

Landquart, le 11 octobre 2016

Gestion du système ZBMS

Règles de projet

Contrôle de la marche des trains, voie métrique

Version
Entrée en vigueur:
Numéro de document:

N° 1.0
1^{er} novembre 2016
21187

| Rhätische Bahn | | |
|---|--|---|
| Etabli: | Contrôlé / vérifié | Mise en application: |
|  |  |  |
| Pierre-Yves Kalbfuss P-PE-VZ | Urs Deragisch chef du service I-EA-SA | Christian Florin chef du département de l'infrastructure |

Informations sur le document

| Version | Date | Rédacteur | Indications sur les modifications |
|---------|------------|---|-----------------------------------|
| 1.0 | 11.10.2016 | Pierre-Yves Kalbfuss (RhB) Rico Zanchetti (RhB) Samuel Keller (RhB) Stefan Sidler (Siemens) Hansueli Reich (AB) | Première édition |

Table des matières

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Généralités | 5 |
| 1.1 | Buts du document | 5 |
| 1.2 | Champ d'application | 5 |
| 1.3 | Chemins de fer à crémaillère | 5 |
| 2 | Bases | 7 |
| 2.1 | Dispositions d'ordre supérieur | 7 |
| 2.2 | Réglementations RTE | 7 |
| 3 | Abréviations et définitions | 9 |
| 3.1 | Abréviations | 9 |
| 3.2 | Définitions | 10 |
| 4 | Equipement de voie | 13 |
| 4.1 | Composants du système | 13 |
| 4.2 | Pose des eurobalises | 13 |
| 4.3 | Câblage de l'unité électronique d'équipement de voie | 18 |
| 4.4 | Installation des composants euroloop | 19 |
| 5 | Equipement des véhicules | 21 |
| 5.1 | Calculateur de véhicule | 21 |
| 5.2 | Appareil de commande et d'affichage | 21 |
| 5.3 | Touche de quittance externe | 21 |
| 5.4 | Interrupteur de pontage | 21 |
| 5.5 | Antenne ETCS | 22 |
| 5.6 | Récepteurs magnétiques | 22 |
| 5.7 | Générateurs d'impulsions | 23 |
| 5.8 | Sorties | 23 |
| 6 | Conception du système | 25 |
| 6.1 | Mode de surveillance | 25 |
| 6.2 | Changement du mode de surveillance | 25 |
| 6.3 | Autorisation de circuler (MA) | 28 |
| 6.4 | Profil de vitesse statique (SSP) | 30 |
| 6.5 | Déclivité | 32 |
| 6.6 | Libération | 33 |
| 6.7 | Vitesse maximale sous la responsabilité du personnel | 37 |
| 6.8 | Manoeuvre | 38 |
| 6.9 | Linking | 39 |
| 6.10 | Intervalle de confiance / fenêtre d'attente | 40 |
| 6.11 | But de l'autorisation de circuler | 41 |
| 6.12 | Planification des distances de glissement | 48 |
| 6.13 | Images de signal restrictives | 48 |
| 6.14 | Entrée sur voie occupée | 48 |
| 6.15 | Entrée dans une gare sans accès dénivelé aux quais | 49 |
| 6.16 | Installation de passage à niveau en dérangement | 49 |
| 6.17 | Signal auxiliaire | 50 |
| 6.18 | Zone pour les tramways | 52 |
| 6.19 | Ralentissements temporaires | 52 |
| 6.20 | Surveillance ponctuelle au moyen de balises | 53 |
| 6.21 | Véhicules garés | 53 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6.22 | Commutation du mode de service..... | 54 |
| 6.23 | Télégrammes de défaut et de dérangement | 54 |
| 6.24 | Empêchement du départ pour les trains à voie normale | 55 |
| 7 | Intégration du système chez l'exploitant | 56 |
| 7.1 | Conditions préalables | 56 |
| 7.2 | Projet de l'équipement de l'infrastructure | 56 |
| 7.3 | Montage, mise en service | 58 |
| 7.4 | Projet de l'équipement des véhicules | 59 |
| 7.5 | Modèles de freinage | 60 |
| 7.6 | Prescriptions d'exploitation | 64 |
| 7.7 | Formation | 64 |

1 Généralités

1.1 Buts du document

Les règles de projet du contrôle de la marche des trains voie métrique (ZBMS) sont définies dans le présent document. Ces règles sont définies sur la base du standard national "contrôle de la marche des trains pour les chemins de fer qui ne migrent pas vers l'ETCS" publié par l'office fédéral des transports en date du 24 juin 2013. Ces règles de projet ont pour but de permettre une application optimale des fonctionnalités en surveillance continue définies dans le standard.

Ces règles de projet s'adressent aux chefs de projet des entreprises ferroviaires et des preneurs de licence. Une connaissance préalable du standard ZBMS et du système à installer sont des conditions essentielles à un bon dimensionnement du projet.

1.2 Champ d'application

Ces règles de projet doivent être employées lors du dimensionnement de l'équipement de l'infrastructure et des véhicules, qui doivent correspondre au standard ZBMS.

Le fournisseur des équipements doit en outre observer les directives d'application du fabricant du système lors de la réalisation du projet.

L'équipement de l'infrastructure et les fonctions de surveillance du système sont définis en détail dans le standard. Leur application est réglée de manière approfondie dans ce document.

Les indications concernant l'équipement des véhicules se limitent selon le standard ZBMS à des caractéristiques générales.

La surveillance ponctuelle au moyen d'aimants n'est pas traitée dans ces règles de projet. Les règles de projet du système existant doivent être observées le cas échéant. Seuls le passage d'un mode de surveillance à l'autre nécessaire durant la migration est traité.

1.3 Chemins de fer à crémaillère

Les particularités des chemins de fer à crémaillère sont traitées de manière lacunaire dans cette édition des règles de projet. Ce thème sera traité en détail lors de la prochaine révision.

2 Bases

2.1 Dispositions d'ordre supérieur

Les dispositions d'ordre supérieur suivantes doivent spécialement être observées:

- ordonnance sur la construction et l'exploitation des chemins de fer (OCF, SR 742.141.1)
- dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer (DE-OCF, SR 742.141.11)
- prescriptions suisses de circulation des trains (PCT, SR 742.173.001)
- standard national: contrôle de la marche des trains pour les chemins de fer qui ne migrent pas vers l'ETCS (Standard ZBMS).

2.2 Réglementations RTE

Le compendium installations de sécurité R RTE 25000 bis 25064 sert de base, spécialement:

- R RTE 25036 contrôle de la marche des trains.

3 Abréviations et définitions

3.1 Abréviations

| | | |
|------|---|---|
| BG | Balise Group | groupe d'eurobalises |
| ELM | Euroloop-Modem | modem euroloop |
| ETCS | European Train Control System | système européen de signalisation et d'arrêt automatique des trains |
| FS | Full Supervision | mode d'exploitation "surveillance intégrale" |
| GP | Gradient Profile | profil des déclivités de la ligne |
| IS | Isolation | mode d'exploitation "isolé" |
| JRU | Juridical Recording Unit | enregistreur des données de parcours |
| LEU | Lineside Electronic Unit | unité électronique d'équipement de voie |
| MA | Movement Authority | autorisation de circuler |
| NL | Non Leading | mode d'exploitation "non titulaire" |
| ODM | Odometry | odométrie |
| OFT | | office fédéral des transports |
| SH | Shunting | mode d'exploitation "manœuvre" |
| SL | Sleeping | mode d'exploitation "véhicule télécommandé" |
| SR | Staff Responsible | mode d'exploitation "marche avec responsabilité du personnel" |
| SSP | Static Speed Profile | profil de vitesse statique |
| TS | Target Speed | vitesse au but |
| TSI | Technical Specifications for Interoperability | spécifications techniques d'interopérabilité |
| TSR | Temporary Speed Restriction | ralentissement temporaire |
| UN | Unfitted | mode d'exploitation "surveillance ponctuelle" avec aimants ou groupe d'eurobalises |
| ZBMS | Zugbeeinflussung Meter- und Spezialspur | standard national applicable au contrôle de la marche des trains pour les chemins de fer qui ne migrent pas vers l'ETCS |

3.2 Définitions

| | |
|---|--|
| Aimants | Pour la surveillance ponctuelle, différents systèmes de contrôle de la marche des trains sont actuellement utilisés avec des aimants permanents ou des électro-aimants. L'information est transmise aux véhicules au moyen de combinaison de pôles nord et sud d'aimants. |
| Autorisation de circuler | L'autorisation de circuler (MA) est la partie des données du télégramme émis par un groupe de balises qui autorise à parcourir un tronçon de voie. L'autorisation de circuler indique à l'équipement du véhicule la distance que le train a le droit de parcourir. L'autorisation de circuler générée par le système correspond en principe à l'assentiment pour circuler indiqué par le signal pour les trains jusqu'au prochain signal principal. |
| Infill | Désignation d'un groupe de balises pour la transmission d'une autorisation de circuler qui libère le train de la courbe de freinage du tronçon avant le signal principal. |
| Intervalle de confiance | Tolérance en fonction du chemin parcouru par rapport à la position exacte du véhicule à cause des inexactitudes de l'odométrie. |
| Isolé | En mode d'exploitation "isolé" (IS), le contrôle de la marche des trains n'est plus relié vers l'extérieur et les fonctions de freinage du contrôle de la marche des trains sont désactivées. |
| Linking | Lien logique raccordant les groupes d'eurobalises |
| Manoeuvre | Le mode d'exploitation "manœuvre" (SH) est utilisé pour les mouvements de manœuvre effectués dans les gares et en pleine voie. Le tronçon autorisé peut être prescrit par le contrôle de la marche des trains. Le véhicule est surveillé par le contrôle de la marche des trains par rapport à la vitesse maximale admissible pour les mouvements de manœuvre. |
| Marche avec responsabilité du personnel | Le mode d'exploitation "marche avec responsabilité du personnel" (SR) correspond à une surveillance partielle. La marche avec responsabilité du personnel s'applique lorsqu'aucune autorisation de circuler n'a été transmise par un équipement de voie ou lorsqu'après un changement du sens de marche, une réévaluation est effectuée par une boucle euroloop. Le véhicule est surveillé par le contrôle de la marche des trains par rapport à une vitesse. La position du véhicule et donc la longueur de l'autorisation de circuler ne sont pas surveillées. |
| Non titulaire | En mode d'exploitation "non titulaire" (NL), un mécanicien de locomotive occupe le véhicule moteur, ou la voiture de commande, placé ailleurs qu'en tête du train. |

| | |
|-------------------------|--|
| Repositionnement | Correction de l'autorisation de circuler en fonction du parcours lorsque les buts ont un éloignement différent ainsi que la réinitialisation de l'intervalle de confiance au long de l'autorisation de circuler, grâce à la réception de la position exacte du véhicule. La courbe de freinage dynamique à la fin de l'autorisation de circuler, respectivement devant un seuil de vitesse, est recalculée en fonction du but nouvellement défini par le repositionnement. |
| Surveillance continue | Transmission ponctuelle ou continue d'informations au véhicule avec surveillance continue de conditions qui peuvent changer selon l'emplacement du véhicule. Le contrôle de la marche des trains réagit dès que ces conditions ne sont pas respectées. |
| Surveillance intégrale | En surveillance intégrale (FS), la fin de l'autorisation de circuler et le respect de la vitesse maximale admissible sur le tronçon sont surveillés en permanence à l'aide des données de l'infrastructure et des données du train saisies. Au début de la marche, la surveillance intégrale ne peut s'appliquer au plus tôt qu'après le franchissement du premier groupe d'eurobalises. |
| Surveillance ponctuelle | Transmission ponctuelle d'informations au véhicule avec réaction immédiate du contrôle de la marche des trains à l'information venant d'être transmise. |
| Télécommandé | En mode d'exploitation "véhicule télécommandé" (SL), aucun mécanicien de locomotive n'occupe le véhicule moteur, ou la voiture de commande, placé ailleurs qu'en tête du train. |

4 Equipement de voie

4.1 Composants du système

L'équipement de voie comprend les composants illustrés ci-dessous.

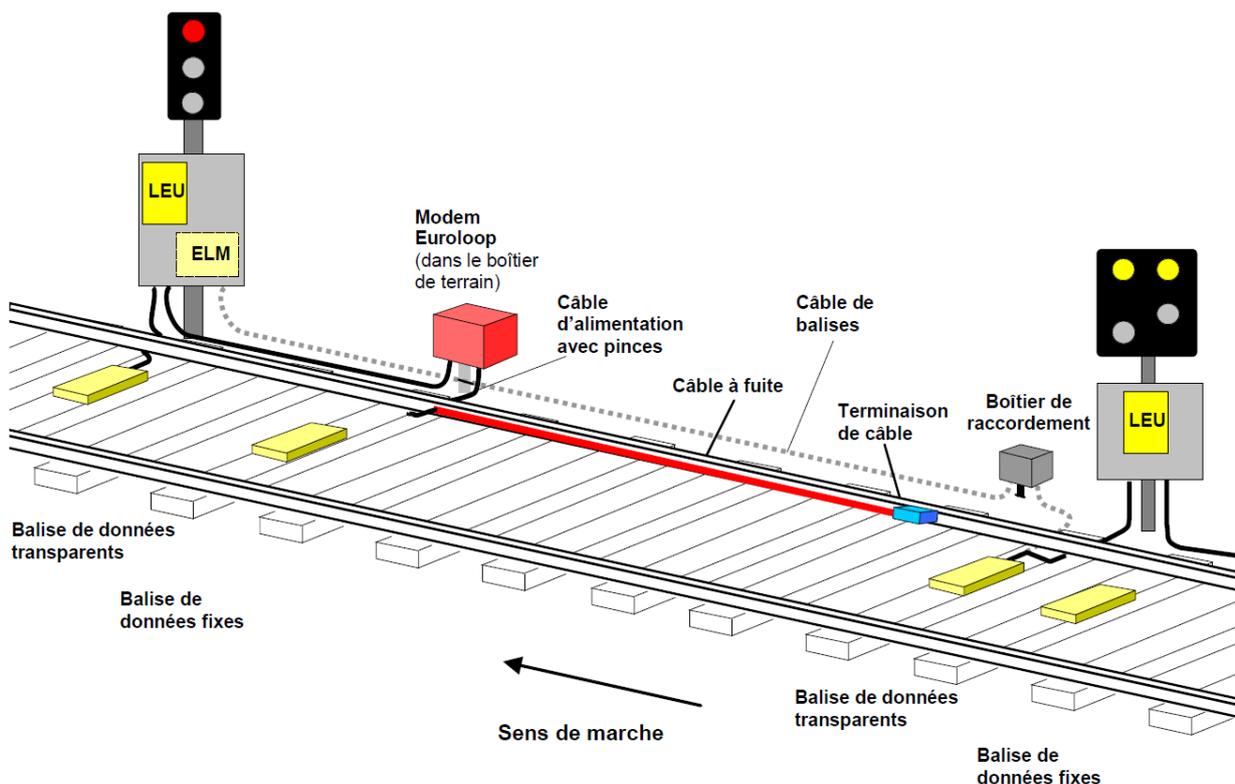


Figure 1: Configuration possible de l'équipement de voie

Un ou plusieurs LEUs sont installés en cas normal avec le modem euroloop dans un boîtier à relais au pied du signal principal. Le groupe de balises du signal avancé est commandé par le LEU au signal principal. L'avantage est de pouvoir transmettre au véhicule des images de signal particulières, qui ne peuvent pas être présentées par le signal avancé (signal auxiliaire, entrée sur voie occupée, etc.), déjà lors du franchissement du signal avancé. Un câble doit relier à cet effet le signal avancé au signal principal.

Si des itinéraires différents sont signalés avec la même image de signal, une différenciation du parcours peut être nécessaire. Les critères doivent être saisis dans ce cas à l'enclenchement et être transmis au signal correspondant. Une surveillance de la longueur du train ou un seuil de vitesse exact ne peuvent être programmés qu'ainsi.

4.2 Pose des eurobalises

4.2.1 Cas normal

Un groupe de balises comprend au minimum 2 balises. Deux balises sont toujours employées dans les applications purement ZBMS. Contrairement à cette règle, un groupe de balises d'étalonnage est réalisé avec une seule balise de données fixes.

La première balise dans le sens de circulation est toujours une balise de données fixes. Elle n'a pas besoin d'être câblée. La seconde balise est une balise de données transparentes qui est raccordée à l'unité électronique d'équipement de voie.

Les balises rectangulaires sont disposées transversalement dans l'axe de la voie sur les chemins de fer à adhérence.

L'espacement longitudinal entre deux balises du même groupe de balises est en règle générale de 3 m (limite technique jusqu'à 160 km/h: minimum 2.3 m, maximum 6 m). La dernière balise du groupe est installée 1-2 m avant le signal fixe correspondant.

L'espacement minimal entre des balises successives et appartenant à des groupes de balises différents est de 8 m (vitesse maximale jusqu'à 120 km/h). Cet espacement minimal est indépendant du sens de circulation.

Un espacement inférieur est possible en cas de manque de place et avec une vitesse maximale réduite. Il faut dans tous les cas respecter:

$$s_{\min} = 2.6 + 0.03 \cdot v$$

s_{\min} espacement minimal [m]

v vitesse maximale [km/h]

Un groupe de balise par voie est installé avant le point d'arrêt limite devant un signal de groupe.

Un groupe de balises peut aussi comprendre deux balises de données fixes, sans LEU. De tels groupes de balises peuvent transmettre des informations dépendantes du sens de marche au véhicule mais qui sont indépendantes de l'enclenchement. Ce sont par exemple la localisation pour le repositionnement, des ralentissements temporaires, l'annonces d'euroloops, etc.

4.2.2 Voie à trois rails

Sur un tronçon à trois rails, les données de l'équipement fixe des systèmes différents ZBMS, ETCS L1LS, Euro-ZUB et Euro-Signum peuvent être transmises par un même groupe de balises. Il faut dans ce cas ajouter une balise de données transparentes supplémentaire au groupe de balises afin de pouvoir transmettre toutes les informations.

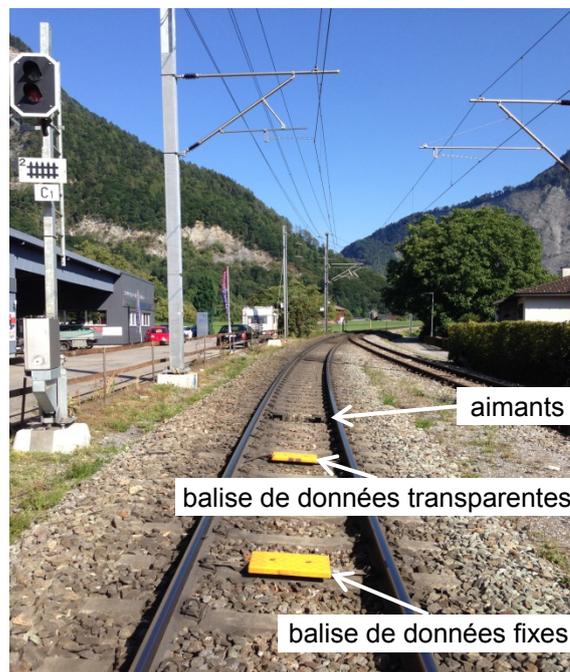


Figure 2: Installation en maintenant les aimants en service

4.2.3 Crémaillère et obstacles dans la voie

Les balises sont par principe installées dans l'axe de la voie. Il est nécessaire de les déplacer latéralement si des obstacles tels qu'une crémaillère ou un contre-rail l'imposent. Il est nécessaire dans ce cas de contrôler le désaxement par rapport à l'antenne de véhicule.

Les balises sont en règle générale disposées perpendiculairement à l'axe de la voie. Le montage longitudinalement par rapport à l'axe de la voie est possible en cas de manque de place.



Figure 3: Exemple de montage contre-rail

Le déplacement latéral impliqué par une crémaillère impose de décaler latéralement l'antenne des véhicules par rapport à leur axe. Ce montage asymétrique empêche de tourner les véhicules.

Les balises des tronçons à adhérence seront en principe désaxées en conséquence.

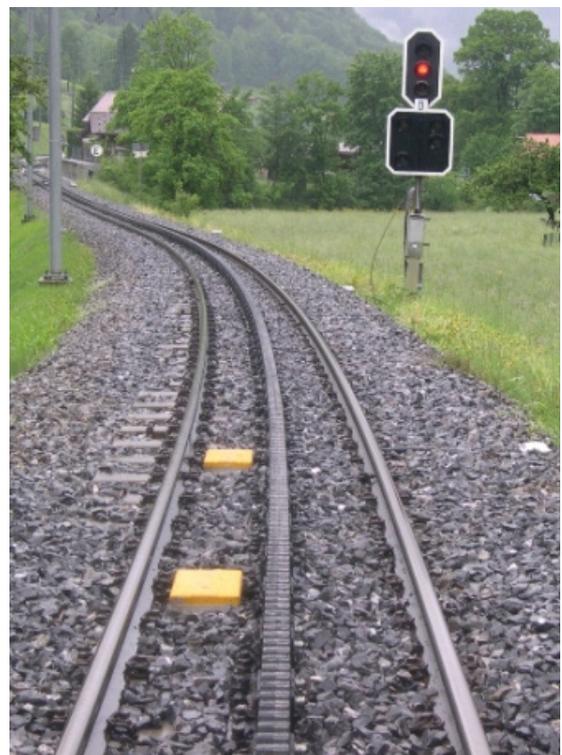


Figure 4: Exemple de montage crémaillère

4.2.4 Dimensions

Il convient dans le cadre du projet de respecter les espacements minimaux entre une balise et des éléments ferromagnétiques de même que par rapport à des conducteurs électriques. Les distances par rapport aux traversées de conducteurs électriques dans la superstructure ou sous la voie sont spécialement à prendre en compte.

Les dimensions d'une balise et les espacements minimaux à respecter peuvent différer d'un constructeur à l'autre. Les données des eurobalises Siemens S21 sont mentionnées dans ce chapitre à titre d'exemple.

La figure ci-dessous montre les cotes principales d'une balise (exemple eurobalise Siemens S21).

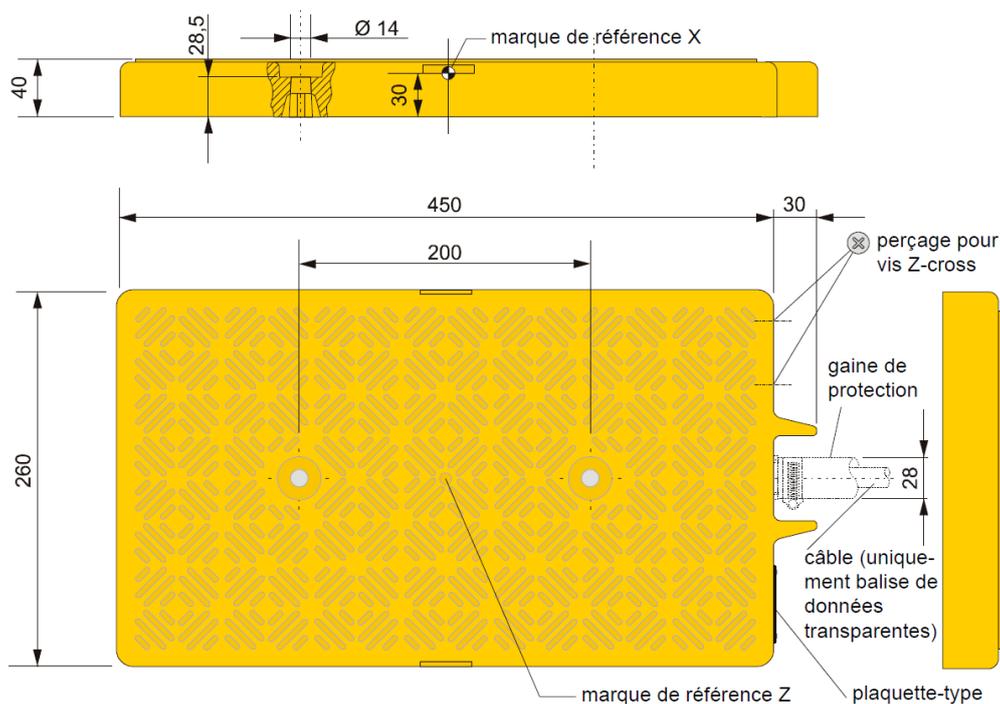


Figure 5: Exemple de dimensions d'une balise

Un espacement doit être respecté par rapport à la balise:

- afin de pouvoir poser l'appareil de programmation au-dessus de la balise
- à cause des influences électromagnétiques de matériaux ferreux et de conducteurs électriques. L'espace correspondant doit être libre d'éléments en matériaux ferreux et de conducteurs électriques
 - il convient de faire particulièrement attention aux espacements à proximité de joints isolés en raison des traversées de conducteurs électriques
 - un espacement minimal spécifique doit être respecté par rapport de grosses constructions en acier. Il est par exemple impossible d'installer une balise sur un pont métallique
 - un espacement vertical minimal est à respecter lors du montage sur des traverses métalliques ou des supports ferromagnétique. Cet espacement est de 60 mm mesuré depuis la marque de référence X pour une balise Siemens.

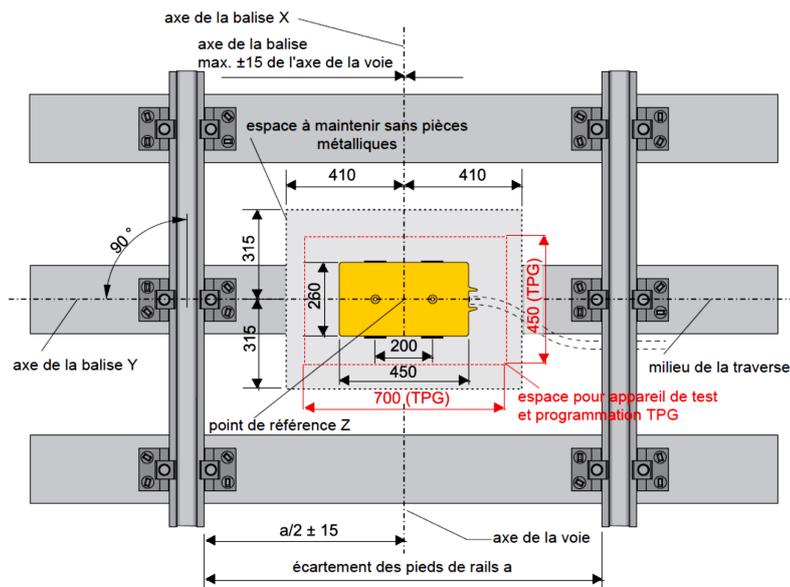


Figure 6: Exemple des espacements

Il convient de se référer aux règles d'installation des eurobalises du fabricant concerné pour obtenir des données plus détaillées.

4.2.5 Modes de fixation

Les éléments de montage prescrits par le fabricant de la balise sont à utiliser en raison des influences magnétiques.

Les modes de fixations cités se basent sur l'exemple des balises Siemens.

Les balises sont montées en règle générale sur un support VORTOK, lequel est utilisables en liaison avec les systèmes de fixation de rail Ae, Aei ou Aek, Aeki.

Sur des tronçons à crémaillère ainsi que parallèlement à des contre-rails, les balises seront vissées sur les traverses avec une plaque d'espacement.

Un cadre en béton polymère avec couvercle du même matériau est employé dans une zone pour les tramways, afin d'installer une balise noyée dans le corps de la route.

Les balises sont masquées par une tôle de blindage dès leur installation et jusqu'à leur mise en service. Lors du montage d'une balise sur une plaque, il faut que ses dimensions n'empêchent pas l'accrochage du couvercle sous la balise.

4.3 Câblage de l'unité électronique d'équipement de voie

4.3.1 Distance d'alimentation

L'alimentation du LEU peut dans certains cas s'effectuer sur de grandes distances à partir de l'enclenchement. Il convient de contrôler la chute de tension sur la ligne et sa protection contre un court-circuit en bout de ligne.

4.3.2 Cascade

L'unité électronique d'équipement de voie ETCS est équipée de sorties standardisées pour balises et euroloop. Le LEU master peut être relié en cascade à des unités supplémentaires si des sorties supplémentaires sont nécessaires.

4.3.3 Liaison avec l'enclenchement

L'unité électronique d'équipement de voie ETCS (LEU) est installée à proximité directe du signal. Les entrées sont couplées en série aux circuits des lampes de signal correspondantes. Seule la tension d'alimentation est fournie de l'enclenchement vers chaque signal équipé.

Les télégrammes sont générés en fonction des lampes de signal activées. Un télégramme est généré pour chaque image de signal.

Il est recommandé de raccorder le groupe de balises d'un signal avancé au LEU du signal principal correspondant. Un signal avancé placé isolément et qui correspond à plusieurs signaux principaux doit cependant être équipé de son propre LEU.

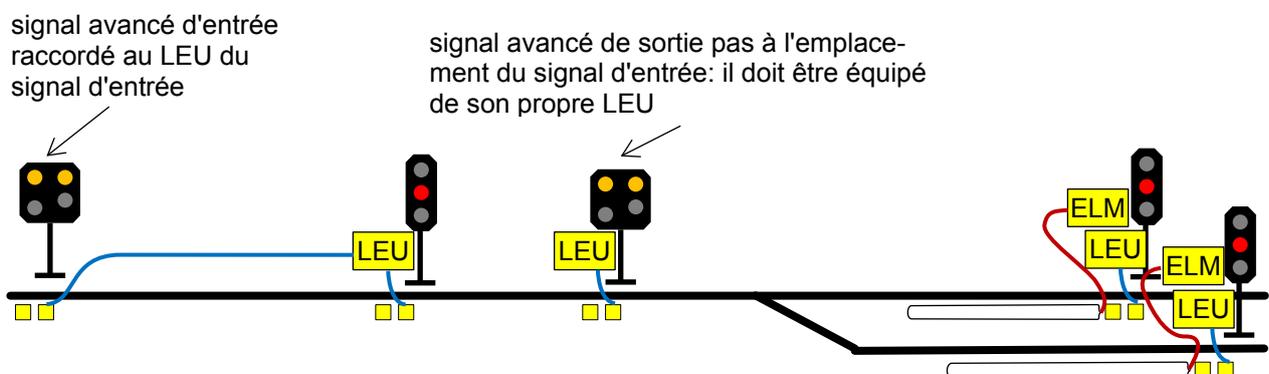


Figure 7: Disposition des LEU

Lorsqu'une boucle euroloop est installée, celle-ci doit être reliée à un modem euroloop (ELM).

4.3.4 Liaison avec un enclenchement électronique

Certains enclenchements électroniques emploient une transmission sérielle des données de l'enclenchement à chaque signal. Un raccordement direct à la transmission de données est avantageux.

Il est par exemple possible, avec un enclenchement Siemens Simis IS ou Simis W, de relier le groupe de balises de chaque signal au moyen d'une carte MS-ULK au module d'actionnement multifonctionnel (MSTT).

4.4 Installation des composants euroloop

4.4.1 Composants

Les composants euroloop comprennent essentiellement:

- modem euroloop (ELM)
- câble de jonction (liaison de l'ELM à la boucle)
- câble rayonnant (Loop)
- terminaison de câble à pertes (LKA).

La longueur de la boucle euroloop peut être fixée librement jusqu'à la longueur maximale de 800 m.

4.4.2 Mode de montage

Le câble rayonnant est normalement fixé au pied du rail avec des brides de pied de rail. Un tube en matière plastique est utilisé lorsque la fixation au pied du rail est rendue impossible, par exemple lorsque la voie est incorporée dans un revêtement routier. Le matériau du tube doit être isolant et amagnétique. La pose dans un tube est la solution standard pour les passages à niveau.

Les points généraux suivants sont à observer lors de l'installation des composants euroloop:

- boîtier de signal:
 - le câblage de la terre de protection au LEU et à l'ELM doit être court
 - équiper le câble d'interconnexion d'une bobine "self"
 - placer cette bobine "self" le plus près possible du passage à câbles de l'armoire
 - relier la prise du câble d'interconnexion avec le boîtier de signal (ne pas isoler la traversée!)
- câble de jonction:
 - le câble de jonction doit être posé au long du pied du rail sur au minimum 1 m (ceci spécialement lorsque le câble traverse la voie), (recommandé 3 m)
 - ne pas laisser de longueur superflue du câble de jonction (réserve) à proximité des rails
 - le câble de jonction ne doit pas former de boucle
 - le rayon minimal de courbure du câble de jonction doit être respecté
 - le câble de jonction est conduit perpendiculairement à la voie
- traversée de voie:
 - éviter autant que possible les traversées de voie
 - le câble de traversée est placé de chaque côté au minimum 1-3 m le long du pied de rail
- contournement d'obstacles:
 - un câble de contournement est utilisé pour contourner les obstacles importants tels que des aiguillages, croisements de voies, etc.

- câble rayonnant:
 - le câble rayonnant ne doit pas former de boucle
 - la longueur du câble est tendancielle à arrondir vers le bas
 - lors du tirage d'un câble rayonnant en deux parties, il convient de partir du point de raccordement au milieu du câble
 - le câble rayonnant est toujours installé au long du pied de rail, dans la gorge extérieure. Il peut être disposé librement au côté droit ou gauche de la voie, lequel sera déterminé en fonction des obstacles éventuels au long de la voie (branchements, croisements, traversées)
 - si dans une voie les boucles des deux directions se chevauchent, on posera une boucle de chaque côté de la voie
 - le câble rayonnant ne doit pas être écrasé (pas de contrainte mécanique). La pose doit s'effectuer avec l'attention nécessaire
 - des précautions particulières doivent être observées si l'installation est effectuée par des températures entre -10° et $+5^{\circ}\text{C}$
 - le câble rayonnant ne devrait pas être tiré par des températures inférieures à -10°C .

4.4.3 Entretien de la voie

Le câble rayonnant doit être protégé contre des détériorations. Cela signifie qu'il doit être enlevé lors de travaux d'entretien de la voie (déchargement de ballast, bourrage, meulage, etc.).

5 Equipement des véhicules

5.1 Calculateur de véhicule

Le calculateur de véhicule doit être installé dans une armoire à appareils où il sera protégé de la poussière et de l'humidité. Il convient de prévoir une aération suffisante, le cas échéant une ventilation forcée devra être installée. Il convient de veiller à un accès aisé pour la lecture des données et la maintenance.

La face frontale du calculateur de véhicule comprend diverses diodes lumineuses, qui sont allumées ou clignotent en service. Il faut veiller à ce qu'elles ne se réfléchissent pas contre la vitre frontale du véhicule et ainsi puissent irriter le mécanicien de locomotive.

L'armoire à appareils devra être équipée d'une serrure de sécurité si elle se trouve dans un espace destiné aux voyageurs.

Des rames automotrices de grande longueur devront être équipées de deux calculateurs de véhicule en raison de la longueur maximale des câbles d'antenne.

5.2 Appareil de commande et d'affichage

Les appareils de commande et d'affichage doivent être installés dans le champ de vision du mécanicien de locomotive, si possible à proximité de l'indicateur de vitesse. Les appareils peuvent être disposés l'un au-dessus ou l'un à côté de l'autre. Ils doivent être bien visibles en position assise et les manipulations doivent pouvoir être effectuées sans obstacle. La main ne devrait pas masquer l'appareil d'affichage lors d'une manipulation.



Figure 8: Exemple de montage de l'appareil de commande et d'affichage

5.3 Touche de quittance externe

La touche de quittance externe est à maintenir durant la phase de migration de la surveillance ponctuelle à la surveillance continue. La quittance directement à l'appareil de commande est possible mais son emplacement est généralement peu optimal pour les manipulations répétées.

5.4 Interrupteur de pontage

L'interrupteur de pontage externe pontage les contacts du serrage imposé et du serrage de service, par exemple en cas de défaillance du hardware. Cet interrupteur est en règle générale plombé. Les mesures à prendre en cas de pontage sont fixées dans les prescriptions de circulation.

L'interrupteur de pontage ne doit pas pouvoir être manipulé par le mécanicien de locomotive durant la marche. Il sera installé en règle générale dans une armoire à appareils.

L'interrupteur de pontage doit comprendre au minimum 4 contacts séparés indépendants (3 contacts d'ouverture et 1 contact de fermeture).

Il n'est pas nécessaire de prévoir deux interrupteurs de pontage dans les véhicules à deux cabines de conduite.

L'interrupteur de pontage doit comme le calculateur du véhicule être inaccessible pour les voyageurs.

5.5 Antenne ETCS

5.5.1 Disposition

L'antenne ETCS sera fixée autant que possible à la caisse du véhicule. Une ou deux antennes sont nécessaires en fonction de la géométrie du véhicule. Un véhicule à caisse unique possèdera en général une seule antenne. Deux antennes sont nécessaires pour un véhicule articulé. La distance minimale de la tête du véhicule à l'antenne est de 2 m. La distance maximale entre le premier essieu du véhicule et l'antenne ETCS est de 12.5 m.

Il convient de veiller à un déplacement latéral minimal dans les courbes. Pour ceci l'antenne sera idéalement fixée sous la caisse du véhicule, immédiatement avant ou après un bogie. Le déplacement latéral est minimalisé lors du montage au bogie. Le câblage est par contre plus compliqué.

Les règles de montage du fabricant concernant la hauteur de montage de l'antenne, le désaxement latéral, les autres tolérances de montage et l'espacement par rapport aux éléments en matériaux ferreux doivent être respectées.

5.5.2 Câble d'antenne

La longueur du câble d'antenne doit être en fonction de la longueur d'onde un multiple de $\lambda/2 = 4.47$ m. Le câble aura une longueur de 4.47 m ou l'un de ses multiples, mais au maximum 35.76 m. La raison est liée aux réflexions induite par la longueur d'onde de la fréquence porteuse. Un câble d'antenne flexible spécial doit être utilisé lors de montage au bogie, sa résistance aux endommagements est cependant moindre.

5.6 Récepteurs magnétiques

Les récepteurs magnétiques sont maintenus en fonction de l'application. Des récepteurs magnétiques sont nécessaires au minimum durant la phase de migration vers le nouveau système de contrôle de la marche des trains.

La compatibilité des récepteurs magnétiques existants avec le nouveau calculateur est à contrôler avec le fabricant. L'alimentation des récepteurs magnétiques est entre autres différente selon les modèles.

L'espace minimal entre les récepteurs magnétiques et l'antenne ETCS est de 50 cm. Les règles de montage du système précédent doivent aussi être observées.

5.7 Générateurs d'impulsions

Des générateurs d'impulsions sont nécessaires sur deux essieux indépendants l'un de l'autre. Chaque générateur d'impulsions doit comprendre deux canaux décalés de 90° et séparés galvaniquement du reste du véhicule. L'utilisation de ces signaux pour d'autres systèmes n'est pas admise.

Il convient autant que possible d'utiliser des essieux porteurs. Si des essieux moteurs doivent être utilisés, il convient d'éviter les premiers essieux du véhicule.

Les générateurs d'impulsions doivent être admis par le fabricant pour cette application.

5.8 Sorties

Le calculateur du véhicule possède en plus des sorties sécurisées pour le serrage imposé et pour le serrage de service, deux sorties pour des fonctions définissables. Ces sorties ne conviennent pas pour des fonctions dépendantes de la sécurité. Des applications typiques sont un déclenchement automatique du véhicule avant une section de protection ou un bourdonneur externe.

L'utilisation de ces sorties et les interfaces entre le projet et la commande du véhicule doivent être analysés globalement lors de la conception du projet.

6 Conception du système

6.1 Mode de surveillance

Le standard ZBMS prévoit deux modes de surveillance qui peuvent être, au sens technique, choisis librement:

- surveillance continue avec balises ETCS et euroloops
- surveillance ponctuelle avec aimants ou balises ETCS.

Le mode de surveillance peut changer plusieurs fois sur le parcours d'une ligne..

La surveillance nécessaire est déterminée dans le cadre des dispositions des DE-OCF, DE 39.3.c. Le gestionnaire de l'infrastructure établit une analyse de risques pour tous les points de conflit potentiels sur la base de ces dispositions. Celle-ci sert de base au concept du contrôle de la marche des trains. Les points du réseau nécessitant une surveillance continue sont fixés dans ce concept.

Exemples de concepts:

- surveillance continue dans le domaine des gares et surveillance ponctuelle en pleine voie
- équipement de voie double avec aimants et balises pour chaque point durant la phase de migration, jusqu'à ce que tous les véhicules moteurs et voitures de commande soient transformés
- surveillance continue de l'ensemble des gares et des tronçons de pleine voie
- surveillance ponctuelle complétée par un contrôle de la vitesse en des points présentant un danger potentiel élevé, par exemple:
 - contrôles ponctuels de la vitesse
 - surveillance continue de la courbe de freinage devant des signaux déterminés
 - surveillance continue de la vitesse sur des fortes pentes en complément au dispositif de sécurité
 - surveillance continue de la vitesse sur des tronçons en courbe sélectionnés.

6.2 Changement du mode de surveillance

6.2.1 Généralités

Les principes généraux de la commutation sont présentés dans ce document. Les conditions détaillées du processus de commutation doivent être tirées de la documentation du fabricant.

Les distances minimales entre les éléments fixes de chaque système doivent être observées lors du changement de mode de surveillance. Ces espacements sont déterminés par le temps de commutation du calculateur de véhicule et par la distance entre les récepteurs magnétiques et l'antenne ETCS sous le véhicule.

L'espacement minimal dans le sens de circulation entre des aimants et un groupe de balises lors du passage d'un tronçon équipé d'aimants à un tronçon équipé de balises est de 50 m pour une vitesse de ligne maximale de 90 km/h. Un espacement plus court est possible en cas de manque de place, si la vitesse maximale est réduite. Cette situation doit être contrôlée et jugée de cas en cas.

Lorsque les points de l'équipement de voie sont équipés en parallèle d'aimants et de balises, un groupe de balises de données fixes doit être prévu pour la commutation de la surveillance ponctuelle à la surveillance continue ou réciproquement.

Il est possible d'installer des balises en lieu et place d'aimants au sein de tronçons surveillés ponctuellement. Celles-ci reprennent les mêmes fonctions que les aimants. Cette solution peut être appliquée par exemple:

- si les espacements minimaux entre groupes de balises et d'aimants ne peuvent pas être respectés
- en tant qu'investissement préliminaire lors de transformations afin de ne pas installer d'aimants pour une courte période.

La condition est que tous les véhicules soient équipés pour la réception des informations des balises.

6.2.2 Commutation de la surveillance ponctuelle à la surveillance continue

Lorsque le calculateur du véhicule est en mode de surveillance ponctuelle, il réceptionne et traite les informations des aimants et des balises. Le franchissement du premier groupe de balises d'un signal avancé ou principal provoque la commutation en mode de surveillance continue. Les informations de groupes d'aimants ne seront que réceptionnées mais plus traitées à partir de ce point.

La quittance d'un "avertissement" transmise par des aimants doit être effectuée, avant que la commutation en surveillance continue soit opérée. Le délai maximal pour la quittance de l'avertissement peut être projeté. Il est en règle générale de 5 secondes, ce qui correspond par exemple à un parcours de 125 m à la vitesse de 90 km/h. Cette restriction ne concerne pas les chemins de fer qui n'utilisent pas la fonction "avertissement".

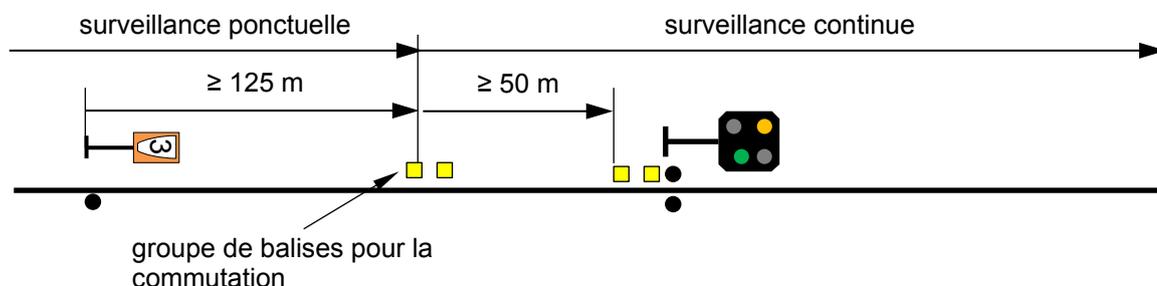


Figure 9: Commutation en cas d'équipement double de la ligne

Dans cet exemple, les aimants du système de surveillance ponctuelle existants sont maintenus dans le tronçon équipé pour la surveillance continue. La commutation ne peut pas être réalisée au groupe de balises du signal avancé en raison de la présence des aimants au même emplacement. Pour cette raison un groupe de balises fixes supplémentaire doit être installé au minimum 50 m avant le signal avancé pour assurer la commutation. La distance minimale depuis le dernier groupe d'aimants transmettant l'avertissement jusqu'au premier groupe de balises est de 125 m si le délai de quittance est de 5 s et à une vitesse de 90 km/h. Un exemple typique de cette situation peut se produire avec un ralentissement temporaire.

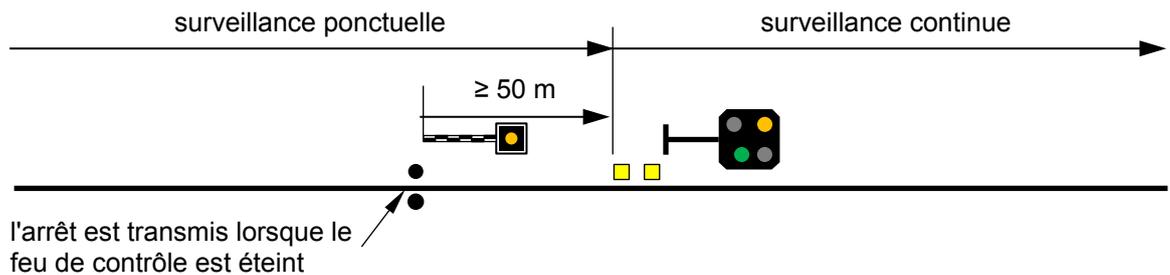


Figure 10: Commutation en cas d'équipement alterné de la ligne

Lorsque tous les véhicules sont équipés pour la surveillance continue, les équipements de voie seront équipés soit avec des aimants soit avec des balises. La commutation de la surveillance peut dans ce cas être effectuée par le premier groupe de balises du tronçon équipé de la surveillance continue.

6.2.3 Commutation de la surveillance continue à la surveillance ponctuelle

Le processus de commutation du calculateur de véhicule de la surveillance continue à la surveillance ponctuelle doit être terminé avant de franchir le groupe d'aimants suivant. Une distance de 50 m doit être au minimum prévue pour cela.

Les informations des aimants sont réceptionnées mais pas traitées en surveillance continue. La commutation de la surveillance continue à la surveillance ponctuelle est programmée dans le télégramme de données du groupe de balises correspondant. Aucune information d'aimants ne doit être réceptionnée durant la commutation. Ce point doit être spécialement observé en cas d'équipement double de la ligne.

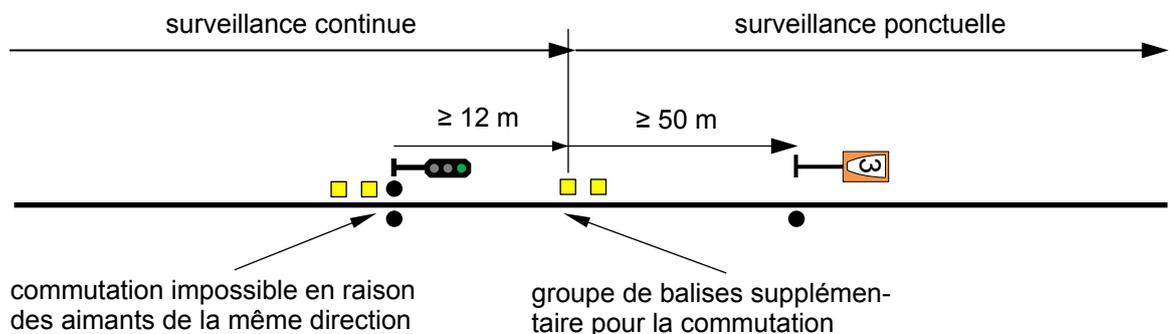


Figure 11: Commutation en cas d'équipement double de la ligne

La distance minimale du dernier groupe d'aimants au groupe de balises assurant la commutation doit être supérieure à l'espacement maximal entre les récepteurs magnétiques et l'antenne ETCS de tous les véhicules. Comme l'antenne peut être installée jusqu'à 12.5 m depuis l'avant du véhicule, cet espacement est dans tous les cas inférieur à 12 m.

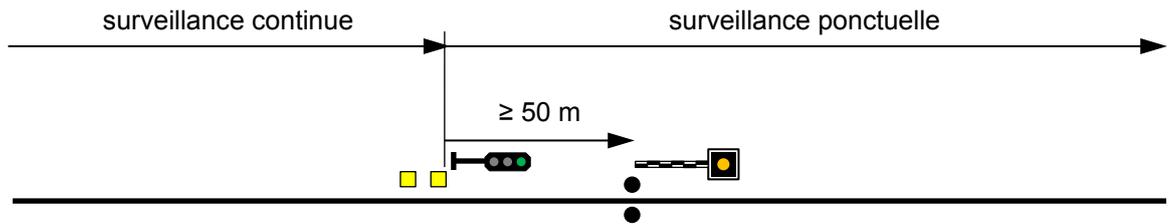


Figure 12: Commutation en cas d'équipement alterné de la ligne

L'équipement de voie est composé soit de balises, soit d'aimants lorsque tous les véhicules sont équipés pour la surveillance continue. La commutation du mode de surveillance peut dans ce cas être initialisée par le dernier groupe de balises du tronçon surveillé continuellement.

6.3 Autorisation de circuler (MA)

6.3.1 Validité de l'autorisation de circuler

Le tronçon pouvant être parcouru est projeté dans chaque télégramme de données transmettant une autorisation de circuler. Cette autorisation de circuler correspond en général avec la distance d'un signal principal jusqu'au signal principal suivant.

Le groupe de balise suivant doit être saisi avant la fin de l'autorisation de circuler. Celui-ci transmet l'autorisation de circuler sur le tronçon suivant. L'extrémité de l'autorisation de circuler peut aussi être déterminée par le point d'arrêt limite devant un signal principal présentant l'*arrêt* ou un heurtoir.

6.3.2 Vitesse au but à la fin de l'autorisation de circuler

La vitesse au but à la fin de l'autorisation de circuler est projetée selon les critères suivants:

- 0 km/h, dans le cas
 - d'un signal avancé présentant l'*avertissement*
 - d'un signal principal présentant l'image *itinéraire court*
 - d'un signal de voie occupée
 - d'un signal avancé éteint
 - d'un signal auxiliaire
- 0 km/h dans le cas d'un signal principal, si aucun signal avancé ne précède le signal principal suivant, ceci à l'exception d'un signal principal pouvant signaler l'*itinéraire court*. 0 km/h sera également projeté si un panneau pour annoncer l'absence de signal avancé, avec ou sans groupe de balises, précède le signal principal suivant
- En principe 0 km/h dans le cas d'un signal principal, lorsqu'un signal avancé précède le signal principal suivant.
1 km/h peut aussi être projeté en alternative dans ce cas. Cette vitesse au but minimale impose pratiquement l'arrêt devant le signal principal. Elle évite cependant l'affichage de l'indication "vitesse au but 0 km/h" en cabine de conduite
- La vitesse maximale signalée, le cas échéant la vitesse maximale de l'installation dans le cas
 - d'un signal avancé
 - d'un signal principal et avancé au même emplacement
 - d'un signal combiné
 - d'un signal principal pouvant indiquer l'image *itinéraire court*
 - d'un signal principal pouvant signaler une image plus restrictive en cas de chemin de freinage insuffisant.
Si la distance du signal avancé est inférieure au chemin de freinage pour la vitesse maximale, une image plus restrictive doit être indiquée au signal pour les trains précédent. La vitesse signalée, respectivement la vitesse maximale de l'installation, sera projetée à la fin de l'autorisation de circuler transmise à ce signal principal.

6.3.3 Avancer à la fin de l'autorisation de circuler

Le but de l'autorisation de circuler (MA) est fixé au point d'arrêt limite de l'itinéraire de train. Le but peut être fixé dans la distance de glissement au-delà du point d'arrêt limite, afin de compenser les effets des tolérances de la mesure de la distance parcourue.

Avancer avec la vitesse d'approche à la fin de l'autorisation de circuler sera projeté lorsque:

- aucune boucle n'est installée au but
- un heurtoir se trouve au but, afin qu'il soit possible d'avancer jusqu'au heurtoir malgré les tolérances de mesure de la distance parcourue.

6.3.4 Pas d'autorisation de circuler

Un arrêt absolu est projeté dans le télégramme dans les cas:

- d'un signal principal présentant l'*arrêt*
- d'un signal principal éteint.

6.3.5 Plusieurs buts

Lorsque plusieurs parcours sont possibles avec la même image de signal, mais des buts situés à des distances différentes, la distance la plus courte sera prise en compte dans le télégramme de données. La distance sera corrigée pour les buts plus éloignés par des balises au long du parcours.

Une différenciation du parcours doit être prévue lorsque plusieurs itinéraires sont signalés avec la même image de signal:

- tous les parcours peuvent être couverts par le même télégramme lorsque les vitesses et seuils de vitesses sont identiques pour tous les parcours. Une correction de la distance par des balises installées au long du parcours est suffisante si les buts sont situés à une distance différente. Un critère supplémentaire doit être utilisé si des vitesses différentes doivent être surveillées. Cette fonction doit être prise en compte dans le câblage, car elle doit être reliée à l'unité électronique d'équipement de voie installé au signal. On utilisera par exemple un des critères suivants:
 - l'image d'un indicateur de numéro de voie ou d'un indicateur de direction
 - l'image d'*avancer* d'un signal nain spécifique
 - la position d'une aiguille.

6.4 Profil de vitesse statique (SSP)

6.4.1 Vitesse surveillée

Le système est applicable jusqu'à la vitesse de 160 km/h.

Les vitesses à surveiller sont transmises dans le télégramme de données. Le profil de vitesse statique, désigné par static speed profile (SSP), est projeté. Il comprend:

- la vitesse maximale générale jusqu'à la fin de l'autorisation de circuler
- la vitesse au but à la fin de l'autorisation de circuler
- par télégramme de données jusqu'à 4 tronçons avec une vitesse réduite, lesquels peuvent se recouvrir. Si ces 4 tronçons ne suffisent pas, des groupes de balises supplémentaires peuvent être installés pour transmettre des profils de vitesse statiques successifs.

Tous les genres de limitation de la vitesse par rapport à la vitesse maximale générale sont indifféremment désignés comme vitesse réduite:

- réduction de vitesse signalée dans des courbes, vitesse d'entrée ou de sortie d'une gare selon les tableaux de parcours
- vitesses signalées en correspondance avec les images des signaux.

Les vitesses réduites peuvent se poursuivre sur les tronçons suivants. Même leur commencement peut être projeté dans le tronçon suivant.

Les ralentissements temporaires ne sont en règle générale pas programmés dans le paquet 44, mais dans les données ETCS du paquet 65.

La vitesse surveillée statiquement ne doit d'une manière générale pas être plus restrictive que la vitesse admise par les prescriptions de circulation des trains. Ceci doit être particulièrement pris en compte pour les seuils de vitesse. La vitesse surveillée n'est pas indiquée au mécanicien de locomotive et il n'a pas la possibilité de s'adapter à une surveillance plus restrictive.

Si la courbe de freinage dynamique avant une vitesse réduite d'un tronçon commence avant le début de ce tronçon, il faut projeter cette vitesse réduite dans le tronçon précédent. Il est possible comme alternative de projeter une vitesse au but, à la fin du tronçon, qui garantisse le freinage avant le seuil de vitesse suivant.

6.4.2 Surveillance de la longueur du train

La longueur du train est par principe surveillée lors d'une augmentation de la vitesse.

On renonce sciemment à la surveillance de la longueur du train:

- lorsque la vitesse réduite est liée à une image de signal maintenue restrictive. Lorsqu'une image de signal plus restrictive est signalée en raison d'entrées simultanées ou de distance de freinage réduite sur le tronçon suivant, le train doit pouvoir accélérer immédiatement après commutation du signal à une image supérieure
- lors de la surveillance d'une installation de passage à niveau
- à la fin d'un tronçon avec marche à vue
 - à la fin d'une zone pour les tramways, pour autant que la vitesse ne soit pas en plus limitée en fonction de la géométrie de la voie
 - aux abords des quais dans une gare sans accès dénivelé aux quais.

6.4.3 Exemple

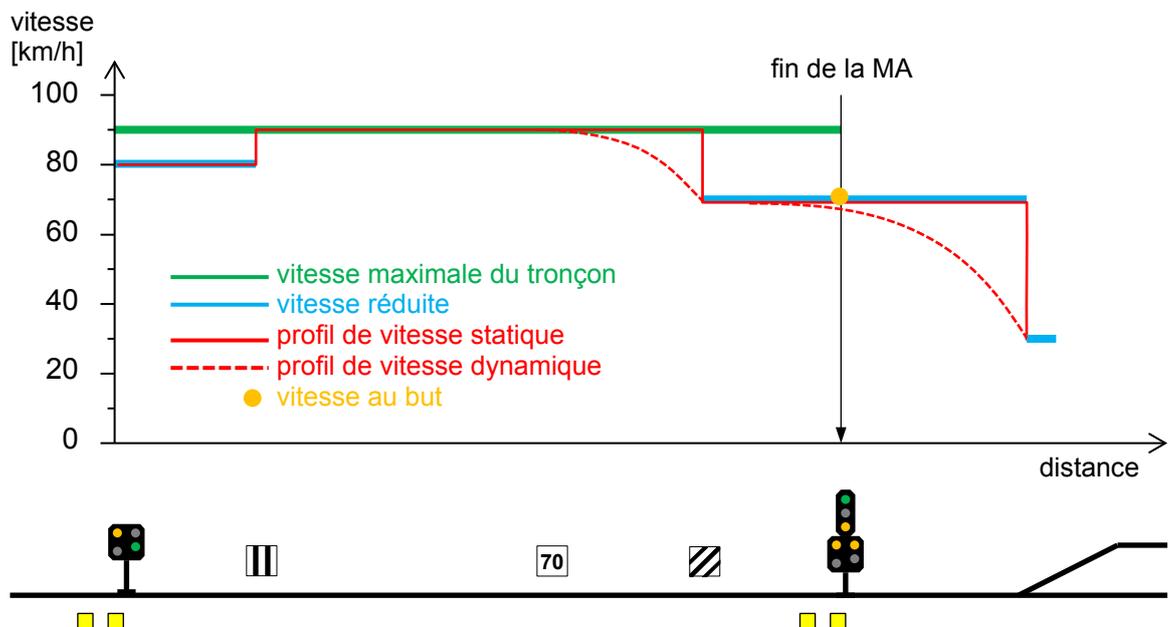


Figure 13: Exemple de SSP

La vitesse maximale générale du tronçon considéré est de 90 km/h. L'autorisation de circuler (MA) transmise par le groupe de balises du signal avancé est valable jusqu'au signal principal. La vitesse au but à la fin de la MA est de 70 km/h. Trois vitesses réduites sont programmées:

- la première vitesse réduite de 80 km/h commence immédiatement et se termine sur le tronçon
- la seconde vitesse réduite de 70 km/h commence sur le tronçon et se termine après la fin du tronçon
- la troisième vitesse réduite de 30 km/h commence après la fin du tronçon. Elle est programmée afin que la courbe de freinage dynamique commence à temps avant la fin du tronçon.

Le groupe de balises du signal principal transmet l'autorisation de circuler sur le tronçon suivant ainsi que le SSP correspondant. Ces nouvelles données remplacent les données encore valables transmises par le groupe de balises du signal avancé.

6.5 Déclivité

Le profil des déclivités (profil en long) doit être projeté pour chaque tronçon. Le profil des déclivités doit couvrir l'ensemble du tronçon jusqu'à la fin de l'autorisation de circuler.

Si le profil de vitesse statique doit être projeté au-delà de la fin de l'autorisation de circuler, le profil des déclivités sera projeté au minimum jusqu'à la fin du profil de vitesse statique. Ceci est nécessaire pour un calcul correct des courbes de freinage dynamiques.

Les rampes sont saisies en tant que déclivités positives. Les pentes sont traitées comme des déclivités négatives. Il est possible d'attribuer 1 à 4 déclivités par groupe de balises et image de signal. On calculera et projettera un profil en long simplifié équivalent si le profil en long est composé en plus de 4 déclivités.

- la déclivité introduite dans le système n'a pas d'influence dans les zones où aucune courbe de freinage avant un seuil de vitesse n'est calculée. La déclivité de la zone de la courbe de freinage précédente ou suivante peut être prise en compte
- si la déclivité doit être recalculée dans une zone où une courbe de freinage est générée, on calculera la rampe ou la pente moyenne de cette zone. Le domaine d'une courbe de freinage correspond à la distance de freinage ou à la distance du signal avancé additionnée de la longueur des plus longs trains
- le profil des déclivités peut être calculé séparément pour chaque direction.

Le calculateur du véhicule calcule la courbe de freinage en fonction de la plus grande pente, respectivement de la plus petite rampe. La courbe de freinage sera initialisée en conséquence plus tôt ou plus tard en cas de profil en long irrégulier. Cette influence sera particulièrement prononcée lorsqu'une courte pente prononcée est incluse dans un chemin de freinage de plus faible déclivité. Il est conseillé dans ce cas de calculer une déclivité moyenne et de simplifier en conséquence le profil en long.

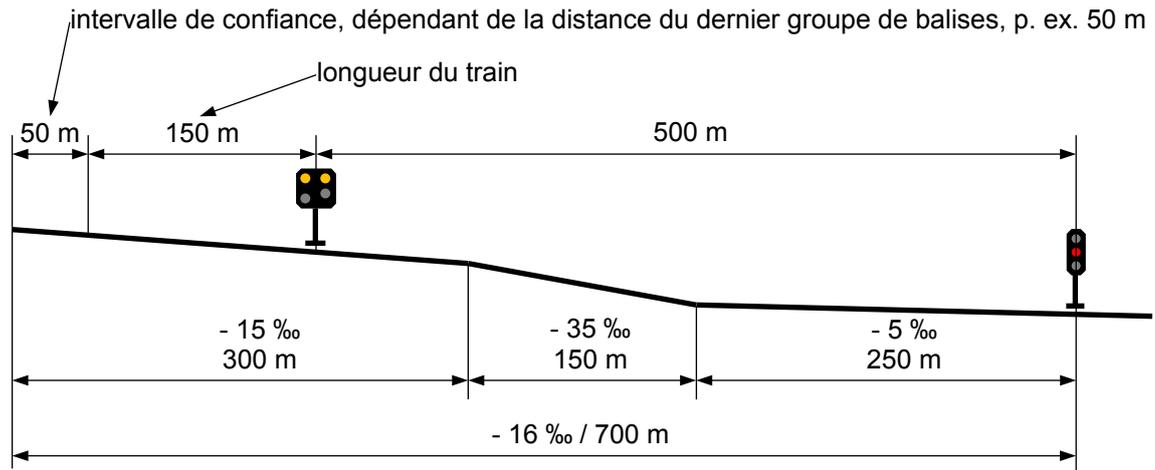


Figure 14: Pente moyenne

Dans cet exemple, si toutes les déclivités effectives étaient projetées, le système calculerait la courbe de freinage avant le signal en fonction d'une pente de 35 ‰ . La courbe de freinage serait ainsi initialisée plus tôt que nécessaire. Une courbe de freinage optimale sera calculée si la pente moyenne du chemin de freinage est prise en compte dans le projet.

6.6 Libération

Le mode de libération d'une courbe de freinage doit être projeté pour chaque but de l'autorisation de circuler. La libération peut être effectuée par :

- une boucle
- la libération manuelle
- avancer avec la vitesse d'approche à la fin de l'autorisation de circuler
- un groupe de balises dans le chemin de freinage.

Le mode de libération adéquat dépend des conditions locales et des besoins de l'exploitation.

Un empêchement du départ ne peut être réalisé qu'au moyen d'une boucle.

Avancer à la fin de l'autorisation de circuler et la libération manuelle sont exclus lorsqu'une boucle est installée.

6.6.1 Libération par une boucle

Une boucle doit toujours être projetée lorsqu'un empêchement du départ doit être réalisé:

- devant un signal de voie
 - d'une manière générale lorsqu'un point d'arrêt d'exploitation (quai) se trouve devant le signal de voie.
La sécurité est assurée avec la libération manuelle si la distance de glissement jusqu'au point de danger est suffisante pour garantir l'arrêt à partir de la vitesse de libération. Cette condition n'est remplie qu'en peu de cas. De fréquents serrages imposés en raison d'oubli de la libération par le mécanicien de locomotive sont à craindre, si la libération manuelle n'est que rarement projetée. Il est recommandé d'installer une boucle pour une libération automatique sans manipulation par le mécanicien de locomotive.
- devant un signal de groupe
 - pour chaque voie en cas d'utilisation libre des voies
 - pour la voie de la direction correspondante en cas d'utilisation d'une voie prescrite.

La nécessité d'installer une boucle est déterminée pour les autres signaux en fonction de plusieurs critères:

- les critères d'exploitation seront déterminants si la libération manuelle est admissible
 - une boucle évite une augmentation du temps de parcours en raison du respect de la vitesse de libération
- une boucle sera en général installée si la libération manuelle n'est pas admissible. Il est possible d'en déroger s'il est supportable pour l'exploitation d'avancer avec la vitesse d'approche pour le franchissement du signal.

La longueur maximale d'une boucle est déterminée en fonction des critères suivants:

- le début de la boucle doit être situé en vue du signal dans des conditions normales (de jour, pas de brouillard)
- l'attribution sans équivoque du signal par le mécanicien de locomotive doit en outre être assurée dans les installations à plusieurs voies
- le début de la boucle peut être projeté en vue d'un signal répétiteur ou d'un indicateur de voie libre qui est installé avant le signal principal.
- la longueur technique maximale d'une boucle est de 800 m.

La longueur minimale d'une boucle est déterminée en fonction des critères suivants:

- le début de la boucle doit être situé avant le point d'arrêt usuel des trains courts afin que l'empêchement du départ agisse
- le début de la boucle doit être situé avant le point d'arrêt de trains de service courts, si le but de la courbe de freinage est projeté au-delà du point de danger. Le début de la boucle peut ainsi devoir se trouver bien avant le début du quai.

La longueur optimale d'une boucle peut être déterminée en fonction des critères suivants, en respectant la longueur minimale et la longueur maximale:

- la longueur minimale sera projetée si aucun train ne doit passer sans arrêt
- la longueur optimale de la boucle sera déterminée en fonction de la vitesse des trains passant sans arrêt. Le mécanicien de locomotive ne devrait pas devoir continuer à freiner lorsque le signal principal commute de l'*arrêt* à *voie libre* alors que le train s'en approche.

La vitesse au but du tronçon est supprimée par le télégramme de la boucle. Des vitesses réduites inférieures éventuellement projetées dans le profil de vitesse statique restent actives.

La vitesse maximale en cas de non-réception d'une boucle doit être projetée à 10 km/h.

6.6.2 Libération manuelle

La libération manuelle sera autorisée là où l'on n'installe pas de boucle. La condition nécessaire est une distance de glissement suffisante du signal principal au point de danger. Le point de danger est constitué spécialement par:

- le signal de limite de garage d'une aiguille
- la pointe d'une aiguille
- une installation de passage à niveau
- le point où se situe la queue d'un train précédent lors d'un arrêt régulier, par exemple le début d'un quai.

Le chemin de freinage depuis l'activation du serrage imposé jusqu'au point de danger doit suffire à garantir l'arrêt depuis la vitesse de libération pour les catégories de freinage usuelles. Une exception est possible après analyse des risques locaux effectifs et doit être déclarée dans la procédure d'approbation des plans.

Pour la pointe d'une aiguille, le risque doit être évalué si l'aiguille en mouvement peut être franchie par un train dépassant éventuellement le signal principal.

Si ces conditions ne sont pas remplies, il faudra soit installer une boucle, soit le franchissement du but ne pourra qu'être effectué en avançant à la vitesse d'approche.

La distance à l'approche du signal à partir de laquelle la libération manuelle sera autorisée, doit être fixée pour chaque signal. La libération manuelle ne doit être autorisée que lorsque le signal est en vue dans des conditions normales (de jour, pas de brouillard). L'attribution correcte du signal à la voie par le mécanicien de locomotive doit en outre assurée dans les installations à plusieurs voies.

Le système permet d'autoriser la libération manuelle dès le signal avancé. Une restriction subsiste cependant lorsque plusieurs parcours de train avec des buts différents peuvent être établis depuis un signal avancé avec la même image de signal. La libération manuelle ne sera possible dans ce cas qu'après que le but du parcours ait été défini.

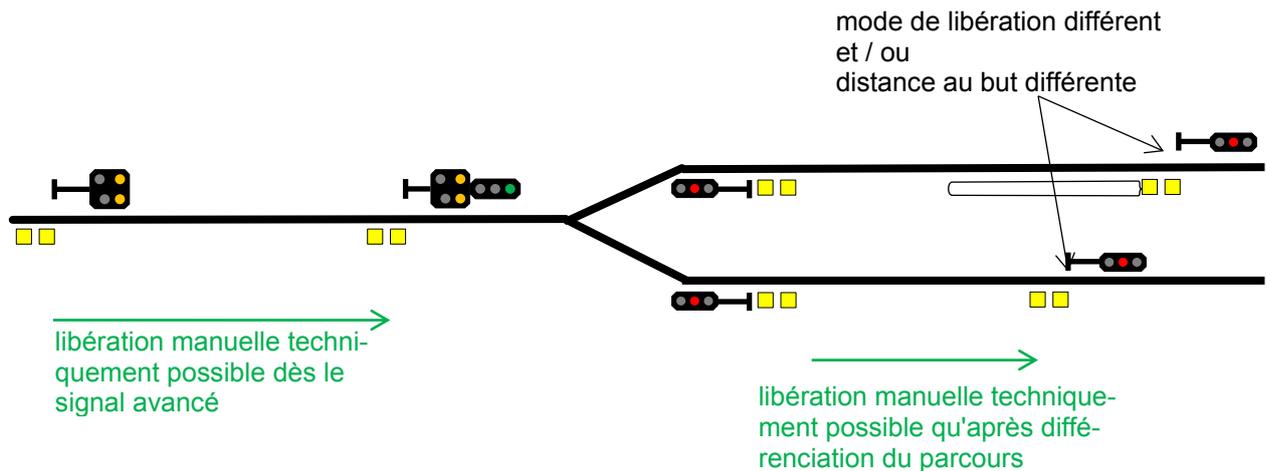


Figure 15: Projet de la libération manuelle

Il convient de fixer la vitesse de libération uniformément pour tout le réseau. Les critères suivants sont à observer:

- valeur maximale 40 km/h
- la vitesse de libération doit en règle générale garantir l'arrêt avant l'aiguille d'entrée en cas de franchissement d'un signal d'entrée à l'arrêt
- il est le plus souvent opportun de reprendre la vitesse attribuée à l'image 2.

6.6.3 Avancer à la fin de l'autorisation de circuler

Il convient de projeter une vitesse d'approche maximale de 10 km/h lorsque le train doit avancer à la fin de l'autorisation de circuler. Les marges de dépassement sont réduites dans le cas de la vitesse d'approche. Cela signifie que l'avertissement sera émis dès que la vitesse d'approche est atteinte.

Avancer à la fin de l'autorisation de circuler sera projeté:

- quand la libération manuelle est projetée à un signal principal
- à un signal principal ou ni la libération manuelle n'est autorisée ni une boucle n'est installée
- en cas d'entrée sur une voie en cul de sac, afin que le train puisse avancer jusqu'au heurtoir malgré les tolérances de l'odométrie.

Avancer à la fin de l'autorisation de circuler et une boucle ne sont pas admis au même endroit.

6.6.4 Libération au moyen d'une balise dans le chemin de freinage

Un groupe de balise installé dans le chemin de freinage permet la libération à la vitesse du tronçon suivant comme avec une boucle. Un groupe de balises infill est combinable avec toutes les possibilités de libération, elle n'a cependant aucune utilité si une boucle est installée.

Figure 16: Avancer à la fin de l'autorisation de circuler

Exemples typiques d'utilisation:

- libération automatique à un signal répétiteur suivie de la libération manuelle à l'approche du signal principal
- libération automatique en un point spécifique à l'approche du signal principal – libération manuelle lorsque le signal n'est mis à voie libre qu'après franchissement du groupe de balises
- libération automatique en un point spécifique à l'approche du signal principal – avancer avec la vitesse d'approche à la fin de l'autorisation de circuler, lorsque le signal n'est mis à voie libre qu'après franchissement du groupe de balises
- libération automatique après une halte située entre le signal avancé et le signal principal, lorsque celui-ci est mis systématiquement à voie libre pour les trains avec arrêt qu'après franchissement du signal avancé
- lorsque la libération manuelle ne peut pas être admise.

6.7 Vitesse maximale sous la responsabilité du personnel

6.7.1 Vitesse réduite

La vitesse réduite est toujours en vigueur lorsque le calculateur du véhicule ne dispose ni de données du tronçon ni de Loopkey:

- après l'occupation de la cabine de conduite et la confirmation des données de train
- après avoir quitté le mode de manœuvre.

La vitesse réduite correspond au mode de fonctionnement "Staff Responsible (SR)" selon ETCS. Elle est à fixer restrictivement à 10 km/h.

6.7.2 Circulation sans données du tronçon

Les conditions d'emploi de la fonction "circulation sans données du tronçon" doivent être fixées en tant que dispositions d'exécution des prescriptions de circulation des trains par le gestionnaire de l'infrastructure. Cette fonction est par principe employée pour:

- les mouvements de manœuvre en pleine voie
- les mouvements de manœuvre sur des voies de la pleine voie interdites
- la poursuite de la marche après le franchissement d'un signal de sortie ou de bloc à l'arrêt
- la poursuite de la marche après un serrage imposé en pleine voie
- la poursuite de la marche après la mise en service du véhicule ou la nouvelle occupation de la cabine de conduite en pleine voie
- la poursuite de la marche après avoir refoulé en pleine voie.

La "circulation sans données du tronçon" ne doit pas être employée après le franchissement d'un signal d'entrée ou de tronçon de voie.

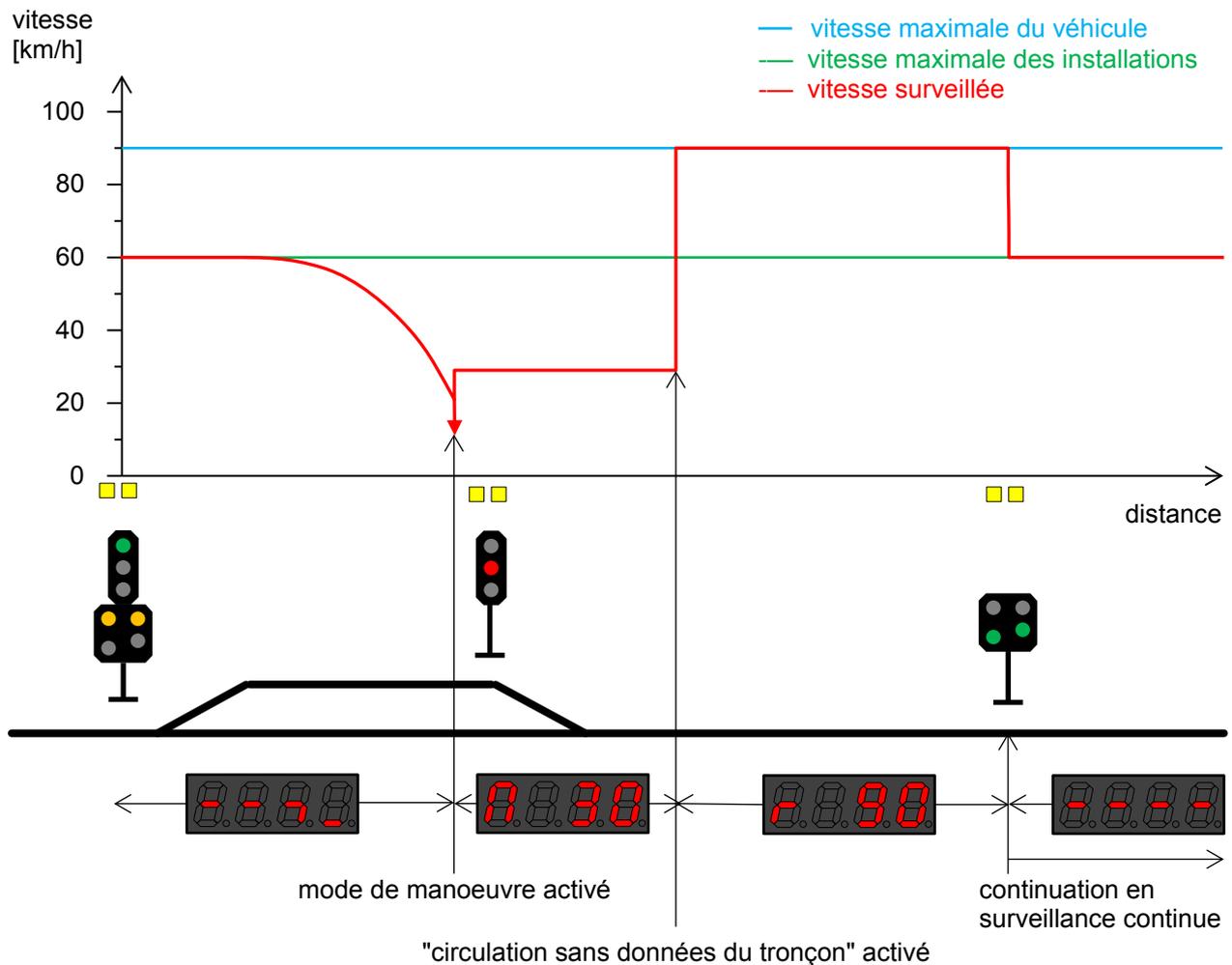


Figure 17: Circulation sans données du tronçon

La vitesse maximale du véhicule est surveillée en mode "circulation sans données du tronçon" jusqu'au franchissement du groupe de balises suivant. Les groupes d'aimants transmettant l'arrêt sont également traités.

6.8 Manoeuvre

Le mode de manoeuvre est utilisé pour les mouvements de manoeuvre en gare. Le paramètre de la vitesse de manoeuvre doit être fixé à la valeur de la vitesse maximale pour les mouvements de manoeuvre en gare selon les prescriptions de circulation des trains, respectivement de leurs dispositions d'exécution.

Les paramètres de la vitesse lors de l'activation ainsi que de la désactivation du mode de manoeuvre doivent également être fixés. Il faut tenir compte que le système surveille obligatoirement la vitesse réduite après avoir quitté le mode de manoeuvre. Il en est de même sur une boucle avant que celle-ci ne puisse être traitée et que la vitesse transmise soit reprise. Un arrêt est obligatoire lors de la transition entre un train et un mouvement de manoeuvre selon les prescriptions de circulations des trains. La vitesse lors de l'activation et lors de la désactivation du mode de manoeuvre sera fixée pour ces raisons uniformément à 10 km/h.

Le franchissement en mode de manoeuvre peut être autorisé pour chaque télégramme d'un groupe de balises en fonction de l'image de signal. Un serrage imposé sera immédiatement activé si le franchissement en manoeuvre n'est pas autorisé.

Le franchissement en mode de manoeuvre sera autorisé pour:

- un signal de sortie, de tronçon de voie ou de block:
 - par tous les télégrammes d'arrêt, de dérangement et de défaut
- un signal d'entrée:
 - par tous les télégrammes d'arrêt, de dérangement et de défaut
 - pour les images de signal pour autant que l'assentiment pour l'entrée puisse être transmis par la mise à voie libre du signal selon les dispositions d'application des prescriptions de circulation des trains
- un signal de protection:
 - par tous les télégrammes d'arrêt, de dérangement et de défaut
 - pour les images de signal pour autant que le signal puisse selon l'installation présenter une image de voie libre au passage d'un mouvement de manoeuvre. Ceci en est généralement le cas pour une installation de passage à niveau après une commande manuelle
- un feu de contrôle pour installation de passage à niveau
 - pour tous les télégrammes
- un signal avancé ou répétiteur
 - pour tous les télégrammes.

Le franchissement d'un signal présentant l'*arrêt* ne peut s'effectuer qu'en mode de manoeuvre. Si le mode de manoeuvre est encore actif lors du départ d'un train, un serrage imposé sera activé au passage du signal de sortie présentant *voie libre*.

6.9 Linking

Le but du linking est principalement qu'un groupe de balises manquant ou défectueux soit détecté. Un défaut de l'odométrie sera aussi mis en évidence par le linking. Sans cela de tels dérangements pourraient ne pas toujours être détectés.

Les balises sont en général chaînées à l'intérieur d'un domaine avec surveillance continue. On ne devrait pas renoncer au linking:

- entre un signal avancé et un signal principal
- entre les signaux principaux à l'intérieur d'une gare.

Le patinage perturbe la mesure de la distance parcourue, ceci particulièrement durant les longs tronçons en rampe. Des mesures doivent envisagées pour cette raison sur les tronçons où de longs patinages répétés se produisent, au moyen de:

- balises d'étalonnages supplémentaires
- augmentation de l'intervalle de confiance
- interruption du linking (seulement en pleine voie).

Un plus long intervalle de confiance provoque que la courbe de freinage avant un seuil de vitesse ainsi qu'avant la fin de l'autorisation de circuler soit engagée très tôt dans le cas où la mesure de vitesse est exacte.

6.10 Intervalle de confiance / fenêtre d'attente

La distance parcourue par le véhicule est mesurée par l'odométrie. Des imprécisions sont causées par l'usure des surfaces de roulement ainsi que le patinage et l'enrayage des roues. L'exactitude de la pose des balises est dépendante de la mensuration lors de l'établissement du projet. Ces facteurs peuvent provoquer que la distance parcourue mesurée soit différente de l'espacement effectif entre deux groupes de balises.

Exemple dans le cas idéal:

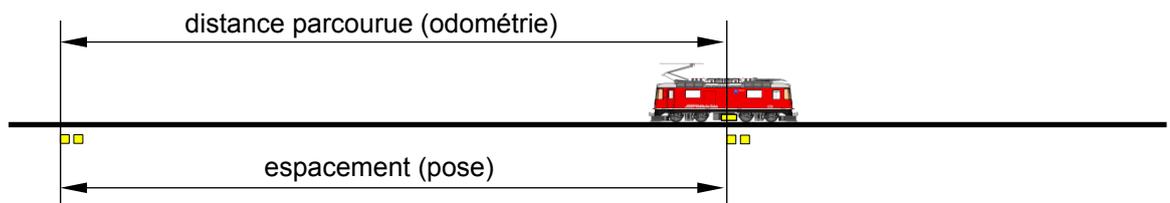


Figure 18: Comparaison odométrie - mensuration

L'intervalle de confiance est calculé en fonction de la tolérance admissible de l'odométrie. Le système calcule en permanence l'intervalle de confiance de la manière suivante:

- fondamentalement $5\text{ m} + 2\%$ de la distance parcourue depuis le dernier groupe de balises
- la constante peut selon les cas être fixée à une valeur supérieure, maximum $63\text{ m} + 2\%$ de la distance parcourue
- la tolérance est adaptée automatiquement par le calculateur du véhicule lorsqu'un patinage ou un enrayage est détecté

L'intervalle de confiance est volontairement réduit après une balise d'étalonnage:

- $1\text{ m} + 2\%$ de la distance parcourue
- la valeur minimale pour l'exactitude de la pose est utilisée pour les balises d'étalonnage installées en gare dans la voie du but.

Exemple de groupe de balises lu à l'intérieur de l'intervalle de confiance:

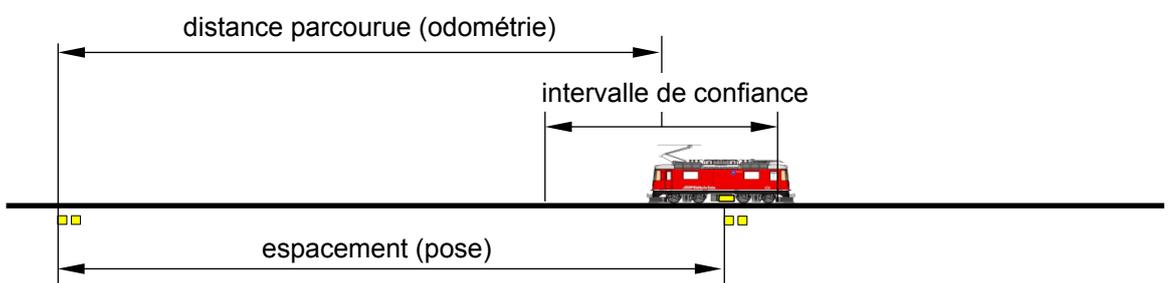


Figure 19: Groupe de balises lu à l'intérieur de l'intervalle de confiance

La fenêtre d'attente correspond à l'intervalle de confiance. Un groupe de balises n'est traité que s'il a été lu à l'intérieur de l'intervalle de confiance.

Exemple d'un groupe de balises lu à l'extérieur de l'intervalle de confiance:

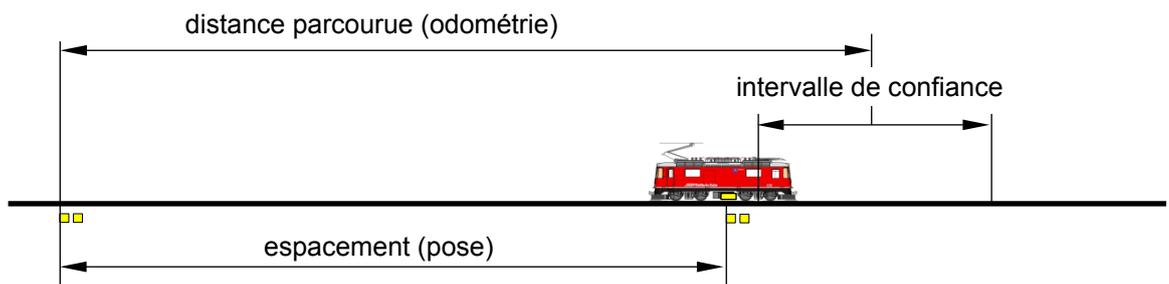


Figure 20: Groupe de balises à l'extérieur de l'intervalle de confiance

Une erreur est détectée par le système si aucune balise n'est lue à l'intérieur de la fenêtre d'attente. La réaction du système sera différenciée:

- seule une annonce de dérangement sera générée pour un groupe de balises ne servant qu'à l'étalonnage de la distance parcourue
- une annonce de dérangement sera générée pour le groupe de balises d'un signal avancé. La fin de l'autorisation de circuler restera inchangée. L'arrêt sera ainsi imposé avant le signal principal suivant.
- un serrage imposé sera activé pour le groupe de balises d'un signal principal.

Un groupe de balises lu à l'extérieur de la fenêtre d'attente n'est pas traité. L'intervalle de confiance n'est pas réinitialisé. Par conséquent, les informations pour le tronçon suivant manquent dans le véhicule et le système provoque la réaction correspondante.

6.11 But de l'autorisation de circuler

6.11.1 Calcul du but

L'exactitude de la courbe de freinage calculée par le calculateur du véhicule est déterminée par l'exactitude de l'odométrie. La courbe de freinage est fixée en fonction du point le plus éloigné de l'intervalle de confiance, soit à la position maximale admise de la tête du véhicule, afin de garantir dans tous les cas l'arrêt avant le but projeté. Par conséquent le but effectif de la courbe de freinage sera toujours plus proche que le but projeté et à l'intérieur de l'intervalle de confiance.

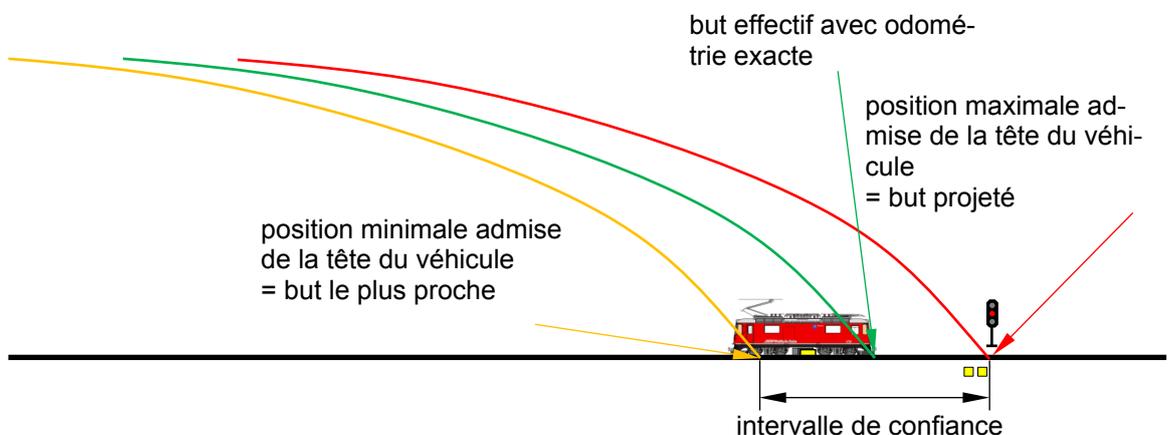


Figure21: Calcul du but

Le but est projeté en cas normal au point d'arrêt limite de l'itinéraire de train (signal principal, signal limite de garage pour un signal de groupe). Le projet au-delà du point d'arrêt limite n'est souhaitable que si ce point doit pour des raisons d'exploitation pouvoir être exactement atteint. Cette situation se rencontre souvent à un signal de sortie.

6.11.2 Utilisation de la distance de glissement

Le projet peut si nécessaire être adapté de manière à ce que le train puisse avancer autant que possible sans encombre jusqu'au point d'arrêt limite fixé dans les prescriptions de circulation des trains. Ceci n'est possible qu'en utilisant la distance de glissement existante dans ce but, tant qu'avancer à la fin de l'autorisation de circuler n'est pas autorisé.

Le but peut être déplacé au-delà du point d'arrêt limite dans la distance de glissement pour autant que la position maximale admise de la tête du véhicule ne dépasse pas le point de danger. Ceci permet que le train puisse toujours atteindre le point d'arrêt limite.

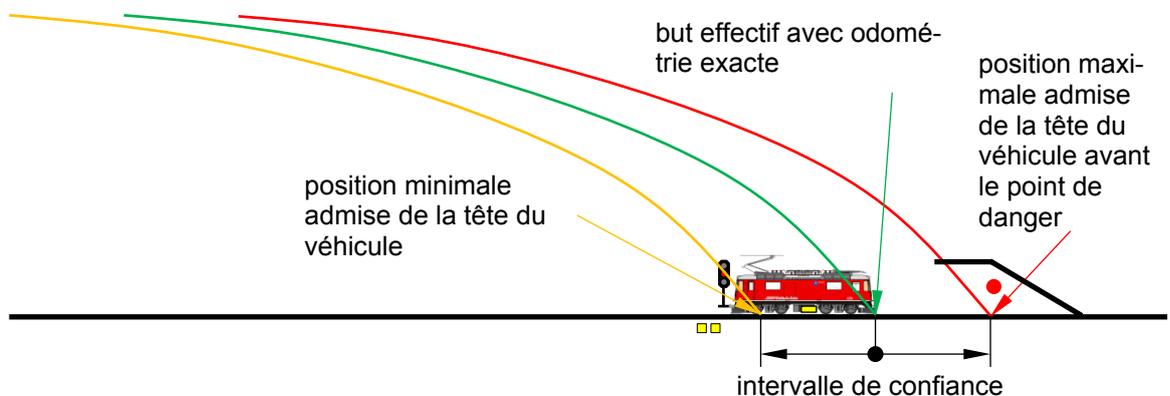


Figure 22: But dans la distance de glissement

Le but doit être projeté au plus tard avant le point de danger. Est spécialement considéré comme point de danger:

- le signal de limite de garage d'une aiguille
- la pointe d'une aiguille
- une installation de passage à niveau
- l'endroit où se situe la queue d'un train précédent lors d'un arrêt normal, par exemple le début d'un quai.

Chaque groupe de balises reliées par le linking réinitialise l'intervalle de confiance. Il est possible d'installer une balise supplémentaire pour le repositionnement 30 m avant le point d'arrêt limite si la distance de glissement est insuffisante. Cette mesure permet de minimiser l'intervalle de confiance. Une seule balise de données fixe suffit pour assurer le repositionnement.

Le point d'arrêt doit être adapté ou le but doit être projeté au-delà du point de danger dans le cas où la distance de glissement est insuffisante.

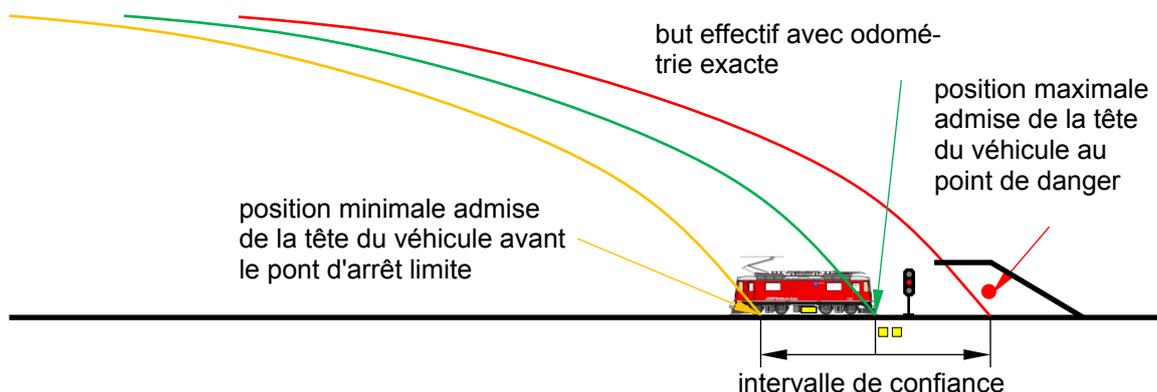


Figure 23: Distance de glissement insuffisante

6.11.3 But au-delà du point de danger

Le but peut dans certaines situations être projeté au-delà du point de danger lorsque la distance de glissement est insuffisante. L'application typique concerne les signaux de sortie. Les conditions suivantes doivent être remplies dans ce cas :

- le point de danger est représenté par le signal limite de garage d'une aiguille
- les entrées simultanées sont exclues
- la temporisation jusqu'à ce qu'un second itinéraire puisse être établi doit suffire pour que l'arrêt du premier train entré soit assuré. La temporisation doit être définie selon R RTE 25054
- le chef-circulation ne doit annuler cette temporisation qu'après avoir constaté l'arrêt du train.
- un empêchement du départ au moyen d'une boucle est obligatoire. Il doit aussi agir pour des trains de service qui se seraient arrêtés tôt. Le début de la boucle doit par conséquent suivant les cas être projeté bien avant le début du quai.

Cette situation doit être déclarée lors de la procédure d'approbation des plans.

L'installation d'une balise de repositionnement 30 m avant le but doit être préférée au projet au-delà de celui-ci.

6.11.4 Heurtoir au but

Il faut assurer que le train entrant dans une voie en cul-de-sac puisse avancer jusqu'au heurtoir. L'intervalle de confiance détermine le but effectif de la courbe de freinage laquelle se terminera avant le heurtoir. La pose d'une balise de repositionnement avant le heurtoir est conseillée pour limiter cet effet. Si le dernier groupe de balises est installé 150 m avant le heurtoir, le but effectif le plus proche sera situé 16 m avant le heurtoir. Une balise d'étalonnage 30 m avant le heurtoir permet de réduire cette distance à environ 3.5 m. Un groupe de balises de repositionnement peut aussi être projeté plus loin du heurtoir, pour pouvoir aussi les utiliser dans la direction opposée, lors du départ d'un véhicule précédemment garé. L'intervalle de confiance ne sera pas autant réduit dans ce cas

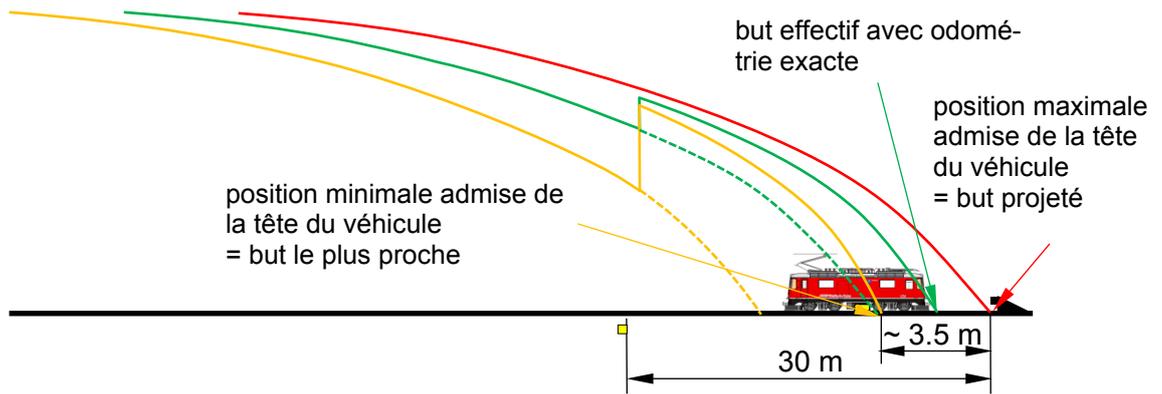


Figure 24: Balise d'étalonnage avant le heurtoir

On projettera en général d'avancer à la fin de l'autorisation de circuler pour permettre d'atteindre le heurtoir.

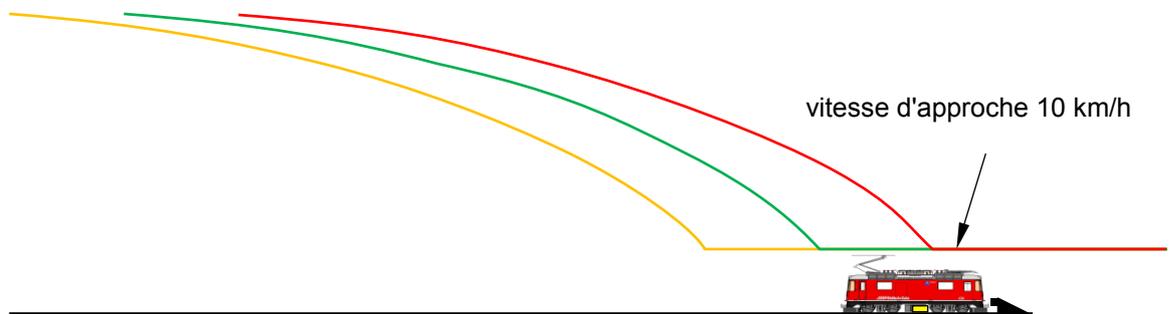


Figure 25: Vitesse d'approche devant le heurtoir

Avancer avec la vitesse d'approche, même sur une distance réduite de 20 m avant le heurtoir, retarde l'arrêt du train. Cette perte de temps peut être considérée comme exagérée.

Une approche rapide du heurtoir est possible si le but est projeté au-delà du heurtoir. Un accostage brutal ne peut plus être exclu par le système. Pour cette raison, il est recommandé de combiner le projet du but au-delà du point de danger avec l'installation d'une balise d'étalonnage.

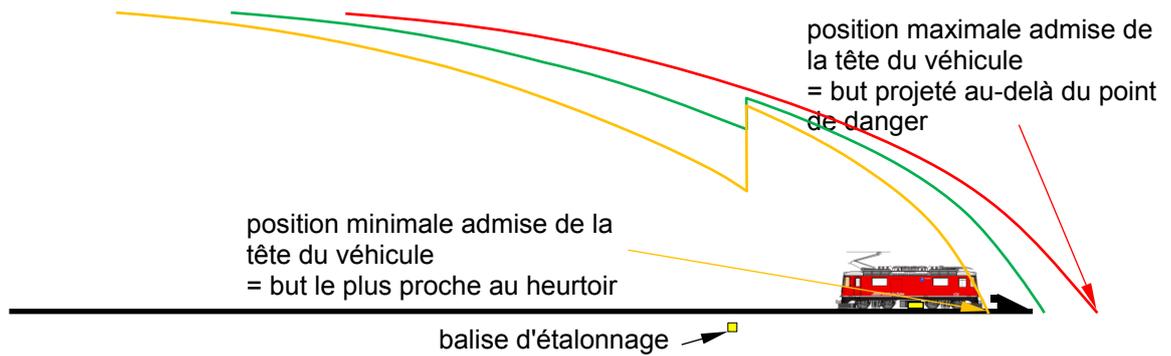


Figure 26: But au-delà du heurtoir

Un but projeté au-delà du heurtoir doit être déclaré dans la procédure d'approbation des plans. Les différentes possibilités de projet peuvent être combinées pour obtenir l'optimum.

6.11.5 Adaptation de la signalisation

Lorsque le but calculé le plus proche se situe, pour un signal de sortie ou de tronçon de voie, avant le point d'arrêt limite, il convient de signaler ce point. Le mécanicien de locomotive pourra ainsi éviter un serrage imposé à l'approche du signal.

Cette situation peut être fondamentalement évitée par la création d'une distance de glissement suffisante:

- pour un signal de voie, il est possible de déplacer le signal pour obtenir une distance de glissement suffisante
- dans le cas d'un signal de groupe avec signalisation complémentaire au moyen de signaux nains, le déplacement des signaux nains est également possible
- le point d'arrêt limite devant un signal de groupe avec indicateur de numéro de voie est fixé avant le signal limite de garage de l'aiguille de sortie. Une distance de glissement ne peut être obtenue qu'en transformant fondamentalement l'installation, par exemple au moyen d'indicateurs de point d'arrêt pour signal de groupe combinés avec des signaux annonciateurs de voie libre
- pour un signal de groupe avec signalisation complémentaire au moyen d'indicateurs de point d'arrêt pour signal de groupe, on déplacera l'indicateur de chaque voie au but le plus proche. Les groupes de balises seront installés au nouvel emplacement des indicateurs de point d'arrêt pour signal de groupe.

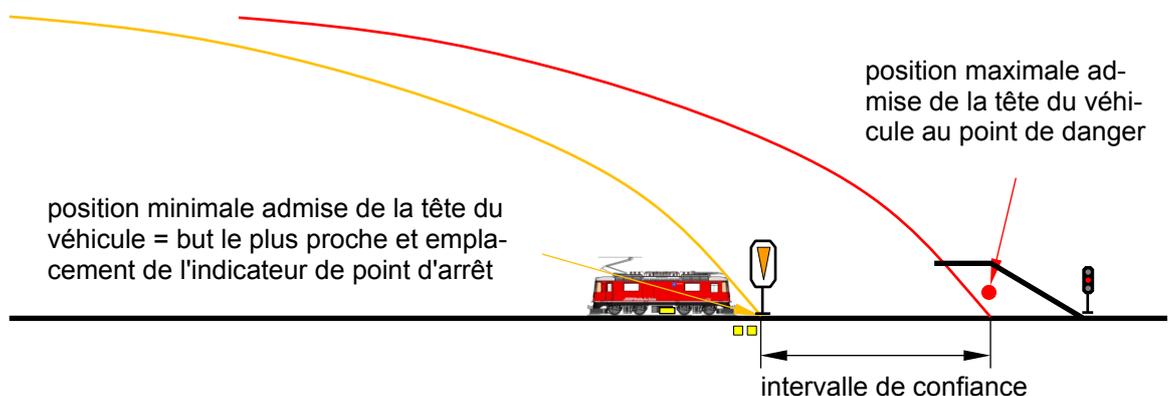


Figure 27: Emplacement de l'indicateur de point d'arrêt pour signal de groupe

La distance de glissement nécessaire peut être minimalisée au moyen de l'installation d'une balise d'étalonnage 30 m avant le groupe de balises du point d'arrêt limite.

On pourra en outre projeter le but au-delà du point de danger pour autant que cela soit admis et nécessaire.

Un tableau indicateur créé dans ce but pourra être installé au but calculé le plus proche, si le déplacement de signaux est une mesure exagérée, pour autant:

- qu'il s'agisse d'une installation de sécurité existante
- que l'on ne puisse pas projeter d'avancer à la fin de l'autorisation de circuler (par exemple en raison d'une boucle)
- que la pose d'une balise d'étalonnage ne suffise pas pour permettre de projeter le point d'arrêt le plus proche au point d'arrêt limite
- que le point d'arrêt ne puisse pas être projeté au-delà du point de danger (par exemple en raison d'entrées simultanées).

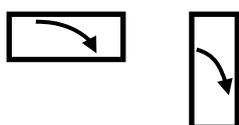


Figure 28:
Tableau indicateur du but d'une courbe de freinage

L'indicateur peut être placé verticalement en cas de manque de place.

L'installation de tableaux indicateurs doit être déclarée lors de la procédure d'approbation des plans. Le gestionnaire de l'infrastructure doit régler l'utilisation du tableau indicateur dans ses dispositions d'exécution des prescriptions de circulation des trains. Une demande de dérogation doit être adressée à l'OFT dans le cadre de la procédure correspondante pour l'emploi du tableau indicateur du but d'une courbe de freinage non-conforme aux prescriptions de base.

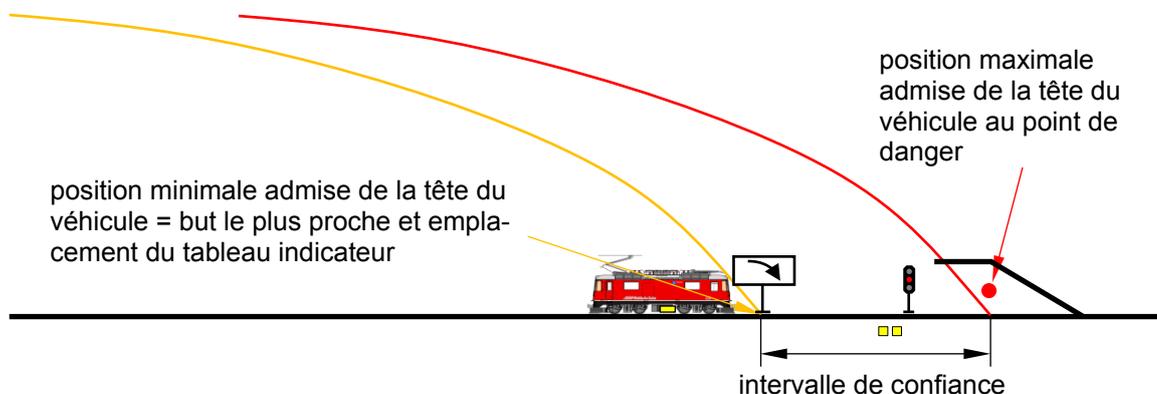


Figure 29: Installation de l'indicateur du but d'une courbe de freinage

On ne réalisera pas de signalisation doublée en posant l'un après l'autre un indicateur du but de la courbe de freinage et un indicateur de point d'arrêt pour signal de groupe.

6.11.6 Effets de l'intervalle de confiance sur le profil de vitesse

L'intervalle de confiance influence chaque courbe de freinage avant un seuil de vitesse, car elle sera calculée en fonction de la position maximale admise de la tête du véhicule. La position minimale admise de la queue du train sera déterminante lors d'une augmentation de vitesse avec contrôle de la longueur du train. Le mécanicien de locomotive n'a aucun moyen de savoir quelle surveillance est active, car la vitesse sur-

veillée n'est pas affichée. Le mécanicien de locomotive doit se référer aux seuils de vitesse prescrits dans les prescriptions de circulation des trains.

Aucune réaction du système ne devrait se produire lorsque les prescriptions sont respectées. Une optimisation est nécessaire pour ces raisons.

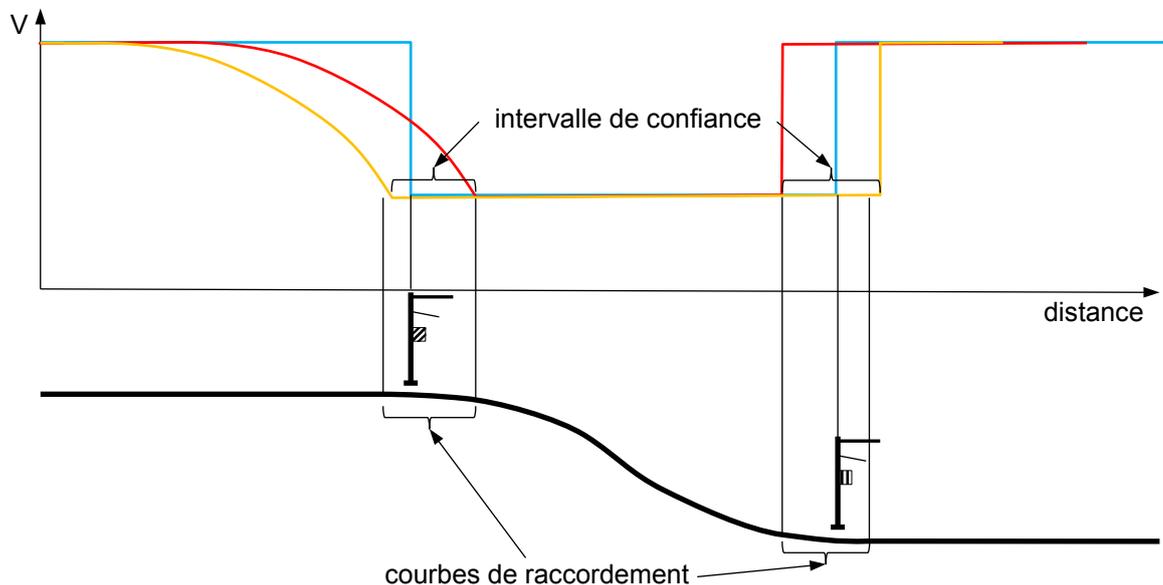


Figure 30: Projet de limitations de vitesse

Le seuil de vitesse est déterminé dans les données de l'installation par principe au début de la courbe de raccordement.

Les signaux de réduction de vitesse sont usuellement fixés aux mats de la ligne de contact. Un mat de la ligne de contact se trouve le plus souvent dans la courbe de raccordement. Le prochain mat côté vitesse supérieure est souvent distant de 60 m. Les signaux de réduction de vitesse sont ainsi le plus souvent installés pragmatiquement dans les courbes de raccordement.

Il est essentiel pour la sécurité que la vitesse réduite soit atteinte au plus tard au début du rayon.

Il est recommandé de projeter les seuils de vitesse au début, respectivement à la fin, du rayon de courbe constant et de contrôler l'influence de l'intervalle de confiance. La courbe de freinage effective ne doit pas être sensiblement plus restrictive que la signalisation. Il faut veiller à ce que l'intervalle de confiance change entre le début et la fin d'un tronçon à vitesse réduite.

6.12 Planification des distances de glissement

Une distance de glissement minimale doit être prévue dans tous les cas, afin que l'arrêt au point d'arrêt limite fixé dans les prescriptions de circulation soit rendu possible par le système. Il est nécessaire pour cela de projeter le but de l'autorisation de circuler au minimum au point de danger. Les conditions nécessaires sont remplies en prévoyant:

- valeur minimale 6 m
- sans balise d'étalonnage
distance de glissement = distance dès le dernier groupe de balises • 0.04 + 10 m
- avec balise d'étalonnage
distance de glissement = distance dès la balise d'étalonnage • 0.04 + 2 m.

Cette distance de glissement minimale doit aussi être prévue lorsque des entrées simultanées ne sont pas possibles. Il sera ainsi possible, malgré l'intervalle de confiance, d'avancer jusqu'au point d'arrêt limite, sans devoir projeter le but au-delà du point de danger.

La surveillance continue garantit que le train soit immobilisé dans tous les cas, à la fin de l'itinéraire de train, avant le but projeté. Le véhicule sera immobilisé avant le point de danger, pour autant que le but soit projeté avant celui-ci. Il est ainsi envisageable de projeter des distances de glissement réduites par rapport aux valeurs minimales fixées dans les DE-OCF, De 39.3.a, chiffre 4.3.3. Ces distances de glissement doivent être basées sur une analyse de la sécurité.

Des distances de glissement réduites ne peuvent être projetées que lorsque:

- tous les véhicules en service sont équipés pour la surveillance continue. La migration des équipements de véhicules doit être terminée
- une boucle doit être installée avant le signal au but de l'itinéraire afin d'empêcher un départ intempestif.

6.13 Images de signal restrictives

L'influence sur la surveillance d'un train s'approchant du signal doit être examinée, lorsqu'un signal commute d'une image restrictive à une image supérieure à l'approche du train. Le mécanicien de locomotive n'a aucune possibilité de savoir qu'elle surveillance est en vigueur, car la vitesse surveillée n'est pas affichée. Le mécanicien de locomotive doit respecter les seuils de vitesse définis selon les prescriptions de circulation des trains. Il n'a aucune possibilité de reconnaître et de respecter une surveillance plus restrictive du système.

Il faut prévoir des mesures empêchant que la marche du train soit gênée après la commutation d'un signal. Une boucle ou un groupe de balises supplémentaire est éventuellement nécessaire afin de transmettre un changement de la vitesse signalée au véhicule.

6.14 Entrée sur voie occupée

Une entrée sur voie occupée est projetée de la même manière qu'une image de signal normale:

- la vitesse paramétrée correspond à la vitesse maximale selon les prescriptions de circulation des trains
- le but est projeté au point d'arrêt limite.

Le parcours le plus court est par principe projeté lorsqu'une différenciation de l'itinéraire est nécessaire. La distance au but sera corrigée en fonction de la voie de réception au moyen du groupe de balises du signal de la direction opposée.

6.15 Entrée dans une gare sans accès dénivelé aux quais

Une limitation de la vitesse en cas d'entrée sur la voie la plus proche du bâtiment de la gare n'est projetée que dans le cas où elle est signalée:

- avec le signal pour entrée dans une gare sans accès dénivelé aux quais (R 300.2, chiffre 5.3.2) ou
- avec l'image de signal 6, si une disposition d'exécution des prescriptions de circulations des trains du gestionnaire de l'infrastructure prescrit l'entrée sur la voie la plus proche du bâtiment de la gare.

La vitesse maximale de 20 km/h sera surveillée:

- depuis le début du quai
- depuis le signal limite de garage de l'aiguille conduisant dans la voie, s'il n'y a pas de quai
- jusqu'au milieu de la voie, sans surveillance de la longueur du train. Ainsi le départ du train après un arrêt ne sera pas perturbé.

Cette limitation de vitesse ne sera pas surveillée, si elle n'est prescrite que par une indication dans les tableaux de parcours ou dans la marche de certains trains.

6.16 Installation de passage à niveau en dérangement

Le passage de la tête du train à la vitesse d'un homme au pas lors du franchissement d'une installation de passage à niveau en dérangement est surveillé.

Il sera projeté dans ce but:

- vitesse surveillée à 10 km/h, 5 m avant le début du passage à niveau
- vitesse surveillée à 10 km/h jusqu'au milieu du passage
- ensuite la vitesse maximale de l'installation, respectivement la vitesse signalée sera à nouveau surveillée
- pas de surveillance de la longueur du train.

Une courbe de freinage séparée sera définie pour chaque passage à niveau, lorsque plusieurs installations de passage à niveau sont contrôlées par le même signal principal ou le même feu de contrôle.

6.17 Signal auxiliaire

6.17.1 Signal auxiliaire au signal d'entrée

Le signal auxiliaire sera projeté comme une image de signal normale. Les points de danger qui peuvent être surveillés le seront autant que possible:

- la vitesse maximale en *marche à vue*, en règle générale 40 km/h, sera surveillée du signal d'entrée jusqu'à la première aiguille
- la vitesse signalée par l'image 2 sera surveillée dès la première aiguille
- les vitesses inférieures locales sont à prendre en considération
- le cas échéant, il faudra tenir compte d'une restriction supplémentaire de vitesse en cas d'entrée sur voie occupée
- le but sera déterminé par le parcours le plus court. La distance au but sera corrigée pour chaque voie au moyen du groupe de balises du signal de la direction opposée
- dans une installation sans signaux nains, les installations de passage à niveau seront considérées comme en dérangement et surveillées en conséquence
- les installations de passage à niveau d'une gare avec signaux nains ne seront pas surveillées, car le dernier signal nain avant le passage à niveau donne au mécanicien de locomotive une information valable sur l'état de l'installation. Il en est de même si l'état de l'installation de passage à niveau est signalé au moyen d'un feu de contrôle ou d'un signal de barrage
- la saisie de critères permettant de contrôler l'état d'une installation de passage à niveau uniquement pour optimiser la surveillance dans le cas du signal auxiliaire serait disproportionnée. Le signal auxiliaire n'est utilisé qu'en cas de dérangement. La *marche à vue* est en outre prescrite dans les rares cas de son utilisation.

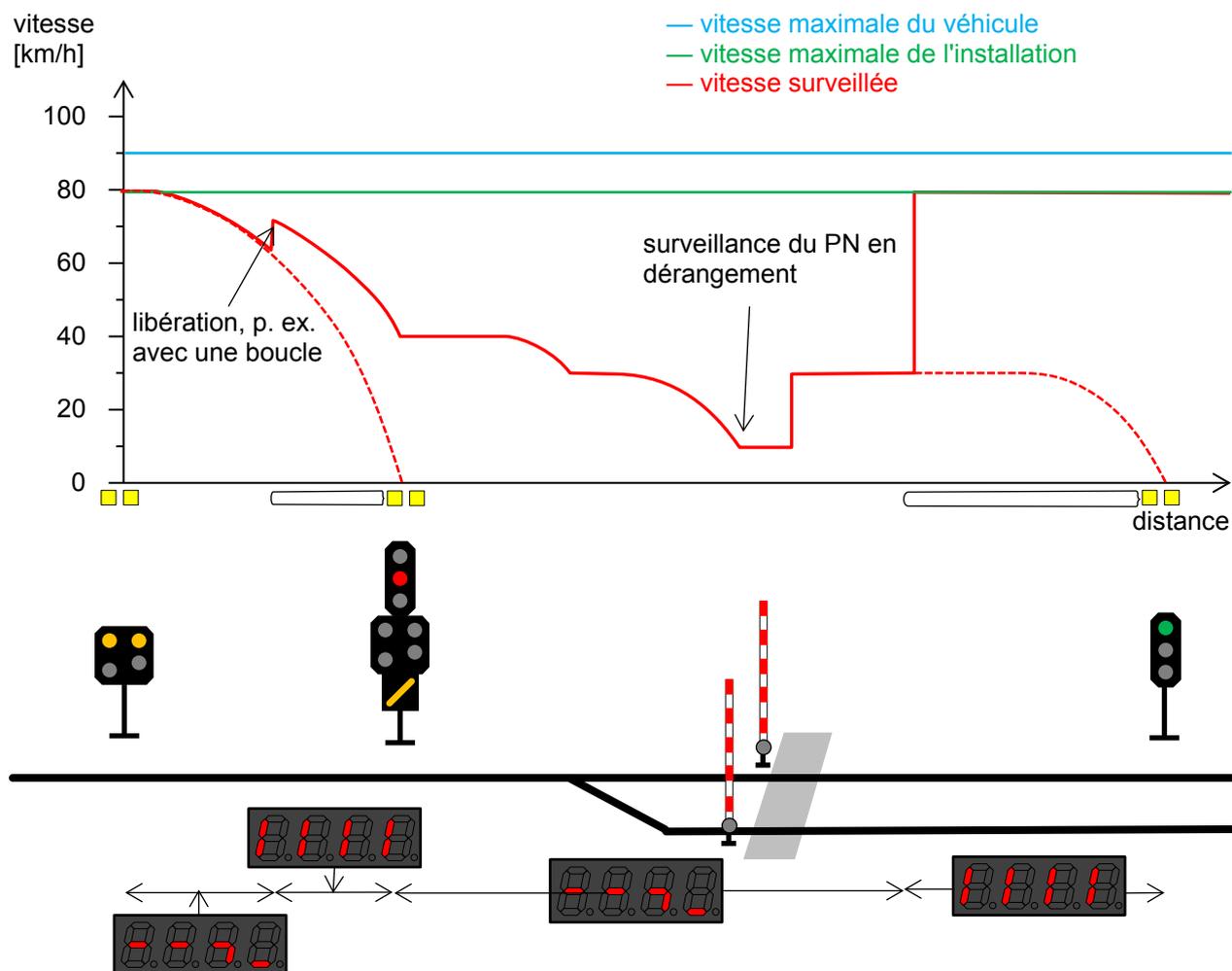


Figure 31: Signal auxiliaire

Avec cette méthode de projet le mécanicien de locomotive ne doit faire aucune manipulation supplémentaire liée au contrôle de la marche des trains.

6.17.2 Signal auxiliaire au signal de sortie

Le signal auxiliaire au signal de sortie est projeté comme une image de signal normale. Les points de danger qui peuvent être surveillés le seront autant que possible:

- la vitesse signalée au moyen de l'image 2 sera surveillée dans la zone des aiguilles
- dans une installation sans signaux nains, les installations de passage à niveau seront considérées comme en dérangement et surveillées en conséquence
- les installations de passage à niveau d'une gare avec signaux nains ne seront pas surveillées, car le dernier signal nain avant le passage à niveau donne au mécanicien de locomotive une information valable sur l'état de l'installation. Il en est de même si l'état de l'installation de passage à niveau est signalé au moyen d'un feu de contrôle ou d'un signal de barrage
- la vitesse de ligne sera surveillée au-delà de la dernière aiguille, comme lorsque le signal de sortie est à *voie libre*
- le but de l'autorisation de circuler est fixé au prochain signal principal.

6.17.3 Signal auxiliaire du système L avec signalisation complémentaire pour le franchissement d'une installation de passage à niveau en dérangement

Le signal auxiliaire au signal de sortie est projeté comme une image de signal normale. Les points de danger qui peuvent être surveillés le seront autant que possible:

- la vitesse signalée au moyen de l'image 2 sera surveillée dans la zone des aiguilles
- les installations de passage à niveau seront considérées comme en dérangement et surveillées en conséquence
- la vitesse de ligne sera surveillée au-delà de la dernière aiguille, comme lorsque le signal de sortie est à *voie libre*
- le but de l'autorisation de circuler est fixé au prochain signal principal.

6.18 Zone pour les tramways

Les signaux principaux et la vitesse de ligne sont surveillés dans les zones pour les tramways. Les signaux pour les tramways sans dépendance avec l'appareil d'enclenchement ne seront pas surveillés. Les vitesses réduites pour des tronçons en courbe ne peuvent en règle générale pas être surveillées.

L'influence de l'intervalle de surveillance et du patinage sur la surveillance doit particulièrement être observée. Les seuils de vitesse et les points d'arrêt sont tendanciellement visés avec précision dans une zone pour les tramways. L'adhérence est en outre massivement perturbée par le salage de la route.

6.19 Ralentissements temporaires

Lorsque des ralentissements temporaires doivent être surveillés, la surveillance peut être réalisée ponctuellement ou continuellement. Des balises temporaires indépendantes du linking peuvent être introduites dans le tronçon surveillé continuellement. On installera en cas normal un groupe de balises de données fixes à la hauteur du signal avancé de ralentissement:

- une surveillance ponctuelle est réalisée au moyen d'un "avertissement" paramétré dans le paquet de données 44. Le mécanicien de locomotive doit quittancer cet avertissement à l'appareil de commande ou, si installée, au moyen d'une touche de quittance externe. Il convient de prévoir un délai maximal de quittance de 5 s dans les paramètres du véhicule
- une surveillance continue est réalisée au moyen du paquet de données ETCS 65. La vitesse surveillée peut être programmée par pas de 5 km/h. La distance maximale surveillée au moyen du paquet de données 65 est de 1360 m. Un second groupe de balises doit être posé à la fin de ce tronçon, si une distance supérieure doit être surveillée
- un groupe de balises doit également être installé en surveillance continue à la hauteur de chaque signal de suppression. La suppression du ralentissement est transmise au moyen du paquet de données ETCS 66
- les deux modes de surveillance peuvent être cumulés.

La surveillance ponctuelle est généralement employée pour des ralentissements posés à court terme. Des groupes de balises préprogrammés à cet effet peuvent être stockés avec les signaux de ralentissement auprès des services extérieurs. L'utilisation est similaire à celle des aimants de chantier du système précédent.

La surveillance continue sera projetée selon les cas. Les processus et les critères d'utilisation sont à fixer par le gestionnaire de l'infrastructure.

6.20 Surveillance ponctuelle au moyen de balises

Dans une zone surveillée ponctuellement, les fonctions "avertissement", à quitter l'appareil de commande ou au moyen d'une touche externe, de même que "arrêt" et "voie libre" peuvent être transmises par des balises. La protection d'installations de passage à niveau peut être réalisée ponctuellement, de même que le remplacement d'aimants par des balises. Le projet demande moins de moyens que pour la réalisation d'une surveillance continue.

Une surveillance ponctuelle peut ainsi aussi être réalisée lorsque les véhicules ne sont pas (ou plus) équipés de récepteurs magnétiques. Cette solution peut être utilisée en cas d'équipement alterné de la ligne, si le manque de place empêche de réaliser un changement de mode de surveillance.

6.21 Véhicules garés

La remise en service des véhicules doit être considérée du point de vue conceptionnel dans les gares où ceux-ci sont régulièrement garés, par exemple la nuit.

Le départ après la mise en service jusqu'au franchissement du premier groupe de balises s'effectue obligatoirement en surveillance réduite. Un empêchement du départ ne sera actif que si la boucle aura été annoncée précédemment.

Différentes situations sont représentées graphiquement:

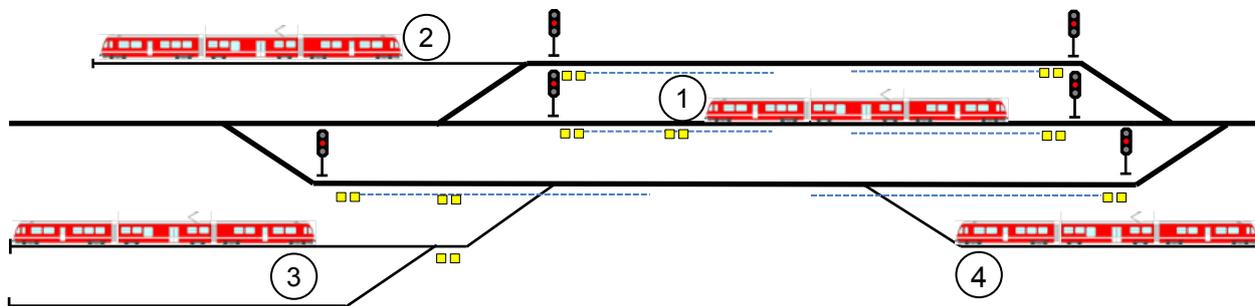


Figure 32: Situations de garage

- ① Le véhicule a été garé sur la voie de départ:
- si le véhicule a été garé en position de parc, l'annonce des boucles enregistrée lors de l'arrivée est encore mémorisée. L'empêchement du départ est actif dans les deux directions, aussi après un garage nocturne
 - si le véhicule a été mis hors service lors du garage, le départ s'effectue sous la responsabilité du personnel. La vitesse réduite, par principe 10 km/h, doit être respectée jusqu'au franchissement du premier groupe de balises:
 - dans le sens de marche vers la droite, la vitesse réduite doit être respectée jusqu'au signal de voie
 - dans le sens de marche vers la gauche, le passage de la vitesse réduite à la surveillance continue s'effectuera déjà lors du franchissement du groupe de balises supplémentaire avant le signal de voie. Ce groupe de balises doit comprendre une balise de données transparentes raccordée au signal de voie

- ② La mise en place depuis la voie de garage s'effectue en mode de manœuvre. Les boucles des deux directions seront annoncées au passage du groupe de balises du signal de voie de la direction opposée. L'empêchement du départ sera ainsi actif dans les deux directions. Le train sera surveillé dès son départ à la vitesse signalée
- ③ La mise en place depuis la voie de garage s'effectue en mode de manœuvre. Un groupe de balises de données fixes est installé sur le parcours. Elle sert à annoncer les boucles des deux directions. L'empêchement du départ sera ainsi actif dans les deux directions. Le train sera surveillé dès son départ à la vitesse signalée
- ④ La mise en place depuis la voie de garage s'effectue en mode de manœuvre. Aucun groupe de balises n'est franchi jusque sur la voie de départ. Le départ du train s'effectue sous la responsabilité du personnel. La vitesse réduite, par principe 10 km/h, doit être respectée jusqu'au franchissement du premier groupe de balises:
- dans le sens de marche vers la droite, la vitesse réduite doit être respectée jusqu'au signal de voie
 - dans le sens de marche vers la gauche, le passage de la vitesse réduite à la surveillance continue s'effectuera déjà lors du franchissement du groupe de balises supplémentaire avant le signal de voie. Ce groupe de balises doit comprendre une balise de données transparentes raccordée au signal de voie

Le système permet de réaliser toutes les possibilités citées ci-dessus.

Le chef de projet doit établir un concept de garage en tenant compte des aspects de la sécurité et des besoins de l'exploitation. Il doit englober toutes les installations où des véhicules sont régulièrement garés. Ce concept doit être joint au dossier de la procédure d'approbation des plans.

6.22 Commutation du mode de service

La commutation du mode de service doit toujours être réalisée pour chaque direction au moyen d'un groupe de balises de données fixes installé immédiatement auprès de l'entrée en crémaillère, respectivement de la sortie.

Un groupe de balises pour la commutation du mode de service ne doit pas en outre provoquer un changement de la surveillance ponctuelle en surveillance continue. Le groupe de balises d'un signal pour les trains ne peut pas être utilisé en plus pour la commutation du mode de service.

L'action sur la commande du véhicule doit être définie de cas en cas dans le cadre du projet. Le déroulement de la commutation du mode de service est différent selon le gestionnaire de l'infrastructure et la construction des véhicules.

6.23 Télégrammes de défaut et de dérangement

L'unité électronique d'équipement de voie génère un télégramme de dérangement lorsqu'il détecte une erreur, soit une image de signal erronée ou non-projetée. Le télégramme de dérangement est également transmis par la boucle.

La balise de données transparentes émet un télégramme de défaut lorsqu'elle ne reçoit pas le signal provenant de l'unité électronique d'équipement de voie. Le télégramme de défaut est mémorisé dans la balise.

Les télégrammes de défaut ne peuvent être émis ni par les balises de données fixes ni par les boucles.

La réaction en cas de télégramme de défaut ou de dérangement peut être différemment projetée. Le télégramme le plus restrictif en exploitation normale sera par principe émis:

- signal avancé: autorisation de circuler jusqu'au prochain signal principal
- signal principal: arrêt
- feu de contrôle pour installation de passage à niveau: télégramme en cas de feu de contrôle éteint.

6.24 Empêchement du départ pour les trains à voie normale

Sur les tronçons à trois ou quatre rails, Il convient de tenir compte que l'empêchement du départ est inactif pour les trains à voie normale après un changement de direction ou la mise en service d'un poste de conduite. Toutes les annonces de boucles sont effacées. Le départ selon ETCS L1LS après un changement de direction ou la mise en service s'effectue en mode de responsabilité du personnel avec une vitesse surveillée à 40 km/h jusqu'au franchissement du premier groupe de balises. Avec Euro-ZUB, le départ après la mise en service ou un changement de direction n'est pas surveillé jusqu'au franchissement du premier groupe de balises. Il faut tenir compte lors d'une analyse des risques de la surveillance comparativement réduite des risques potentiels.

7 Intégration du système chez l'exploitant

7.1 Conditions préalables

Les projets de contrôle de la marche des trains sont des projets interdisciplinaires complexes. Les implications profondes dans les domaines concernés obligent à une coordination étroite des spécificités telles que:

- équipement de l'infrastructure, raccordement à l'infrastructure existante
- équipement des véhicules, intégration dans les véhicules existants ainsi que dans les nouveaux véhicules
- exploitation du système, processus d'exploitation, implications en arrière-plan en liaison avec les processus et les prescriptions de circulation.

L'exploitation du système occupe le premier plan lors de la conception du projet et de la stratégie de migration. Elle sert de base pour le dimensionnement du projet. Il convient en premier lieu de définir les exigences sécuritaires spécifiques à l'entreprise ferroviaire:

- que doit-on protéger
mode de surveillance, points à équiper
- le chemin à parcourir
stratégie de migration, réalisation en étapes
- possibilités
financement, capacités de l'engineering du projet, disponibilité des véhicules pour leur transformation, formation du personnel.

L'équipement de l'infrastructure et l'équipement des véhicules peuvent être réalisés en deux projets relativement indépendants l'un de l'autre. Il est cependant essentiel que la réalisation dans le temps soit coordonnée entre eux.

7.2 Projet de l'équipement de l'infrastructure

7.2.1 Saisie des données locales

Le premier pas du projet de l'infrastructure du chef de projet de l'entreprise ferroviaire est la saisie des données locales.

Les emplacements doivent être saisis avec une précision de +/- 1m:

- signaux principaux
- signaux avancés
- points d'arrêt limite, p. ex. indicateur de point d'arrêt pour signal de groupe, heurtoir, etc.
- points d'arrêt usuels particuliers
- aiguille, pointe et signal limite de garage
- seuils de vitesse en gare et en pleine-voie
- installations de passage à niveau
- sauts correctifs dans le kilométrage.

Doivent être saisis en outre:

- les déclivités (précision +/- 1 ‰) et les seuils de déclivité (emplacements des indicateurs de déclivité)
- les vitesses de ligne y compris les vitesses réduites (courbes)
- les vitesses de gare.

Il faut relever pour chaque signal principal et avancé:

- toutes les images de signal y compris les images en cas de dérangement
- tous les itinéraires possibles avec chaque image de signal ainsi que les vitesses à surveiller et les buts correspondants
- pour un signal principal en outre:
 - le mode de libération
 - la longueur de la boucle ou
 - le domaine de libération manuelle
 - le point de danger
 - les surveillances à projeter en cas d'entrée sur voie occupée et de signal auxiliaire.

Il convient de veiller particulièrement aux images de signal plus restrictives et au déroulement lorsque le signal commute à une image supérieure à l'approche du train. Il convient spécialement dans ce cas de prendre en compte quand la longueur du train ne doit pas être surveillée. Tous les seuils de vitesse selon R 300.6, chapitre 2 doivent être surveillés. Il ne faut cependant pas projeter de surveillance à une vitesse inférieure à celle autorisée par les prescriptions de circulation, car la vitesse surveillée n'est pas indiquée au mécanicien de locomotive. Celui-ci ne pourrait pas détecter une telle restriction et des freinages imposés en seraient la conséquence.

Ces données constituent la base pour le dimensionnement du système par le constructeur. Tous les composants fixes sont définis en premier lieu (coffrets à appareils, câblage, etc.) Les saisies des images de signal et des différenciations du parcours éventuelles sont fixées.

7.2.2 Reconnaissance sur le terrain

Les données saisies ainsi que les possibilités de montage sont systématiquement vérifiées lors d'une reconnaissance sur le terrain. Il faut particulièrement contrôler:

- l'exactitude de tous les emplacements saisis
- la possibilité de montage des coffrets à appareils prévus
- les tracés de câbles
- la longueur des boucles en respectant les critères de projet concernant leur longueur minimale et maximale
- la pose des boucles au pied du rail, spécialement en cas d'obstacles tels que les aiguilles, les passages à niveau et de service, de même que lorsque la voie est enrobée dans un revêtement
- la distance à partir de laquelle le signal principal est visible en cas de libération manuelle.

Une préparation exacte et complète est une condition préalable à une reconnaissance efficace et couronnée de succès. Toutes les données du projet seront autant que possible saisies au préalable. La reconnaissance sur le terrain ne devrait plus servir qu'à vérifier le projet et à fixer des points de détail.

7.2.3 Plans d'exécution, dossiers de montage

Le fournisseur du système peut établir, après la visite sur le terrain, les plans d'exécution, les dossiers de montage et les schémas de raccordements définitifs ainsi que le dossier de procédure d'approbation des plans.

Ces documents doivent être contrôlés et approuvés par le commanditaire.

7.2.4 Procédure d'approbation des plans

Le dossier de procédure d'approbation des plans doit contenir spécifiquement pour un projet de contrôle de la marche des trains en plus des éléments habituels:

- le concept de garage pour les gares où des véhicules moteurs sont régulièrement garés, de même que le mode de surveillance lors du premier départ après la mise en service (chiffre 6.21)
- lorsque le but est fixé après le point de danger (chiffre 6.11.3)
- lorsque le but est projeté après un heurtoir (chiffre 6.11.4)
- toutes les dérogations à ces bases de projet avec une analyse des lacunes éventuelles de la surveillance et des risques qui leur seraient liés.

Les dérogations à ces bases de projet sont à traiter et juger dans le cadre de la procédure d'approbation des plans de la même manière que des dérogations aux RTE.

7.3 Montage, mise en service

Le montage de l'équipement de voie peut être réalisé en grande partie sans influence sur les installations en service. Il convient de veiller à ce que:

- les balises doivent être blindées au moyen d'un couvercle en tôle jusqu'à leur mise en service afin qu'elles n'influencent pas les véhicules. Lors de courses d'essai, il faut empêcher que d'autres véhicules équipés ne franchissent le tronçon tant que les couvercles de balises ont été enlevés
- La voie doit être interdite pour exécuter le passage des câbles des lampes de signal au travers de l'unité électronique d'équipement de voie. Une vérification complète du signal doit être effectuée avant sa remise en service.

Après la programmation de l'unité électronique d'équipement de voie et des balises, il faut relire les télégrammes émis par les balises pour les contrôler. Le fonctionnement des deux appareils sera ainsi testé.

Une course d'essai doit être effectuée avant la mise en service en parcourant toutes les voies dans les deux directions. Elle permettra de vérifier spécialement:

- le linking de toutes les balises liées entre elles
- la réception des boucles.

Il n'est pas nécessaire de veiller à ce que des images de signal particulières soient rencontrées.

Une course d'essai supplémentaire peut être exécutée pour vérifier les buts (fin de l'autorisation de circuler) pour des signaux déterminés ou pour tous les signaux. Lors de cet essai, tous les signaux à contrôler doivent être laissés à l'arrêt jusque le train se soit arrêté. Il est opportun de reporter ces essais après la mise en service en raison du temps nécessaire à leur exécution.

7.4 Projet de l'équipement des véhicules

7.4.1 Concept

Les composants nécessaires sont définis en conséquence de la longueur du véhicule, de la position de l'antenne et de la longueur maximale du câble d'antenne:

- les véhicules isolés peuvent être équipés d'un calculateur et en général d'une antenne
- les rames à deux éléments peuvent le plus souvent être équipées d'un calculateur, mais obligatoirement de deux antennes
- les rames automotrices longues doivent être projetées avec deux équipements de véhicules séparés
- les voitures de commande doivent posséder leur propre équipement embarqué. Il est impossible de faire passer le câble d'antenne par un attelage pouvant être séparé en exploitation.

7.4.2 Paramètres du véhicule

Les paramètres du véhicule sont fixés pour chaque type de véhicules selon les bases du fabricant du système de contrôle de la marche des trains en collaboration avec l'entreprise de transport ferroviaire.

Les paramètres englobent entre-autres:

- entreprise de transport ferroviaire et dénomination ETCS
- différents critères de vitesse
- paramètres des courbes de freinage
- divers temps de réaction
- déclivité maximale de la ligne
- changements de modes de services et surveillances
- changement du type de surveillance.

7.4.3 Mise en service

Les fonctions principales des composants du système doivent être testées à l'arrêt lors de la mise en service. Il s'agit:

- de l'antenne au moyen d'une balise de test
- le cas échéant des récepteurs magnétiques au moyen d'aimants de contrôle
- de l'appareil de commande et d'affichage en contrôlant l'affichage correct
- des actions sur le véhicule par le test de freinage, celui-ci doit être exécuté en tractionnant.

Une course d'essai doit être entreprise pour contrôler les fonctionnalités du système par sondage:

- réaction correcte du système au franchissement de balises et de boucles
- réception des aimants
- sorties digitales supplémentaires
- changement de mode de service adhérence - crémaillère.

7.5 Modèles de freinage

7.5.1 Principes

Les modèles de freinage paramétrisés dans le logiciel embarqué doivent représenter les caractéristiques de freinage du train complet. Les paramètres à fixer sont:

- coupure de l'effort de traction,
le délai depuis l'activation du serrage imposé jusqu'à ce que l'effort de traction soit interrompu
- temps de réaction,
la somme des délais de propagation jusqu'en queue du train et d'établissement de l'effort de freinage dans chaque véhicule
- décélération,
la décélération moyenne durant le freinage.

Jusqu'à 8 modèles de freinage peuvent être programmés dans le logiciel embarqué. Ces modèles de freinage peuvent être définis différemment pour chaque série de véhicules.

Les paramètres peuvent être fixés séparément pour le serrage par le système et pour le serrage imposé pour chaque modèle de freinage. Le serrage par le système sert de complément et il ne peut pas être réalisé sur chaque type de véhicule. Seul le serrage imposé est déterminant pour la sécurité.

Les paramètres sont fixés en fonction d'une déclivité de 0 ‰. Le calcul de la courbe de freinage dans le calculateur de véhicule est adapté de cas en cas en fonction de la déclivité locale.

7.5.2 Coupure de l'effort de traction

La coupure de l'effort de traction d'un véhicule moteur électrique lors de l'activation du serrage imposé est immédiate, par exemple par déclenchement du disjoncteur ou blocage des impulsions du convertisseur. Il est admis dans ce cas lors du dimensionnement du contrôle de la marche des trains de fixer le paramètre du délai de coupure de l'effort de traction à la valeur minimale. Ceci est valable pour tous les modèles de freinage projetés. Ce délai ne doit pas être négligé dans le cas de véhicules où l'effort de traction ne peut pas être interrompu immédiatement (véhicules moteurs thermiques). La valeur de ce paramètre doit dans ce cas être fixée individuellement.

Le système prend en compte que le train accélère encore durant le délai de coupure de l'effort de traction.

7.5.3 Délai de réaction

L'effort de freinage s'établit progressivement avec la montée de la pression dans le cylindre de frein jusqu'à ce que les cylindres de freins du dernier wagon du train soient complètement remplis. C'est pourquoi le délai de réaction se constitue de la somme des délais de propagation et d'établissement.

Le délai de propagation dans le train est le délai depuis l'activation du serrage imposé jusqu'à ce que la conduite générale s'abaisse dans le dernier véhicule de manière à ce que les freins commencent à agir. Ceci correspond à un abaissement de 0.5 bar par rapport à la pression nominale. Avec le frein à vide, un abaissement de 15 cmHg par rapport à la pression de desserrage est pris en compte.

Lors d'essais, la conduite générale doit être vidée au moyen de la valve du serrage imposé. Le temps de propagation peut être notablement plus long que lors d'un serrage rapide. Ceci est le cas si la section active de la valve de serrage rapide n'est pas optimale ou, pour des anciens véhicules, si l'alimentation de la conduite générale n'est pas interrompue.

Le délai de propagation peut être mesuré lors d'essais à l'arrêt avec un train de la longueur maximale.

Le délai de propagation peut être minimalisé grâce à l'emploi d'accélérateurs de vidange ou, avec le frein à vide, de valves d'action rapide.

Le délai de remplissage du cylindre de frein à 80% est plus représentatif que le temps de remplissage complet du cylindre de frein pour définir le délai d'établissement. Le flux d'air est ralenti vers la fin. Le délai d'établissement peut être mesuré lors d'essais à l'arrêt avec un véhicule isolé.

En présence de catégories de véhicules différentes, il faut tenir compte des véhicules dont le délai d'établissement de l'effort de freinage est le plus long (par exemple les wagons à marchandises).

Le système prend en compte que le train roule librement durant le délai de réaction

7.5.4 Décélération

Le calcul des courbes de freinage s'effectue avec la décélération moyenne projetée.

Cette décélération moyenne ne doit pas être assimilée au rapport de freinage (pourcentage de freinage), car un délai pour l'établissement de l'effort de freinage est intégré dans le pourcentage de freinage. D'après les DE-OCF, art. 52.2, ch. 6.1.1, le principe est le suivant : « Un pourcentage de freinage de 100 équivaut à une décélération moyenne de 1 m/s^2 obtenue lors d'un freinage à la vitesse initiale de 50 km/h sur une voie horizontale et calculée à partir de cette vitesse et du chemin de freinage ». Ainsi, toute la distance de freinage depuis l'activation du freinage jusqu'à l'arrêt complet est prise en compte. Si le cylindre de frein se remplit en 2.5 s, la décélération qui s'ensuit doit atteindre en moyenne $1,6 \text{ m/s}^2$ pour respecter la même distance de freinage de 96 m.

La décélération est considérée comme constante durant toute la phase de freinage jusqu'à l'arrêt.

7.5.5 Procédure à suivre avec des trains formés uniformément

Le modèle de freinage peut être adapté aux caractéristiques des véhicules concernés, si les trains sont formés uniformément (rames automotrices seules ou en unités multiples, trains-navettes formés uniformément). En cas de circulation en unités multiples ou de trains-navettes, on tiendra compte de la plus longue composition.

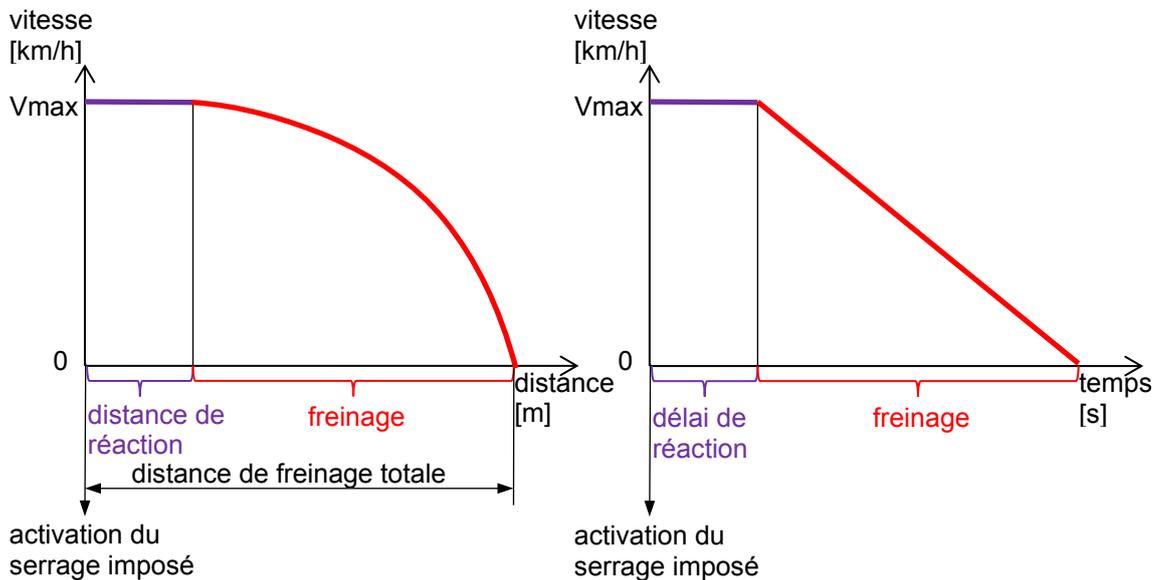


Figure 33: Serrage imposé avec un train uniforme

Le modèle de freinage peut être fixé en fonction des résultats d'essais de freinage avec la composition concernée. Il est aussi possible de se référer aux résultats d'essais de freinage effectués lors de la mise en service des véhicules.

Le délai de réaction doit être connu en premier lieu. La vitesse maximale des véhicules est choisie pour la vitesse initiale. La décélération moyenne durant le freinage est calculée comme suit:

$$a = \frac{v_0^2}{2(s - v_0 \times t_0)}$$

a décélération moyenne [m/s²]

v_0 vitesse initiale [m/s]

t_0 délai de réaction = délai d'établissement [s]

s distance de freinage totale [m]

7.5.6 Procédure à suivre avec des trains formés différemment

Les modèles de freinage doivent être basés sur le rapport de freinage lorsque les trains sont composés de tous genres de véhicules. Le rapport de freinage calculé lors de la formation du train représente l'efficacité des freins actifs dans le train. Chaque modèle de freinage correspond à une catégorie de freinage définie. Le délai de réaction est fixé en fonction des trains les plus longs. Les modèles de freinage sont projetés identiquement pour tous les types de véhicules.

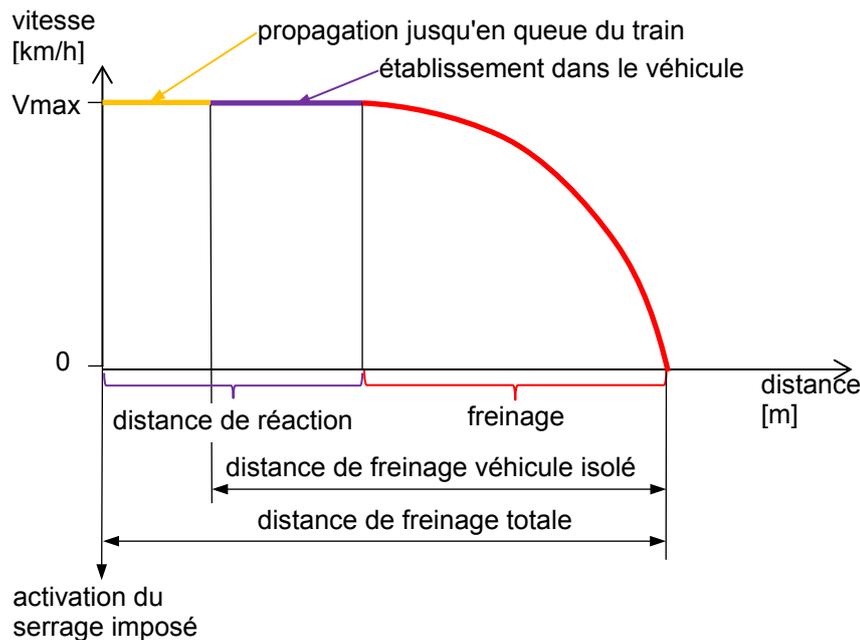


Figure 34: Serrage imposé train non-uniforme

Les délais de propagation jusqu'en queue du train et d'établissement dans un véhicule isolé doivent être connus en premier. La distance de freinage d'un véhicule isolé sera tirée des diagrammes d'évaluation des freins DE-OCF, DE 52.2, feuille 9 pour le rapport de freinage attribué au modèle de freinage. La vitesse maximale de la catégorie de train est choisie pour la vitesse initiale.

La décélération moyenne durant le freinage est calculée comme suit:

$$a = \frac{v_0^2}{2(s_t - v_0 \times (t_0 + t_1))}$$

a décélération moyenne [m/s²]

v_0 vitesse initiale [m/s]

t_0 délai d'établissement dans le véhicule [s]

t_1 délai de propagation jusqu'en queue du train [s]

s_t distance de freinage totale [m]

7.5.7 Réduction du délai de réaction

Il est possible de ne prendre le temps de réaction que partiellement en compte. La décélération moyenne calculée en sera légèrement réduite. La distance de freinage totale à partir de la vitesse maximale restera ainsi inchangée. Une distance de freinage plus courte sera tendanciellement calculée à partir de vitesses initiales inférieures.

La réduction du délai de réaction permet de rouler plus vite en approche du signal.

Il est nécessaire de vérifier par des essais de freinage à partir de vitesses initiales réduites que l'arrêt avant le but projeté soit toujours garanti.

7.5.8 Vérification des paramètres

Les paramètres de freinage doivent être vérifiés lors d'essais. Les véhicules utilisés pour ceux-ci doivent être représentatifs de l'état d'entretien effectif en service normal. La composition du train d'essais doit correspondre à la longueur maximale.

Des essais de freinage systématiques devront être effectués sur un tronçon permettant la vitesse de ligne maximale en approche d'un signal principal. La déclivité sur le chemin de freinage doit être la plus faible possible et dans tous les cas constante.

Le signal principal présentant l'arrêt sera approché:

- avec la vitesse maximale
- avec 2-3 vitesses inférieures différentes
- le cas échéant avec différents modèles de freinage représentatifs. Les freins en service dans le train seront configurés en conséquence (les freins de véhicules déterminés seront par exemple paralysés).

L'activation du serrage imposé est provoquée par le dispositif du contrôle de la marche des trains, lors du dépassement de la courbe de freinage. Il faudra mesurer:

- le déroulement de la vitesse durant le freinage
- le point d'arrêt exact en relation avec le but projeté.

7.6 Prescriptions d'exploitation

L'exploitant doit éditer une prescription d'exploitation sur le système. L'utilisation et les interactions avec les prescriptions de circulation des trains doivent être réglées. Les mécaniciens de locomotive en sont les utilisateurs principaux. Le gestionnaire de système met un modèle de prescription à disposition, lequel peut être repris par chaque exploitant et adapté aux conditions d'utilisations propres.

Les prescriptions d'exploitation de chaque installation de sécurité concernée doivent être adaptées. Les groupes de balises et les boucles doivent entre-autres être indiquées sur les plans qui leur sont annexés.

Les prescriptions d'entretien du fournisseur du système doivent être reprises ou adaptées aux conditions propres.

7.7 Formation

Les mécaniciens de locomotive doivent être instruits avant la mise en service du premier véhicule équipé. La formation doit être adaptée aux étapes de la migration. Par exemple:

- première formation avant la mise en service du premier véhicule équipé selon le standard ZBMS. Les bases du système et l'utilisation en surveillance ponctuelle sont enseignés
- deuxième formation avant la mise en service des premiers équipements fixes pour la surveillance continue. Toutes les fonctions du système et l'utilisation complète sont enseignés
- troisième formation après les premières expériences en exploitation en tant que formation continue pour approfondir les connaissances du système.

Le personnel d'entretien des installations de sécurité et du matériel roulant doivent être formés par le fournisseur du système.

