements circulant en sens contraire sur une même voie est empêchée par le **blocage** de l'un des deux sens de marche. Le blocage du sens de marche peut être **matérialisé** ou s'effectuer par le biais d'**annonces téléphoniques**.

La distance entre deux mouvements circulant dans le même sens de marche et sur la même voie, est garantie par l'application des prescriptions du **block-système**. Le block-système, qui peut être comparé à la circulation en blocs sur l'autoroute, garantit dès lors la sécurité du trafic ferroviaire en empêchant que des trains circulant dans le même sens sur une même voie se rattrapent et entrent en collision.

2.18.1 Les sept consignes du block-système

1. Le signal d'entrée d'une section de block ne peut être ouvert pour y admettre un train qu'à condition d'en avoir demandé et reçu l'autorisation.
2. L'autorisation susvisée ne peut être délivrée qu'à condition que la section de block concernée soit libre, ce qui implique :
 - que le train précédent, pourvu de son signal de queue, ait réellement quitté la section de block;
 - que le signal de block ou signal de queue de section de block ait été fermé derrière ce train;
 - qu'il n'y ait, à la connaissance du signaleur, aucun obstacle dans la section de block.
3. Le signal d'entrée d'une section de block doit être immédiatement refermé dès que le train se trouve entièrement dans la section de block. S'il s'agit d'un signal de fin de section de block, il doit être refermé juste après que le train ait entièrement quitté la section de block. Dans les deux cas, le signal ne peut être refermé qu'après libération des points dangereux.
4. Dès que le signal d'entrée d'une section de block a été refermé, après le passage d'un train, il convient de signaler au poste situé en aval que le train a pénétré dans la section (l'instruction locale peut imposer d'effectuer cette opération plus tôt).
5. Une fois que le train a réellement quitté une section de block déterminée, et que le signal de block a été refermé derrière ce train, il convient de communiquer au poste situé en amont que le train est sorti de la section.
6. Pour une seule et même autorisation, le signal de block ne pourra être ouvert qu'une seule fois.
7. Aucune nouvelle demande d'autorisation ne peut être adressée avant d'avoir reçu confirmation que le train a quitté la section de block.

Il existe plusieurs types de block-systèmes, qui s'appuient tous sur les sept consignes susmentionnées. Avec des types de block-système spécifiques, certaines conditions peuvent être matérialisées et remplies par les trains eux-mêmes.

2.18.2 Types de block-systèmes

En fonction de la position normale des signaux de block, on trouve :

- le **block à voie fermée**, où les signaux de block sont normalement fermés et ne peuvent être ouverts que pour autoriser un train à pénétrer dans la section libre. Le block à voie fermée peut être réalisé avec des **sections bloquées** ou avec des **sections débloquées (block semi-automatique)**. Dans ce dernier cas, seule une contribution partielle de l'agent du poste est requise; le train commande lui-même les appareils qui effectuent une parties des opérations de block;
- le **block à voie ouverte (block automatique)**, où les signaux de block sont normalement ouverts et ne sont fermés que durant l'occupation de la section de block. Dans ce cas, personne n'intervient dans le fonctionnement des appareils; le train commande lui-même les appareils qui effectuent toutes les opérations de block. Le block automatique est de préférence appliqué sur les lignes dont l'exploitation est assurée par des trains qui se succèdent à une cadence rapprochée. Cette disposition confère

une capacité maximale à la ligne. Les avantages du block automatique sont :

- une grande facilité d'exploitation. Etant donné que les signaux ne dépendent pas d'un poste de block, la distance de répétition prescrite peut être utilisée comme longueur minimale d'une section de block;
- une augmentation de la sécurité puisque le facteur humain n'intervient plus dans la commande des signaux;
- une économie de personnel.

Par **sections bloquées** on entend que l'autorisation d'admettre un train donné dans une section, ne peut être délivrée que si une demande a été adressée à cette fin peu de temps avant le passage du train.

Par **sections débloquées** on entend que l'autorisation d'admettre un train encore indéterminé dans une section, est délivrée dès que le train précédent a entièrement quitté la section. L'ouverture du signal de block est donc possible dès l'obtention de l'autorisation, mais n'est effectuée que peu de temps avant le passage du train.

Si, dans le cas d'une exploitation normale, aucun train ne peut être admis dans une section de block occupée, ce block-système est qualifié de **block absolu**. Le block à voie fermée est toujours absolu. Le block à voie ouverte n'est généralement pas absolu; dans le cas d'une exploitation normale, un train pourra éventuellement être admis dans une section de block occupée moyennant certaines précautions (marche à vue, par exemple).

En fonction des moyens utilisés, on trouve :

- le **block-système par téléphone**;
- le **block-système à appareils couplés**;
- le **block-système à relais**.

Dans le cas du block-système par téléphone, les communications entre les différents postes sont consignées dans un livret appelé **livret de block**. Ces livrets permettent au signaleur de rendre compte à tout moment de la position des trains, et de contrôler si les prescriptions relatives au block-système sont correctement respectées.

En fonction de l'endroit où le block-système est appliqué, on aura :

- le **block-système de pleine voie**, appliqué entre deux postes de signalisation;
- le **block de gare**, qui est un block absolu par téléphone, appliqué en gare.

2.18.3 Subdivision d'un tronçon de voie en sections de block

La subdivision d'un tronçon de voie en sections de block dépend essentiellement des conditions d'exploitation de ce tronçon, c'est-à-dire de la vitesse des trains et de l'intervalle de temps minimum entre deux trains. La présence de gares importantes, de bifurcations et de voies de garage détermine toutefois d'emblée un certain nombre de points fixes et donne lieu à une subdivision de la ligne en tronçons de trafic divers. La définition théorique de la longueur des sections peut s'effectuer au moyen d'un calcul ou d'une représentation graphique. Dans la plupart des cas, c'est cette dernière méthode qui est appliquée, compte tenu des conditions les plus défavorables.

L'étude théorique est suivie de la vérification sur le terrain de l'implantation de signaux obtenue afin de se rendre compte de la visibilité des signaux. Cette vérification entraîne la plupart du temps des modifications du concept initial car il faut toujours tenir compte de courbes, ouvrages d'art, passages à niveau, sectionnements de la caténaire, etc. La

présence de quais dans les petites gares peut parfois aussi donner lieu à des modifications. De plus, l'on tente de faire coïncider les signaux avec le début d'une zone d'approche pour passages à niveau automatiques de manière à pouvoir utiliser le même équipement de détection des trains. L'on vise également à implanter en vis-à-vis les signaux pour les deux sens de circulation afin de réduire les frais de pose (même loge, même installation d'alimentation).

2.18.4 Blocage du sens de marche

Avant de pouvoir bloquer la circulation dans un sens déterminé, il faut que la section de voie soit libre, que la commande des signaux pour l'autre sens de marche ait été empêchée, et que les zones d'annonce des passages à niveau automatiques sur cette section de voie aient été adaptées.

Il existe deux types de systèmes de blocage : le blocage au moyen d'annonces téléphoniques (BSRTf) et le blocage matérialisé (BSRM).

Il existe trois types de blocage matérialisé, ayant chacun leur propre champ d'application.

2.18.4.1 BSRM

2.18.4.1.1 Application

Sous la forme d'un blocage permanent sur des voies spécialisées ou banalisées :

- Entre deux postes de block différents, issus de n'importe quelle technologie (EBP, poste de signalisation tout relais, poste de signalisation électrique). Lorsque par la suite, dans le cadre du plan de concentration des cabines de signalisation, l'un des postes de signalisation EBP sera intégré dans l'autre – moyennant en principe l'application du BSP - le BSRM sera toutefois conservé afin d'éviter des modifications radicales au niveau du paramétrage et dans l'installation extérieure;
- Entre le poste principal et les postes télécommandés du type tout relais;
- Entre deux postes de signalisation de technologies diverses.

2.18.4.1.2 Particularités

- Sur les voies spécialisées, le sens de marche à voie normale est caractérisé par les lettres VNS, le sens de marche à contre-voie par CVT.
- Sur les voies banalisées, le sens de marche à voie normale est désigné par les lettres VPS (circulation suivant kilométrage croissant) le sens de marche à contre-voie par les lettres VMS (circulation suivant kilométrage décroissant).
- L'inversion du sens de marche est commandée manuellement.
- Fonctionnement automatique avec un EBP :
L'EBP procède automatiquement à l'inversion du sens de marche sur une section de voie comprise entièrement dans la zone EBP ou dès réception de l'ordre de blocage par l'autre poste.
- Il existe des fonctions auxiliaires pour :
 - l'inversion du sens de marche à ordonner en cas de section de voie en dérangement (NDV);
 - bloquer le sens de marche proprement dit en cas de dérangements lors de la réception de l'ordre de blocage (VNS/CVT).

Sur une section de voie pourvue de passages à niveau automatiques, l'annonce des passages à niveau est liée au BSRM.

2.18.4.2 Blocage permanent du sens de marche (BSP)

2.18.4.2.1 Application

- Sur une section de voie avec signaux intermédiaires permissifs (afin d'éviter qu'un train puisse être expédié en grand mouvement de l'autre côté).
- Sur une section de voie dont les deux extrémités sont commandées par le même poste de signalisation.
- Sur une section de voie dont les deux extrémités sont commandées par un ou plusieurs postes de signalisation via le même EBP.
- En présence d'un ou de plusieurs passages à niveau automatiques sur la section de voie (pour ne pas compliquer les schémas d'annonce des passages à niveau).
- Avec des quais aménagés de manière fortement asymétrique (pour éviter que le signal puisse être ouvert en petit mouvement pour l'autre sens de circulation, à la suite de quoi les deux mouvements pourraient entrer en collision bien qu'ils circulent en marche à vue, et se tromper malgré tout puisque l'autre est également en mouvement).
- Si les extrémités du tronçon de voie :
 - sont toujours commandées à partir du même poste de block;
 - sont commandées depuis un ou plusieurs postes via le même EBP.

2.18.4.2.2 Particularités

- Le sens de marche A (= de A à B) est le sens allant de gauche à droite sur le tableau de contrôle optique ou sur l'écran de l'opérateur; le sens de marche B étant le sens de marche contraire.
- Le sens de marche est maintenu au moins jusqu'à la libération de la voie ou du tronçon de voie.
- Il existe des fonctions auxiliaires qui permettent de commander le blocage dans un sens ou dans l'autre (NV);
- Fonctionnement automatique : le sens de marche du dernier mouvement vers la (section de) voie est conservé, même si ce mouvement a libéré la (section de) voie ou a effectué un changement de front sur la voie. Le sens de marche est inversé (si les conditions requises sont satisfaites) lors de l'ouverture d'un signal pour un mouvement en direction de la (section de) voie dans l'autre sens.
- Réglementairement, le BSP doit être utilisé entre tous les grils commandés par le même EBP (sans commande locale tout relais).
- Sur une section de voie comportant des passages à niveau automatiques, l'annonce des passages à niveau peut être couplée au BSP via un circuit R+/R- dans le cas de la technologie tout relais, ou directement dans le cas de la technologie PLP (pour de longues sections de voie).
- D'un point de vue technique, il n'y a pas, pour des raisons de disponibilité, de schéma BSP entre :
 - deux salles à relais différentes;
 - un PLP et une salle à relais (éloignée).Dans ces deux cas, le BSRM est toujours appliqué.

2.18.4.3 Blocage intermittent (= non permanent) du sens de circulation (BSI)

2.18.4.3.1 Application

- tant sur voies banalisées que spécialisées;
- entre des grils, commandés ou non par la même salle à relais ou SSI;
- en tant que slot automatique (par exemple, sur les voies de faisceau ou sur les voies de quai).

2.18.4.3.2 Particularités

- Le sens de circulation n'est bloqué que pour effectuer un mouvement déterminé et le reste jusqu'à la libération de l'itinéraire par ce mouvement.
- Il existe des fonctions auxiliaires. En cas de dérangement, un ordre de franchissement (S422) doit être délivré.
- Fonctionnement automatique : le sens de marche est paramétré lors de l'ouverture du signal, et le blocage est levé lors de l'annulation de l'itinéraire ou de la dernière portion de celui-ci.
- Le dispositif BSI n'utilise pas les lettres conventionnelles pour afficher le sens de marche paramétré.

2.18.4.3.3 Remarque

Le BSP peut toujours être appliqué en remplacement du BSI (meilleur d'un point de vue qualitatif).

2.19 Poste de signalisation, salle de commande, local technique et équipement extérieur

Un **poste de signalisation** est une installation qui remplit deux fonctions essentielles :

- il commande à distance les signaux et les aiguillages;
- il contrôle en permanence les conditions de sécurité.

Les postes de signalisation sont commandés par des agents de la Direction Réseau. La maintenance des postes de signalisation et des autres installations de la signalisation est assurée par des agents de la Direction Infrastructure & Achats. Un poste de signalisation se compose d'une **salle de commande**, d'un **local technique** et d'un **équipement externe**.

Salle de commande

Il s'agit de la salle dans laquelle les agents de la Direction Réseau régulent et suivent le trafic.

Cette salle renferme le panneau de commande et le tableau de contrôle optique (pour les postes tout relais) ou les postes de travail (avec l'EBP). Le tableau de contrôle optique ou les écrans des postes de travail fournissent une représentation schématique des voies, appareils de voie, signaux et autres indications et permettent de suivre les mouvements de train. Les itinéraires établis, les tronçons de voie occupés, les numéros et les positions des trains, ainsi que la position ouverte ou fermée des signaux, sont représentés sous la forme d'indications optiques. Les données sont envoyées automatiquement d'un poste de signalisation à l'autre.

Local technique

Le local technique renferme tous les équipements qui assurent la conversion des ordres du signaleur en ordres physiques aux équipements externes. Ces équipements contrôlent et garantissent simultanément les conditions de sécurité.

Équipement externe

L'équipement externe contient les signaux, le dispositif de contrôle et de commande des

aiguillages, les câbles et les armoires à relais, ainsi que tous les équipements et systèmes de contrôle et de détection.

2.20 Poste de signalisation, poste de block, cabine de signalisation, poste d'aiguilleur, poste de triage

Toute installation desservie, destinée à la manœuvre des aiguillages et signaux, est appelée :

- **poste de signalisation**, si l'on y applique normalement les prescriptions de block. Le **poste de signalisation** est :
 - un **poste de block**, si l'on y applique le **block-système de pleine voie**;
 - une **cabine de signalisation**, si l'on y applique uniquement le **block-système de gare**.
- **poste d'aiguilleur**, s'il ne faut y appliquer aucune prescription de block.

L'ensemble des appareils et voies desservis, gérés à partir d'un poste de signalisation particulier, détermine la **zone d'action** de ce poste de signalisation.

Un **poste de triage** est un poste de signalisation indépendant où seuls des mouvements de triage sont effectués.

2.21 Prise en considération des signaux

Le conducteur est tenu d'observer les signaux de manière **immédiate** et **passive**.

Tout signal d'arrêt fournissant une indication non réglementaire doit être considéré par le conducteur comme étant équivoque, et impose l'arrêt (un feu jaune allumé doit toutefois être considéré comme un 'double jaune'). Cela vaut également pour un signal d'arrêt qui se ferme de manière intempestive et se rouvre ensuite dans un délai de 3 minutes, sans avoir été franchi par le conducteur.

Un signal lumineux qui s'éteint pendant un moment et reprend ensuite son aspect initial, ne peut pas être considéré comme équivoque.

2.22 Signal avertisseur - signal d'arrêt

Un **signal avertisseur** fournit uniquement des informations sur les aspects de signaux affichés par le grand signal d'arrêt annoncé. Si le grand signal d'arrêt annoncé signale un ralentissement, le signal avertisseur communique toujours une information à ce sujet et affiche même, dans certains cas, la valeur du chiffre blanc au moyen d'indications complémentaires.

Un **signal d'arrêt** est un signal fixe ou un signal mobile dont l'une des indications qu'il peut fournir, interdit le déplacement d'un mouvement dans un sens de circulation déterminé.

2.23 Avertissement de signal

Sur les lignes dont la vitesse de référence est supérieure à 70 km/h, l'avertissement de signal est obligatoire pour tous les grands mouvements circulant sur les voies principales de pleine voie et depuis les voies principales de pleine voie vers les voies principales directes dans les gares ou inversement.

La **distance d'avertissement** ou **de répétition** est la distance minimale, exprimée en mètres, dont le conducteur a besoin pour pouvoir se conformer aux indications fournies par un signal annoncé. La distance entre le signal annonceur et le signal annoncé doit au moins être égale à cette distance d'avertissement, sans toutefois dépasser deux fois la valeur théorique. Elle doit toutefois être toujours inférieure à 2000 m.

La longueur de base d'une section sur des tronçons de voie où la vitesse maximale est de 220 km/h, est toutefois fixée à 1500 m afin de ne pas réduire le débit de la ligne.

2.24 Zone en amont et en aval d'un signal

La **zone en amont** d'un signal est la zone située avant le signal par rapport au sens de marche auquel le signal s'applique.

La **zone en aval** d'un signal est la zone située au-delà du signal par rapport au sens de marche auquel le signal s'applique.

2.25 Description d'un mouvement

2.25.1 Annonce du trafic

Le trafic est annoncé à l'agent chargé de la desserte du poste de signalisation, de l'une des manières suivantes :

- annonce sous la forme d'une information téléphonique provenant d'un poste de signalisation voisin;
- annonce visuelle via l'intervention du système (dispositif d'identification des trains ou indication sur l'écran de dialogue dans le cas d'une poste de commande électronique);
- annonce visuelle et/ou acoustique en fonction du franchissement par un trafic d'un point choisi judicieusement, situé en amont du premier signal rencontré, commandé par le poste.

2.25.2 Commande d'itinéraire

La **commande d'itinéraire** place les appareils de voie éventuels (aiguillages et traversées ordinaires à aiguilles) dans la position qui garantit la continuité et la protection de l'itinéraire, provoque l'immobilisation des appareils de voie précités et l'enclenchement provisoire de l'itinéraire dès que celui-ci a été tracé.

2.25.3 Commande du signal

La **commande de signal** permet de commander l'enclenchement définitif de l'itinéraire et l'ouverture du signal. L'ouverture du signal n'est possible que moyennant :

- l'établissement de l'itinéraire en plaçant les appareils de voie à emprunter, les aiguillages incompatibles et les aiguillages qui garantissent la protection de l'itinéraire dans la position adéquate, par le biais d'un verrouillage mécanique sur le terrain et d'une vérification des aiguilles. A ce stade, l'itinéraire est enclenché provisoirement, et il n'est encore possible de l'annuler;
- la sélection du type et éventuellement de la nature du mouvement;
- le contrôle des conditions de sécurité requises (circuits de voie de gril et de block, slots, conditions de blocage du sens de marche, fermeture des passages à niveau ...). Au terme de ces manipulations, l'itinéraire est définitivement enclenché, et le signal d'arrêt qui autorise le mouvement, s'ouvre.

2.25.4 Occupation et couverture de l'itinéraire

La fermeture automatique du signal et son maintien en position fermée sont commandés à coup sûr dès que le mouvement emprunte le premier circuit de voie situé au-delà de ce signal.

2.25.5 Enregistrement du passage

Aux points limites de l'itinéraire, une détection et un enregistrement matérialisés du passage du convoi sont assurés au moyen de pédales.

2.25.6 Libération

Par **libération** on entend la levée de l'enclenchement. La libération de l'itinéraire, et donc des aiguillages enclenchés, s'opère automatiquement lorsque le mouvement a, à coup sûr, quitté le gril et qu'il est protégé par le signal d'arrêt fermé qui l'avait autorisé.

Pour pouvoir palier les conséquences des défaillances techniques, la possibilité d'une intervention humaine a été prévue afin de garantir la régularité du trafic ferroviaire et pour que les interventions puissent être effectuées de manière uniforme. Il existe à cette fin des dispositifs de secours (NIR dans les postes tout relais et NT dans les EBP) qui annulent toutefois un certain nombre de conditions de sécurité.

2.25.7 Libération intermédiaire

La libération intermédiaire consiste à libérer les portions successives d'un itinéraire au fur et à mesure qu'elles sont parcourues par le mouvement. Elle se justifie dans le cas d'un gril étendu, caractérisé par une forte densité du trafic avec de nombreux changements de voie successifs pour les mouvements, dont des mouvements lents et transversaux.

2.25.8 Fermeture intempestive d'un signal d'arrêt

On parle de fermeture intempestive d'un signal d'arrêt lorsqu'il revient brusquement en position fermée sans l'intervention volontaire de l'agent du poste.

2.25.9 Non-utilisation d'un itinéraire tracé

Si, pour des raisons liées à l'exploitation, à la sécurité ou à la suite d'une erreur d'un agent, un mouvement ne peut pas emprunter un itinéraire tracé et enclenché, cet itinéraire est qualifié de non utilisé.

Une telle situation peut donner lieu à :

- une commande de fermeture du signal d'arrêt en question;
- une destruction de l'enclenchement de l'itinéraire;
- une modification de la position d'un ou de plusieurs éléments de l'itinéraire.

2.26 Autres particularités de la signalisation

2.26.1 Manœuvres spéciales pour les besoins de l'exploitation

2.26.1.1 Manœuvre avec rebroussement

Une manœuvre comportant un rebroussement s'effectue en petit mouvement. Le rebroussement, s'il suit le même itinéraire, est commandé immédiatement; l'itinéraire ne doit pas nécessairement être parcouru entièrement. Les signaux pour le rebroussement s'ouvrent automatiquement s'ils sont atteints à l'aller. Dès que le signal est franchi dans le sens du retour, il se ferme automatiquement.

2.26.1.2 Manœuvre limitée

Une manœuvre limitée s'effectue en petit mouvement. L'itinéraire ne doit pas être entièrement parcouru. Après libération de la première partie, un itinéraire en petit mouvement est tracé vers une autre voie pour le rebroussement. L'ordre de rebroussement est donné par un signal intermédiaire.

La seconde partie de l'itinéraire en manœuvre courte, qui constitue la zone de manœuvre, n'est pas libérée, même si cette zone continue d'être parcourue et n'est plus occupée. Dans ce cas, tous les signaux franchis s'ouvrent automatiquement en petit mouvement dès que le signal de rebroussement est ouvert.

2.26.1.3 Manoeuvre en tiroir

Une manœuvre en tiroir s'effectue en petit mouvement. Tous les signaux présents sur l'itinéraire s'ouvrent et restent ouverts jusqu'à ce que la manoeuvre en tiroir soit terminée. La fin de la manoeuvre en tiroir est ordonnée depuis le poste de signalisation ou par une commande provenant de l'installation extérieure.

2.26.2 Triage

Le triage s'effectue en petit mouvement et se distingue des mouvements conventionnels par :

- les inversions nombreuses du sens de marche à l'intérieur de la zone de triage;
- les nombreux changements d'itinéraires (dénommés ici **parcours**) qui surviennent dans la zone de triage pendant le mouvement;
- la coupure du train;
- l'accompagnement du mouvement par un agent du triage.

Le triage offre une flexibilité d'exploitation extrêmement élevée qui ne peut pas être obtenue avec les manoeuvres traditionnelles.

La **zone de triage** est la zone à l'intérieur de laquelle tous les mouvements de triage sont effectués. Elle est délimitée par des signaux d'arrêt fixes et comprend :

- une ou plusieurs **voie(s) de bosse (voies de démarrage)**;
- la **zone de répartition (partie de gril** qui comprend des aiguillages);
- les **voies de triage (voies de destination)**.

Une zone de triage peut comporter des passages à niveau et des traversées de service bien qu'une telle configuration soit très peu pratique. Dans le cas d'installations de triage plus importantes, la zone de répartition peut être subdivisée en plusieurs **sous-zones de répartition**.

Dans le cas d'un poste à commande électronique, le triage peut être mis en œuvre et arrêté depuis une station de travail. Un **programme de parcours** se présentant sous la forme d'un **bulletin de triage** est introduit à partir de ce poste de travail et se déroule ensuite de manière automatique.

Le **parcours** est la partie de voie située dans la (les) zone(s) de répartition, dont les appareils de voie ont été immobilisés pour l'exécution d'un mouvement de triage. Le **parcours restant** est la portion restant à parcourir, située en aval d'une partie déjà libérée, à l'intérieur de laquelle les appareils de voie ont déjà été immobilisés pour les prochains (la prochaine série de) véhicules à trier.

Les **indicateurs de voie** présents sur le terrain renseignent sur la voie de destination paramétrée. Tous les signaux classiques qui jalonnent le parcours tracé s'ouvrent et se ferment en fonction du déroulement des parcours.

Si la configuration des voies le permet, plusieurs itinéraires peuvent être établis et deux ou trois triages peuvent être actifs simultanément à l'intérieur de la zone de triage.

2.26.3 Protection des caténaires

Les caténaires sont constituées d'éléments appelés **sections**, qui sont limitées par des **sectionnements** et peuvent être isolées entre elles électriquement. Un ensemble de sections consécutives forme un **secteur**.

Le **répartiteur ES** peut être invité ou sommé de couper la tension d'un ou de plusieurs secteurs ou sections. Dans ce cas, ces sections doivent être interdites à toute circulation électrique, parfois même à l'ensemble du trafic. L'interdiction de ce trafic est matérialisée dans les installations de signalisation par la fermeture ou le maintien en position fermée des signaux commandés qui autorisent les mouvements de, vers ou à l'intérieur de ces secteurs ou sections.

2.26.4 Commande cyclique

La commande cyclique est généralement appliquée à des grands mouvements sur des voies principales directes qui sont empruntées dans un même sens de circulation pendant une période déterminée.

Si la commande cyclique a été paramétrée, plus aucune intervention manuelle n'est requise pour autoriser les mouvements. Le poste reste néanmoins en service (= desservi). La commande cyclique peut être exécutée en régime de voie normale et, exceptionnellement, en régime de contre-voie également.

2.26.5 Mise hors service d'un poste de signalisation

La mise hors service d'un poste de signalisation est utile dans les postes ayant un modèle de circulation simple, lorsque des itinéraires fixes peuvent être tracés pendant un certain temps (sur des voies principales directes); la présence de l'opérateur du poste de signalisation n'est alors plus nécessaire. A cet égard, l'installation est conçue de telle sorte que l'itinéraire tracé soit toujours le même, et que la délivrance d'ordres de franchissement, l'échange d'annonces de block et les autres prescriptions d'exploitation deviennent inutiles.

2.26.6 Télécommande

La télécommande permet la commande à distance d'un poste tout relais, avec maintien d'une possible commande locale. Le poste de signalisation dont les commandes sont transférées, est appelé **poste satellite**, et le poste de signalisation qui reprend les commandes est qualifié de **poste principal**. Avant l'apparition des postes de signalisation à commande informatisée, la télécommande était essentiellement appliquée dans le cadre de la concentration des postes de signalisation.

A l'heure actuelle, plus aucune nouvelle télécommande n'est mise en œuvre.

2.26.7 Equipement TW des passages à niveau

L'équipement TW (Travaux/Werken) permet, lors de travaux sur une double voie avec passages à niveau automatiques, de lever l'annonce des passages à niveau sous certaines conditions. Cet équipement permet de ne pas devoir garder ces passages à niveau durant la période des travaux.

2.26.8 Commande de signaux couplés

Par **commande de signaux couplés** il faut entendre la particularité selon laquelle un signal d'arrêt ne peut être ouvert qu'après ouverture du signal d'arrêt situé en aval. Elle est obligatoire dans certains cas (par exemple, en cas de circulation avec une lourde charge sur une section de block ou un itinéraire comportant une forte rampe, pour éviter que le convoi s'immobilise et ne puisse plus redémarrer).

2.26.9 Slots électriques couplés

Les slots électriques couplés (serrures d'enclenchement) sont utilisés pour subordonner la manœuvre d'un signal ou aiguillage à la commande d'un autre poste que le poste de commande, ou pour procéder à un enclenchement réciproque entre un ou plusieurs aiguillage(s) en campagne, commandé(s) par un levier à contrepoids, et le poste de signalisation. Dès que l'autorisation est accordée par le poste de signalisation, une clé peut être prélevée en campagne dans l'armoire à slot, et l'aiguillage peut alors être renversé. On appelle **slot** l'installation qui matérialise cette subordination. Le slot peut se limiter à une simple autorisation verbale, mais cette autorisation sera le plus souvent matérialisée. On distingue les **slots simples** et les **slots réciproques, normalement accordés et normalement non accordés**.

2.26.10 Enregistrement intermédiaire en pleine voie

Sur les axes principaux, il est souhaitable d'enregistrer le passage des trains pour pouvoir suivre, à l'aide des numéros de train, les mouvements avec suffisamment de précision au niveau du dispatching national. Il faut pouvoir disposer à cette fin d'un enregistrement toutes les trois à quatre sections de block. Cet enregistrement intermédiaire s'opère par le biais du fonctionnement de deux circuits de voie successifs ou par le comptage des essieux. Dans ce dernier cas, il a aussi été prévu de compter le nombre total d'essieux du train et de le communiquer au poste de signalisation EBP gérant. Une fonction d'aide spéciale doit permettre d'afficher le nombre d'essieux enregistrés à chaque point de comptage intermédiaire. Cela permet de déduire qu'un train a quitté entièrement une zone donnée, et qu'un message d'occupation en suspens est en fait le résultat d'un dérangement. Dans les postes de signalisation importants, ce message peut remplacer le télégramme avec lequel le poste de signalisation en aval indique que le train a entièrement quitté la section, signal de queue compris.

2.26.11 CSTR

La fonction CSTR (Commande Spoorvak Tronçon Rouge) offre à l'utilisateur la possibilité d'interdire l'accès à un tronçon de voie et de fermer les signaux sur un tronçon.

Si l'une des extrémités du tronçon n'est pas équipée de la technologie PLP, une version 'light', qui se limite à la partie EBP/PLP, est mise en place.

L'application de la fonction CSTR :

- fermera les signaux d'arrêt qui donnent accès au tronçon de voie concerné;
- fermera les signaux permissifs du tronçon de voie concerné;
- maintiendra également en position fermée les feux de franchissement éventuels.

La fonction CSTR est matérialisée si :

- le tronçon de voie est équipé de signaux permissifs réalisés avec la technologie PLP;
- l'accès au tronçon s'effectue au moyen de signaux commandés via la technologie PLP.

Une version "light" est mise en place si :

- le tronçon de voie est partiellement équipé de signaux permissifs réalisés avec la technologie PLP;
- l'accès au tronçon s'effectue, d'un côté, au moyen de signaux manoeuvrés issus de la technologie PLP et, de l'autre côté, avec des signaux manoeuvrés issus de la technologie tout relais.

Dans ce cas, la fonction CSTR ne sera appliquée qu'aux signaux de la

technologie PLP.

2.27 Contrôle de la fermeture des signaux

Le contrôle de fermeture des signaux consiste à vérifier que les signaux présentent l'aspect restrictif suivant :

En signalisation lumineuse :

- le feu rouge pour un grand signal d'arrêt ;
- l'aspect double jaune pour un signal avertisseur indépendant;
- le feu violet ou l'aspect double blanc horizontal, selon le type, pour un petit signal d'arrêt indépendant.

En signalisation à 2 ou 3 positions :

- le bras de sémaphore en position horizontale ou le panneau, perpendiculaire à l'axe de la voie, selon le cas, pour un signal d'arrêt et un signal avertisseur indépendant;
- le bras de sémaphore à 45°, s'il s'agit du bras d'arrêt d'un signal d'arrêt combiné;
- le bras de sémaphore à 45°, s'il s'agit d'un signal avertisseur qui peut adopter la position à 45° et la position verticale.

Tout signal manœuvré doit être contrôlé en position de fermeture. Ce contrôle peut s'effectuer :

- soit via l'observation des indicateurs sur le poste de commande (**contrôle indirect**);
- soit via la perception des signaux proprement dits (**contrôle direct**).

Pour certains signaux, le contrôle indirect est obligatoire. Le contrôle indirect peut s'effectuer de diverses manières en fonction du système de signalisation utilisé et du type de poste de signalisation. A défaut de contrôle de fermeture des signaux, certaines mesures doivent être prises au poste de signalisation.

2.28 Contrôle de l'éclairage des signaux

Le contrôle de l'éclairage des signaux consiste à vérifier si leurs feux ou leur propre dispositif d'éclairage s'allument. Dans le cas de la signalisation lumineuse, le contrôle n'est généralement requis que pour le feu qui correspond à l'aspect le plus restrictif; ce contrôle est permanent.

Avec le système de signalisation à 2 ou 3 positions et pour les dispositifs d'éclairage propres aux signaux, le contrôle doit avoir lieu dès que les feux sont allumés, c'est-à-dire lorsque la signalisation de nuit est d'application.

L'éclairage de tous les signaux et de tous leurs dispositifs d'éclairage doit être contrôlé. Ce contrôle s'effectue :

- soit via l'observation des indicateurs sur le poste de commande (**contrôle indirect**);
- soit via la perception des signaux et de leurs dispositifs d'éclairage proprement dits (**contrôle direct**).

Pour certains signaux, le contrôle indirect est obligatoire. Le contrôle indirect peut s'effectuer de diverses manières en fonction du système de signalisation utilisé et du type de poste de signalisation. A défaut de contrôle de l'éclairage des signaux,

certaines mesures doivent être prises au poste de signalisation.

2.29 Quelques notions

Par **enclenchement** on entend : l'opération qui empêche toute manoeuvre intempestive lorsque des mouvements empruntent un appareil de voie ou un groupe d'appareils de voie.

En fonction du type de poste de signalisation, l'enclenchement peut être **mécanique, électrique, magnétique** ou **informatisé**.

Une **zone d'enclenchement** (zone IR) est un ensemble d'appareils de voie qui sont enclenchés et libérés simultanément.

Un **point d'enclenchement** (point I) est le point physique situé dans une zone d'enclenchement par lequel passent tous les mouvements dans cette zone.

Un **point de distribution** (point D) est un point de sectionnement qui est à la fois un point de direction ou un point de quai.

Si on utilise un point D, le tracé de l'itinéraire s'effectue en plusieurs parties.

Par exemple, un point D sera inséré à hauteur du signal commun de sortie d'un faisceau.

Un **point intermédiaire** ou **point de libération intermédiaire** (point I) est utilisé pour lever une partie de l'enclenchement d'un itinéraire avant que l'itinéraire ait été entièrement parcouru. Le choix d'un point I s'effectue sur la base de la libération.

Un **point de direction** est un point de délimitation de gril situé du côté du plus petit nombre de points de délimitation.

Un **point de quai** (point Q) est un point de délimitation de gril situé du côté du plus grand nombre de points de délimitation (en principe, du côté des quais).

Un **point de sectionnement** (point S) est un point de groupement d'itinéraires à l'intérieur d'un gril, situé à l'extrémité d'un itinéraire partiel. Il est appliqué si le produit du nombre d'itinéraires partiels qui aboutissent de part et d'autre du point S, est sensiblement plus élevé que leur somme. Le choix d'un point S s'effectue sur la base du tracé de l'itinéraire. Dans les postes tout relais, l'introduction d'un point de sectionnement limite le nombre de relais d'itinéraire requis; en technologie EBP/PLP, cette opération simplifie le paramétrage.

Un **point de sous-itinéraire** (point SI ou PSI) est le nom générique d'un point S, D ou I en technologie EBP/PLP. Il s'agit d'un point limite entre 2 sous-itinéraires (point I) ou entre 2 itinéraires PLP.

Un **signal fictif** est invisible au niveau de la commande et est employé dans le paramétrage EBP/PLP lors de l'utilisation d'un point S ou D.

Un **aiguillage fictif** est invisible au niveau de la commande et est introduit en tant qu'élément de sélection afin de pouvoir distinguer les différents mouvements passant par un sas de triage ou au départ et à destination de ce sas de triage.

2.30 Documents locaux relatifs aux postes de signalisation

2.30.1 Instruction locale

Il est impossible de faire figurer l'ensemble des particularités de chaque poste de signalisation dans la réglementation générale ou sur les plans de signalisation. La réglementation générale doit dès lors être complétée par des prescriptions locales pour la commande des aiguillages, des signaux et des passages à niveau propres à chaque poste. Ces prescriptions, applicables à chaque installation séparément, sont reprises dans un document intitulé '**instruction locale**' (IL). Une IL ne peut contenir aucune

prescription d'application générale. La structure d'une IL doit cependant être identique dans chaque poste de signalisation. Si certains chapitres ou sous-titres ne sont pas d'application, ils sont caractérisés par la mention "Néant".

2.30.2 Instruction locale temporaire

Les travaux de voie ou de signalisation d'une certaine ampleur font l'objet d'une **instruction locale temporaire** (ILT). Ce document reprend essentiellement la nature des travaux, en fournit une description détaillée et précise les mesures de sécurité à prendre, les instructions pour le service des trains, les modifications dans la manoeuvre des appareils, ainsi que le personnel chargé de leur exécution et les obligations qui lui incombent.

2.30.3 Instruction professionnelle

L'**instruction professionnelle** (IP) doit en principe mentionner toutes les particularités propres à l'installation concernée. Elle sert de fil conducteur à la formation du personnel et à la desserte du poste de signalisation, tant dans des conditions normales qu'anormales (par exemple, dérangements, travaux, accidents, ...). L'instruction professionnelle ne peut contenir aucune prescription figurant déjà dans d'autres documents, tels que l'IL. A l'instar de l'IL, la structure d'une IP est identique dans chaque poste de signalisation. Si certains chapitres ou sous-titres ne sont pas d'application, ils sont caractérisés par la mention "Néant".

2.30.4 Consigne

Les prescriptions locales qui traitent d'autres sujets que ceux énoncés précédemment, sont appelées **consignes**. Ainsi, il existe notamment la **consigne de rappel** (qui contient les directives à suivre pour le rappel du personnel), la **consigne Neige** (qui décrit les directives à suivre en cas de chute de neige), la **consigne de graissage** (qui décrit l'organisation du graissage des appareils de voie en gare), la **consigne pour l'utilisation des chemins de service**, la **consigne pour la protection du personnel**, etc.

2.31 Rappel du personnel d'entretien de la signalisation en dehors des heures de service

En règle générale, le personnel d'entretien de la signalisation doit pouvoir être rappelé en dehors des heures de service normales si les conditions de sécurité ne sont pas suffisamment garanties ou si les dérangements sont susceptibles d'occasionner du retard dans le trafic des trains et, en particulier, lorsque le fonctionnement des aiguillages est compromis par de la neige ou du verglas.

L'évolution rapide des installations de signalisation – plus particulièrement, des postes de signalisation EBP/PLP – nécessite une organisation du travail qui permette d'intervenir en cas de dérangements afin de rétablir au plus vite les conditions normales du trafic ferroviaire.

C'est pourquoi un service d'intervention rapide signalisation, composé d'équipes opérationnelles aux niveaux central et local, a été mis en place.

Le service local constitue le premier niveau d'intervention pour la levée de dérangements. Les équipes locales sont réparties entre les zones régionales Infrastructure. Elles peuvent encore être subdivisées en fonction de l'étendue de la zone.

Le service central constitue le second niveau d'intervention. Il est établi auprès des services centraux de la direction Infrastructure, d'où il prête assistance aux équipes locales.

2.32 Contrôle des installations de signalisation

Le contrôle des installations de signalisation s'effectue par le biais de visites régulières

et de coups de sonde. L'objectif des visites régulières est triple :

- déceler, à titre préventif, un vis caché susceptible de se manifester tôt ou tard et de diminuer la sécurité ou fiabilité de l'installation;
- contrôler l'état d'entretien et le fonctionnement régulier des appareils de signalisation;
- contrôler le bon état des documents relatifs à la manœuvre et à l'entretien des appareils.

2.33 Dispositifs de blocage, plombs et dispositifs d'attention

On appelle **dispositif de blocage** tout moyen se présentant sous la forme d'un plomb et destiné à empêcher la manœuvre d'un appareil de signalisation à commande manuelle. Cet appareil de signalisation peut être aussi bien un dispositif de secours qu'un dispositif de manœuvre et gèrera, en fonction du type de poste de signalisation, des opérations mécaniques, électriques, électromécaniques ou informatisées. Certains interrupteurs ont été équipés d'un compteur qui en enregistre chaque manœuvre. Ces interrupteurs sont considérés comme plombés en position de repos.

Dans tous les postes de signalisation, il peut être fait usage de **plombs** pour empêcher la commande de tous types d'appareils. Ces plombs peuvent être fixés soit directement à l'aide de fil perlé de plombage soit au moyen d'un appareil de fixation. Les plombs sont pincés sur le fil perlé au moyen d'une pince de plombage et ne peuvent plus être enlevés sans casser le fil de plomb. Il existe des **plombs numérotés** (dont le numéro doit être inscrit dans un registre réservé spécialement à cette fin) et des **plombs non numérotés**.

On appelle **dispositif d'attention** tout moyen permettant d'attirer l'attention de l'opérateur du poste de signalisation sur toutes sortes de situations d'exploitation qui requièrent une attention particulière, soit avant soit pendant la manœuvre d'un appareil de signalisation. Contrairement aux dispositifs de blocage, les dispositifs d'attention permettent la manœuvre de l'appareil en question.

Il existe des dispositifs de blocage et des dispositifs d'attention qui sont communs à tous les types de postes de signalisation (par exemple, la griffe pour l'immobilisation d'une aiguille en position ouverte ou fermée), et d'autres dispositifs de blocage qui sont propres à certains types de postes de signalisation (par exemple, un appareil de blocage pour un bouton-poussoir d'itinéraire dans un poste tout relais et une broche de blocage pour une manette d'itinéraire dans une cabine de signalisation électrique).

3 Systèmes de signalisation

Un système de signalisation est l'ensemble des indications données par des signaux fixes aux conducteurs de train. Les systèmes de signalisation ont aussi connu une évolution, indépendamment de celle des techniques de signalisation. En Belgique, trois systèmes de signalisation sont toujours d'application :

3.1 Le système de signalisation à deux positions

Dans le cas de la signalisation à deux positions, les indications sont données par les bras de sémaphore placés à gauche du poteau de signalisation, sauf sur les lignes où la circulation s'effectue à droite, où ils sont placés alors à droite.

Les bras de sémaphore peuvent pivoter sur un axe horizontal et adopter deux positions : la position horizontale ou oblique vers le haut suivant un angle de 45°. La nuit, il est fait usage de feux rouges, jaunes, violets et verts qui, le cas échéant, peuvent former différentes combinaisons pour confirmer chaque position du signal.

Il existe trois types de bras de sémaphore :

- **le bras d'arrêt**, de forme rectangulaire, dont l'extrémité est pourvue d'un disque. Sa face avant est rouge avec une bande oblique blanche, et sa face arrière blanche avec une bande oblique noire.
- **le bras d'avertissement**, en forme de flèche, dont la face avant est jaune avec un chevron noir et la face arrière blanche avec une bande oblique noire.
- **Le bras de petit mouvement** (bras de manoeuvre), qui présente un disque en son centre. La face avant est jaune et présente en son centre un cercle noir et, à l'extrémité, un chevron noir. La face arrière est blanche avec une bande oblique noire.

Il existe un équipement simplifié, constitué de panneaux pouvant pivoter autour d'un axe vertical et adopter une position perpendiculaire ou parallèle à la voie.

3.2 Le système de signalisation à trois positions

Dans le cas de la signalisation à trois positions, les indications sont données par les bras de sémaphore placés à gauche du poteau de signalisation, sauf sur les lignes où la circulation s'effectue à droite, où ils sont alors placés sur le côté droit.

Les bras de sémaphore peuvent pivoter sur un axe horizontal et adopter deux ou trois des positions suivantes : horizontale, oblique vers le haut selon un angle de 45° ou verticale. La nuit, il est fait usage de feux rouges, jaunes, violets et verts qui, le cas échéant, peuvent former différentes combinaisons pour confirmer chaque position du signal.

Il existe trois types de bras de sémaphore :

- **le bras d'arrêt**, de forme rectangulaire, dont la face avant est rouge avec une bande oblique noire, et la face arrière blanche avec une bande oblique noire.
- **le bras d'avertissement**, en forme de flèche, dont la face avant est jaune avec un chevron noir et la face arrière blanche avec une bande oblique noire.
- **le bras de petit mouvement** (bras de manoeuvre), de forme rectangulaire, présentant des dimensions inférieures à celles du bras d'arrêt, dont la face avant est violette avec une bande oblique blanche et la face arrière blanche avec une bande oblique noire.

Il existe un équipement simplifié, constitué de panneaux pouvant pivoter autour d'un axe vertical et adopter une position perpendiculaire ou parallèle à la voie.

3.3 La signalisation lumineuse

Dans le cas de la signalisation lumineuse, les indications sont données par des unités lumineuses montées sur un panneau de forme adéquate. Par temps clair, les feux sont visibles à une distance d'environ 1 km; par temps couvert, ils sont visibles à plus de 2 km. Ce résultat ne s'obtient pas via l'utilisation de lampes de puissance élevée, mais grâce à un système optique minutieux.

Les unités lumineuses peuvent présenter une couleur rouge, jaune, verte ou blanc lunaire et former, le cas échéant, différentes combinaisons. Il existe des grands et petits signaux d'arrêt, des signaux d'avertissement, des signaux de voie normale et de contre-voie, des signaux de vitesse, etc.

La signalisation lumineuse fournit les mêmes indications de jour comme de nuit, et est le système de signalisation le plus courant. Elle présente incontestablement de grands avantages par rapport aux systèmes à bras de sémaphore :

- La signalisation lumineuse permet de donner plus d'indications. C'est ainsi, par exemple, qu'il est possible de faire la distinction entre vert-jaune vertical et

vert-jaune horizontal.

- La signalisation lumineuse permet de donner des indications complémentaires de vitesse et de régime, plus claires et plus sûres que dans le cas de la signalisation à bras de sémaphore.
- Les feux sont plus visibles que les bras.
- Les signaux lumineux fournissent la même indication, de jour comme de nuit.
- Les signaux lumineux coûtent moins cher à la pose et à l'entretien, principalement parce que les éléments mobiles ont été supprimés.
- Les signaux lumineux peuvent être employés aussi bien pour la circulation à voie normale que pour celle à contre-voie, ce qui n'est pas possible avec des bras de sémaphore.

Il existe un équipement simplifié qui fournit les indications par le biais de panneaux de couleur éclairés par transparence par des lampes placées dans une armoire rectangulaire ou triangulaire, dont la face avant est noir mat.

3.4 Identification des signaux lumineux et téléphone

Chaque signal lumineux porte sur son mât une **plaque d'identification** réfléchissante indiquant le nom du signal et dont l'aspect est fonction du type de signal. Certains types de signaux comportent une armoire avec un téléphone qui permet au conducteur d'entrer en contact avec le poste de signalisation.

3.5 Sécurité en cas de dérangement à un signal lumineux

Un dérangement aux aspects d'un signal lumineux entraîne toujours l'extinction ou la fermeture du signal. Dans ce cas, le signal avertisseur indique que le signal suivant est fermé.

3.6 Signalisation de vitesse

La signalisation de vitesse est constituée de panneaux et de signaux fixes qui fournissent des indications sur la vitesse maximale à laquelle les mouvements peuvent circuler en un point donné de la voie, pour autant que le conducteur ne soit pas tenu de respecter des limitations de vitesse réglementaires plus restrictives.

3.7 Vitesse de référence

La vitesse de référence d'une section de ligne est la vitesse maximale qui est renseignée par le biais d'une signalisation de vitesse latérale. Elle diffère d'une ligne à l'autre. Pour les lignes locales et raccordements, elle est fixée d'office à 40 km/h.

3.8 Classification des indications de vitesse

Les indications de vitesse se subdivisent en fonction :

- de la nature des techniques appliquées (panneau, signal ou aspect);
- de la nature de la zone de vitesse limitée (permanente, temporaire ou de nature particulière);
- de leur fonction :
 - panneaux et signaux de vitesse de référence (indiquent la vitesse de référence de la ligne);
 - panneaux et signaux d'annonce (signalent l'approche d'une zone de limitation

de vitesse);

- panneaux et signaux d'origine (signalent le début d'une zone de limitation de vitesse);
- panneaux et signaux de fin (signalent la fin d'une zone de limitation de vitesse).

Le caractère **temporaire** des signaux de vitesse est indiqué par deux disques noirs complémentaires sur le panneau de vitesse.

Les **signaux de vitesse spéciaux** sont des signaux qui ne sont applicables qu'à – ou qui ne sont justement pas applicables à – certains types d'engins de traction, certains mouvements, certains itinéraires ou certaines catégories de trains.

3.9 Crocodile

Le crocodile (voir aussi 3.8.1) est un appareil qui aide le conducteur à respecter les indications fournies par un signal ou un panneau, qui est confirmé par un crocodile. Il y a, entre le crocodile et le rail le plus proche, une différence de tension dont la polarité dépend de l'aspect affiché par le signal concerné. Elle actionne un appareil installé à bord des engins de traction, qui permet de contrôler la vigilance du conducteur.

Il existe des crocodiles qui confirment les différents aspects d'un signal et d'autres qui ne peuvent fournir qu'une seule indication.

Un crocodile est monté dans l'axe de la voie, aux endroits suivants :

- Sur les lignes et courbes de raccordement désignées par le GI :

- les signaux qui remplissent la fonction de signal avertisseur;
- les signaux d'approche de zones permanentes de limitation de vitesse, qui annoncent un ralentissement de 50 km/h ou plus;

- Sur toutes les lignes principales : les signaux d'approche de zones temporaires de limitation de vitesse;

- Sur les lignes dépourvues de signaux avertisseurs : les balises à 5 chevrons ou, à défaut éventuellement, les premières balises rencontrées.

3.10 Signaux hors service, éléments de signal et panneaux

Les feux (feux principaux, traits lumineux d'un signal répétiteur, pictogramme d'un signal sélectif, ...) et éléments de signal (armoire supérieure et/ou inférieure éventuelle pour indications complémentaires, feu de franchissement, IOT, ...) qui ne sont pas en service, doivent être éteints.

De plus, une croix blanche sera apposée selon le cas sur le signal en service, ou les éléments hors service seront masqués par des plaques occultantes spécialement réservées à cette fin.

4 Détection des trains

Par dispositif de détection des trains on entend l'ensemble des appareils qui servent à signaler la présence d'un train en un point déterminé de la voie.

4.1 Contacts de rail

Les contacts de rail sont des appareils électriques qui sont posés dans la voie et qui détectent le passage d'un train à cet endroit, indépendamment du sens de marche.

Il en existe différents types :

- Contact de rail mécanique (avec un ou deux bras);
- Contact de rail aérien;
- Contact de rail magnétique;
- Contact de rail électromagnétique.

4.2 Circuits de voie

Le **circuit de voie** a été inventé par l'Américain William Robinson (1840 - 1921) et breveté simultanément aux Etats-Unis et en France le 20 août 1872. Il s'agit d'un équipement électrique qui permet de constater la présence d'engins ferroviaires lourds sur une partie bien déterminée d'une section de voie. Par engins ferroviaires lourds on entend les véhicules ferroviaires capables, par leur construction (poids, conductivité électrique), de faire fonctionner à coup sûr des circuits de voie, des rails isolés et des contacts de rail.

D'un point de vue électrique, un circuit de voie peut être comparé à une ligne de transmission de puissance, où le court-circuit provoqué par les essieux fait chuter la tension sur le récepteur en deçà d'un seuil minimum, à la suite de quoi ce récepteur détecte une occupation. L'isolation entre les lignes – en l'occurrence, les rails – est relativement faible. Le rendement de la ligne est donc très bas. C'est la raison pour laquelle on s'efforce toujours de limiter la puissance à transmettre à un minimum.

La longueur de la partie de voie dans laquelle un véhicule est détecté, est appelée **zone de détection**.

Cette zone de détection peut être délimitée de manière très précise (par exemple, joints physiques isolés dans la voie), mais peut aussi présenter des limites indéterminées sur quelques dizaines de mètres (par exemple, circuits de voie).

Le circuit de voie constitue un élément important pour la fiabilité des installations de signalisation et la sécurité du trafic ferroviaire. C'est pourquoi il doit avant tout satisfaire aux conditions suivantes :

- donner une indication univoque "voie occupée" (information "tout ou rien");
- ne jamais fournir à tort l'indication voie libre, même en cas d'avarie, de dérangement ou en présence de courants électriques vagabonds dans la voie.

Selon la technologie utilisée, il existe plusieurs types de circuits de voie :

- le rail isolé;
- les circuits de voie à courant continu;
- les circuits de voie 50 Hz (avec isolation monorail ou birail). En règle générale, les circuits de voie 50 Hz sont délimités par des joints isolants dans les deux files de rails; ce type d'isolation est appelé **isolation birail**. Dans les zones qui comportent un

grand nombre d'appareils de voie et où l'isolation birail rencontre de sérieux problèmes, une seule file de rails est isolée; on parle alors d'**isolation monorail**. La longueur d'un circuit de voie monorail est cependant limitée.

- les circuits de voie à joints électriques;
- les circuits de voie à tension à impulsion (principalement appliqués sur des voies peu empruntées, où le pontage de la zone isolée est gêné par l'oxydation, le sable, la poussière, la graisse, etc.);
- les circuits de voie haute fréquence (utilisés principalement pour la libération aux passages à niveau).

4.3 Compteurs d'essieux

Les compteurs d'essieux sont des appareils électriques qui ont pour but de constater la présence et l'absence de véhicules ferroviaires à l'intérieur d'une **zone de comptage**. Ces zones de comptage sont délimitées au minimum par un point de détection. Le nombre d'essieux ayant franchi chaque point de détection est comptabilisé.

Une comparaison des valeurs de comptage à l'entrée et à la sortie d'une zone de comptage permet au système de comptage de conclure à la libération de cette zone.

4.3.1 Compteurs d'essieux autonomes

Le système de compteurs d'essieux autonomes convient aussi bien pour le comptage des essieux dans les grils de gare qu'en pleine voie. L'unité de comptage est dite autonome parce qu'elle fonctionne de manière indépendante, sans informations d'itinéraire. Elle peut être utilisée tant avec des installations tout relais qu'avec des installations PLP.

A l'heure actuelle, Infrabel utilise le système de compteurs d'essieux autonomes AzS(M)350T de Siemens, qui convient à plusieurs zones de comptage. Il se compose d'une unité de comptage capable de gérer au maximum 16 zones de comptage et qui peut être reliée directement à un maximum de 16 points de détection différents, du type alpha Siemens ZP43E. Pour la liaison avec la protection de l'itinéraire, l'on dispose, pour chaque zone de comptage, d'une sortie sûre libre/occupé avec interface relais et d'une remise à zéro.

4.3.2 BSRM avec compteurs d'essieux de type Siemens AzS(M)350T

La détection de voie libre s'effectue sur la base du système de comptage d'essieux AzS(M)350T de Siemens.

Un point de détection du type alpha ZP43E est placé aux deux extrémités de la section de voie.

Chaque point de détection est directement relié à une unité de comptage AzS(M)350T.

Les unités de comptage s'échangent les informations du détecteur de roue et de libération via des canaux de transmission (modems + lignes téléphoniques). Sur la base du nombre d'essieux entrants et sortants, les sections (zones de comptage) sont signalées comme étant libérées ou pas. Un système intégré de transmission de block assure la transmission d'informations de block entre les différents sites.

4.3.3 Quelques notions en rapport avec les compteurs d'essieux

Un **point de détection** est un point de la voie où la présence, respectivement le passage de véhicules ferroviaires est constaté(e) au moyen de détecteurs de roue. Cette notion coïncide avec le point de la voie où l'on retrouve, dans le cas de circuits de voie, un ou deux joints isolants.

Une **chaîne de détection** est l'ensemble des appareils et circuits qui fournit l'information de détection à l'unité de comptage.

Un **détecteur de roue** est un appareil qui détecte la présence d'un boudin de roue à proximité immédiate d'un point bien déterminé sur le rail. Un détecteur de roue contient au moins un capteur.

Un **capteur** est l'élément actif d'un détecteur de roue qui réagit à l'approche d'un objet métallique. Un capteur peut être constitué de plusieurs éléments; par exemple, un émetteur et un récepteur. Ces deux fonctions peuvent aussi être réunies dans un même appareil.

Une **chaîne de capteurs** est un ensemble de circuits électriques qui convertissent l'information analogique du capteur en signal numérique pour l'unité de comptage.

La **libération** est le message qui confirme l'absence de véhicules ferroviaires à l'intérieur d'une zone de comptage.

Le **contrôle de position** est le contrôle de la présence du détecteur de roue sur le rail qui garantit, dans les tolérances prévues au montage, une détection infaillible de la roue.

Une **section de comptage** est une section de voie (sans aiguillages) délimitée par 1 ou 2 points de détection et dont l'occupation est contrôlée par un compteur d'essieux.

Un **compteur d'essieux** est un système qui se compose principalement d'une ou de plusieurs chaînes de détection couplées à une unité de comptage, ainsi que de l'indication de l'unité de comptage proprement dite.

Une **zone de comptage d'essieux** est l'infrastructure ferroviaire où la détection des trains est réalisée avec des compteurs d'essieux.

L'**unité de comptage** est l'appareil (généralement un ordinateur) qui traite les signaux numériques des chaînes de détection et est capable de tenir à jour les valeurs de comptage. Les unités de comptage peuvent être subdivisées en **unités de comptage locales** et **centrales**. Les **unités de comptage centrales** comparent en outre les valeurs de comptage de différents points de détection de manière à pouvoir libérer des zones de comptage.

Une **zone de comptage** (zone C) est une partie de voie continue qui peut être signalée séparément comme étant libre ou occupée dans le cas de l'utilisation de la détection des trains par des compteurs d'essieux. Elle est toujours délimitée par au moins un point de détection.

Une **zone globale** est une zone délimitée par un nombre arbitraire de points de détection dont l'état d'occupation est contrôlé par un compteur d'essieux.

Une **mise à zéro** est une opération d'exploitation qui porte sur une zone de comptage ou une zone de comptage globale et qui remet à zéro la (les) valeur(s) de comptage à l'intérieur de cette zone. Il s'agit d'une commande enregistrée, dénommée NCAT (zone de comptage), qui est indépendante de la réalisation du comptage. En principe, une fonction NCAT n'est pas liée à des itinéraires enclenchés.

Un **RESET** (réinitialisation) d'une unité de comptage est une opération technique qui se rapporte à une unité de comptage (à un appareil donc) et qui intervient directement sur le déroulement du programme de l'unité de comptage. Le RESET n'est pas une opération enregistrée; il est effectué soit automatiquement par l'unité de comptage proprement dite, soit par un technicien, après contrôle ou réparation le cas échéant. En principe, un RESET ne donne pas lieu à des libérations spontanées et doit être suivi par une ou plusieurs mises à zéro (commandes NCAT) pour obtenir la détection de voie libre.

5 Aiguillages et autres appareils de voie

5.1 Introduction

Les aiguillages sont des appareils de voie nécessaires pour permettre le passage sans interruption de véhicules ferroviaires d'une voie à une autre, sans que ces véhicules doivent marquer l'arrêt.

Les éléments les plus caractéristiques d'un aiguillage sont les **lames d'aiguille**, qui permettent le passage d'une voie à l'autre. Elles sont constituées de parties de rail spécialement chanfreinées, qui s'appliquent parfaitement contre une partie de rail appropriée, appelée **contre-rail**. L'aiguille qui s'appuie contre le contre-rail, est appelée **aiguille fermée**; celle qui s'en écarte est appelée **aiguille ouverte**. Les aiguilles reposent sur des coussinets en acier dotés de surfaces d'appui horizontales, dénommés **coussinets de glissement**. Les aiguilles d'un appareil de voie sont **solidarisées**, de telle sorte que le déplacement de l'une entraîne le déplacement de l'autre. L'ensemble formé par l'aiguille et le contre-rail est appelé **demi-aiguillage**. Un branchement simple comprend donc 2 demi-aiguillages, formant un tout appelé **aiguillage complet**. Un aiguillage est **dévié à droite** ou **à gauche**, en fonction de la direction adoptée par la voie déviée. La partie pointue de l'aiguille est appelée **pointe**, l'autre extrémité **talon**. Le déplacement des aiguilles s'effectue au moyen de la **tringle de manœuvre**.

La plupart des aiguillages ont une **branche directe** et une **branche déviée**. Dans le cas d'un **aiguillage symétrique**, les deux branches sont déviées. La plupart du temps, la vitesse autorisée sur la branche déviée est inférieure à celle autorisée sur la branche directe bien que certains aiguillages puissent être parcourus à la vitesse maximale sur les deux branches.

Le point de croisement entre les deux directions est appelé **cœur de croisement**. Le passage du boudin de roue y est rendu possible par des évidements appropriés.

5.2 Aiguillage abordé par la pointe et par le talon

Un aiguillage est parcouru par la **pointe** lorsqu'il est parcouru de la pointe vers le talon.

Un aiguillage est parcouru par le **talon** lorsqu'il est parcouru du talon vers la pointe.

5.3 Position normale et renversée d'un aiguillage

Dans les postes de signalisation mécaniques et électriques, il était question de **position normale** et de **position renversée** de l'aiguillage. La **position normale** était celle dans laquelle l'aiguillage était le plus souvent parcouru, l'autre position était appelée **position renversée**.

5.4 Position gauche et droite d'un aiguillage

L'arrivée des postes de signalisation tout relais a introduit la notion de **position gauche** et **position droite** de l'aiguillage. Un aiguillage adopte la **position gauche** lorsqu'un convoi qui aborde l'aiguillage par la pointe, dévie vers la gauche. Il adopte la **position droite** lorsqu'un convoi qui aborde l'aiguillage par la pointe, dévie vers la droite.

Lorsque l'aiguillage se trouve en position droite, l'aiguille gauche est collée, et la droite est ouverte. Lorsqu'il se trouve en position gauche, l'aiguille droite est collée, et la gauche est ouverte.

Le cœur mobile d'un aiguillage se trouve en position droite lorsque le convoi qui l'aborde par la pointe, est dirigé vers la branche droite de l'aiguillage. Lorsque le cœur se trouve en position droite, la pointe mobile est collée à gauche.

Le cœur se trouve en position gauche lorsqu'un convoi qui l'aborde par la pointe, est dirigé vers la branche gauche. Si le cœur se trouve en position gauche, l'aiguille – vue depuis la pointe – est collée à droite.

5.5 Aiguillages articulés et flexibles

Dans le cas d'**aiguillages articulés**, les deux lames d'aiguille sont insérées, à leur extrémité (le **talon**), dans un **encastrement lâche** de telle sorte que l'aiguille puisse se déplacer facilement pendant la manoeuvre.

L'extrémité vient s'articuler dans l'élément de liaison avec le rail de raccord.

Les aiguillages articulés ne sont plus utilisés que dans les voies accessoires ou sur des lignes moins importantes.

Dans le cas d'**aiguillages élastiques**, les deux lames d'aiguille sont insérées, à leur extrémité (le **talon**) dans un **encastrement fixe**. Les deux aiguilles sont infléchies pendant le déplacement, si bien que la manoeuvre requiert un effort plus important. Il existe deux possibilités extrêmes en ce qui concerne la position neutre de l'aiguille : la position neutre ouverte ou la position neutre fermée. L'ancienne SNCB avait opté pour une solution intermédiaire, à savoir une position neutre qui correspond à peu près à la position fermée. Pour la plupart des aiguillages élastiques, l'aiguille est en position neutre à environ 20 mm du contre-rail. Dans le cas de traversées à aiguilles, la position neutre est obtenue avec une ouverture d'environ 35 mm.

Les aiguillages élastiques sont généralement appliqués dans les voies principales où le trafic ferroviaire est dense et où les vitesses développées peuvent être élevées.

Les aiguillages très longs avec un petit angle de croisement (par exemple, sur les lignes à grande vitesse) possèdent aussi, à hauteur du coeur de croisement, des aiguilles mobiles qui veillent à ce qu'il n'y ait pas d'interstice dans le coeur de croisement pour le guidage du boudin de roue. Il s'agit de coeurs à **pointe mobile**.

5.6 Manoeuvre, verrouillage et contrôle des aiguillages

La manoeuvre des aiguillages s'effectue à l'aide de leviers, de poignées, de clés ou de boutons-poussoirs. Ces différents appareils seront repris dans ce qui suit sous le terme générique : **levier d'aiguille**.

L'on part du principe que la manoeuvre des aiguillages a lieu **sur place** si le levier d'aiguille est directement relié aux supports de l'aiguillage. Dans tous les autres cas, l'aiguillage est considéré comme étant **commandé à distance** (notamment si des liaisons électriques ou mécaniques, ainsi qu'un **appareil de commande**, ont été branchés entre le levier d'aiguille et l'aiguillage). Si la commande des aiguillages s'effectue à distance, leur fonctionnement est assuré par le biais de tringles actionnées par l'appareil de commande qui se déclenche dès que le levier est actionné.

Les aiguillages peuvent être manoeuvrés sur place au moyen d'un **levier à simple** ou **double action avec contrepoids**, ou à distance au moyen d'un **appareil de manoeuvre électrique** ou **mécanique** : l'**appareil de manoeuvre d'aiguille**. Un appareil de voie commandé par un appareil de manoeuvre avec levier à simple action reprend sa position initiale dès que le levier est relâché à l'issue de la manoeuvre. Un appareil de voie commandé par un appareil de manoeuvre avec levier à double action reprend la position dans laquelle il avait été placé. A l'heure actuelle, la plupart des aiguillages sont commandés de manière électrique.

Pour pouvoir autoriser les mouvements à circuler en toute sécurité sur les aiguillages, les lames d'aiguille doivent avoir été immobilisées et verrouillées de manière à empêcher tout déplacement de ces aiguilles lors du passage d'un mouvement par l'aiguillage en question. Pour ce faire, l'aiguille fermée et l'aiguille ouverte doivent toutes deux être verrouillées. Il s'agit du **verrouillage externe**. Les appareils de manoeuvre électriques et mécaniques possèdent également un **verrouillage interne** qui se situe à l'intérieur de l'appareil proprement dit. Dans les configurations conçues pour des vitesses

supérieures à 90 km/h, il est prévu un **verrouillage électromécanique** supplémentaire (voir 3.5.9). De plus, la tringle de commande est verrouillée à l'extérieur, mais uniquement si un itinéraire a été tracé. Par conséquent, l'aiguille ne peut pas se déverrouiller d'elle-même, mais l'appareil de manoeuvre peut néanmoins détecter les talonnages. Ce système est parfois aussi appelé 'talonnage à la carte' ou 'système italien'. Selon le type d'aiguillage, il existe différents appareils de verrouillage externe des lames d'aiguille. En voici les principaux :

- le **verrou plat** et le **verrou rond**;
- le **crochet de fixation vertical**;
- le **crochet de fixation horizontal** ou **crochet Bussing** (le plus utilisé);
- le **verrou C** (pas talonnable);
- le **verrouillage par agrafes**.

La traversée à aiguilles et l'aiguillage comportant un coeur à pointe mobile sont verrouillés par des verrous C et ne sont donc pas talonnables.

En cas de commande centralisée, toute manoeuvre intempestive lors du franchissement d'un aiguillage par des mouvements peut être empêchée par le blocage **mécanique** ou **électrique** de la manoeuvre de cet aiguillage. On dit alors que l'aiguillage est **enclenché**.

Un aiguillage manoeuvré sur place peut être immobilisé au moyen d'un **verrou** qui empêche le déplacement du levier de commande.

Un **appareil de manoeuvre d'aiguille de triage** est exclusivement destiné à la manoeuvre d'appareils situés dans les faisceaux de triage. Cet appareil est identique à un appareil de manoeuvre d'aiguille ordinaire, mais est dépourvu de tringles de contrôle et présente un temps de commande beaucoup plus court (de 0,5 à 0,8 sec.).

Certains aiguillages articulés, dépourvus d'un verrou à crochet, sont équipés d'un **appareil de manoeuvre temporisé**. Ce type d'aiguillage peut être talonné à des vitesses n'excédant pas 40 km/h. Après le talonnage, un piston qui se déplace dans un cylindre contenant de l'huile, ramène lentement les aiguilles dans leur position initiale. L'aiguillage peut aussi être manoeuvré sur place au moyen d'un petit levier.

Un aiguillage peut être parcouru :

- si l'aiguille collée est immobilisée contre le contre-rail (ouverture à la pointe inférieure à 3 mm);
- si l'aiguille ouverte est bloquée à une distance suffisante de son contre-rail (ouverture à la pointe supérieure à 85 mm) et présente un écartement suffisant;
- si le verrouillage a été effectué convenablement;
- s'il y a correspondance entre l'appareil de manoeuvre au poste de signalisation et l'aiguillage concerné.

Afin de s'assurer que les aiguilles se trouvent dans la position adéquate, chacune d'elles a été équipée d'une tringle de contrôle. Celle-ci est reliée, à hauteur de l'appareil de manoeuvre, aux **glissières** qui agissent à leur tour, à l'intérieur de l'appareil de manoeuvre, sur les **verrous de commutation** du mécanisme de verrouillage, de commande et de contrôle. Dans le cas d'aiguillages électriques, toutes ces conditions sont vérifiées dans les **circuits de contrôle** électriques.

Si l'aiguillage ne peut pas être verrouillé, il peut être immobilisé au moyen de **griffes**.

5.7 Talonnage et possibilité de talonner un aiguillage ou appareil de voie

Par **talonnage** d'un aiguillage ou appareil de voie on entend ce qui suit : l'aiguillage est abordé par le talon depuis une direction qui ne coïncide pas avec la position des aiguilles (par exemple, à la suite d'un dépassement de signal). Le talonnage est provoqué par la fermeture de l'aiguille ouverte, après quoi l'aiguille fermée s'écarte du contre-rail. Un aiguillage est dit **talonnable** si sa configuration est telle que l'équipement ne subit aucun dommage lors du talonnage des lames d'aiguille à faible vitesse. Le talonnage d'un aiguillage est toutefois considéré comme un accident, c'est-à-dire un incident grave qui compromet sérieusement la sécurité et nécessite une vérification approfondie de l'ensemble des composants de l'aiguillage.

En général, le talonnage à faible vitesse d'un aiguillage articulé n'endommage pas l'appareil de voie. Dans le cas d'un aiguillage élastique, le talonnage provoque généralement la déformation et la dégradation des aiguilles.

Une traversée à aiguilles n'étant pas talonnable, son talonnage s'accompagne toujours d'un déraillement.

5.8 Permissivité d'un aiguillage

La **permissivité** d'un aiguillage est le degré dans lequel l'aiguille peut se déplacer longitudinalement par rapport au contre-rail, sans que cela ait une influence sur la qualité du verrouillage.

Par 'cheminement' des aiguilles on entend : le déplacement relatif de l'aiguille par rapport au contre-rail dans le sens longitudinal. Les causes principales en sont :

- La dilatation de l'aiguille, qui est en fait une dilatation 'libre' et qui, dans le cas de longues aiguilles, peut atteindre une valeur élevée. Par exemple : une lame d'aiguille de 29,7 m de long subit, en cas d'écart de température de 70 °C, une variation de longueur de 25 mm.
- Le chauffage des aiguillages en hiver, qui fournit plus de chaleur au rail qu'à l'aiguille, avec la possibilité d'une dilatation plus importante du contre-rail.
- Les forces exercées dans le rail suivant, qui compriment ou dilatent ce dernier.
- Le freinage ou la traction de locomotives et de wagons.

La résultante de toutes ces forces n'est pas calculable et doit être examinée au cas par cas.

Le 'cheminement' donne lieu à un mauvais positionnement de l'aiguille par rapport au contre-rail et compromet le contrôle des lames d'aiguille.

Les mesures prises par le service Infrastructure Voies contre le cheminement, garantissent que le déplacement du rail suivant se limite à ± 10 mm. Si l'on ajoute la libre dilatation de 25 mm de l'aiguille, on obtient un écart de 45 mm entre les deux températures extrêmes. Ces 45 mm doivent pouvoir être compensés par la permissivité du mécanisme de commande, soit 22,5 mm de part et d'autre de la position médiane. Seul le verrou C et le verrouillage par agrafes peuvent satisfaire à cette exigence.

5.9 Verrouillage électromécanique des aiguillages

Un **verrouillage électromécanique** est monté sur tous les appareils de voie à aiguilles flexibles qui sont situés dans une voie principale, sont parcourus à plus de 90 km/h et dont la configuration les rend talonnables. Le mécanisme de manoeuvre d'aiguille est alors verrouillé dans ses deux positions extrêmes, indépendamment de la vitesse autorisée sur la voie déviée.

Le dispositif de verrouillage empêche le talonnage de l'aiguillage aussi longtemps que l'itinéraire empruntant cet aiguillage reste enclenché. Il bloque la crémaillère dans les deux positions extrêmes au moyen d'un verrou qui est entraîné par un vérin et vient s'insérer dans un évidement pratiqué dans la crémaillère.

Ces verrous supplémentaires ont encore une autre application. A Bruxelles-Ouest (L.28) et Schaerbeek-Josaphat (L.26), par exemple, les aiguillages ont été équipés d'un verrouillage électromagnétique, non pas en raison de la vitesse, mais pour pouvoir mettre ces postes hors service la nuit et durant les week-ends. A cette fin, le poste de signalisation a été placé en commande cyclique (voir point 2.2.24.4) : les itinéraires sont restés établis en permanence, et le feu de franchissement sur les signaux a été allumé. Les aiguillages ont été verrouillés électromécaniquement. La tension de batterie de 40 V, ainsi que le fonctionnement des feux de franchissement et la position des verrous, ont été contrôlés depuis un poste adjacent.

5.10 Chauffage d'aiguillage

Le chauffage électrique des aiguillages empêche, par temps de neige, de gel ou de pluie, la formation d'un obstacle fixe entre le contre-rail et l'aiguille, d'une part, et sur les coussinets de glissement, d'autre part, qui compromettrait la commande et/ou le contrôle de l'aiguillage.

En principe, il sera opté en faveur de l'un des régimes suivants en fonction du type de temps :

- O: aucun risque de pluie ou de verglas.
- M : risque de chute de neige ou de formation de verglas.
- H: en cas de chute de neige ou de verglas.

L'installation d'un chauffage d'aiguillage puissant dans les gares bruxelloises et autres noeuds ferroviaires importants contribue au maintien du service, même dans le cas de conditions atmosphériques très défavorables.

Jusqu'en 1979, le chauffage d'aiguillage pouvait être soit enclenché (régime H) soit débranché (régime O). A partir de 1979, une commande temporisée et le régime M correspondant ont été introduits. Cette commande temporisée, sous le régime M, permet d'enclencher le chauffage d'aiguillage pendant 100 minutes et alterne ensuite entre des périodes de coupure de 30 minutes et des périodes d'enclenchement de 40 minutes.

La commande thermique est apparue en 1982. Ici, l'enclenchement et le débranchement du chauffage d'aiguillage sous le régime M sont commandés à l'aide d'un thermostat, sur la base de la température d'un aiguillage de référence.

L'armoire de zone avec commande thermique et contrôle de courant a été introduite en 1984. Le contrôle de courant vérifie automatiquement si chaque élément chauffe encore. Un contrôle par les graisseurs ou le personnel I devient par conséquent

superflu.

Si les conditions climatiques sont défavorables à un point tel point que même un chauffage intensif et le recours à d'autres moyens ne suffisent plus à assurer le service avec une régularité acceptable, un plan de secours dénommé **HPS** peut être mis en place. Le plan HPS a pour but de maintenir les perturbations du trafic ferroviaire dans des limites acceptables, par le biais d'un service des trains adapté.

5.10.1 Commandes de chauffage

5.10.1.1 Régimes

On distingue 3 régimes de chauffage :

- 0: débranché;
- M: modéré (avec fonctionnement intermittent recommandé ou automatique);
- H: élevé (fonctionnement continu).

5.10.1.2 Commandes et contrôles

Les aiguillages chauffés électriquement sont regroupés en zones dénommées 'zones VCAW' (Verwarming – Chauffage – Aiguillage – Wissel).

Les lampes témoins sur le tableau de contrôle optique ou les indications sur l'écran EBP renseignent sur le régime choisi et le fonctionnement de l'installation.

5.11 Chauffage du mécanisme de commande des aiguilles

Les mécanismes de commande des aiguillages, qui sont susceptibles de perturber directement la régularité du trafic des trains, sont équipés d'un élément de chauffage à proximité des contacts de contrôle. Cela empêche la formation de givre sur les contacts qui pourrait perturber le bon fonctionnement de l'appareil. Dans les installations PLP qui ont été équipées d'un réseau de diagnostic, le chauffage peut être enclenché et débranché à distance, et le dysfonctionnement d'un ou de plusieurs éléments de chauffage peut être détecté au moyen d'un relais de courant.

5.12 Fiche de contrôle des organes de commande des aiguillages

Dans un premier temps, chaque appareil de voie est monté à l'Atelier Central Infrastructure de Bascoup. Après avoir vérifié si le montage satisfait aux tolérances préétablies, une fiche de contrôle est établie. Lors du premier montage dans la voie, la fiche de contrôle permettra de s'assurer que l'appareil respecte les limites de tolérance, et qu'aucun élément n'a subi de déformation anormale au cours du transport ou du montage sur le terrain.

Pendant toute sa durée de vie, l'appareil de voie est soumis à un contrôle permanent. Lors de ce contrôle, le personnel d'entretien prend les mesures requises afin de corriger les vices constatés.

5.13 Forces exercées sur la crémaillère d'un mécanisme de commande d'aiguille

La crémaillère d'un aiguillage est soumise à l'action de plusieurs forces qui sont mesurées au cours de la visite périodique de l'appareil et inscrites sur la fiche de contrôle. Ces forces sont les suivantes :

5.13.1 Force de commande maximale :

La force de commande maximale est la force maximale qui doit être exercée à hauteur de l'axe de la crémaillère du dispositif de manoeuvre d'aiguille pour assurer une course complète de l'appareil dans le cas d'une commande manuelle.

5.13.2 La force de friction

La force de friction est la force maximale que l'appareil de commande peut développer à hauteur de l'axe de la crémaillère en cas de commande électrique, alors que le mouvement des aiguilles est bloqué.

5.13.3 La force négative

La force négative est la force restante – exercée par l'appareil de voie et son équipement – sur la crémaillère une fois que le dispositif de manoeuvre d'aiguille a terminé sa course complète après une commande électrique (ou après une commande avec un levier à contrepoids). Cette force est normalement une conséquence de la force élastique dans les aiguilles.

5.13.4 La force de talonnage

La force de talonnage est la force minimale qui doit être exercée sur la crémaillère afin de déverrouiller l'aiguillage dans sa position extrême.

5.14 Autres appareils de voie

5.14.1 Taquets d'arrêt

Les taquets d'arrêt ont été apposés :

- sur les voies de liaison qui ont été raccordées aux cours à marchandises ou autres installations similaires, lorsque la voie de liaison est en rampe, est de niveau ou descend vers les voies de cour suivant une pente inférieure à 0,005 %;
- sur les voies de liaison reliées aux voies principales ou aux voies pour garage direct, lorsque la voie de liaison est en rampe ou de niveau et n'est pas empruntée par les locomotives des raccordés;
- sur les voies des cours à marchandises ou installations similaires reliées à des voies principales ou à des voies pour garage direct, si ces voies sont en rampe ou de niveau.

5.14.2 Aiguilles de déraillement

Les aiguilles de déraillement étaient placées auparavant :

- dans les voies de liaison reliées aux voies des cours à marchandises ou installations similaires, si la voie de liaison descend vers les voies de cour suivant une pente d'au moins 0,005 %;
- dans les voies de liaison reliées à des voies principales ou des voies pour garage direct, si la voie de liaison descend vers ces voies ou est empruntée par les locomotives des raccordés;
- à la sortie des voies des cours à marchandises ou installations similaires reliées à des voies principales ou des voies pour garage direct, si la voie de liaison descend vers les voies principales;
- dans les voies des cours à marchandises ou installations similaires qui sont empruntées par les locomotives des raccordés;
- à l'entrée des voies pour un garage par refoulement, qui sont de niveau ou en rampe en direction des voies principales;
- sur les voies de faisceau des cours à marchandises s'il n'y a plus suffisamment de place pour aménager une voie en impasse.

Compte tenu de l'amélioration des caractéristiques de freinage du matériel roulant, la tendance actuelle consiste à ne plus installer d'aiguilles de déraillement, voire à les supprimer.

6 Passages à niveau

6.1 Introduction

Les passages à niveau constituent un élément à part dans la signalisation. A l'origine, les passages à niveau étaient commandés sur place et manuellement. Le garde-barrière connaissait l'heure habituelle de passage du train, ou l'arrivée du train lui était annoncée par téléphone, et il devait veiller à ce que son passage à niveau soit fermé à temps. Tout reposait sur des obligations morales, et une négligence de la part du garde-barrière pouvait avoir de lourdes conséquences. L'application de plus en plus large de l'électricité dans le domaine de la signalisation a entraîné l'automatisation de l'annonce, de la commande et du contrôle des passages à niveau qui, dans certains cas, ont été combinés à l'ouverture des signaux. Lorsque le train arrivait à distance d'annonce du passage à niveau, celui-ci se fermait automatiquement. Puisque la présence sur place d'un garde-barrière ne se justifiait plus pour ce type de passages à niveau 'automatiques', le contrôle à distance de son bon fonctionnement s'est avéré indispensable. Ce contrôle à distance a été centralisé dans le poste de signalisation le plus proche. Actuellement, la plupart des passages à niveau fonctionnent automatiquement, et ils ne sont plus gardés que dans des circonstances particulières (dérangement, travaux, accident, etc.).

Jusqu'à présent, la technologie du relais est toujours utilisée dans la plupart des passages à niveau. Certaines lignes sont aussi entièrement ou partiellement équipées de passages à niveau à éléments logiques statiques (conçus par ACEC). Même dans le cas des postes à commande électronique couplés à la technologie PLP, les passages à niveau font toujours appel à la technologie à relais ou à éléments statiques.

6.2 Classification des passages à niveau

Par **passage à niveau public** il faut entendre : le croisement total ou partiel d'une voie publique par une ou plusieurs voies ferrées établies en dehors de la chaussée.

Les **passages à niveau privés** sont des passages à niveau aménagés dans l'intérêt de particuliers, sur une ou plusieurs voies ferrées établies en dehors de la voie publique.

Les passages à niveau publics sont répartis en 5 catégories :

- un passage à niveau de **première catégorie** est muni de barrières pouvant empêcher la circulation sur toute la largeur de la voie publique;
- un passage à niveau de **deuxième catégorie** est muni de signaux lumineux de circulation et de deux barrières partielles, placées en chicane, de part et d'autre de la voie ferrée et du côté droit de la voie publique, par rapport au sens suivi par les usagers de la route;
- un passage à niveau de **troisième catégorie** est muni de signaux lumineux de circulation sans barrières;
- un passage à niveau de **quatrième catégorie** ne comporte ni signaux lumineux de circulation ni barrières, mais est signalé à distance et à hauteur du passage à niveau proprement dit par des signaux routiers appropriés;
- un passage à niveau de **cinquième catégorie** ne comporte ni barrières ni signaux lumineux de signalisation ni panneaux routiers à hauteur du passage à niveau.

Le Ministère des Communications détermine au cas par cas la catégorie dans laquelle les passages à niveau publics sont classés.

Un passage à niveau est dit à **signalisation automatique** (= **passage à niveau automatique**) lorsque la circulation ferroviaire en approche déclenche une signalisation qui interdit à la

circulation routière de le franchir.

Les passages à niveau automatiques peuvent être classés comme suit :

- ceux pour lesquels l'interdiction pour les usagers de la route de s'engager sur le passage à niveau, constitue une condition à l'ouverture du signal ferroviaire situé en amont de ce passage à niveau. Si ce signal est un **signal d'arrêt ordinaire** ou un **signal d'arrêt simplifié** (voir chapitre 16), et si la seule condition nécessaire à l'ouverture du signal est la fermeture du passage à niveau, celui-ci est dénommé passage à niveau de **type rail-route**;
- ceux pour lesquels l'interdiction pour les usagers de la route de s'engager sur le passage à niveau, ne constitue pas une condition à l'ouverture d'un signal ferroviaire.

6.3 Contrôle du fonctionnement des passages à niveau automatiques

A l'exception du type rail-route, le bon fonctionnement de chaque passage à niveau automatique est contrôlé à distance, conformément aux prescriptions du Ministère des Communications. Les indications relatives à un dysfonctionnement sont classées sous les dénominations **petite alarme** et **grande alarme**.

Une petite alarme implique au moins l'un des dérangements suivants :

- un feu rouge ou le feu blanc d'un ou plusieurs signaux routiers est éteint;
- la batterie est déchargée;
- il n'y a pas d'alimentation en courant alternatif.

Une grande alarme implique au moins l'un des dérangements suivants :

- 2 feux rouges du même signal routier sont éteints;
- au moins une barrière n'est pas fermée pendant le passage des mouvements;
- au moins une barrière ne se ferme pas dans les 32 secondes qui suivent l'ordre de fermeture;
- la circulation routière sur le passage à niveau est interdite pendant plus de 10 minutes sauf si les zones d'annonce ont été mises hors service par un équipement prévu spécialement à cette fin;
- le commutateur de surveillance situé dans le passage à niveau ne se trouve pas en position 'automatique'.

Si une grande ou une petite alarme se déclenche à hauteur d'un passage à niveau automatique, l'agent du poste de signalisation chargé du contrôle de ce passage à niveau, est tenu de prendre les mesures qui s'imposent.

6.4 Couplage des signaux aux passages à niveau : Système DA (Dédoublé d'alarme)

Les signaux permissifs qui correspondent au sens de marche instauré, sont ouverts si la section est libre et si les passages à niveau fonctionnent normalement. Les signaux du sens de marche opposé, non instauré, s'allument normalement en présentant l'aspect rouge.

Une situation de 'grande alarme' à un passage à niveau automatique requiert la prise de mesures immédiates au niveau du trafic ferroviaire.

Sur les lignes équipées d'installations télécommandées et/ou du block-système

automatique, il se peut que les postes appelés à prendre les mesures de sécurité se trouvent très loin du passage à niveau en dérangement. Il se peut en outre que plusieurs trains circulent déjà sur le tronçon concerné et ne soient plus joignables au moment de l'annonce de la 'grande alarme'. Le système DA a été mis au point afin de remédier à cette situation. En cas de grande alarme à un passage à niveau, les trains sont retenus à hauteur du signal permissif situé en amont, dont le franchissement est subordonné à la délivrance d'un ordre de franchissement (S421 ou S422), combiné à un ordre de ralentissement à 5 km/h (S379) sur tous les passages à niveau compris dans la section en aval. Ces dispositions s'appliquent aussi bien aux signaux de voie normale qu'aux signaux de contre-voie.

En cas de 'grande alarme', le passage à niveau est couvert par les signaux d'arrêt permissifs situés en amont, tant pour la circulation sur la voie normale que pour la circulation à contre-voie. Le programme suivant a été élaboré :

- Le signal d'arrêt qui couvre le passage à niveau est fermé après communication de la "grande alarme" pour autant que la zone d'approche qui précède le signal d'arrêt soit libre;
- Le signal d'arrêt reste ouvert s'il l'était avant la survenance de la "grande alarme", et si la zone d'approche qui précède le signal est occupée;
- Si la grande alarme survient après une occupation de plus de 10 minutes de la zone d'approche précédant le signal d'arrêt, ce dernier se refermera automatiquement. Cette disposition ne s'applique pas aux signaux d'arrêt manoeuvrés.

7 Traversées de service

Les **traversées de service** sont des croisements à niveau d'une piste ou d'un chemin de circulation avec une ou plusieurs voies de chemin de fer, aménagés à l'intérieur des dépendances de la Société; elles relient une zone sûre (en dehors du gabarit d'espace libre) à la zone sûre suivante.

Les traversées de service peuvent être classées en 5 catégories allant de A à E.

7.1 Traversées de service de type A

Les traversées de service de type A sont aménagées sur des pistes de circulation lorsque la vitesse de circulation sur les voies croisées est inférieure ou égale à 70 km/h et la visibilité sur ces voies est insuffisante. Elles sont dépourvues de signalisation routière.

7.2 Traversées de service de type B

Les traversées de service de type B sont aménagées sur des pistes de circulation lorsque la vitesse de circulation sur les voies croisées est supérieure à 70 km/h et la visibilité sur ces voies est suffisante. Elles sont dotées d'une signalisation routière identique à celle d'un passage à niveau public de quatrième catégorie, à savoir des panneaux de circulation A45 ou A47 selon que la traversée de service comporte une ou plusieurs voies. Toutefois, la croix de Saint-André utilisée est toujours un modèle réduit.

7.3 Traversées de service de type C

Les traversées de service du type C sont aménagées sur des pistes de circulation et uniquement à hauteur des quais de certaines gares, et où un ou plusieurs signaux couvrent la traversée de service. Leur signalisation routière se compose d'un signal lumineux comprenant deux feux blancs placés l'un au-dessus de l'autre, et d'un panneau inférieur avec le texte suivant (caractères noirs sur fond blanc) :

"Attention feux
Feux éteints ou clignotants : traversée non assurée
Au moins un feu allumé : traversée sûre"

Ce signal n'a pas un caractère impératif : il vise uniquement à fournir à l'utilisateur des informations sur les mouvements effectués sur les voies de chemin de fer qui coupent la piste de circulation.

Dans certaines installations, il se peut que les feux clignotent. Ils doivent alors être considérés comme étant éteints.

7.4 Traversées de service de type D

Les traversées de service de type D se classent encore en 5 catégories allant de D1 à D5.

7.4.1 Traversées de service de type D1

Les traversées de service de type D1 sont aménagées sur des voies de circulation :

- dans des cas exceptionnels;
- lorsque la circulation routière ou ferroviaire présente des pics de trafic intermittents (par exemple, accès à un atelier).

Ces traversées de service sont équipées d'un système de commande spécial qui est actionné sur place.

7.4.2 Traversées de service de type D2

Les traversées de service de type D2 sont aménagées sur des voies de circulation :

- dans des cas exceptionnels;
- en cas de trafic routier et ferroviaire très intense;
- ET si la voie de circulation présente une largeur supérieure à 5 m;
- ET si la visibilité sur les voies est insuffisante.

Les traversées sont équipées d'un système de commande spécial qui est actionné manuellement sur place ou bien automatiquement et est intégré dans une signalisation rail-route.

La signalisation routière est identique à celle d'un passage à niveau de deuxième catégorie, à savoir :

- panneaux de circulation A45 ou A47 selon que le passage à niveau comporte une ou plusieurs voies de chemin de fer;
- deux barrières partielles équipées de produits ou dispositifs réfléchissants;
- un panneau de circulation C3 d'au moins 0,40 m de diamètre, fixé à chaque barrière;
- un feu de circulation composé de deux feux rouges clignotant alternativement;
- un feu de circulation composé d'un feu blanc lunaire clignotant.

La signalisation peut être renforcée par un signal acoustique (sonnerie).

7.4.3 Traversées de service de type D3

Les traversées de service de type D3 sont aménagées sur des voies de circulation :

- si la ou les voies à croiser sont des voies empruntées à une vitesse supérieure à 70 km/h;
- ET si l'aménagement d'une traversée de type D4 n'est pas possible.

Ces traversées sont équipées, comme pour les traversées de service de type D2, d'un système de commande spécial.

La signalisation routière est identique à celle d'un passage à niveau de troisième catégorie, à savoir :

- panneaux de circulation A45 ou A47 selon que le passage à niveau comporte une ou plusieurs voies de chemin de fer;
- un feu de circulation composé de deux feux rouges clignotant alternativement.

Cette signalisation peut être renforcée par un feu de circulation comprenant un feu blanc clignotant, et par un signal sonore.

7.4.4 Traversées de service de type D4

Les traversées de service de type D4 sont aménagées sur des voies de circulation :

- si la ou les voies à croiser sont des voies empruntées à une vitesse inférieure ou égale à 70 km/h;
- ET si la visibilité sur les voies est suffisante.

La signalisation routière est identique à celle d'un passage à niveau de quatrième catégorie, à savoir des panneaux de circulation A45 ou A47 selon que le passage à niveau comporte une ou plusieurs voies.

7.4.5 Traversées de service de type D5

Les traversées de service de type D5 sont aménagées sur des voies de circulation qui coupent des voies de chemin de fer très peu fréquentées et empruntées uniquement en marche à vue.

Ce type de traversée de service est dépourvu de signalisation routière.

7.5 Traversées de service de type E

Ces traversées de service sont destinées aux lignes à grande vitesse et ne sont aménagées qu'exceptionnellement. Elles sont pourvues d'un signal lumineux composé de deux feux blancs correspondant chacun à une seule voie, ainsi que de boutons-poussoirs.

La présence d'une traversée est signalée par des rails peints en blanc. Toutefois, aucune voie de nivellement n'est aménagée. En actionnant le bouton-poussoir, l'agent peut vérifier si la voie est libre (la lampe est allumée) ou si un train approche (la lampe est éteinte). La traversée est autorisée lorsque les feux correspondant aux voies en service, sont allumés. Si ces feux s'éteignent pendant la traversée, il reste suffisamment de temps pour traverser les voies.

En fonction de circonstances locales justifiées et moyennant l'avis du comité VGV concerné, d'autres mesures complémentaires peuvent être prises (telles que traversées en zigzag, clôtures, barrières avec serrures, ...).

Marquage des traversées de service

Les bords des éléments rigides des traversées de service sont peints en blanc s'il s'agit de traversées qui sont également empruntées régulièrement par des tiers (chemins de circulation), ou en jaune dans les autres cas.

7.6 Inventaire des passages à niveau présents sur le réseau

Début 2006, les 2220 passages à niveau recensés sur le réseau se répartissaient comme suit : 19 passages à niveau de première catégorie, 1312 de deuxième catégorie, 312 de troisième catégorie, 192 de quatrième catégorie, 24 de cinquième catégorie, 50 traversées de service et 307 passages à niveau privés.

La politique menée depuis plusieurs années vise à supprimer le plus grand nombre possible de passages à niveau et à les remplacer par des passages supérieurs ou inférieurs ou par des voies latérales, à commencer par ceux où les accidents sont les plus fréquents.

8 Répétition des signaux dans le poste de conduite : brosse/crocodile, TBL, ETCS, TVM430

Le nombre sans cesse croissant de trains, la complexité des mouvements et les vitesses de circulation toujours plus élevées ont poussé à rechercher un nouveau système permettant de répéter les signaux à bord du train et de rendre ainsi le trafic ferroviaire encore plus sûr.

La combinaison de la répétition des signaux à des réactions obligatoires de la part du conducteur a en outre permis de contrôler si ce dernier avait bel et bien compris le signal et les informations correspondantes et en avait déduit les opérations requises pour garantir la sécurité du mouvement. Les études ont conduit à la première fonction de contrôle avec interaction entre, d'une part, un appareil posé sur l'engin de traction (brosse métallique) et, d'autre part, un équipement placé dans les voies (crocodile) : le système brosse/crocodile.

8.1 Le crocodile

Le crocodile a été utilisé en Belgique pour la première fois en 1930, après une série de graves accidents de trains (Viaene-Moerbeke, Namur, Hal) qui avaient mis l'opinion publique en émoi. Il a été utilisé progressivement sur tout le réseau. Le crocodile Colas en bronze utilisé à l'époque était un morceau de métal allongé, constitué d'une seule pièce et posé dans la voie à hauteur du signal ou de la balise auquel ou à laquelle il se rapportait. En hiver, l'entretien du crocodile Colas était difficile : il devait être dégelé sur place avec du pétrole. Au début des années '50, le crocodile Colas a définitivement disparu des voies et a été remplacé par le crocodile tel que nous le connaissons encore aujourd'hui. Il s'agit d'un dispositif métallique oblong qui est apposé juste à côté de la plupart des signaux dans l'axe de la voie et assure la transmission des données de signalisation vers le poste de conduite du train. La partie centrale du crocodile se compose d'un certain nombre de lamelles ondulées placées les unes à côté des autres. Au passage du train, une brosse métallique montée sous l'engin de traction balaie le crocodile.

La différence de tension entre le crocodile et le rail adjacent dépend de l'aspect de signal auquel il est lié et permet, sur l'engin de traction, de manipuler le dispositif de répétition des signaux et les équipements correspondants.

La coïncidence entre l'aspect de signal constaté par un crocodile et la tension du crocodile est déterminée comme suit :

- crocodile sous une tension négative :

- indication portant sur la répétition de l'aspect de signal pour un passage sans restrictions : 'feu vert' sur un grand signal lumineux (ou l'aspect correspondant

d'un signal mécanique). Cette indication permet en outre au conducteur de vérifier le bon fonctionnement du système;

- crocodile sous une tension positive :

Indication portant sur la répétition du caractère particulier :

- d'un aspect de signal restrictif 'double jaune', 'vert-jaune horizontal', 'vert-jaune vertical' sur un grand signal lumineux (ou l'aspect correspondant d'un signal mécanique);
- d'une balise à cinq chevrons;
- d'un triangle d'approche pour une zone de ralentissement temporaire;
- d'un triangle d'approche pour une zone de ralentissement permanente (limitation de vitesse temporaire d'au moins 50 km/h);
- d'un panneau repère 'crocodile d'essai';
- d'un panneau repère 'crocodile d'essai' apposé au dos d'un triangle d'approche pour une zone de ralentissement temporaire;
- d'un signal lumineux éteint;

- crocodile mis hors service :

- Aspect de signal qui impose l'arrêt : 'feu rouge' sur un signal lumineux, avec ou sans feu blanc pour un petit mouvement (ou l'aspect correspondant d'un signal mécanique).

Les crocodiles qui confirment les grands signaux lumineux (ou signaux mécaniques), sont mis hors service pour la circulation à contre-voie. Cela n'est toutefois pas le cas avec les triangles d'approche pour les zones de ralentissement temporaire et avec les balises à chevrons, où le crocodile pour la circulation à contre-voie est considéré comme 'crocodile d'essai'.

A bord du véhicule, une brosse de contact métallique fixée sous l'engin de traction capte l'information du crocodile et la transmet au dispositif de répétition.

Une tension négative active brièvement l'indication du dispositif de répétition pour le passage sans restrictions et la transmet au dispositif de répétition.

Une indication positive active :

- l'indication 'caractère particulier du signal' du dispositif de répétition;
- le dispositif de vigilance;
- le dispositif de mémorisation;
- le dispositif d'arrêt automatique.

Remarque :

Le matériel SNCB doté d'un équipement de bord de la première génération (signal 'gong') ne possède pas de dispositif de mémorisation. De plus, le conducteur ne confirme la réception de l'aspect de signal qu'au moment où le dispositif de répétition lui communique le caractère particulier, pas avant.

Les locomotives ont été équipées de différents types de tachymètres, dont les principaux étaient : Hasler (type 1), Teloc (type 10, dont l'utilisation a été généralisée par la suite sur les engins de traction électriques et diesel) et Rodolousse (type 7).

8.2 TBL

Bien que le système "brosse/crocodile" soit très utile, ses possibilités sont limitées par ses caractéristiques techniques. Etant donné qu'il ne signale que deux situations, il n'est pas en mesure d'opérer une distinction entre les différentes restrictions que peut donner un signal avertisseur. De plus, le système ne réagit pas lors du franchissement d'un signal rouge et peut encore moins contrôler la vitesse du train. Vu la densité croissante du trafic dans de nombreuses zones et nœuds du réseau et le relèvement de la vitesse de référence sur un certain nombre de lignes, il était néanmoins plus qu'indiqué de pouvoir disposer d'un système plus efficace pouvant répéter les informations de signalisation à bord des engins de traction. Une étude menée dans ce sens a donné lieu, dans les années '80, à la percée d'un nouveau système qui reçut le nom de TBL (Transmission Balise Locomotive). Les développements récents dans le domaine de l'électronique ont contribué à l'extension du système de base, appelé TBL 1, par une multitude de fonctions extrêmement utiles, applicables notamment aux grandes vitesses (200 km/h et plus). Cette version améliorée fut appelée TBL2 (voir 3.8.2.2).

8.2.1 TBL1

Il s'agit, tout comme la combinaison "brosse/crocodile", d'un système de surveillance de la conduite, mais beaucoup plus puissant. Il se fonde sur la transmission d'un signal électrique codé entre une balise placée dans la voie et une antenne située sous la locomotive. Cette dernière capte le signal émis et l'envoie à l'équipement de bord où il est tout d'abord codé, et ensuite converti en information exploitable pour le conducteur de train. La balise se compose d'un cadre en acier inoxydable de 80 cm de long, muni aux deux extrémités d'une plaque de protection métallique. Elle se trouve tout près du signal dont elle répète l'information, entre les deux rails et en dehors de l'axe de la voie afin de pouvoir reconnaître le sens de circulation. La balise reçoit, via un câble, une série de données envoyées à partir d'un codeur qui se trouve dans l'armoire ou loge contenant l'appareillage de signalisation et qui, à son tour, reçoit des informations sur les feux du signal dont il doit répéter les données.

Les données codées qui traduisent l'aspect du signal, sont acheminées via la balise, qui émet un signal électrique ininterrompu, contenant les informations de signalisation spécifiques.

Ce signal est ensuite traité à bord de l'engin de traction, de telle sorte que le conducteur reçoive les messages nécessaires et puisse effectuer rapidement les opérations requises et prescrites. S'il n'intervient pas à temps, une autre partie de l'équipement de bord réagira à sa place, par exemple en immobilisant le train.

La TBL1 étant devenue obsolète et ne bénéficiant plus d'aucun support, son installation a cessé en 1990.

8.2.2 TBL2

Bien que la TBL 1 améliore largement la sécurité du trafic ferroviaire, ce système reste essentiellement cantonné à la répétition de données (dans le poste de conduite) en provenance des signaux implantés à côté de la voie. La SNCB s'est toutefois déjà préparée à la fin des années '80 à l'avènement des trains à grande vitesse, qui ont un impact considérable sur la signalisation. Les instances ferroviaires internationales avaient en effet déjà prévu que le maintien exclusif de la signalisation latérale dans le cas de vitesses supérieures à 200 km/h poserait bon nombre de problèmes et n'offrirait plus les garanties de sécurité souhaitées. Dans ce contexte, la perceptibilité insuffisante des signaux aurait nécessité un abaissement de la vitesse maximale, ce qui aurait eu des conséquences économiques et commerciales fâcheuses. L'autre possibilité, à savoir l'allongement de la longueur des sections de voie, aurait alors de nouveau affecté le débit des lignes concernées. Par conséquent, il a fallu rechercher un système susceptible d'assurer la signalisation et le contrôle du trafic, sans les signaux latéraux

classiques. Il s'est avéré impossible d'adopter tout simplement les systèmes de signalisation des lignes à grande vitesse des réseaux voisins. Un accord a certes été conclu avec la SNCF pour l'installation de la TVM 430 (système par lequel les données ne sont pas émises au départ de balises, mais sont transmises via les rails) sur les lignes à grande vitesse entre la frontière française et Lembeek. Ce choix a été en grande partie dicté par le souci de ne disposer que d'une seule méthode d'enregistrement des données de signalisation pour un trajet à grande vitesse ininterrompu tel que Bruxelles – Paris, par exemple.

Mais la grande vitesse serait également appliquée à d'autres lignes du réseau belge (Hal - Bruxelles, Bruxelles - Louvain - Liège, Anvers - frontière néerlandaise, etc.). De plus, des trains du trafic intérieur emprunteraient aussi certaines de ces sections de ligne à des vitesses allant jusqu'à 200 km/h, une raison de plus pour développer un système exploitable sur un grand nombre de trains belges.

Des études ont révélé que, grâce aux développements les plus récents réalisés dans le domaine de l'électronique, l'équipement TBL pouvait être converti en une variante belge de signalisation du poste de conduite (cab-signalling) qui devrait, dans l'ensemble, égaler celles des entreprises ferroviaires voisines. La nouvelle TBL devait être conçue de manière à fournir, sur le tronçon Lembeek - Bruxelles, des informations de signalisation comparables à celles de la TVM 430 sur la ligne à grande vitesse. Cela permettrait d'aboutir à une méthode uniforme de perception des signaux.

En ce qui concerne l'équipement dans la voie, la version TBL2 reste pour ainsi dire comparable à la TBL1.

Au besoin, l'équipement est complété, pour chaque section de voie, par une ou plusieurs balises intermédiaires ou une "boucle émettrice", composées de câbles posés dans la voie, d'une longueur allant jusqu'à 1000 m. Les éléments ajoutés envoient le même message que la balise de signalisation.

Par conséquent, un train en approche peut capter plus rapidement ce message, et le conducteur peut déjà adapter son comportement avant d'atteindre la balise qui lui communique précisément le même message. Cette solution convient parfaitement aux endroits où les trains doivent souvent faire arrêt et redémarrer ensuite.

Avec ce nouvel équipement, un train en approche peut recevoir plus rapidement un ordre d'arrêt (signal suivant rouge) délivré préalablement et annulé un peu plus tard puisque la section est désormais libérée. Le conducteur ne doit donc plus immobiliser complètement son train, comme il en avait reçu l'ordre, mais peut interrompre le freinage et réaccélérer directement, ce qui permet de gagner du temps et d'économiser de l'énergie. De plus, le système tient compte des caractéristiques de la section de ligne concernée, telles que le pourcentage de déclivité, la vitesse maximale autorisée, etc. Ces données influencent directement le dispositif de contrôle de la vitesse à bord du train, auquel des améliorations radicales ont également été apportées. Le système TBL2 a été introduit dès octobre 2000, tout d'abord sur la ligne 96N (Bruxelles - Hal), puis sur la ligne 2 (ligne à grande vitesse Louvain - Ans). Par la même occasion, les fonctions TBL 2 ont été installées sur quelque 270 engins de traction, c.-à-d. sur l'ensemble du matériel grande vitesse, les locomotives de la série 13 et les automotrices M96. A l'instar de la TVM, ce système permet de contrôler les courbes de freinage.

8.3 TVM 430

Le système (de signalisation en cabine) TVM 430, repris des chemins de fer français, est d'application sur la ligne à grande vitesse entre la frontière française et Lembeek (LGV 1). Le dispositif tient compte de l'absence de signaux lumineux sur la ligne. Tout s'effectue sur la base des indications fournies sur le pupitre situé dans le poste de conduite. La vitesse à respecter y est indiquée. Si le conducteur ne s'y conforme pas, le système déclenche automatiquement un freinage et l'immobilisation du train. Ce système permet également de contrôler les courbes de freinage.

8.4 ERTMS/ETCS (European Rail Traffic Management System/European Train Control System)

8.4.1 Introduction

Plusieurs systèmes de commande automatique de la marche des trains (ATC ou Automatic Train Control systems) sont apparus par le passé dans les différents pays. Mais seuls quelques-uns sont utilisés au-delà de leurs propres frontières. A cela, il faut ajouter les écarts en termes de développement, qui font entrave à l'interopérabilité technique.

Le European Rail Traffic Management System/European Train Control System (ERTMS/ETCS) a été mis au point sur la base de spécifications européennes en vue de parvenir à une normalisation internationale des systèmes ATC.

L'ERTMS se doit d'être LA norme européenne dans le domaine de la protection des trains et de la communication des trains. L'Union Européenne a conclu que le système ERTMS devait être installé sur toutes les nouvelles lignes à grande vitesse et lignes ordinaires. Bien qu'il ait été développé en Europe et, plus spécifiquement, pour l'Union Européenne, d'autres continents, dont l'Australie, ont manifesté leur intérêt pour ce système.

ERTMS est la dénomination d'un ensemble de spécifications portant sur la gestion, la sécurité et la communication dans le domaine du trafic ferroviaire. L'ETCS (European Train Control System) en est un sous-ensemble. Cette partie du programme concerne la signalisation, tant latérale le long de la voie que dans le poste de conduite. La suite de ce chapitre sera principalement consacrée à l'ETCS.

Les systèmes TBL2, ETCS et TVM se fondent sur une sécurité intrinsèque de la transmission des données aux trains, ce qui n'est pas le cas du système brosse/crocodile.

8.4.2 Genèse du système

La principale raison du développement de l'ERTMS a été l'augmentation du trafic transfrontalier (à grande vitesse) sur le réseau ferroviaire européen. A titre d'exemple, le Thalys compte actuellement à son bord pas moins de 7 systèmes différents de protection des trains :

la TVM (France), la TBL (Belgique), la LZB (Allemagne), l'ATB (Pays-Bas), l'Indusi (Allemagne), le Crocodile (Belgique) et le KVB (France). Il est évident que cette multitude de systèmes qui, en outre, diffèrent considérablement les uns des autres, porte préjudice à la sécurité et à l'efficacité. A cela s'ajoutent des coûts élevés liés à l'utilisation conjointe de plusieurs systèmes de protection.

8.4.3 Avantages d'un système interopérable

Les avantages offerts par l'ETCS aux entreprises ferroviaires sont :

- Interopérabilité transfrontalière;
- Renforcement de la sécurité du trafic ferroviaire intérieur et international;
- Possibilité d'une succession plus rapide des trains sur les lignes à forte fréquentation grâce à l'application d'un bloc coulissant (niveau 3);
- Possibilité d'instauration progressive de la nouvelle technologie;
- Concurrence entre les différents fabricants des composants ERTMS/ETCS;
- Renforcement de la position de l'industrie ferroviaire européenne sur le marché mondial.

8.4.4 Structure du système

Le système ERTMS/ETCS comprend 2 sous-systèmes, à savoir le sous-système de bord et le sous-système de voie.

8.4.4.1 Sous-système de voie

En fonction du niveau d'application (voir infra), le sous-système de voie peut être constitué des éléments suivants :

- **Eurobalises** :

elles transmettent des messages au sous-système de bord des trains au passage. La balise peut être non commutable et envoyer des messages fixes, ou être commutable. Les balises commutables sont reliées à un appareil de codage (lineside electronic unit) qui détermine le télégramme à envoyer. Les balises sont montées par groupes. Un groupe de balise qui est installé au pied d'un signal, est appelé groupe de balises de signalisation; un groupe de balises implanté entre 2 signaux successifs est appelé groupe de balises infill.

- **Lineside Electronic Unit (LEU)** :

génère le télégramme qui sera envoyé par des balises commutables, sur la base de données d'infrastructure.

- **le Radio Communication Network (GSM- R)** : assure l'échange bidirectionnel des données entre un train et le RBC ou les radio infill units.

- **le Radio Block Centre (RBC)** :

détermine les télégrammes qui doivent être transmis au train sur la base de données d'infrastructure et d'informations échangées avec le train.

- **Euroloops ou Radio infill units**: peuvent être utilisées pour transmettre des informations intermédiaires au train lorsqu'elles sont situées entre 2 groupes de balises de signalisation.

L'Euroloop est constituée d'un câble qui est fixé sur le patin du rail. Une Radio Infill Unit transmet les informations intermédiaires par le biais d'une liaison radio avec le train.

8.4.4.2 Sous-système de bord

En fonction du niveau d'application (voir infra), le sous-système de bord peut être constitué des éléments suivants :

- **l'ordinateur de bord ERTMS/ETCS** : fournit les indications au conducteur et surveille le train sur la base des données transmises par le sous-système de voie.

- **L'élément de bord du système radio GSM-R** : assure l'échange bidirectionnel des données entre le train et le RBC ou les radio infill units.

- **Specific Transmission Modules (STM)** : interface entre une infrastructure nationale et le sous-système de bord ERTMS/ETCS. Le STM 'convertit' le télégramme national en message ETCS.

8.4.5 Le projet ETCS

8.4.5.1 Description de l'infrastructure existante et des problèmes correspondants

Fonctions

Le trafic ferroviaire emploie un certain nombre de fonctions vitales. Les principales fonctions sont la protection des itinéraires, la commande automatique de la marche des trains et la protection des trains.

- La **protection des itinéraires** est la fonction qui empêche que des autorisations de mouvement incompatibles soient générées, que des trains soient pris en écharpe ou entrent en collision frontale ou arrière, et causent ainsi des dommages au niveau de l'infrastructure. La protection de l'itinéraire assure donc que 'la voie est libre'.
- Le **contrôle de la marche des trains** ou, plus précisément, le contrôle des mouvements de train est la fonction qui transpose toutes les variables générées par la protection d'itinéraire à propos des mouvements de train, en indications pour le conducteur.
- La **protection des trains** ou, plus précisément, le dispositif de protection des mouvements de train, est la fonction qui veille à ce que le véhicule se déplace dans les limites de vitesse et de distance fournies par ces indications.

Sur le réseau ferroviaire belge, nous distinguons trois formes de protection des mouvements de train :

1. **MEMOR**: le conducteur est obligé d'effectuer une manipulation lorsqu'il franchit un signal annonçant une restriction de mouvement (vitesse et/ou distance). S'il ne réagit pas ou s'il réagit trop tardivement, il s'ensuit automatiquement un freinage d'urgence irréversible qui conduit à l'arrêt complet du mouvement. MEMOR est donc une mesure préventive qui contrôle uniquement la vigilance du conducteur, mais ne vérifie pas s'il entreprend l'action adéquate (freinage).
2. **STOP** : le train qui franchit un signal d'arrêt fermé, réagit par un freinage d'urgence automatique et irréversible qui conduit à l'immobilisation complète du mouvement. STOP se borne donc à limiter les conséquences d'un dépassement de signal en réduisant la distance et la vitesse avec lesquelles le train pénètre dans la zone interdite.
3. **Surveillance complète de la courbe de vitesse**: il s'agit de la fonction qui veille à ce que le véhicule respecte à tout moment la consigne locale de vitesse et de distance et qui, en cas d'infraction, immobilise automatiquement le véhicule par le biais d'un freinage d'urgence. Une surveillance complète de la courbe de vitesse réduit dès lors considérablement le risque qu'un véhicule pénètre dans la zone interdite.

Systemes

La protection de l'itinéraire est réalisée dans les postes de signalisation avec un niveau de sécurité élevé.

Le contrôle de la marche des trains s'effectue :

- soit au moyen de la signalisation latérale (signaux lumineux, panneaux, ...);
- soit avec des émetteurs implantés dans la voie et une signalisation installée dans le poste de conduite des véhicules; en Belgique, il s'agit des systèmes TVM430 et TBL2.

Le niveau de sécurité du système de contrôle de la marche des trains, et donc des appareils qui réalisent cette fonction, est comparable à celui de la protection d'itinéraire.

Actuellement, la protection des trains est réalisée en partie avec des appareils placés dans la voie, en partie avec des appareils montés à bord des véhicules et en partie par le conducteur en personne. Nous distinguons les systèmes suivants :

1. **MEMOR:**

Dans la voie, le dispositif comprend des crocodiles ou des balises TBL1. A bord de l'engin de traction, le dispositif peut être constitué d'un système MEMOR ou d'un équipement de bord TBL.

2. **STOP :**

Le dispositif monté dans la voie comprend des balises TBL1. Le dispositif installé à bord peut être un équipement de bord TBL.

3. **Surveillance complète de la courbe de vitesse:** Le dispositif implanté dans la voie comprend des circuits de voie codés ou des balises TBL2. Un équipement de bord TVM430 ou TBL2 est présent à bord.

Le niveau de sécurité avec lequel cette fonction est en moyenne exécutée sur le réseau ferroviaire belge est beaucoup plus faible que pour les autres fonctions. Cela est dû :

- aux caractéristiques de sécurité des appareils avec lesquels la fonction est réalisée;
- à l'incompatibilité partielle ou complète entre les appareils situés à bord et dans la voie;
- à la couverture incomplète : l'équipement requis n'est présent que sur une partie des signaux et sur une partie des engins de traction;
- à la forte influence du facteur humain.

8.4.5.2 Objectif fonctionnel du nouveau projet ETCS

Le projet ETCS répond simultanément à deux exigences :

- Il y a, d'une part, la demande d'un système plus performant de surveillance des mouvements des trains sur le réseau ferroviaire belge afin de couvrir au mieux les risques liés à une vitesse trop élevée et aux dépassements de signaux.
- D'autre part, il y a l'Union Européenne qui vise une interopérabilité opérationnelle du trafic ferroviaire. Le système ETCS garantit à cette fin l'interopérabilité technique des appareils destinés à l'infrastructure (équipement de voie) et aux véhicules (équipement de bord) qui circulent sur cette infrastructure.

8.4.5.3 Une sécurité accrue

En 2006, le comité de direction d'Infrabel a décidé d'installer une fonction STOP automatique sur tous les signaux implantés sur le réseau ferroviaire belge. Ce qui améliorera considérablement la sécurité.

Actuellement, la sécurité de notre réseau repose essentiellement sur deux systèmes :

1. le système TBL1, qui surveille environ 13 % des signaux, déclenche automatiquement un freinage d'urgence en cas de franchissement d'un signal fermé;
2. les signaux implantés sur les voies principales restantes sont protégés par un système plus ancien qui fonctionne au moyen de "crocodiles" et repose surtout sur la vigilance du conducteur de train à l'approche d'un signal rouge.

Depuis 2007, le système TBL1+, qui est une version plus évoluée du système TBL1 existant, est progressivement mis en place sur l'ensemble du réseau. Par conséquent, le franchissement d'un signal rouge déclenchera automatiquement un freinage d'urgence. De plus, le système assure un contrôle rigoureux de la vitesse à laquelle un train s'approche d'un signal rouge, et le freine automatiquement en cas de vitesse excessive.

8.4.5.4 Le système TBL1+

A l'heure actuelle, l'immobilisation d'un train à hauteur d'un signal rouge repose essentiellement sur la vigilance du conducteur de train (système avec crocodiles). Sur les 8700 signaux que compte le réseau, 1800 bénéficient déjà d'une sécurité renforcée grâce au système TBL1 (Transmission Balise Locomotive) qui déclenche automatiquement un freinage d'urgence en cas de franchissement d'un signal rouge.

Dès 2007, le réseau ferroviaire sera progressivement équipé du système TBL1+ qui, en plus du freinage d'urgence lors d'un dépassement d'un signal, assurera, à l'aide de balises implantées dans la voie, un contrôle rigoureux de la vitesse à l'approche d'un signal fermé et immobilisera automatiquement le train en cas de vitesse excessive.

Le système TBL1+ ne constitue toutefois qu'une étape dans le processus de protection ambitionné par Infrabel pour son réseau ferroviaire. L'ETCS, qui représente l'étape suivante, emploie le même équipement que la TBL1+ et forme ainsi, avec elle, un ensemble cohérent.

8.4.5.5 La moitié du réseau en 2009, l'ensemble du réseau à l'horizon 2012.

Parmi les 8700 signaux que compte actuellement le réseau, 1800 signaux (13 %) sont déjà équipés d'un système de sécurité automatique. Depuis sa création au début 2005, Infrabel réalise des études afin de tester le système le plus rapidement possible. L'objectif visé est d'équiper 50 % des signaux avec la TBL 1+ d'ici fin 2009. 80 % du trafic ferroviaire dans notre pays bénéficiera alors déjà d'une protection supplémentaire. D'ici fin 2012, l'ensemble du réseau ferré sera doté du système. Cela s'intègre parfaitement dans la stratégie d'Infrabel qui vise à renforcer progressivement et de manière permanente la sécurité sur le réseau belge.

Le projet est le fruit d'une étroite collaboration avec le service R.1 de la direction Réseau, qui est responsable du tracé du réseau et donc de la définition des points où le nouveau système sera appliqué. En outre, le service I.3 de la direction Infrastructure & Achats effectue les études techniques en vue de l'adaptation et de l'équipement des installations avec la nouvelle technique. Infrabel investit un total de 306 millions d'euros dans ce projet.

8.4.5.6 L'ETCS sur le réseau ferroviaire belge

L'introduction du système TBL 1+ n'enlève rien à l'objectif d'Infrabel de convertir le réseau en un système ETCS européen interopérable ('European Train Control System'). Etant donné que la TBL1+ fonctionne de la même manière que l'ETCS, l'infrastructure est dès lors parfaitement réutilisable. Le système ETCS n'a plus recours à l'observation visuelle de la signalisation latérale implantée le long des voies, mais transmet l'information de signalisation au poste de conduite du conducteur. Il permet de circuler en toute sécurité à des vitesses supérieures à 160 km/h, ainsi qu'avec des conditions climatiques qui réduisent la visibilité. Ce système permet aussi un contrôle continu de la vitesse des trains et garantit surtout une interopérabilité complète au niveau européen. Dans le cadre d'une mobilité européenne, tous les corridors ferroviaires belges importants seront équipés de l'ETCS d'ici fin 2013. En 2007, ce sera le tour des lignes à grande vitesse à destination des Pays-Bas et de l'Allemagne. Viendront ensuite les lignes classiques reliées aux lignes à grande vitesse et les grands axes marchandises tels que Anvers – Athus. Après 2013, quelque 300 km de réseau ferré seront équipés, chaque année, du système ETCS.

Infrabel entend encore renforcer la sécurité de son réseau ferroviaire et installera dans les années à venir une fonction stop automatique sur les signaux fermés (TBL1+). De plus, elle met au point, en parallèle, un système européen interopérable dénommé ETCS qui satisfait aux directives européennes. Afin de mener à bien ce double objectif très important, Infrabel a conclu un contrat avec SIEMENS en vue de la fourniture, de l'équipement et de l'entretien de ces dispositifs de sécurité.

En avril 2006, le comité de direction d'Infrabel a décidé d'installer une fonction STOP à hauteur de tous les signaux implantés sur le réseau et de les doter également du système ETCS (European Train Control System). Le comité de direction a concrétisé cette décision récemment en sélectionnant la société SIEMENS pour la fourniture, le montage et l'entretien de ce système de sécurité.

TBL1 et ETCS

L'amélioration de la sécurité mise en oeuvre par Infrabel sur son réseau s'intègre parfaitement dans la généralisation du système ETCS européen interoperable. Le système obtenu à bord, est une évolution de la TBL1+ et est entièrement compatible avec elle. Il permet même d'atteindre en toute sécurité des vitesses supérieures à 160 km/h. En effet, à partir de 160 km/h ou en cas de visibilité réduite en raison des conditions climatiques, la perception des signaux latéraux implantés le long de la voie n'est plus totalement fiable. Le système assure également un contrôle constant de la vitesse des trains et satisfait, comme le montre une évaluation réalisée par des experts indépendants, aux normes de sécurité les plus strictes (SIL4).

Le contrat qu'Infrabel a conclu avec SIEMENS, représente un investissement d'environ 105 millions d'euros sur une période de 20 ans (5 ans comme période de garantie et 15 ans comme contrat d'entretien). Le travail sur le terrain sera réparti entre SIEMENS et les collaborateurs Infrabel. La fourniture des composants ETCS et leur programmation sont confiées principalement à SIEMENS.

Ainsi, entre 2007 et mi-2010, 4000 signaux seront équipés de la TBL1+, voire directement de l'ETCS pour une partie de ces signaux. 80 % de l'ensemble du trafic ferroviaire sont déjà gérés à l'aide de ce système. D'ici la fin 2012, tous les signaux implantés sur le réseau devront au moins être dotés de la TBL1+.

Pour la fin 2013, tous les corridors ferroviaires belges importants seront équipés de l'ETCS :

- Les lignes à grande vitesse 3 (Liège – frontière allemande) et 4 (Anvers – frontière néerlandaise) dès 2007;
- Les lignes du réseau reliées aux lignes à grande vitesse (Bruxelles-Hal, Bruxelles-Louvain, Ans-Liège, Bruxelles-Anvers, ...);
- Les grands axes marchandises tels que l'axe Anvers – Malines – Louvain - Athus.

Après 2013, le déploiement de l'ETCS sur le réseau se poursuivra à un rythme d'environ 300 km de voie par an. L'axe Anvers – Montzen – frontière allemande sera équipé en priorité.

Par cet investissement, Infrabel souligne, en sa qualité de gestionnaire de l'infrastructure, sa ferme volonté de jouer un rôle de premier plan dans le développement du réseau ferroviaire belge en un réseau offrant une sécurité optimale. En même temps, Infrabel souhaite continuer à développer, au moyen d'une technologie performante, le transport ferroviaire national et transfrontalier dans un contexte européen.

9 L'électronique, un outil au service des postes de block

9.1 Le dispositif d'annonce automatique des trains (AAT)

Le dispositif d'annonce automatique des trains (AAT) a été mis au point par l'ex-SNCB dans les années '80. Avec ce système, chaque voie et chaque section de ligne se voient attribuer un numéro. Des lecteurs capables d'afficher un ou plusieurs numéros de train ont été incorporés aux endroits correspondants du tableau de contrôle optique dans le poste de block.

Le dispositif d'annonce automatique des trains permet de supprimer les annonces téléphoniques entre deux postes de block. Le signaleur de l'un des postes compose un numéro de train sur son clavier de commande et l'envoie à l'autre poste de block via une ligne téléphonique. Dans ce poste de block, le numéro de train apparaît sur le tableau de contrôle optique à l'endroit correspondant au tronçon de ligne concerné. Au fur et à mesure que le train avance, le numéro se déplace automatiquement jusqu'à ce qu'il disparaisse de la zone d'action du poste de signalisation.

Le système d'annonce automatique des trains, AAT, peut aussi être relié à d'autres systèmes, tels que les dispositifs nécessaires à la régulation du trafic ou aux téléafficheurs.

Dans les postes de signalisation à commande informatisée (où un numéro de train est obligatoire pour chaque mouvement à effectuer), soit le numéro de train est introduit à partir des différents postes périphériques, soit le poste est directement relié à une installation AAT. Le système se charge ensuite lui-même du transfert du numéro de train à l'intérieur de la zone d'action du poste à commande électronique.

Les données du système d'Annonce Automatique des Trains sont ensuite transmises à ARTEMIS (**A**dvanced **R**ailway **T**raffic **E**nvironment **M**anagement and **I**nformation **S**ystem) / ARTWEB (**A**dvanced **R**ailway **T**raffic **W**EB), qui permet de suivre la circulation des trains en temps réel via l'Intranet.

9.2 Le livre de bord électronique (ELB)

Dans les années '80, lorsque les PC ont fait leur apparition à la SNCB, un livre de bord électronique a été installé dans certains postes de block. L'objectif était triple :

- réduire le nombre d'inscriptions et de communications téléphoniques à charge du signaleur;
- attirer l'attention sur des situations à signaler au préalable (par exemple, à l'approche d'un train déterminé ou lors d'un transfert particulier);
- consulter à l'écran ou imprimer les données transférées.

Le livre de bord électronique comprend un ordinateur (console, écran, clavier) et une imprimante. Cet ordinateur est relié à un **concentrateur**, qui collecte les messages susceptibles de provenir du dispositif d'annonce automatique des trains (AAT), des éventuelles installations de télécommande et de l'équipement d'enregistrement des interrupteurs de secours dans le poste de block. L'ordinateur utilise un programme qui affiche toutes les données entrantes et les sauvegarde.

Dans les postes de signalisation à commande informatisée, le livre de bord électronique tel qu'il est présenté ci-dessus n'est plus nécessaire parce que ces postes disposent d'un système de livre de bord interne qui peut, en outre, être consulté via l'intranet.

A l'heure actuelle, tous les postes de signalisation dotés du dispositif d'annonce automatique des trains (AAT), qu'il s'agisse de postes tout relais classiques ou de postes à commande électronique, transmettent toutes les données AAT à un PC_IMI local qui les met à la disposition d'ARTEMIS/ARTWEB. Ces données peuvent ensuite être suivies en temps réel et consultées via l'Intranet.

9.3 PIDAAS (Passenger Information Digital Audio Announce System)

Depuis février 2006, toutes les gares et tous les points d'arrêt du réseau ferré sont équipés d'une installation de sonorisation, mais Infrabel entend désormais franchir une étape supplémentaire en vue d'améliorer la qualité de l'information. C'est la raison pour laquelle la division ICT de la SNCB-Holding a mis sur pied un nouveau projet baptisé PIDAAS. PIDAAS est l'acronyme de 'Passengers Information Display and Audio Announcement System'. Le projet vise à intégrer et à informatiser l'ensemble de la chaîne d'information en temps réel sur le trafic ferroviaire.

Sur la base des informations contenues dans les bases de données horaires, le système sait parfaitement à quel endroit un train déterminé est censé se trouver à un moment donné. L'élément neuf du projet est la liaison avec les données en temps réel du dispatching et de la signalisation. Pendant son parcours, chaque train transmet automatiquement un signal au système lorsqu'il franchit un signal.

Le parcours réel du train est comparé aux données horaires. Cette comparaison génère, dans le système, l'annonce adéquate qui s'appuie sur le fait que le train est à l'heure ou en retard. Cela permet également de compenser des changements de voie imprévus. En réalité, le train annonce lui-même sa présence au fur et à mesure qu'il poursuit sa marche.

Un avantage supplémentaire est que les informations communiquées par les panneaux d'affichage et la sonorisation sont identiques, et que les informations relatives à des retards éventuels sont diffusées exactement de la même manière dans toutes les gares desservies par le train.

L'automatisation des annonces classiques permet aux annonceurs présents dans les cabines de signalisation de gagner du temps, qu'ils peuvent alors consacrer à des annonces plus personnalisées ou des messages ayant une plus grande valeur ajoutée en cas d'incident perturbant la circulation des trains. Ils commandent le système et peuvent ainsi intervenir à tout moment et insérer dans le système de sonorisation des messages reçus préalablement. Le signaleur doit dès lors relever un défi supplémentaire en tant que gestionnaire du système.

Cerise sur le gâteau, les nouveaux écrans d'affichage gagnent encore en lisibilité et consomment moins d'énergie. Une bonne orientation des haut-parleurs assure une meilleure compréhension sur le quai, tout en réduisant les nuisances sonores pour l'environnement immédiat. Dès lors, le projet contribue du même coup à un plus grand respect de l'environnement.

PIDAAS nécessitera un investissement de 16,5 millions d'euros, réparti sur une période de 7 à 8 ans. A la mi-2007, la gare d'Etterbeek en sera équipée et servira ainsi de première gare-pilote. Tout le réseau devra avoir été adapté à l'horizon 2013.

10 Liaisons radio avec les trains

10.1 Systèmes analogues

Sur le réseau ferroviaire belge, les liaisons radio sont déjà utilisées depuis longtemps. Elles sont employées dans les gares de formation où des émetteurs-récepteurs mettent en contact les postes de signalisation, les locomotives de manoeuvre et les agents de triage. Dans les grands postes de signalisation, un système similaire assure la liaison entre les cabines de signalisation et le personnel des gares.

Toutefois, un pas important n'avait toujours pas été franchi dans ce domaine : une liaison radio entre les trains et les installations fixes, plus spécifiquement les centres de régulation du service des trains, appelés "dispatchings". Cette liaison radio entre la radio de sol et le train, appelée radio de ligne, est un complément aux moyens de communication dont le conducteur de train disposait déjà : les téléphones installés sur les mâts de signaux et le long des voies.

Le grand avantage de la radio de ligne est que le contact est établi immédiatement, dès que cela est nécessaire et non seulement dans le sens conducteur - radio de sol, mais aussi dans le sens inverse.

Pour éviter que le conducteur de train soit sans cesse dérangé par une multitude de communications qui ne l'intéressent pas, et vu l'aspect de sécurité véhiculé par certains messages, il importe que la liaison radio aboutisse à un train bien déterminé, sans possibilité de confusion. La liaison radio consiste en fait en une liaison sélective entre le régulateur de la ligne et le conducteur de train concerné, à l'exclusion de tout autre intervenant.

Le choix de l'interlocuteur du conducteur de train est évident puisque c'est le régulateur de la ligne qui est responsable, en pleine voie, d'un tronçon relativement étendu. Cela évite que les conducteurs de train doivent changer trop souvent d'interlocuteur.

La transmission de messages est particulièrement aisée. D'une part, le conducteur de train peut entrer en contact via la ligne directe avec le répartiteur M (la personne qui règle le service du matériel de traction) ou le répartiteur ES (la personne qui est responsable, le cas échéant, de la mise hors tension des différentes sections de la caténaire). D'autre part, le chef-garde peut être appelé et invité à prendre contact avec le conducteur de train et le régulateur de la ligne. A un stade ultérieur, le conducteur de train pourra entrer en communication avec les régulateurs des grandes gares en passant en fréquence dite 'locale'.

Le système prévoit également la possibilité d'un appel général de tous les conducteurs de train qui sont branchés sur le même canal radio. Lorsqu'un danger important est détecté, le régulateur ou le conducteur peut le signaler immédiatement et simultanément aux conducteurs de tous les trains qui se trouvent dans la zone concernée, de telle sorte qu'ils puissent prendre directement les mesures qui s'imposent.

Pour augmenter encore l'efficacité de la liaison radio et pour résoudre d'éventuels problèmes linguistiques, une transmission de 'codes' a été prévue : tant le régulateur de ligne que le conducteur de train peuvent envoyer des messages codés, chacun de leur côté, sans utiliser le microphone : il leur suffit de presser un bouton côté émetteur pour qu'une lampe s'allume côté récepteur, indiquant de quel message il s'agit. Ces messages codés sont sélectionnés parmi les ordres de routine et les autres ordres utilisés fréquemment. De cette manière, le conducteur peut annoncer immédiatement qu'il est en détresse, qu'il a pu effectuer la réparation, qu'il demande l'intervention d'un visiteur, qu'il faut appeler le service 100, etc. De son côté, le régulateur peut avertir qu'il y a un dérangement sur la ligne, qu'une limitation de vitesse est appliquée de manière inopinée, qu'il faut s'arrêter immédiatement, etc.

Pour transmettre d'autres informations que les messages codés, il suffit de presser le bouton pour établir la liaison radio. Vu que l'émetteur et le récepteur utilisent des

fréquences différentes, une liaison duplex est établie et permet aux interlocuteurs d'écouter et de parler simultanément, comme dans le cas d'une communication téléphonique traditionnelle. Un appel peut aussi être transféré vers un autre appareil. Le régulateur du trafic dispose à cette fin d'un combiné téléphonique raccordé au tableau de commande. En formant un nouveau numéro sur cet appareil, il peut mettre un conducteur en contact avec le service Matériel (par ex., pour demander conseil concernant une réparation sur sa locomotive), ou avec tout autre service.

A un stade ultérieur, le régulateur pourra aussi prendre contact avec le chef-garde. A cette fin, il envoie au train concerné un message codé qui génère un signal sonore caractéristique dans les haut-parleurs des voitures. Le chef-garde n'a alors plus qu'à décrocher le combiné dans une voiture pour entrer en contact avec le conducteur qui établit la liaison radio avec le régulateur de ligne. Le conducteur pourra suivre la conversation et intervenir si nécessaire via le haut-parleur du poste de conduite.

10.2 GSM-R

Le réseau mobile GSM-R est un système de communication de radio digital extrêmement fiable avec des fonctions spécifiques pour le trafic ferroviaire. Sauf la communication habituelle, le système gère aussi la transmission des appels d'urgence, des appels de groupe et des appels prioritaires.

Par rapport au système de communication actuel GSM-R est beaucoup plus fiable et offre des fonctions supplémentaires. En outre GSM-R renforcera les systèmes de sécurité existants. Ceci offre des avantages aussi bien pour le trafic ferroviaire intérieur qu'international.

Pour fonctionner de façon optimale, GSM-R est installé le long des voies, dans les cabines de pilotage des conducteurs et dans les organes de maîtrise et de contrôle pour le trafic ferroviaire (Traffic Control et les postes de signalisation). Tout ceci est commandé d'une plate-forme d'information centrale.

GSM-R doit remplacer à terme tous les systèmes analogues différents et non-uniformes. La technologie GSM-R permet non seulement les conversations, aussi des données digitales peuvent être envoyées. En outre les procédures ont été simplifiées et on gagne du temps par usage des boutons préprogrammés. En outre, GSM-R fait automatiquement la liaison entre le conducteur et le régulateur de trafic d'une zone concernée.

Ce nouveau système permet aussi d'envoyer des appels d'urgence et d'avertir simultanément tous les trains dans une zone déterminée en quelques secondes . Ces appels d'urgence paraîtront en outre avec une désignation spéciale sur l'écran du conducteur de train. De cette façon un message (verbalement) n'est plus nécessaire. Une fonction spéciale est prévue pour envoyer des appels d'urgence prioritaires en suspendant d'autres appels. GSM-R est un standard international qui répond aux directives européennes pour l'interopérabilité entre les systèmes de communication des réseaux européens différents. Alors les équipements sont compatibles. Lié à l'installation du système de contrôle automatique des trains, GSM-R soutient les services et les données verbales pour le système d'organisation européen ERTMS niveau 2. Ceci est possible grâce à la réexpédition des données de signalisation au bord des trains.

Le système pour la gestion du trafic ferroviaire ERTMS niveau 2 s'applique actuellement sur les deux lignes à grande vitesse : d'une part entre Anvers et la frontière néerlandaise et d'autre part entre Liège et la frontière allemande. Dès qu'Infrabel mettra ces deux derniers maillons à disposition des opérateurs, le réseau des lignes à grande vitesse en Belgique sera entièrement prêt.

Installation sur le réseau des voies.

Pour garantir la sécurité du réseau des voies, Infrabel installera le système GSM-R sur plus de 3.000 km de voies principales (inclus tunnels), mais aussi dans le Traffic Control, les nouveaux poste de signalisation et chez les distributeurs de l'énergie de la traction électrique. L'installation doit être prête d'ici fin 2009.

D'ici fin 2009, 90% du matériel roulant devrait être équipé avec l'appareillage GSM-R, et au milieu de 2010 aussi la dernière partie. 5000 appareils GSM-R seront distribués au personnel.

11 Détection de boîtes chaudes (DWBC)

11.1 Objectif

Le dispositif de détection de boîtes chaudes (DWBC) a pour but d'enregistrer la température des boîtes d'essieu de trains en mouvement et de signaler un éventuel début d'échauffement ou une surchauffe des boîtes d'essieu.

L'élément principal de ce dispositif est un détecteur à infrarouges qui convertit la puissance de rayonnement infrarouge des boîtes d'essieu lors de leur passage, en un signal exploitable, caractéristique de la température des boîtes d'essieu.

Le poste DWBC central et l'élément d'alarme correspondant sont montés dans un poste de signalisation qui commande des signaux sur les deux voies de la ligne, qui sont parcourus par les trains dont la température des boîtes d'essieu est enregistrée. Le point de montage des détecteurs à infrarouges est choisi de telle sorte que les trains détectés circulent sur une voie normale en direction du poste de signalisation; de cette manière, un train circulant avec une boîte chaude peut être arrêté. La distance entre chaque détecteur à infrarouges et le signal DWBC correspondant est suffisante pour permettre d'immobiliser le train en cas de détection d'une boîte chaude.

11.2 Principe de fonctionnement

L'installation DWBC comprend deux parties :

1) Le poste de mesurage

Un **point de mesure**, constitué de deux détecteurs à infrarouges, soit un sur chaque rail, qui enregistre la température des boîtes d'essieu, et d'une pédale de mesure qui détecte la présence des boîtes d'essieu dans le champ de vision des détecteurs à infrarouges.

Un **point d'annonce**, constitué d'une pédale d'annonce qui signale la présence des boîtes d'essieu dans le champ de vision des détecteurs à infrarouges.

Les appareils montés dans une loge DWBC, à hauteur du point de montage des détecteurs à infrarouges, qui convertissent les signaux provenant des deux détecteurs à infrarouges en un signal exploitable qui est transmis au poste central via une liaison modem.

2) Le poste central

Le poste central est installé dans le poste de signalisation et est constitué d'un PC avec écran correspondant et d'un kit d'alarme. Le poste central traite les informations (les températures mesurées) en provenance des postes de mesurage et déclenche une alarme en cas de valeur trop élevée.

Les températures à partir desquelles une alarme est générée, sont fixées de manière uniforme, comme suit :

- Une 'Alarme danger' est déclenchée si la température d'une boîte d'essieu excède 90 °C.
- Une 'Alarme simple' est déclenchée si la température d'une boîte d'essieu excède 54 °C. (Il s'agit de la valeur seuil pour une température extérieure de 0°C). Cette valeur est majorée de 0.8 °C à chaque fois que la température extérieure augmente de 1 °C, sans toutefois dépasser 90 °C.
- Une 'Alarme relative' est déclenchée si la différence de température entre le détecteur à infrarouges gauche et le détecteur droit dépasse 30° C, et si la plus haute température détectée n'a pas encore généré d'alarme simple ou d'alarme danger.

12 La signalisation sur les lignes à grande vitesse

Les technologies sont en constante évolution. L'aspect sécurité sur le réseau ferroviaire belge évolue en permanence de la même manière afin de pouvoir suivre de près les nouveautés apportées aux locomotives. A l'heure actuelle, ces machines sont capables de développer de très grandes vitesses; par conséquent, les normes changent inévitablement afin de couvrir les risques élevés. De même, les systèmes de vigilance sont devenus plus sophistiqués et sont plus performants que le bon vieux 'crocodile'.

Contrairement à la plupart des autres moyens de transport, un train reste 'prisonnier' des voies et ne peut pas éviter un obstacle. Il n'y a pas d'autre solution que de s'arrêter à temps. Les roues en acier constituent le deuxième critère spécifique d'un train. Elles offrent assez bien d'avantages, mais sur le plan de la sécurité, ce type de roues présente une lacune insurmontable : une faible adhérence sur les voies, qui gêne le freinage.

Si nous additionnons les trois facteurs les plus importants – le poids élevé des machines, la vitesse et la distance de freinage allant jusqu'à 1,2 km -, il va de soi qu'un conducteur ne peut pas circuler à vue comme un automobiliste. C'est pourquoi il convient d'installer un équipement capable de signaler immédiatement la présence d'un obstacle ou tout autre problème.

12.1 Interaction entre deux équipements

Les grandes vitesses empêchent la lecture d'informations sur les éléments situés à l'extérieur du train. Que faire ? La solution réside dans l'affichage direct des données sur un écran dans le poste de conduite. Le système TBL2 est opérationnel sur la ligne à grande vitesse 1 (Lembeek – Bruxelles-Midi) et sur la ligne à grande vitesse 2 entre Louvain et Ans (Liège). La TBL2 est une évolution de la première version TBL1, qui est apparue au début des années '80.

La TBL1 se base sur l'interaction entre une balise implantée dans la voie, qui transmet un signal radio au train lorsque celui-ci franchit un signal, et une antenne située sous le train. Si le conducteur ignore un signal rouge, le système arrête le train automatiquement. La TBL1 a été installée sur 315 locomotives et sur les trains à grande vitesse. Elle fonctionne sur 3 axes ferroviaires.

En 1991, l'ex-SNCB a opté pour un contrôle de vitesse permanent. Avec les trains qui peuvent atteindre une vitesse supérieure à 220 km/h, le nouveau système représente une amélioration fondamentale. Le principe de la TBL2 est identique à celui de la TBL1, mais la TBL2 fonctionne avec un logiciel plus sophistiqué. Le signal radio émis par la balise dans la voie et capté par l'antenne à bord du train est converti par un programme qui définit la distance de freinage requise après analyse de tous les critères déterminants – vitesse de départ, déclivité du sol, distance entre le train et le signal fermé, etc.

Une surveillance est assurée en permanence. En cas de détection d'une défaillance au niveau de la conduite du train, le système donne automatiquement l'ordre d'immobiliser le convoi.

12.2 Combinaison complexe des systèmes de sécurité

En fait, la signalisation sur la ligne à grande vitesse 2 regroupe un ensemble de systèmes de sécurité qui collaborent étroitement à des degrés divers. C'est ainsi que se côtoient, entre autres, les appareils de détection des zones inondables et les systèmes de contrôle de boîtes chaudes. Dans ce dernier cas, lorsque le détecteur est franchi par un train, il analyse la température des boîtes d'essieu et réagit (ou ne réagit pas) en fonction de l'un des différents niveaux d'alarme définis par cette mesure. A cela s'ajoutent les détecteurs destinés à l'analyse des circuits de voie, les aiguillages et tous

les systèmes de diagnostic qui assurent la surveillance des différents produits intégrés.

La plupart des systèmes sont dédoublés. Ainsi, en cas de problèmes, un transfert immédiat peut être prévu d'un système à l'autre, et ce de manière transparente pour l'utilisateur.

L'intervention humaine sur le terrain fait aussi partie du programme TBL2. On trouve ainsi le SLAK, qui permet au personnel responsable de l'entretien des voies, d'envoyer des informations lorsqu'ils constatent des problèmes liés à l'infrastructure. Ou encore les chemins de service grâce auxquels le personnel d'entretien peut traverser les voies en toute sécurité. Cette combinaison complexe de systèmes de sécurité dans le système TBL2 est nécessaire en raison du risque engendré par les trains à grande vitesse. Ce risque doit être couvert par plusieurs systèmes qui se complètent.

13 Régulation du trafic

13.1 Régulation du trafic au niveau local

Au niveau local, la régulation de la circulation des trains est assurée par le régulateur du trafic (régulateur de gare) au départ du poste de signalisation. Pour ce faire, le bureau du mouvement planifie chaque jour un service des trains qui se compose du service saisonnier renforcé par des trains supplémentaires, et est adapté afin de tenir compte des trains supprimés et de la mise hors service d'installations pour entretien. Lors de circonstances imprévues (incident, retard de train, ...), le régulateur de gare adapte le trafic au niveau local.

L'informatisation du système de desserte et de contrôle des postes de signalisation permet leur concentration progressive.

A l'aide des téléphones implantés sur les signaux, du GSM de service et du GSM-R, le conducteur de train peut entrer directement en contact avec le régulateur du poste de signalisation.

Les postes de signalisation nœuds remplissent une double fonction :

1) Ils commandent les signaux et permettent ainsi la circulation des trains :

- conformément à l'horaire;
- en exécution d'un ordre de modification émis par la gestion régionale du trafic;
- en fonction des besoins du moment et selon leur propre vision.

2) Ils sont responsables d'un certain nombre de processus partiels importants :

- la commande de systèmes d'information pour les voyageurs (écrans de terminaux, installations de sonorisation);
- la sécurité des voyageurs et du personnel, à l'intérieur et aux abords des gares et sur les lignes ferroviaires.

Le service des postes de signalisation est dirigé par un sous-chef de gare ou chef de gare adjoint. La commande effective des aiguillages et signaux incombe aux signaleurs; dans les postes de signalisation EBP modernes, il s'agit de signaleurs-opérateurs. En marge du processus proprement dit d'établissement des itinéraires et d'ouverture des signaux, des processus partiels sont encore développés dans les cabines de signalisation, tels que la commande des dispositifs d'annonce automatique des trains et des installations de sonorisation. Ces missions sont assurées par du personnel spécialement formé à cette fin. A titre d'exemple, nous décrivons ci-après l'organisation de la régulation du trafic dans un poste de signalisation nodal tel que Gand-Saint-Pierre :

13.1.1 Exemple : poste de block 6 Gand-Saint-Pierre

Le poste de block 6 Gand-Saint-Pierre est chargé de la régulation du trafic ferroviaire et des manoeuvres dans les faisceaux et sur les voies principales de la gare de Gand-Saint-Pierre. Il se charge également de la commande à distance du poste de block 2 (De Pinte) et de la commande EBP

du block E6 (Aalter), U6 (Landegem), et G6 (bifurcation Meulewijk). La desserte du poste de block 2, De Pinte, peut aussi être effectuée en commande locale. Le poste de block est desservi en permanence. Il est conçu en partie comme un poste tout relais et en partie comme un poste EBP, logés tous deux dans une même salle de signalisation. A l'avenir, le poste sera entièrement commandé par l'EBP.

Le poste tout relais gère les arrivées et les départs de et vers les lignes 50 (Gand-Saint-Pierre – Alost – Denderleeuw), 50A (Bruxelles-Côte), 50^E et 75 (Gand-Saint-Pierre – Courtrai), ainsi que l'ensemble du faisceau de la gare de Gand-Saint-Pierre.

La desserte du block 6 a été répartie entre 5 pupitres de commande de type tout relais pour les signaleurs. Ils sont complétés par un tableau de contrôle optique (TCO), un dispositif d'annonce automatique des trains (AAT), un livre de bord électronique (ELB) et un tableau avec panneau de protection pour les caténaires.

Le poste à commande électronique (EBP) assure la commande des aiguillages et signaux à Aalter, à Landegem et à hauteur de la bifurcation de Meulewijk (ligne 50A Bruxelles - Côte). Il comporte deux pupitres de commande EBP dotés chacun d'un double poste de travail et d'un écran de visualisation. La bifurcation de Welle, située également sur la ligne 50A, est normalement desservie par le poste de block 5 Denderleeuw au moyen d'un poste de travail établi à distance et relié à l'ordinateur STRATUS de Gand-Saint-Pierre. Dans le cas de dérangements bien déterminés, il se peut que la commande au départ de Denderleeuw ne soit plus possible; c'est alors le poste de block D6 de Gand-Saint-Pierre qui prend la relève. Dans la mesure du possible, le régulateur de zone contrôle également le bon déroulement des mouvements à hauteur de la bifurcation de Welle.

13.1.1.1 Répartition des tâches

a) Le régulateur de zone

En plus du contrôle permanent et des tâches spécifiques qui incombent au personnel de surveillance Réseau (manœuvre des interrupteurs de secours, déplombage, plombage, application des protections caténaire, manœuvre des interrupteurs T), le régulateur de zone est également responsable de la surveillance générale des correspondances et des déplacements des voyageurs entre les trains. Il détermine l'occupation des voies lorsqu'il y a lieu de déroger à l'horaire prévu. Il est également chargé du contrôle en ce qui concerne :

- les mesures de sécurité en cas de travaux;
- le service à voie unique;
- la surveillance des passages à niveau;
- les transports exceptionnels;
- les correspondances trains-bus;
- l'application du plan de secours en cas de fortes chutes de neige.

b) Le sous-chef de gare

Le sous-chef de gare assiste le régulateur de zone et est essentiellement chargé de l'organisation des mouvements de manœuvre en gare. De plus, il assume encore quelques tâches spécifiques, telles que :

- l'élaboration et le suivi de trains de voyageurs supplémentaires;
- la tenue à jour de l'état des retards supérieurs à 10';
- la consultation et la communication des retards au préposé à l'information en gare;
- l'exécution des tâches confiées par le **régulateur de traction** (DISREG Gand) / **répartiteur de traction** (Bruxelles);

- le remplacement du matériel de traction défectueux. Pour cela, il se met en rapport avec le **répartiteur de traction** à Bruxelles qui gère le matériel de traction au niveau national;
- les communications téléphoniques avec le bureau d'information, le dépanneur, les conducteurs, etc.;
- l'intervention éventuelle lors de la surveillance de certains passages à niveau;
- l'établissement des graphiques en cas de panne du livre de bord électronique;
- l'adaptation des tableaux de service des signaleurs, opérateurs, etc.

c) Les signaleurs de la partie tout relais

La salle de commande compte 5 pupitres tout relais. Les zones d'action des pupitres et les missions des signaleurs sont réparties comme suit :

Pupitre 1 :

- Ligne 75 + poste de block 2 (De Pinte et ligne 86 jusque Gavere inclus);
- Ligne 50A, côté Côte (dédoublément du pupitre 2);
- Dessert également le pupitre 2 côté Côte durant les week-ends et jours fériés en dehors de la période touristique, ainsi que la partie côté Bruxelles, en renfort du pupitre 3 lorsque celui-ci commande le pupitre 5;
- Contrôle une partie des passages à niveau automatiques des lignes 75 et 86;
- Le pupitre du signaleur 1 comporte en outre les cases du bâti pour la commande à distance du block 2 (De Pinte), qui est commandé par le block 6 dans des circonstances normales.

Pupitre 2 :

- Ligne 50A côté Côte, bifurcation de Snepbrug comprise (dédoublément du pupitre 1) et ligne 50A côté Bruxelles;
- AAT;
- Dessert également le pupitre 5 durant les week-ends et les jours fériés en dehors de la période touristique.

Pupitre 3 :

- Ligne 50A côté Bruxelles (dédoublément du pupitre 2);
- Lignes 50 et 50^E;
- AAT;
- Ligne 50A côté Bruxelles lorsque le pupitre 2 n'est pas occupé;
- Dessert également le pupitre 5 durant les week-ends en dehors de la période touristique.

Pupitre 4 :

- Faisceau C/D et voie en impasse OT et WT (car-wash);
- Faisceau H côté quais;
- Tenue à jour de l'occupation des voies des faisceaux C/D et H.

Pupitre 5 :

- RP/WR (dédoubllement du pupitre 2);
- Faisceau H côté Côte;
- Faisceaux L/M, cour;
- Gère l'occupation des voies des faisceaux L/M et cour II;
- Peut reprendre toutes les missions du pupitre 4.

Chaque signaleur est responsable, pour son champ d'action, de :

- l'exécution des opérations de block et de la tenue des livrets de block;
- la manœuvre des slots éventuels;
- le suivi des correspondances train/train, c'est-à-dire : si un train doit attendre une correspondance pour respecter les temps d'attente prévus, il reporte l'ouverture du signal et en informe l'annonceur et (ou) le régulateur de zone. Il ne peut ouvrir le signal de départ qu'après avoir été informé par le sous-chef de gare présent sur le quai que la correspondance a été assurée. En cas de doute, il demande au régulateur de zone de trancher.

d) Les opérateurs de l'EBP

La partie EBP du block 6 gère le champ d'action suivant :

- la section de ligne Gand-Saint-Pierre – Landegem, ainsi que l'entrée et la sortie de la gare de Landegem, de même que le contrôle des passages à niveau automatiques à l'intérieur de cette zone;
- l'entrée et la sortie de la gare d'Aalter, de même que le contrôle des passages à niveau automatiques à l'intérieur de cette zone;
- la traversée de la bifurcation de Meulewijk.

e) L'annonceur

L'annonceur est responsable des communications suivantes via l'installation de sonorisation :

- l'arrivée de tous les trains qui reprennent la marche après arrêt;
- les trains qui partent dans un délai de 15';
- les correspondances entre les différents trains;
- les retards enregistrés par tous les trains à l'arrivée et tous ceux qui poursuivent la marche (retards supérieurs à 5');
- les trains en passage (sécurité des voyageurs);
- l'emplacement des places réservées pour les groupes;
- les incidents d'exploitation et modifications dans l'ordre de succession des trains;
- les communications personnelles;
- les changements de voie;
- l'interdiction d'embarquer dans des rames vides stationnant à quai;
- les communications de service (doivent être limitées au strict minimum);

- les communications prescrites par l'extrait journalier;
- la commande de l'installation de diffusion de musique.

Il est également responsable de l'annonce des trains via le dispositif d'annonce des trains :

- Introduction des retards;
- Introduction des textes prescrits par l'extrait journalier;
- Rédaction des textes relatifs aux incidents d'exploitation et introduction dans le système;
- Introduction des changements de voie;
- Etablissement du fichier journalier.

f) Le téléphoniste

Les tâches qui incombent principalement au téléphoniste, sont les suivantes :

- Tenir à jour le registre des malades, informer le chef immédiat ou le dirigeant de service et transmettre les informations au service général;
- Traiter les télex et les voyages en groupe, et communiquer les informations au bureau du mouvement;
- Avertir par télégramme de la présence de personnes aveugles;
- Communiquer les retards aux différents services;
- Rédiger tous types de rapports de dérangements.

13.2 Régulation du trafic au niveau national : Traffic Control

Les anciennes gestions nationale et régionales du trafic ('dispatchings') ont été rassemblées sous l'appellation **Traffic Control** au sein du **Centre de coordination du trafic (CCT)** à Bruxelles. Celui-ci comprend :

- quatre groupes de régulateurs du trafic qui gèrent chacun une zone bien déterminée du réseau ferroviaire belge;
- le bloc 12 pour la gestion des lignes à grande vitesse.

Le régulateur du trafic doit bien connaître les lignes dont il assure la gestion. Il dispose à cette fin d'un graphique-type qui présente l'horaire de base de la circulation des trains. L'itinéraire des trains est représenté sur le graphique sous la forme de lignes obliques inclinées vers la droite, de lignes montantes ou descendantes, en fonction du sens de marche du train. Plus la ligne est plane, plus le train est lent; plus la ligne est verticale, plus le train est rapide. Chaque ligne est représentée dans une couleur déterminée : noir pour les trains de voyageurs, bleu pour les trains de marchandises et rouge pour tous les parcours exceptionnels. La circulation des trains en temps réel est représentée automatiquement sous la forme d'un graphique. La comparaison des deux graphiques permet au régulateur de ligne de déceler immédiatement toute situation anormale et de prendre directement les mesures permettant de fluidifier autant que possible la circulation ferroviaire. Il donnera aux postes de signalisation les directives nécessaires à cette fin. De cette manière, le centre de coordination du trafic (CCT) est à même, à tout moment, d'utiliser les lignes à leur capacité optimale.

Le conducteur de train peut entrer directement en contact avec le Traffic Control via la radio sol-train / le GSM-R sur les engins de traction, son GSM de service et les téléphones d'alarme situés le long de la ligne.

14 Sécurité, fiabilité et disponibilité des installations de signalisation

14.1 Sécurité

En matière de signalisation, une situation déterminée est considérée comme dangereuse lorsqu'elle compromet la sécurité des personnes ou le comportement du matériel fixe ou roulant. Si une collision ou une prise en écharpe entre deux trains (de voyageurs ou de marchandises) est dangereuse, le dévoyé d'un train ne l'est pas nécessairement.

Selon l'application considérée, le critère de danger peut toutefois être modifié. Par exemple, dans le cas de la technique d'annonce automatique des trains, un dérangement est considéré comme dangereux s'il donne lieu à la communication d'une information erronée au personnel qui l'amènerait à expédier un train électrique vers une voie non électrifiée.

Un incident est un événement qui contraint les signaux de sortie du système considéré (position réelle des aiguillages, signaux, passages à niveau, ...) à adopter une position anormale pour un certain nombre de variables d'entrée. A la suite d'un dérangement touchant l'un de ses composants, une installation de signalisation peut générer principalement deux types d'incidents :

- des incidents qui portent atteinte à la sécurité et qui peuvent conduire à des situations dangereuses;
- des incidents qui ne portent pas atteinte à la sécurité, mais qui entravent l'exploitation ou la paralysent dans une certaine mesure.

En attendant la levée d'un dérangement qui ne porte pas atteinte à la sécurité, il y a lieu d'appliquer des procédures spéciales, qui requièrent donc une intervention humaine.

Etant donné que cet intervenant est lui aussi susceptible de commettre des fautes pouvant porter atteinte à la sécurité, des incidents qui ne compromettent pas la sécurité, ont quand même une influence indirecte sur celle dernière.

En fonction des conséquences possibles, les incidents peuvent être classés comme suit :

- **Erreur détectable** : la combinaison de signaux de sortie est improbable en soi (par exemple, l'ouverture simultanée de deux signaux incompatibles).
- **Erreur de sortie** : la combinaison des signaux de sortie est probable en soi, mais elle est erronée (par exemple, une erreur dans l'ouverture du signal).
- **Erreur latente** : les signaux de sortie sont corrects; la faute n'a absolument aucune incidence au moment considéré.

Une installation déterminée est absolument sûre s'il ne peut survenir aucun incident susceptible de la compromettre la sécurité. Dans la pratique, il n'existe aucune installation qui possède cette sécurité absolue. Les installations de signalisation présentent une sécurité quasi absolue, c'est-à-dire que la probabilité qu'une erreur portant atteinte à la sécurité se manifeste, est quasiment nulle pendant toute leur durée de vie.

Le concept de sécurité s'applique aux équipements pour lesquels une position préférentielle, qui n'est pas dangereuse, peut être définie. Dans le domaine de la signalisation ferroviaire, cette situation impose l'immobilisation des trains et empêche la manoeuvre des aiguillages.

En transport aérien, ce concept de sécurité n'a aucun sens puisque, en dehors de l'exploitation normale, aucune situation de l'appareil (en vol) ne peut être considérée comme non dangereuse.

Dans une installation de sécurité, chaque dérangement doit être détecté car la combinaison de dérangements peut déboucher sur une situation dangereuse. Il existe deux méthodes fondamentales de détection des dérangements, qui font toutes deux appel à la redondance.

Il existe des composants qui, par leur nature intrinsèque, ne peuvent présenter qu'un seul type de dérangement. Ils sont conçus de telle sorte que la survenance de ce dérangement impose au système d'adopter sa position préférentielle, qui ne présente plus de danger.

Ce type de système est appelé **système intrinsèquement sûr**.

14.2 Fiabilité

La fiabilité est l'aptitude du système – ou de l'un de ses éléments – à remplir correctement sa fonction pendant une période déterminée. Elle s'exprime par la probabilité de survie, c'est-à-dire la probabilité que le système ou l'élément remplisse normalement sa fonction dans des conditions données et pendant une période bien définie, sans présenter de panne.

Un système est caractérisé comme étant constitué d'éléments en série si, au cours de sa durée de vie présumée, le dérangement d'un seul de ces éléments entraîne la défaillance de l'ensemble du système.

Afin de renforcer la fiabilité, il arrive que plusieurs systèmes identiques soient prévus; chacun d'eux étant capable de remplir séparément la fonction demandée. Il existe d'autres moyens pour augmenter la fiabilité : une conception la plus simple possible, l'usage d'éléments surdimensionnés et un contrôle de la qualité de fabrication.

14.3 Disponibilité

La disponibilité d'un équipement est la possibilité de le trouver, à un moment donné, en bon état de fonctionnement. Si un système n'est pas réparable, sa disponibilité disparaît en même temps que sa fiabilité. Dans le cas d'un système réparable, la disponibilité est fonction de la fréquence des dérangements et du temps nécessaire pour le rendre à nouveau opérationnel. La disponibilité peut être renforcée en assurant une réparation rapide, par exemple, par la présence de personnel qualifié, par un accès plus aisé à l'équipement et par un découpage de ce dernier en modules remplissant chaque fois une fonction bien déterminée.

La sécurité des installations de signalisation repose sur les principes de base de la signalisation énoncés précédemment. Selon le type de poste de signalisation, ces principes de base sont mis en œuvre au moyen d'enclenchements mécaniques, de circuits électriques ou de programmes informatiques. Compte tenu des défaillances éventuelles, la méthode d'utilisation des éléments intervenant dans la construction du poste de signalisation doit déboucher sur un **système à sûreté intégrée (fail-safe)**, c'est-à-dire qu'une défaillance doit limiter le fonctionnement normal afin de pouvoir exclure, avec une grande probabilité, toute situation générant un danger immédiat pour la circulation des trains. Pour satisfaire aux critères de sécurité susvisés, il est fait usage d'éléments, de circuits et de programmes informatiques présentant un degré de fiabilité élevé.

14.4 Mise à l'épreuve d'une installation

La mise en service d'une installation – qu'il s'agisse de la première mise en service ou qu'elle soit consécutive à une adaptation – est précédée d'un certain nombre de tests visant à attester le bon fonctionnement et la sécurité de l'ensemble de l'installation. Un dossier de sécurité doit être constitué parallèlement aux tests. Ce dossier est soumis à un organisme de sécurité qui rend un avis sur le niveau de sécurité atteint. La SNCB introduit ensuite le dossier complet auprès du ministère des transports. En

définitive, c'est le ministre qui décide de l'approbation ou non du dossier en vue de la mise en service commercial de l'installation.

Remarque :

Le logiciel de base d'une installation EBP-PLP a été validé et ne doit pas être testé dans chaque installation.

15 Inventaire des postes de signalisation - situation au 01/01/2004

Postes de signalisation mécaniques et électromécaniques	105
Postes de signalisation électriques	16
Postes de signalisation tout relais	279
Postes de signalisation statomagnétiques	4
Postes de signalisation à commande informatisée	21

16 La tâche du Service de la Signalisation

Les tâches concernant l'entretien et le développement des installations de signalisation belges sont réparties entre le service I-I.3, les agents de la signalisation des zones et les arrondissements et l'unité de Schaerbeek-Etterbeek.

Au sein de la Direction Infrastructure, le service I-I.3 a comme tâche, la plus importante, le projet et l'entretien des installations de la signalisation et la gestion de leur entretien. Les activités sont partagées entre les divisions I-I.31 à I-I.34.

17 Conclusion

Toutes les modifications aux techniques appliquées sont apportées progressivement. Toutefois, la technique de la signalisation évolue rapidement. D'ici quelques années, les anciennes cabines de signalisation Saxby et Siemens appartiendront définitivement au passé. Les ingénieurs et techniciens d'Infrabel ont toujours suivi de près les progrès technologiques. Dans leur mission, ils se laissent guider par leur souci de garantir la sécurité, la régularité et la fluidité du trafic ferroviaire.

