

CANTONS, SIGNALISATION,
ZONES ET DÉTECTION
EN MODÉLISME FERROVIAIRE

Jean-Pierre PILLOU

15 novembre 2008

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION.....	3
1.1	PRÉAMBULE	3
1.2	QUELQUES RÉFÉRENCES UTILES	4
2	CANTONS ET SIGNALISATION	5
2.1	CANTONNEMENT ET SIGNALISATION SUR LES RÉSEAUX RÉELS.....	5
2.1.1	GÉNÉRALITÉS	5
2.1.2	LE BLOC MANUEL (BM).....	6
2.1.3	LE BLOC AUTOMATIQUE LUMINEUX (BAL).....	6
2.1.4	LE BLOC AUTOMATIQUE À PERMISSIVITÉ RESTREINTE (BAPR)	7
2.1.5	AU-DELÀ DU PRINCIPE DE BASE	7
2.2	CANTONNEMENT ET SIGNALISATION SOUS CDM-RAIL	9
2.2.1	LE BLOCK-SYSTEM DE CDM-RAIL: PRINCIPE DE BASE.....	9
2.2.2	PROTECTION DES ZONE D'AIGUILLES	12
3	AUTOMATISATION DU RESEAU FERROVIAIRE (MODELES REDUITS)	15
3.1	ZONES DE RALENTISSEMENT ET ZONES D'ARRÊT	15
3.1.1	ANALOGIE AVEC LES TRAINS REELS	15
3.1.2	LES ZONES EN MODELISME FERROVIAIRE	16
3.2	LES DIFFÉRENTS MODES DE DÉTECTION	20
3.2.1	DÉTECTION PAR AIMANT ET I.L.S.	20
3.2.2	DÉTECTION PAR INTERRUPTION D'UN FAISCEAU INFRA-ROUGE	21
3.2.3	DÉTECTION PAR RÉFLEXION D'UN FAISCEAU INFRA-ROUGE.....	22
3.2.4	DÉTECTION PAR MESURE DU COURANT SUR RAIL ISOLÉ	23
3.2.5	DÉTECTION DE TENSION SUR RAIL ISOLÉ	25
	EN PREPARATION	
3.3	<i>EMPLACEMENT DES DÉTECTEURS.....</i>	<i>26</i>
3.4	<i>EMPLACEMENT DES DÉTECTEURS EN PLEINE VOIE</i>	<i>26</i>
3.5	<i>EMPLACEMENT DES DÉTECTEURS EN ZONE D'AIGUILLAGES.....</i>	<i>27</i>

1 INTRODUCTION

1.1 PRÉAMBULE

Le but de ce document est de proposer une approche aussi simple que possible pour aborder l'automatisation des réseaux de trains miniatures. Le document s'appuie sur le logiciel CDM-Rail, mais l'approche proposée est aussi compatible avec les autres logiciels de pilotage disponibles sur le marché.

Seront donc abordés dans la suite les points suivants:

- rappel des principes de base de la protection de la circulation des trains par cantons, ou "block-system".
- indications sur la signalisation associée.
- comment, au dessus de cette découpe en cantons, peut-on automatiser le fonctionnement d'un réseau ferroviaire miniature.
- illustration des points ci-dessus sur la base du logiciel CDM-Rail.

Le chapitre 2 aborde les deux premiers points (cantons et signalisation).

Le chapitre 3 aborde le 3 ème point (automatisation du réseau miniature).

La découpe en cantons (ou "block-system") est aussi utilisée dans les chemins de fer réels, mais est beaucoup plus compliquée que la version simplifiée présentée au chapitre 2. La description précise de ces différents types de "block-systems" sort du cadre de ce document.

1.2 QUELQUES RÉFÉRENCES UTILES

Les quelques liens suivants pourront fournir des compléments d'information très utiles pour une meilleure compréhension des différents types de "block-systems", et la signalisation associée.

Principe du block automatique lumineux:

<http://www.metro-pole.net/expl/signal/bal.htm>

Signalisation ferroviaire en France: <http://pagesperso-orange.fr/geillon/trains/signaux/>

Signalisation ferroviaire SNCF: <http://www.transurb.net/bal/signaux1s.htm>

Signalisation ferroviaire SNCF: <http://www.carreweb.fr/stfr/sl.html>

Abrégé de signalisation SNCF: <http://e.bournez.free.fr/signalisation.pdf>

Block Système en modélisme: <http://alain.canduro.free.fr/block.htm>

2 CANTONS ET SIGNALISATION

2.1 CANTONNEMENT ET SIGNALISATION SUR LES RÉSEAUX RÉELS

2.1.1 GÉNÉRALITÉS

Le principe de base utilisé dans la plupart des pays, pour éviter les collisions entre trains, consiste à définir des sections de voies délimitées par des signaux, et de faire en sorte que deux trains ne puissent pas se trouver simultanément sur la même section. Ces sections de voie s'appellent des "cantons", ou "sections de block".

A la limite entre deux cantons contigus, on trouve donc un signal qui peut prendre (sur le réseau français) les trois états indiqués sur la figure suivante:

- **vert: voie libre.**
- **jaune: avertissement:** le signal suivant est rouge, et il faut donc ralentir pour être en mesure de s'arrêter avant.
- **rouge: sémaphore:** le canton suivant est occupé, et le train doit s'arrêter.

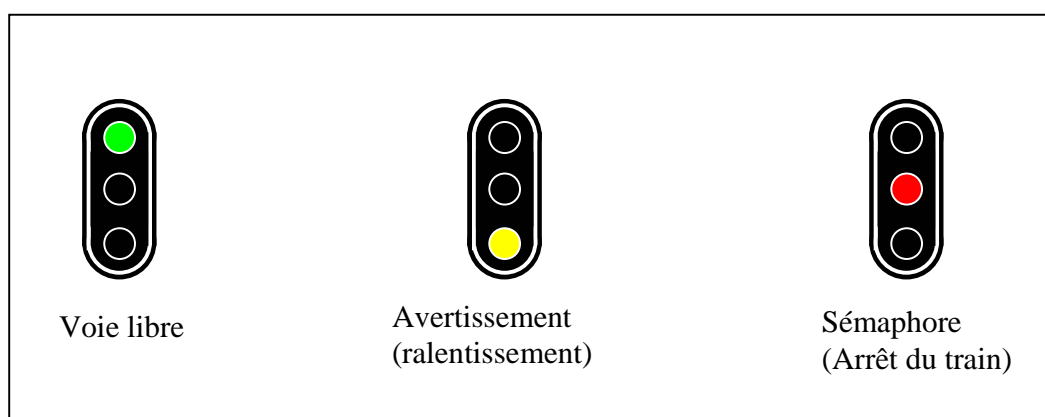


Figure 2-1: Les 3 états du signal de délimitation de canton.

Pour qu'un tel système fonctionne, il y a donc deux conditions évidentes à respecter:

- **un canton doit avoir une longueur supérieure à n'importe quel train.**
- **lorsqu'un canton est occupé, et donc que le signal qui le précède est dans l'état "sémaphore", le signal d'avertissement qui précède le sémaphore doit être suffisamment éloigné pour permettre au train suivant de s'arrêter avant le sémaphore.**

En France, il existe trois types différents de "block systems":

- le bloc manuel (BM),
- le bloc automatique lumineux (BAL)
- le bloc automatique à permissivité restreinte (BAPR)

2.1.2 LE BLOC MANUEL (BM)

Le bloc manuel (BM) est utilisé sur les lignes à très faible trafic. La longueur des cantons peut atteindre 20-30 Km, le positionnement des feux n'est pas automatique: il est fait par des agents qui communiquent entre eux (téléphone, ...) pour transmettre la position des trains.

2.1.3 LE BLOC AUTOMATIQUE LUMINEUX (BAL)

Le bloc automatique lumineux (BAL) est utilisé sur les lignes à trafic très dense. La longueur des cantons est toujours comprise entre 3 Km (maximum) et 1,5 Km (minimum pour permettre au train de s'arrêter avant un sémaphore). L'état des signaux est géré automatiquement à partir de la position des trains (voir description du fonctionnement § 2.1.2). Le signal de début de canton peut prendre chacun des trois états indiqués sur la figure 2-1.

La figure 2-2 montre le principe:

Si un train occupe le canton 3, alors le signal en amont du canton 3 passe dans l'état "sémaphore" (rouge = voie occupée), et le signal en amont du canton 2 passe dans l'état "avertissement" (jaune = ralentissement avant sémaphore).

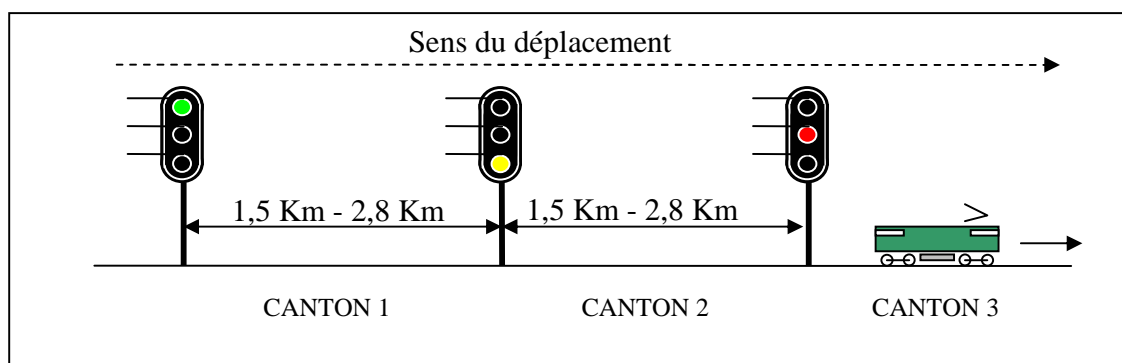


Figure 2-2: principe de fonctionnement du BAL

Donc l'état de chaque signal dépend de l'état d'occupation des 2 cantons suivants.

2.1.4 LE BLOC AUTOMATIQUE À PERMISSIVITÉ RESTREINTE (BAPR)

Le bloc automatique à permissivité restreinte (BAPR) est intermédiaire entre le BM et le BAL. Il s'utilise sur les lignes à trafic modéré.

La longueur des cantons peut aller jusqu'à 15 Km.

Comme pour le BAL, l'état des signaux est géré automatiquement, mais les signaux de début de canton ne prennent que deux états: voie libre, et sémaphore. L'avertissement pour arrêt avant le sémaphore à la frontière de deux cantons, situé à environ 1,5 Km en amont du signal ovale de changement de canton, est matérialisé par un disque, avec un feu jaune.

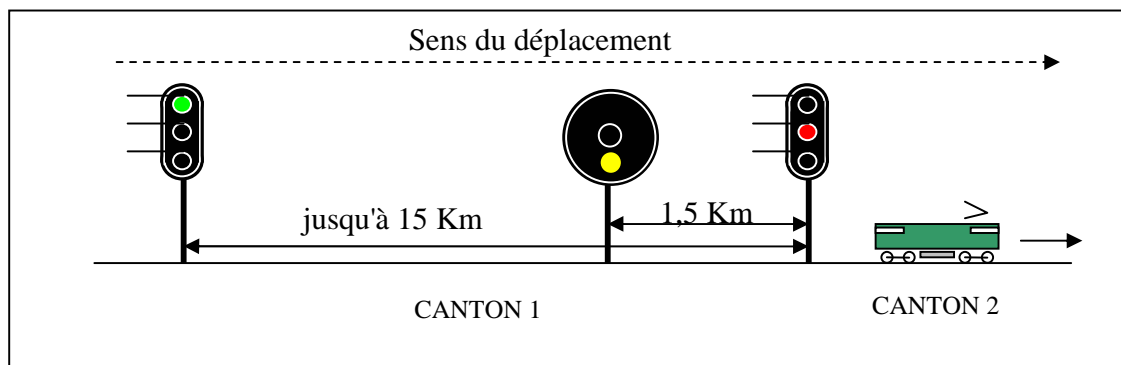


Figure 2-3: principe de fonctionnement du BAPR

2.1.5 AU-DELÀ DU PRINCIPE DE BASE

En fait, le fonctionnement réel est beaucoup plus complexe que ce qui vient d'être présenté, et la signalisation beaucoup plus étendue.

Ainsi, dans le cas du BAL, le train doit en effet s'arrêter devant un sémaphore. Par contre, il peut repartir en "marche à vue", à vitesse très réduite (15-30 Km/h) de façon à pouvoir s'arrêter dès que le train qui occupe le canton suivant est en vue. Le sémaphore est "**franchissable**".

L'arrêt absolu est par contre nécessaire lorsque le signal n'est pas un sémaphore, mais un "carré" (2 feux rouges). Le carré se rencontre avant les zones d'aiguillages.

Contrairement au BAL, dans le cas du BAPR, le sémaphore est "**non franchissable**": autrement dit l'arrêt est absolu, comme dans le cas du carré pour le BAL. C'est la signification de "PR": permissivité restreinte.

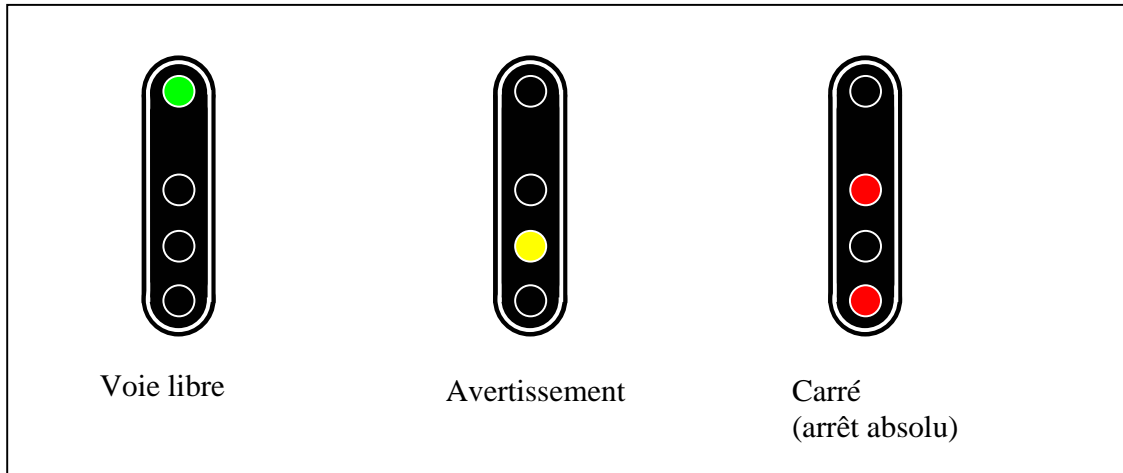


Figure 2-4: Le "carré", arrêt non franchissable.

Pour plus de détails sur les signaux du système ferroviaire français, se reporter aux références du § 1.2.

2.2 CANTONNEMENT ET SIGNALISATION SOUS CDM-RAIL

2.2.1 LE BLOCK-SYSTEM DE CDM-RAIL: PRINCIPE DE BASE

Le block system mis en oeuvre dans CDM-Rail est le BAL: chaque canton est précédé d'un signal pouvant prendre chacun des 3 états (voie libre, ralentissement, et sémaphore). Par contre, le sémaphore est considéré comme un arrêt absolu (comme le carré) contrairement au BAL réel.

Les cantons sont définis implicitement par la position des signaux qui les délimitent. Dans le cas du pilotage d'un réseau, ces signaux peuvent correspondre à des signaux physiquement implantés en modèle réduit, mais ce n'est pas une obligation.

La figure 2-5 montre l'exemple de deux ovales qui comportent chacun 4 cantons:

- le circuit extérieur est prévu pour une circulation des trains dans le sens des aiguilles d'une montre.
- le circuit intérieur est prévu pour une circulation en sens inverse.

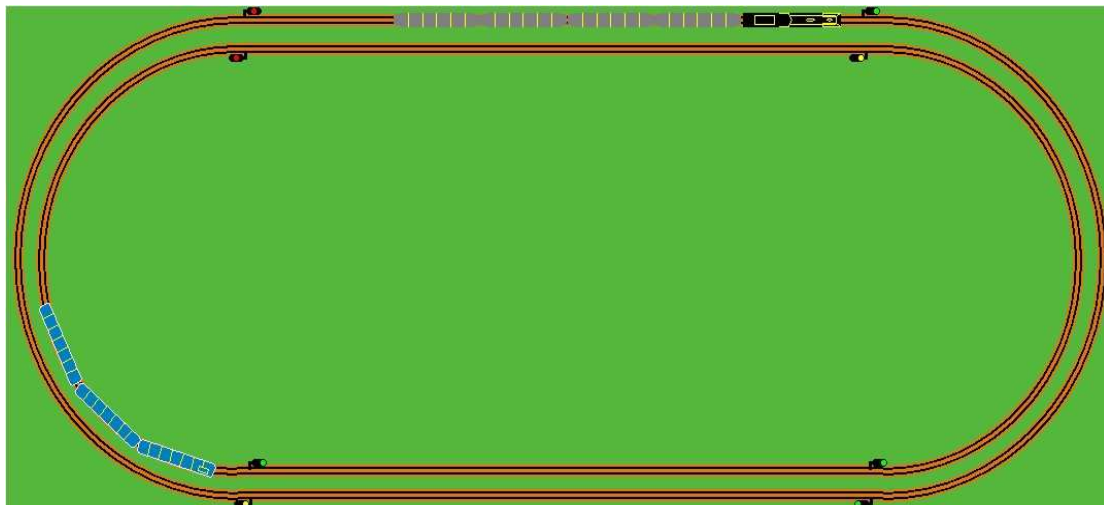


Figure 2-5: Définition des cantons par les signaux qui les délimitent.

La simulation intégrée dans CDM-Rail, permet de vérifier que la découpe en cantons (et donc le positionnement des signaux) est correcte, et permet un contrôle correct des trains, avant de passer au pilotage du réseau réel.

La figure 2-6 montre les deux voies de la figure 2-5, mais adaptées à une circulation de trains dans les deux sens (sur chacune des voies). A chaque extrémité de canton, on voit donc non plus un signal, mais deux signaux en sens inverses.

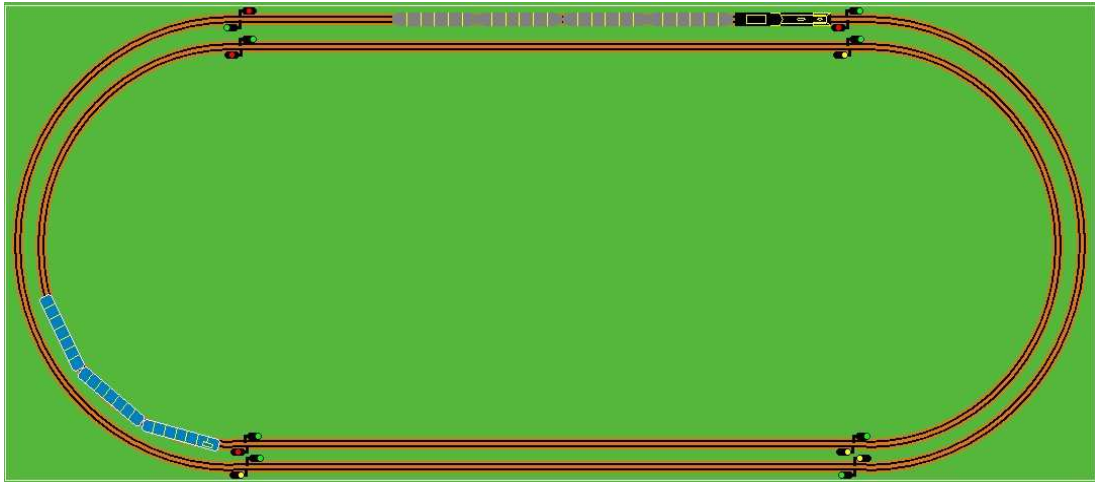


Figure 2-6: définition des cantons sur des voies à double sens de circulation.

Sur les réseaux réels, sur une voie à sens de circulation unique (et donc avec une signalisation dans un seul sens), si un train doit exceptionnellement repartir en sens inverse, cela se fait en "marche à vue", et à vitesse très réduite.

Dans CDM-Rail, dans la version actuelle, il est indispensable sur toute voie (même à sens unique), de **placer la signalisation dans les deux sens**. L'inconvénient est que ça alourdit considérablement la représentation graphique. C'est pourquoi un attribut de visibilité est associé à chaque signal. Si un signal est défini comme non visible, alors il est dessiné en gris (au lieu de noir) pendant les phases d'édition du réseau (figure 2-7), et il n'est pas affiché à l'écran pendant la simulation ou le pilotage du réseau (comme sur la figure 2-6).

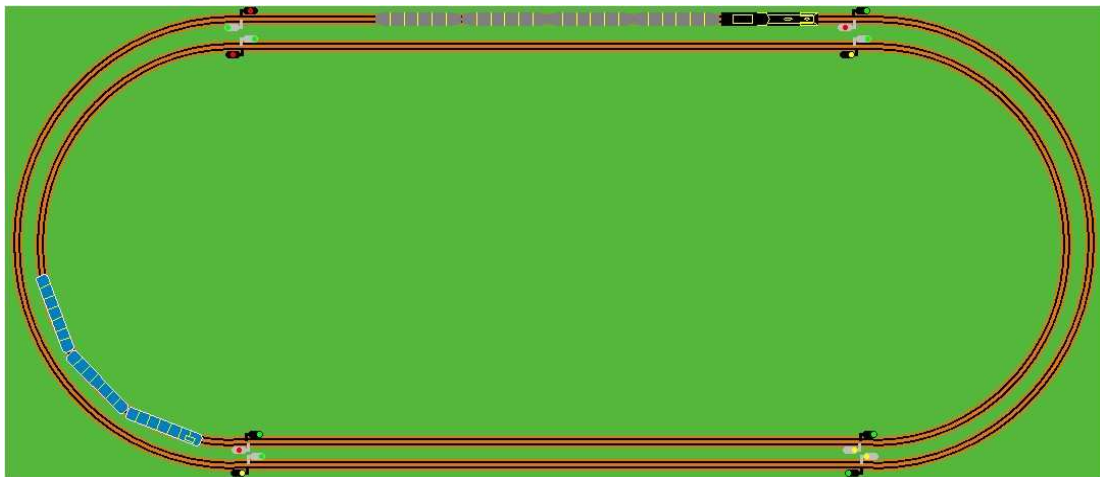


Figure 2-7: Utilisation des signaux "invisibles" (en gris), pour les voies à sens unique.

Une autre contrainte dans la version actuelle de CDM-Rail est que deux feux consécutifs correspondant au même sens de circulation doivent être espacés de plus de longueur du train le plus long.

En d'autres termes, aucun train ne doit pouvoir être "à cheval" sur plus d'un seul signal.

2.2.2 PROTECTION DES ZONE D'AIGUILLES

Dans la suite, les termes "aiguille" (terme officiel) ou aiguillage (le plus utilisé en modélisme) sont utilisés indifféremment.

Jusqu'ici, il n'a été question que des zones de "pleine voie", sans appareils de voie (bifurcations, croisement, grills d'entrée de gare, ...).

Lorsque des aiguilles sont présentes, il est indispensable d'en protéger l'accès par des signaux supplémentaires. C'est d'ailleurs le plus souvent dans ce contexte qu'on rencontre le "carré" (arrêt absolu: voir figure 2-4).

La règle de base pour la protection des aiguilles est relativement simple.

Il doit y avoir un signal:

- sur chacune des voies qui arrive sur la zone d'aiguilles,
- et dans le sens de l'accès aux aiguilles (en amont des aiguilles)

La figure suivante illustre cette règle dans le cas d'une bretelle simple (deux aiguilles en vis-à-vis). Dans CDM-Rail, il n'y a pas de distinction faite entre les différents types de signaux: ici, ce sont des signaux à 3 feux qui ont été utilisés, alors qu'on trouverait plutôt des carrés, mais ça ne change rien au principe, pour CDM-Rail, puisqu'un signal 3 feux au rouge est considéré comme un arrêt absolu.

La couleur des feux n'a pas de signification dans la figure suivante: seule importe l'emplacement des signaux.

La configuration du haut est correcte, avec un signal sur chacune des 4 voies qui arrivent sur la bretelle.

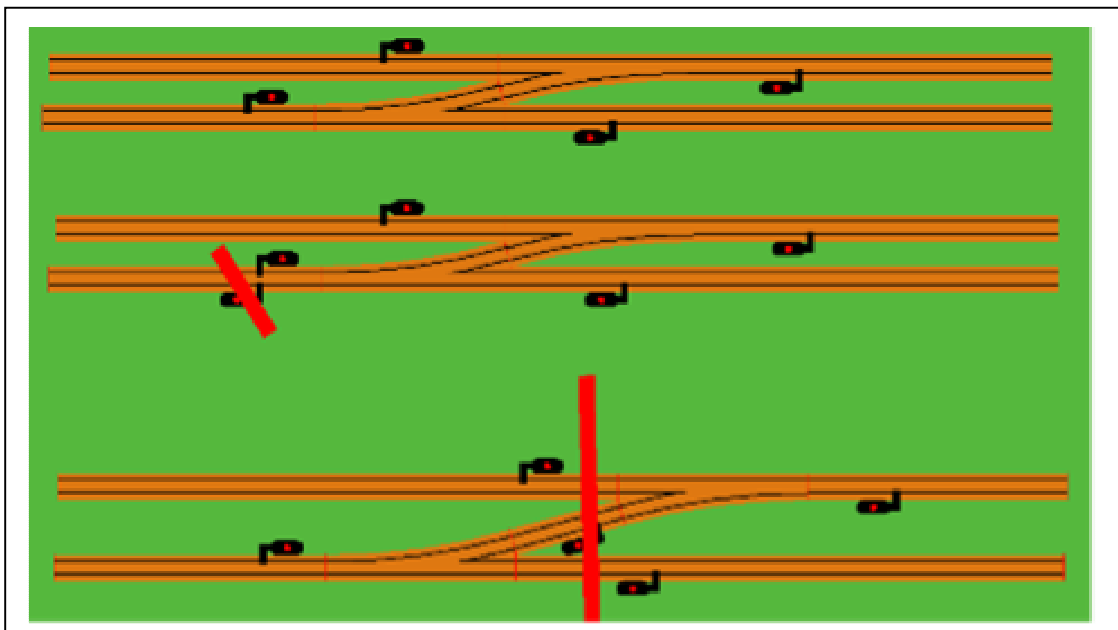


Figure 2-8: exemple de la protection d'une bretelle simple.

Par contre, La configuration du milieu et la configuration du bas sont à éviter.

- Dans la configuration du milieu, un cinquième feu a été ajouté sur la voie en bas à gauche, mais en sens inverse du signal déjà existant. Ce signal serait au rouge, si un train occupait le canton situé sur la gauche de ce signal.

En pratique, **ce signal n'amène aucun protection supplémentaire** par rapport aux deux autres signaux qui se trouvent en amont (dans son sens), c'est-à-dire les deux signaux situés sur les deux voies de droite.

En l'absence de ce signal:

- Si les aiguilles sont en position déviée, l'état d'occupation du canton en bas à gauche sera répercuté sur le signal de la voie en haut à droite
- Si les aiguilles sont en position non déviée, l'état d'occupation du canton en bas à gauche sera répercuté sur le signal de la voie en bas à droite.

Outre le fait que ce signal est inutile, il poserait en plus un problème dans le cas particulier de CDM-Rail, car la règle de distance entre deux feux correspondant au même sens de circulation ne serait pas respectée (distance supérieure à la longueur de n'importe quel train).

- Dans la configuration du bas, un cinquième signal a été ajouté entre les deux branches déviées des deux aiguilles. Ce cinquième signal est **inutile** (barré en rouge): il n'amène rien de plus par rapport au signal qui se trouve sur la voie en haut à droite. D'autre part, comme dans le cas de la configuration du milieu, la règle d'espacement entre deux feux ne serait pas respectée.

La figure suivante (2-9) montre l'application de la règle à un grill d'entrée de gare. Tous les signaux sont dirigés vers la zone d'aiguillage.

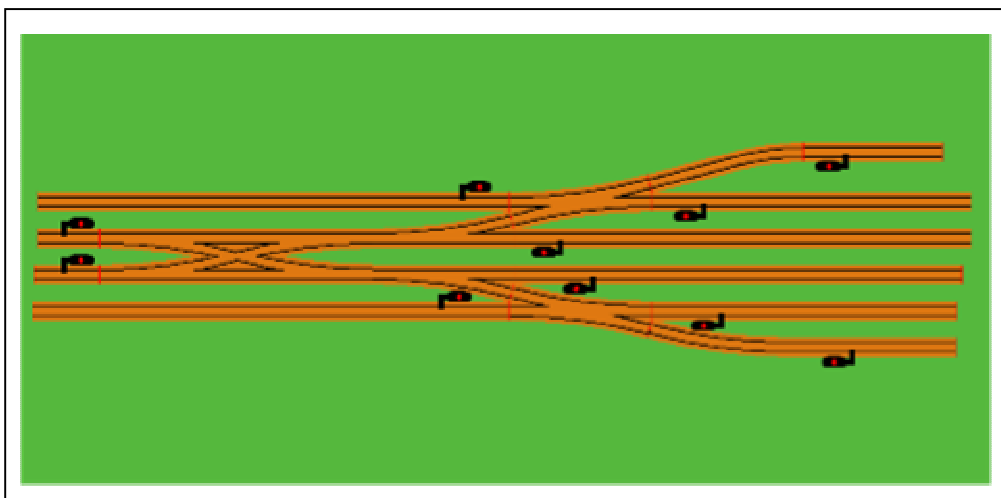


Figure 2-9: protection d'une zone de "grill".

La figure 2-10 montre l'ensemble de la signalisation, dans le cas d'un réseau plus complexe conforme aux règles énoncées ci-dessus.

Noter en particulier la protection de la zone d'aiguilles de gauche, qui inclut les deux aiguillages enroulés, toutes les aiguilles de voies de garages, les aiguilles de dédoublement des voies en gare (en haut), et les aiguilles d'accès aux rampes vers le niveau inférieur (à gauche). Cette zone est assez étendue, mais l'ajout de signaux intermédiaires entraînerait des longueurs de cantons trop faibles.

Tous les signaux sont visibles. Si certaines voies sont à sens unique, alors les signaux correspondant au sens inverse pourraient être spécifiés comme invisibles.

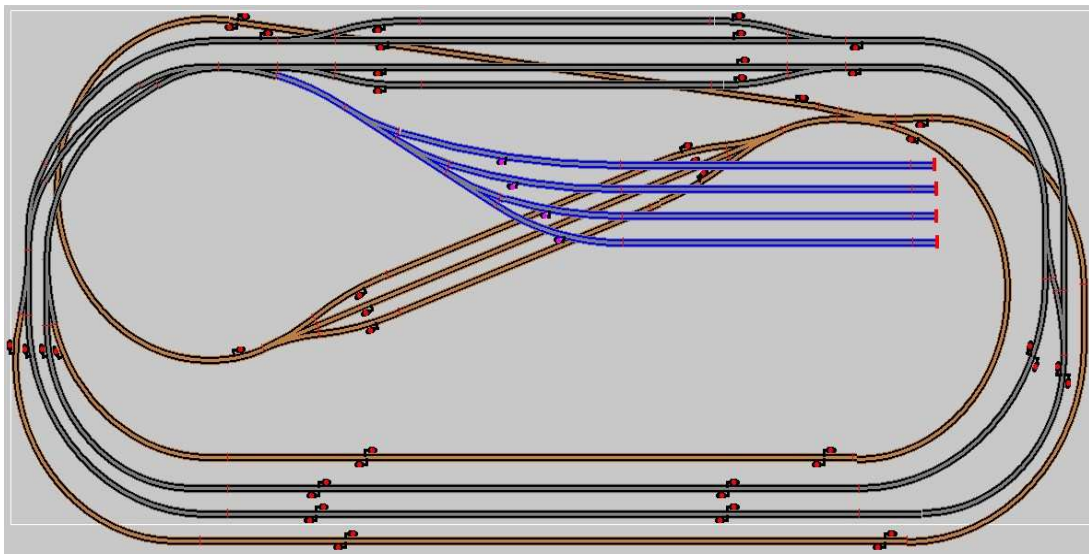


Figure 2-10: exemple de signalisation sur un réseau complet

3 AUTOMATISATION DU RESEAU FERROVIAIRE (MODELES REDUITS)

3.1 ZONES DE RALENTISSEMENT ET ZONES D'ARRÊT

Le chapitre 2 a abordé la notion de cantons.

Le chapitre 3 aborde maintenant la notion de zone, qui est une subdivision du canton nécessaire en vue du contrôle automatique du réseau.

Cantons et signaux sont suffisants au niveau de la simulation du réseau.

Les zones (et les détecteurs qui les délimitent) sont indispensables dans la phase de pilotage réel du réseau.

3.1.1 ANALOGIE AVEC LES TRAINS REELS

Nous avons vu (section 2-1) que, pour les trains réels, il y a deux types principaux de "block-systems":

- le bloc automatique lumineux (BAL).
- le bloc automatique à permissivité restreinte (BAPR), qui est utilisé pour les voies à trafic modéré, et avec des cantons plus longs.

3.1.1.1 CAS D'UNE VOIE A SENS UNIQUE DE TYPE BAPR

La figure suivante reprend la figure 2-3 de la section 2-1-4

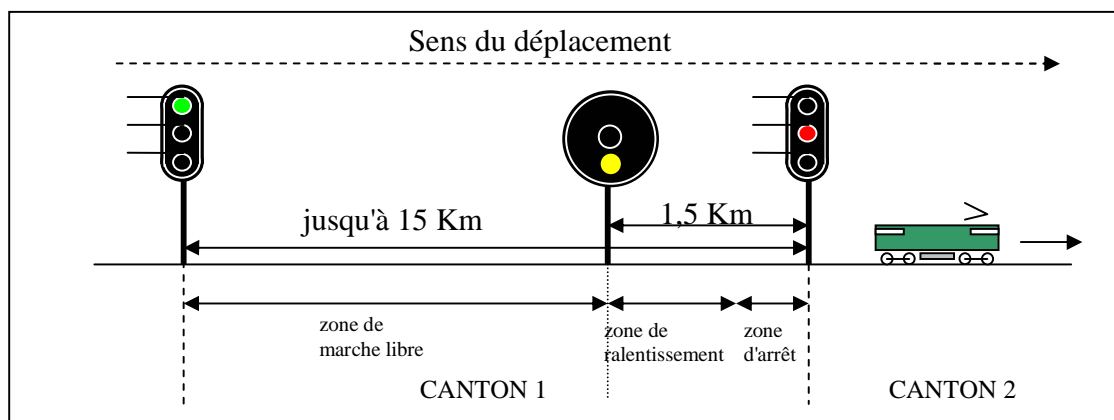


Figure 3-1: les 3 zones d'un canton BAPR.

Un canton BAPR se subdivise en 3 zones:

- la zone de marche libre, entre le signal de début de canton, et le disque d'avertissement,
- la zone de ralentissement, à partir du disque d'avertissement,
- la zone d'arrêt, qui n'est pas vraiment matérialisée, mais qui correspond au moment où le conducteur arrive en vue du sémaphore, et stoppe son train.

3.1.1.2 CAS D'UNE VOIE A SENS UNIQUE DE TYPE BAL

A la différence d'un canton de BAPR, le signal d'entrée de canton BAL gère aussi l'état d'avertissement (ralentissement), en plus des fonctions de voie libre et de sémaphore. En conséquence, si le signal d'entrée est en mode avertissement, le ralentissement commence dès le début du canton.

Un canton BAL ne se subdivise donc qu'en deux zones:

- la zone de ralentissement,
- la zone d'arrêt.

3.1.2 LES ZONES EN MODELISME FERROVIAIRE

Les deux modèles de cantons (BAPR et BAL) peuvent être transposés en modélisme, en vu de l'automatisation des réseaux.

Le mode BAPR (3 zones) s'utilise plutôt pour les très grands réseaux, et aussi lorsque l'automatisation n'est pas géré pas PC, car l'interconnexion des modules de contrôle est plus simple dans cette configuration.

Dans ce document, plutôt orienté vers le contrôle par PC, on n'examinera que le modèle BAL, qui permet un trafic plus important (avec des cantons plus courts). L'inconvénient pour les grands réseaux est que l'approche BAL + cantons courts consomme plus de modules électroniques que l'approche BAPR.

3.1.2.1 SCHEMA DE BASE

Le schéma de base des zones à l'intérieur d'un canton est montré par la figure 3-2 dans le cas de deux voies à sens unique, et par la figure 3-3 dans le cas d'une voie à double sens de circulation.

Chaque canton comporte donc une zone de ralentissement et une zone d'arrêt. Dans le cas de la voie à double sens, il y a donc une zone de ralentissement et une zone d'arrêt pour chaque sens de circulation.

Les frontières entre les différentes zones sont matérialisées par les traits bleus sur les deux figures. On voit que les frontières de cantons sont aussi (bien sûr) des frontières de

zones, et qu'il y a une frontière de zone supplémentaire, à l'intérieur du canton, pour chaque sens de circulation.

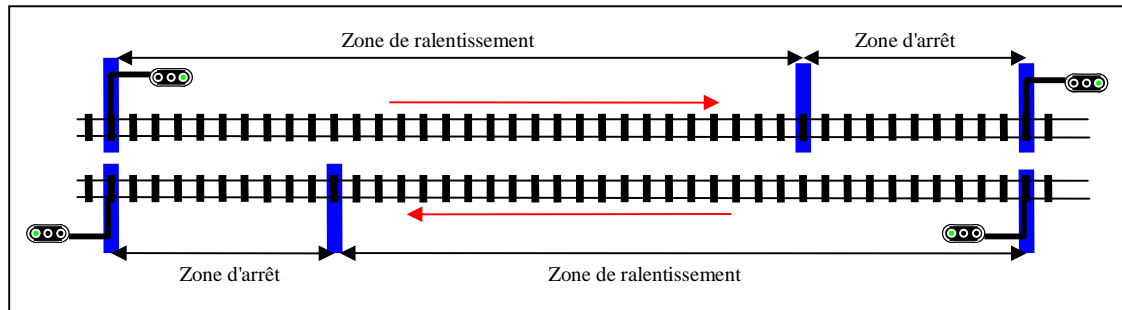


Figure 3-2 Configuration standard des zones à l'intérieur d'un canton, dans le cas de voies à sens unique.

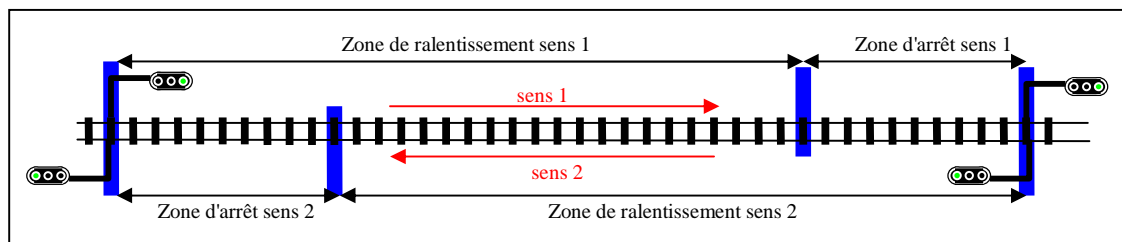


Figure 3-3: Configuration standard des zones à l'intérieur d'un canton, dans le cas d'une voie à double sens de circulation.

En pratique, à chaque fois qu'un train franchira une de ces limites, l'automate ou logiciel devra en être averti: d'où la nécessité de placer un détecteur (section 3-3) sur chacune de ces limites. Dans le cas d'un contrôle par logiciel, l'information de passage ou présence du train est envoyée vers le PC via le bus de **rétrosignalisation**: les plus connus sont le bus S88, et le RS de Lenz.

Dans le cas où l'on utilise des détecteurs par mesure de courant, il faudra faire une coupure sur un des deux rails à l'emplacement de la limite de zone.

En résumé, donc, pour la configuration de base, il y a deux frontières de zones par canton mono-directionnel, et trois frontières de zones par canton bi-directionnel.

3.1.2.2 VARIANTES PAR RAPPORT AU SCHEMA DE BASE

Le schéma de base exposé dans la section précédente est la solution "passe-partout" qui permet de s'adapter à tout type de contrôle, analogique ou digital, contrôlé ou non par PC.

Mais il existe des variantes à partir de ce schéma, en fonction des caractéristiques.

Ces variantes concernent:

- la longueur de la zone d'arrêt,
- l'existence ou non de la zone d'arrêt (ou plus exactement de la matérialisation de la frontière de zone d'arrêt par un détecteur).

3.1.2.2.1 *Longueur de la zone d'arrêt*

La zone d'arrêt a une longueur comprise en 20 cm et 60 cm en HO.

Zone d'arrêt courte

Il est possible de choisir une longueur d'arrêt courte (20-30 cm en HO) si l'automate de contrôle provoque l'arrêt immédiat (sans inertie) du train dès qu'il atteint le détecteur de la zone d'arrêt.

Zone d'arrêt normale

Si l'automate fait un arrêt de train avec inertie, alors la longueur des zones d'arrêt doit être calculée en fonction de la vitesse réduite de la zone de ralentissement qui précède, et de l'inertie programmée pour le train. En pratique, ces zones doivent alors avoir une longueur au moins égale à 45 cm. les valeurs courantes sont 45 - 60 cm.

3.1.2.2.2 *Suppression de la zone d'arrêt*

Certains logiciels de contrôle sont capables de connaître la distance qui sépare le train de la fin du canton. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de placer un détecteur au début de la zone d'arrêt. C'est le logiciel lui-même qui gère la décélération du train de façon à ce qu'il s'arrête à temps.

C'est le cas pour les logiciels:

- Railroad Train Controller (RRTC)
- CDM-Rail

Cette approche permet de ne placer les détecteurs qu'aux frontières de canton, ce qui permet une économie substantielle sur les modules électronique de détection, qui représente la majeure partie du coût d'automatisation du réseau. Quasiment, cela divise le budget par deux, puisqu'il n'y a plus en moyenne qu'un détecteur par canton au lieu de deux.

Par contre, cette approche n'est possible qu'à condition de calibrer très précisément la vitesse de chaque train, et d'utiliser des décodeurs à compensation de charge, seuls capables de garantir un régularité de fonctionnement suffisante.

Note:

CDM-Rail et RRTC sont aussi capables de gérer le détecteur intermédiaire de zone d'arrêt s'il existe. Dans le cas de CDM-Rail, il n'est pas alors vraiment considéré comme début de zone d'arrêt, mais comme un point de resynchronisation intermédiaire, pour remettre à jour la distance réelle jusqu'à la fin du canton. L'utilisation des ces détecteurs intermédiaires (encore une fois facultative pour ces logiciels) permet d'être moins exigeant au niveau de la calibration des trains, et de pouvoir s'accommoder de détecteurs moins performants (sans compensation de charge).

3.2 LES DIFFÉRENTS MODES DE DÉTECTION

Il existe plusieurs types de détection, qui entrent dans deux catégories:

- La détection de passage du train au moment où il franchit la frontière de zone.
- La détection de présence du train sur une zone.

Autant le dire tout-de-suite, la détection de présence du train sur une zone est en général considérée comme plus fiable. En effet, la détection de passage du train sur la frontière de zone est un évènement plus "fugitif", qui peut être manqué plus facilement que dans le cas de la détection de présence sur zone.

Dans la suite de ce chapitre, cinq types différents de détection sont (rapidement) présentés:

- détection par aimant et ILS,
- interruption d'un faisceau infra-rouge,
- réflexion d'un faisceau infra-rouge,
- détection de courant sur rail de zone isolée,
- détection de tension sur rail de zone isolée,

Bien que cette liste ne soit pas exhaustive, ce sont les cinq types les plus répandus.

Les trois premiers modes de détection sont plus simples de mise en oeuvre, car il ne nécessitent pas de pratiquer des coupures de rails pour isoler électriquement une zone de sa voisine.

A l'opposé, les deux dernières méthodes requièrent des coupures sur au moins un des deux rails de roulement, ce qui complique un peu la mise en oeuvre. Par contre, ces modes de détection (détection de courant, et détection de tension en 3 rails) sont réputés plus fiables que les autres modes.

3.2.1 DÉTECTION PAR AIMANT ET I.L.S.

I.L.S signifie interrupteur à lame souple. Il s'agit d'un contact métallique, sous ampoule de verre (environ 3 mm de diamètre et 2 cm de long), qui réagit lorsqu'un aimant est approché. Un autre nom donné à ce dispositif est "Relais Reed".

Il faut équiper chaque train de deux aimants: un à l'avant et un à l'arrière du train, pour la détection en marche avant et en marche arrière respectivement. Lors du passage d'un des aimants à proximité de l'ILS, le contact se ferme, ce qui permet de transmettre une information de détection au système de contrôle (par rétro-signalisation dans le cas d'un contrôle par logiciel).

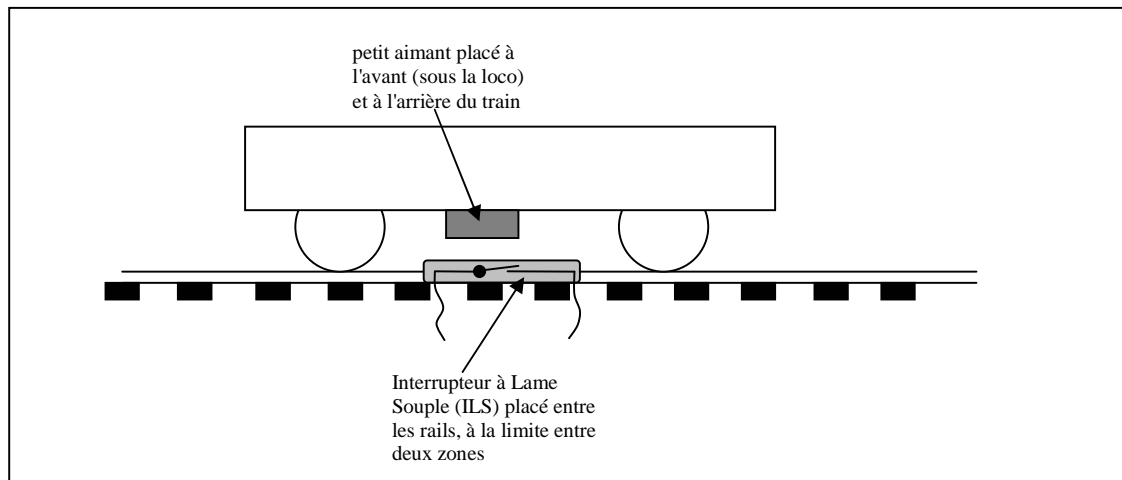


Figure 3-4 Détection par aimant et ILS

L'avantage de cette approche est qu'elle évite de grosses modifications des voies (pas de coupures sur les rails).

Ses inconvénients sont:

- Modification de tous les trains par ajout d'aimants. C'est assez simple à faire à l'échelle HO, mais souvent compliqué (voire impossible sur certaines locos) à l'échelle N.
- Risque de "ratage" de passage. L'évènement de passage de l'aimant est très court dans le temps, et peut donc être occasionnellement raté: un bon réglage de la distance aimant / ILS est indispensable.

3.2.2 DÉTECTION PAR INTERRUPTION D'UN FAISCEAU INFRA-ROUGE

Ce mode consiste à disposer une barrière infra-rouge, constituée par un émetteur et un récepteur infra-rouge, de façon à ce que le faisceau soit interrompu par le passage du train.

La figure suivante montre deux approches possibles.

- la partie gauche montre une barrière horizontale, où émetteur et récepteur sont de part et d'autre de la voie,
- la partie droite montre une barrière verticale où l'émetteur est au niveau de la voie (entre les traverses, et où le récepteur serait au-dessus de la voie).

Cette approche serait assez séduisante pour ce qui concerne la fiabilité de fonctionnement, puisque, contrairement à l'approche "aimant + ILS", la détection de passage se fait sur tout le train. On ne risque donc pas de rater l'évènement de passage.

Mais l'inconvénient évident est le manque de discrétion des émetteurs récepteurs, non pas en raison de leurs dimensions (ce sont souvent des cylindres de 0,5 mm x 1 cm), mais de leur supports.

Par contre, ce mode de détection peut être intéressant dans les zones cachées.

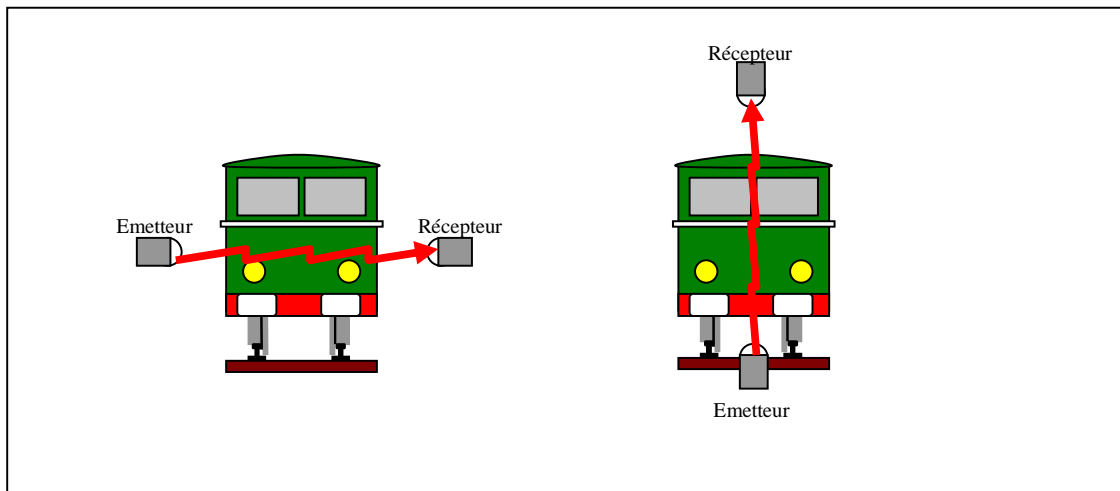


Figure 3-5 Détection par interruption d'un faisceau infra-rouge

3.2.3 DÉTECTION PAR RÉFLEXION D'UN FAISCEAU INFRA-ROUGE

Ce mode de détection repose, comme le précédent, sur l'utilisation d'un réseau infra-rouge. Par contre, au lieu d'interrompre une "barrière" infra-rouge, il s'agit ici de détecter le faisceau d'un émetteur situé entre les traverses, réfléchi sous le train.

En l'absence de train, il n'y a aucun faisceau réfléchi.

Quand un train passe, une partie du rayonnement infra-rouge de l'émetteur est renvoyé sur le récepteur.

Contrairement à la solution précédente (barrière infra-rouge), les émetteurs et récepteurs peuvent être relativement bien dissimulés dans le décor (en fait, dans le ballast de la voie).

La figure suivante montre deux approches possibles.

- Dans le premier cas (figure du haut), on exploite la réflexion sur le châssis du train, sans ajout de réflecteur.
L'avantage de cette approche est que la réflexion se fait sur tous les locos et wagons, et donc n'est pas "fugitive".
Mais l'inconvénient est que l'intensité du faisceau réfléchi est faible, et que par conséquent, le risque de parasitage (déclenchement spontané) en dehors du passage d'un train) est non négligeable.
- Dans le second cas (figure du bas), on ajoute un réflecteur au moins à l'avant de la loco et sur le dernier wagon, ce qui permet de réduire la sensibilité du récepteur, et donc le risque de déclenchement intempestif.
L'inconvénient est que l'on retombe sur des événements "fugitifs" (les passages de réflecteurs devant le faisceau).
Il est toutefois possible de limiter cet inconvénient en multipliant le nombre (ou la longueur) des zones réfléchissantes sous les locos et wagons.

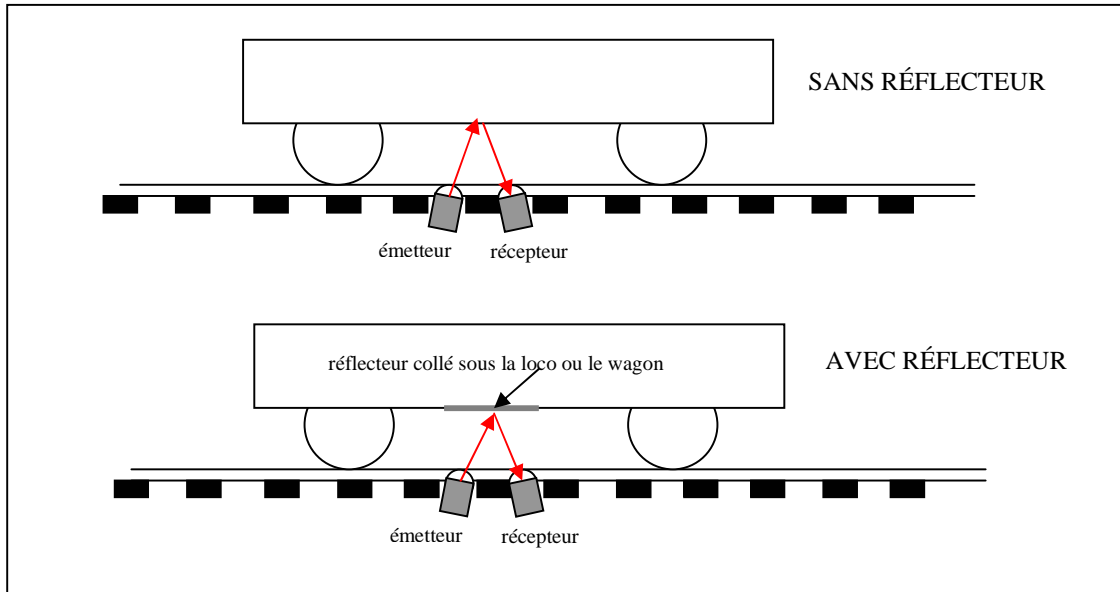


Figure 3-6 Détection par réflexion d'un faisceau infra-rouge

3.2.4 DÉTECTION PAR MESURE DU COURANT SUR RAIL ISOLÉ

Dans ce type de détection, l'un des deux rails est alimenté par l'intermédiaire d'un circuit électronique qui va permettre de mesurer si le courant sur la zone branchée à ce circuit dépasse un seuil donné.

La figure 3-7 montre le principe de cette mesure, dans le cas d'un système digital DCC (c'est exactement le même principe pour un système digital marklin).

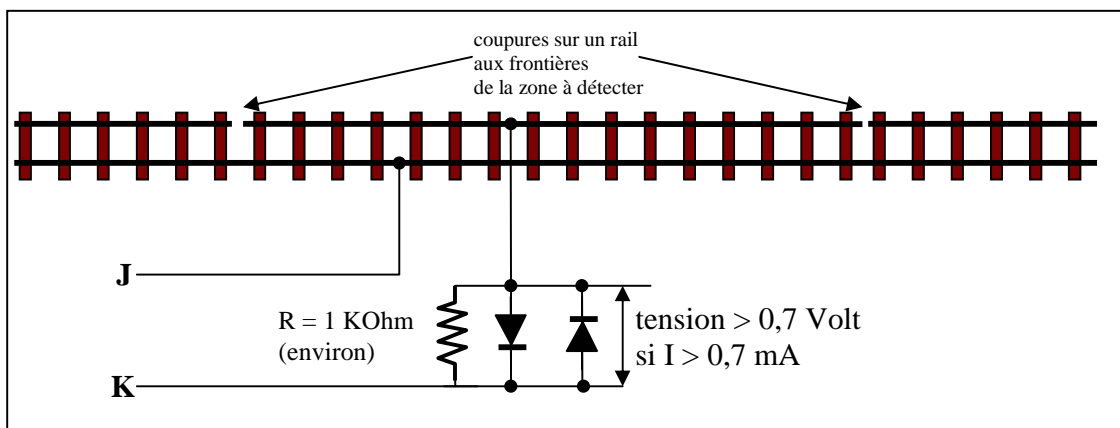


Figure 3-7 Détection par mesure du courant

Le courant (dans le fil "K", sur l'exemple, mais ça pourrait aussi bien être sur l'autre fil), passe dans le circuit constitué par deux diodes "tête-bêche", et une résistance en parallèle. Les deux diodes sont des diodes de puissance, capables de supporter tout le courant qui peut passer sur cette zone. Souvent, on utilise des diodes 3A, capables de supporter le

courant consommé par une unité de traction multiple (UM). Il faut une diode dans chaque sens, pour que le courant puisse passer dans les deux sens, puisque le signal digital est alternatif.

Lorsque le courant est inférieur à 0,5 mA, les diodes ne conduisent pas, tout le courant passe dans la résistance, et la tension aux bornes des diodes reste inférieure à 0,5V.

Si le courant dépasse 1mA, alors les diodes conduisent, et la tension aux bornes de l'ensemble est comprise entre 0,7V et 1V.

La passage d'une locomotive, ou même d'un essieu graphité suffit donc à faire monter la tension aux bornes des diodes au-dessus de 0,5V, ce qui est détecté par l'électronique du module (non représentée ici), et transmis au système de contrôle (par les bus de rétrosignalisation, RS ou S88, dans le cas d'un contrôle par PC).

Notes importantes:

1) Pour pouvoir mesurer le courant sur une zone, il est bien entendu indispensable que cette zone soit électriquement isolée de ses voisines. D'où la nécessité des **coupures de rails**.

2) l'isolation de la voie n'est nécessaire que sur un seul rail, pas sur les deux (sauf dans le cas particulier d'une boucle de retournement).

L'avantage de ce type de détection est que, comme la loco continue à être alimentée sur le tronçon isolé relié au détecteur, ce tronçon isolé peut être assez long, et par conséquent il y a peu de risques de "manquer" la détection. En pratique, la section isolée est la zone complète (ralentissement, arrêt) à surveiller.

3.2.5 DÉTECTION DE TENSION SUR RAIL ISOLÉ

Ce mode de détection est très souvent confondu avec le précédent. Mais le principe est fondamentalement différent, **du fait que l'alimentation de la loco ne passe plus par ce module de détection.**

Le principe consiste à isoler un tronçon de rail, et à le relier par l'intermédiaire d'une forte résistance (pour limiter le courant), au fil autre que celui auquel est connectée le reste de cette file de rail. Par exemple, sur la figure 3-8, la file de rail du haut est reliée au fil J, et le tronçon isolé devra être relié au fil K via la résistance de rappel.

- En l'absence de train, aucun courant ne parcourt la résistance, et la chute de tension sur cette résistance est donc nulle.
- En présence du train, le tronçon isolé est mis au potentiel du fil J par les roues de la locomotive, et donc, la tension aux bornes de la résistance est égale à la tension entre J et K, c'est-à-dire de l'ordre +/- 18 volts ou +/- 20 volts. Cette tension peut ensuite être exploitée pour piloter un opto-coupleur qui transmet le signal de détection.

Le gros problème de cette approche en 2 rails est que l'essieu qui établit le contact ne contribue plus à l'alimentation en courant de la loco. De ce fait, le captage de courant peut devenir problématique, surtout pour les locos avec peu d'essieux (locotracteurs, par exemple). Il est donc nécessaire de réduire au maximum la longueur de cette section, et alors, on tombe dans un problème de fiabilité de détection.

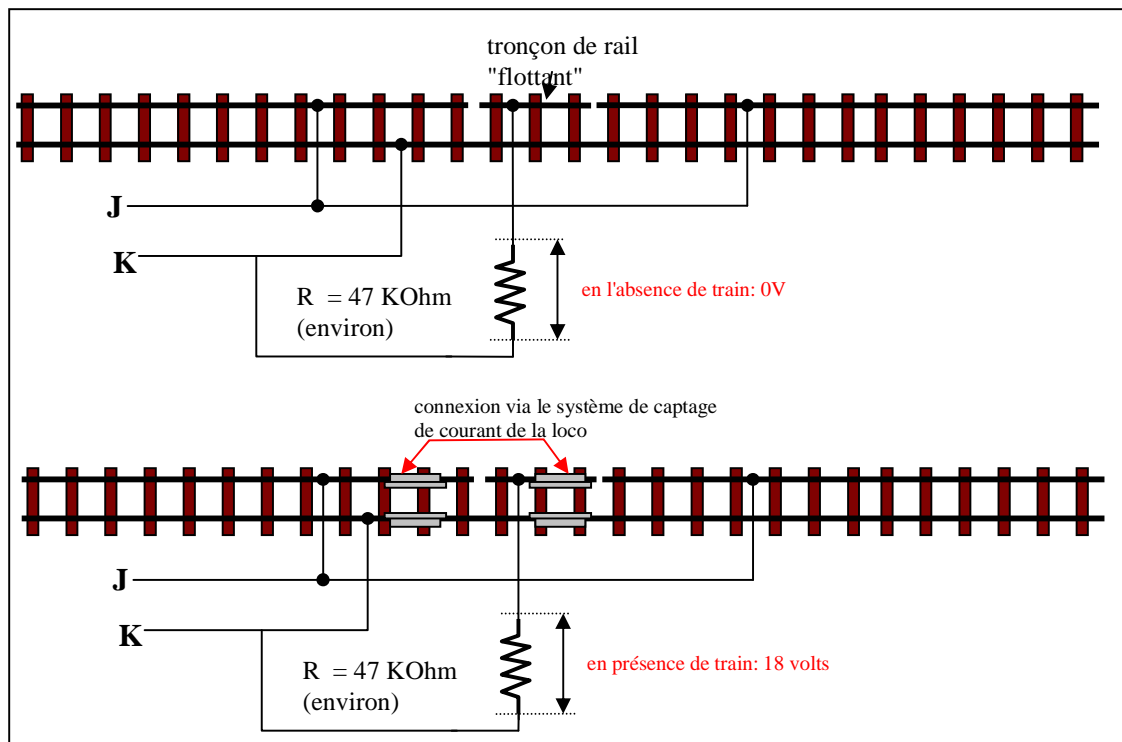


Figure 3-8: Détection de tension en 2 rails

La figure 3-9, montre la variante de ce montage dans le cas d'un système 3 rails.
 Dans ce cas, la mise au potentiel "J" du tronçon isolé se fait par l'intermédiaire de l'essieu non isolé.
 L'exemple repose sur un système DCC (fils J et K), mais le principe s'applique de la même façon à un système digital Marklin.

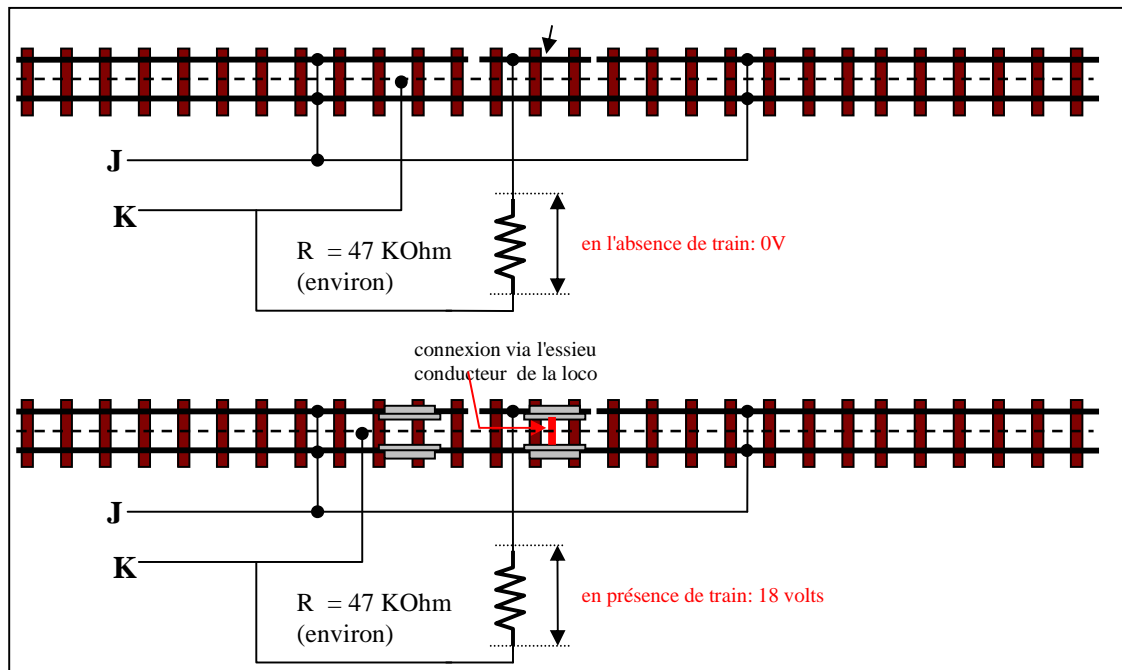


Figure 3-9: Détection de tension en 3 rails.

Mais la grosse différence par rapport au système 2 rails, est que **l'essieu qui établit le contact continue à capter le courant par l'autre file de rails**. On peut donc sans problème allonger la longueur de la section "flottante", et de ce fait revenir à une fiabilité très satisfaisante. En fait, ce mode de détection est pratiquement le meilleur compromis en 3 rails.

3.3 EMPLACEMENT DES DÉTECTEURS

3.4 EMPLACEMENT DES DÉTECTEURS EN PLEINE VOIE

3.5 EMPLACEMENT DES DÉTECTEURS EN ZONE D'AIGUILLAGES