



# Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis

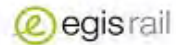


Dossier P-12-600-04

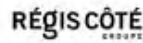
Consortium Tramway Québec-Lévis



SNC-LAVALIN



et ses partenaires



<b>Intitulé du document</b>
<b>2<sup>E</sup> SOUS-LIVRABLE 1.4</b>
<b>NOTE TECHNIQUE</b>
<b>SIGNALISATION FERROVIAIRE</b>

<b>Numéro du document</b>	<b>Révision</b>
<b>610879-0400-4SEN-0001</b>	00



**PRINCIPAUX COLLABORATEURS AU RAPPORT :****Gérard FARIZON****Pascal CHOVIN****VÉRIFIÉ PAR : Pascal CHOVIN**  

---

**APPROUVÉ PAR : André Gendreau**  

---

Numéro du document :		610879-0400-4SEN-0001
Rev.	Date	Type de relâche
PA	2013/03/28	Édition préliminaire pour commentaires internes
PB	2013/04/30	Émission préliminaire au RTC
00	2013/07/10	Émission finale au RTC incluant les commentaires RTC



## TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE .....	8
DÉFINITIONS .....	9
<b>1 INTRODUCTION .....</b>	<b>11</b>
1.1 PRINCIPE DE MARCHE DES TRAMWAYS .....	12
<b>2 ASPECT FONCTIONNEL .....</b>	<b>13</b>
2.1 OBJECTIFS .....	13
2.2 SIGNALISATION DE MANOEUVRE .....	13
2.2.1 Signalisation à commande d'itinéraires .....	13
2.3 FONCTIONS PRINCIPALES .....	16
2.3.1 Commande des itinéraires en ligne .....	16
2.3.2 Commande manuelle des aiguilles.....	17
2.3.3 Commande des itinéraires dans le Centre d'Exploitation et d'Entretien .....	17
2.3.4 Espacement des rames (dans les zones d'espacement).....	18
2.3.5 Détecter la présence des rames de tramway .....	18
2.3.6 Autoriser les mouvements au moyen de signaux d'itinéraire .....	18
2.3.7 Contrôle du preset de la signalisation par les conducteurs.....	18
2.3.8 Supervision .....	19
2.4 SYNTHÈSE DES FONCTIONS DE SIGNALISATION.....	21
<b>3 ASPECTS TECHNOLOGIQUES.....</b>	<b>22</b>
3.1 ARCHITECTURE DU SYSTÈME.....	22
3.2 LES ÉQUIPEMENTS EN LIGNE .....	23
3.2.1 Les systèmes de détection sécuritaire .....	23
3.2.2 Les signaux.....	27
3.2.3 Les boucles enterrées .....	28
3.2.4 Les dispositifs associés aux aiguillages .....	29
3.2.5 Les boîtiers de commande d'itinéraire à pied d'oeuvre.....	29
3.2.6 Armoires et coffrets sur site .....	29
3.2.7 Les panneaux .....	30
3.3 LES ÉQUIPEMENTS DES LOCAUX TECHNIQUES .....	31
3.3.1 Automatismes locaux.....	32
3.3.2 Autres équipements.....	32
3.3.3 Locaux techniques.....	33

3.4	LES ÉQUIPEMENTS EMBARQUÉS .....	33
3.5	LES SYSTÈMES CENTRAUX SIGNALISATION FERROVIAIRE .....	34
<b>4</b>	<b>FONCTIONNEMENT DES DIFFÉRENTES ZONES DE MANŒUVRES.....</b>	<b>37</b>
4.1	PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES.....	37
4.2	TERMINUS .....	37
4.2.1	Terminus EST.....	37
4.2.2	Terminus OUEST .....	39
4.2.3	Terminus SUD .....	39
4.2.4	Terminus NORD .....	41
4.2.5	Terminus partiel.....	41
4.3	CROISEMENT DE LIGNES .....	41
4.4	ACCÈS AU CENTRE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN.....	42
4.5	CENTRE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN.....	43
4.6	TUNNEL SUR LA BRANCHE SUD.....	43

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Synoptique général signalisation tramway .....	11
Figure 2 :	Synoptique type d'une zone de manœuvre .....	15
Figure 3 :	Dispositif de télécommande d'aiguille depuis le tramway.....	17
Figure 4 :	Architecture générale du système signalisation ferroviaire .....	22
Figure 5 :	Extrait norme EN 50129 - Tableau des niveaux d'intégrité de la sécurité SIL .....	23
Figure 6 :	Schéma de principe d'un circuit de voie tramway .....	24
Figure 7 :	Schéma de connexion aux rails d'un circuit de voie tramway .....	24
Figure 8 :	Photo de connexion aux rails d'un circuit de voie tramway .....	24
Figure 9 :	Principe de positionnement des circuits de voie pour une communication .....	25
Figure 10 :	Schéma de principe avec compteurs d'essieux .....	25
Figure 11 :	Photos de compteurs d'essieux.....	25
Figure 12 :	Photo d'un équipement barrière optique .....	26
Figure 13 :	Exemple d'aspect des signaux.....	27

Figure 14 : Photo avec un indicateur de position d'aiguille (en haut) et un signal rouge/vert .....	28
Figure 15 : Photo d'une boucle avant réalisation du revêtement de plateforme.....	28
Figure 16 : Photo d'un boîtier de commande d'itinéraire à pied d'œuvre .....	29
Figure 17 : Photo d'un coffret sur site.....	30
Figure 18 : Photo d'un panneau de limitation de vitesse fixé sur une console LAC.....	30
Figure 19 : Photo d'un panneau de limitation de vitesse fixé sur poteau.....	31
Figure 20 : Photo d'un panneau de zone de télécommande .....	31
Figure 21 : Photo des boutons de commande d'une cabine de conduite.....	33
Figure 22 : Photo d'une antenne installée sous la rame .....	34
Figure 23 : Exemple d'imagerie d'un CEE + zone d'injection sur la ligne (Tramway de Montpellier) .....	36
Figure 24 : Schéma de principe terminus EST .....	38
Figure 25 : Schéma de principe pour le terminus SUD, arrière-gare long avec communication croisée.....	39
Figure 26 : Schéma de principe pour le terminus SUD, arrière-gare long.....	40
Figure 27 : Schéma de principe pour le terminus SUD, arrière-gare médian, communication croisée .....	40
Figure 28 : Schéma de principe pour le terminus SUD, arrière-gare court.....	40
Figure 29 : Schéma de principe pour le terminus SUD, arrière-gare médian.....	41
Figure 30 : Schéma de principe accès au CEE .....	42
Figure 31 : Exemple de cantonnement en tunnel - Tramway Nice ligne 2 (En étude) .....	44
Figure 32 : Exemple de cantonnement en tunnel - Tramway de Strasbourg (En exploitation).....	45

Glossaire et définitions

## GLOSSAIRE

Abréviations	Définitions
Ag	Aiguillage
API	Automate Programmable Industriel
BS	Boîtier de Secours
BT	Basse tension
CdVc	Circuit de voie
CEE	Centre d'exploitation et d'entretien
DAAT	Dispositif d'arrêt automatique du train
GLO	Gabarit Limite d'Obstacle
GTC	Gestion Technique Centralisée
IHM	Interface Homme Machine
LM	Limite de manœuvre
PCC Tramway	Poste de commande centralisée du tramway
RTC	Réseau de transport de la Capitale
SAEIV	Système d'Aide à l'Exploitation et à l'Information Voyageurs
SIL	Niveau d'intégrité de la sécurité
ST Lévis	Société de transport de Lévis
TC	Transport en commun
TIV	Tableau d'indication de vitesse
TNR	Talonnable non renversable (concerne un appareil de voie)
TOR	Information Tout ou Rien
VU	Voie unique
ZF	Zone fictive



## DÉFINITIONS

Centre d'échange :	Point de convergence et d'échange des usagers du tramway avec le réseau d'autobus ou avec tout autre mode de transport; le centre d'échange peut être un terminus d'autobus, un stationnement incitatif pour automobiles, un stationnement pour un système d'auto-partage, un stationnement pour vélo ou un regroupement total ou partiel de toutes ces fonctions.
Corridor :	Délimitation géographique d'une largeur totale de 1 km environ et dont les extrémités sont fixées.
Ligne de tramway :	axe opérationnel (défini avec un horaire d'opération) utilisant une partie, un ou plusieurs tracé(s) (infrastructures) spécifiquement aménagé(s) pour le tramway.
Service complet	La rame de tramway effectue un trajet complet de la ligne d'un terminus jusqu'à l'autre terminus.
Service partiel	La rame de tramway effectue un trajet partiel sur la ligne, jusqu'à une station terminus partiel, aménagée pour permettre le retournement d'une rame en exploitation nominale. Un service partiel est utilisé par exemple avec une rame sur 2 effectuant un retournement.
Service provisoire	Service mis en œuvre en cas d'incident sur une portion de ligne.
Signalisation lumineuse routière	Ensemble des équipements de gestion des carrefours permettant de franchir ceux-ci en sécurité. Il est à noter que, pour les tramways modernes, ce système comporte des dispositifs favorisant la priorité des tramways aux carrefours et donc la marche de ceux-ci (amélioration de la vitesse commerciale).
Signalisation ferroviaire de manœuvre	Ensemble des équipements permettant le contrôle / commande des aiguilles et fournissant aux conducteurs les indications permettant de franchir en sécurité les aiguilles de communication.
Signalisation ferroviaire d'espacement	Ensemble des équipements fournissant des indications permettant au conducteur d'accéder à certaines zones et/ou de se déplacer sur ces zones à des vitesses supérieures à celles permises par la visibilité devant la rame. La signalisation d'espacement est peu utilisée en tramway, cependant dans certaines zones à visibilité réduite (tunnel, courbes, etc.) ou particulières (voie unique, pont n'acceptant qu'une seule rame, etc.), ce système est mis en place.
Signalisation de limitation de vitesse	Ensemble des panneaux et indicateur permettant au conducteur de régler la vitesse de la rame pour des raisons de sécurité et de confort voyageurs (panneau de limitation de vitesse, etc.).
Site propre :	Les voies du tramway sont exclusivement utilisées par le tramway.
Site mixte :	Une des deux voies du tramway est utilisée par les véhicules particuliers (VP, PL, BUS).
Site banal :	Les deux voies du tramway sont utilisées par les véhicules particuliers.

Station :	Point d'embarquement ou de débarquement des usagers du tramway le long du tracé.
Terminus	Extrémité d'une ligne.
Terminus partiel	Station avec un aménagement permettant le retournement de rame de tramway en exploitation nominale.
Tracé :	Infrastructures spécifiques et nécessaires pour l'opération du tramway.

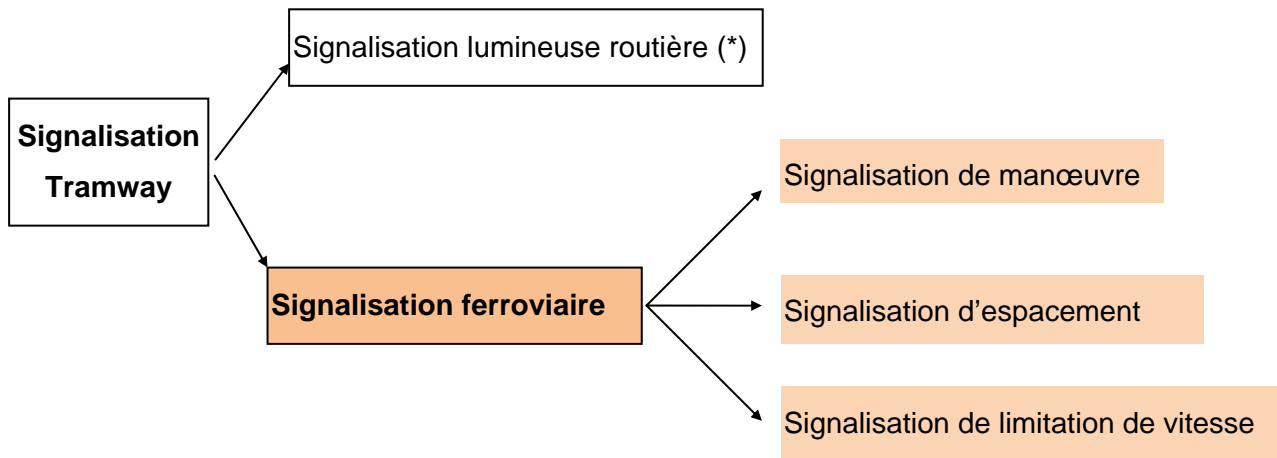
# 1 INTRODUCTION

Chaque conducteur de tramway est responsable de la marche de son véhicule et notamment :

- de la sécurité, par rapport aux autres rames;
- de la sécurité par rapport à d'éventuels obstacles sur la voie (piétons, véhicules divers, etc.);
- de la sécurité lors du franchissement des zones d'aiguillage;
- de l'adaptation de la marche par rapport au profil de la voie et de ce fait :
  - du confort et de la sécurité des voyageurs dans le véhicule;
  - de la sécurité du tramway.

Pour cela, il a été mis en place un certain nombre de dispositifs et de systèmes lui permettant de piloter son véhicule en sécurité. Un de ces ensembles constitue la « signalisation tramway ».

Cet ensemble se décompose comme suit :



(\*) est traité dans le 4<sup>e</sup> sous-livrable 1.4

Figure 1 : Synoptique général signalisation tramway

## 1.1 PRINCIPE DE MARCHE DES TRAMWAYS

La circulation des rames en exploitation commerciale s'effectue à droite.

Le tramway circule principalement en site propre.

Le principe de conduite d'un tramway est, du fait de son insertion urbaine, généralement la marche à vue.

Le principe de marche à vue consiste à régler la vitesse de déplacement en fonction de la distance de visibilité située en aval. En fait, si l'on considère qu'une rame peut rencontrer un obstacle immédiatement après cette distance de visibilité, il doit être possible de l'arrêter avant la collision.

Il en découle que la vitesse de marche est très réduite lorsque la distance de visibilité est faible. Pour des raisons de vitesse commerciale, une signalisation d'espacement peut être mise en place (cela suppose que le tramway circule en site protégé sans autre véhicule ou piéton; tunnel dédié au tramway par exemple).

## 2 ASPECT FONCTIONNEL

### 2.1 OBJECTIFS

La signalisation ferroviaire tramway à plusieurs objectifs :

- permettre le mouvement des trains en sécurité sur les zones d'aiguillage (signalisation de manœuvre), pour cela il faut assurer :
  - la gestion des incompatibilités de mouvements;
  - l'enclenchement des aiguilles;
- gérer l'espacement des rames de tramways dans les zones à faible visibilité (signalisation d'espacement);
- contribuer à l'optimisation de la gestion des mouvements des tramways pour faciliter et rendre efficace l'exploitation (commande automatique des itinéraires, supervision du déplacement des trains et de l'état des équipements de signalisation).

Les deux premiers objectifs sont liés à la sécurité.

### 2.2 SIGNALISATION DE MANOEUVRE

Comme cela est décrit au paragraphe précédent, la signalisation ferroviaire est mise en œuvre sur les zones de manœuvres telles que les terminus, les embranchements, les services renforcés, etc., pour permettre le contrôle commande des itinéraires (\*) sur ces zones.

Ce système peut être :

- une signalisation à commande d'itinéraires, qui assure à la fois l'enclenchement des aiguilles, l'enclenchement de l'itinéraire avant l'autorisation, et la gestion des incompatibilités de mouvement des rames;
- une signalisation à commande d'aiguille qui assure uniquement l'enclenchement des aiguilles. La gestion des incompatibilités de mouvement est alors réalisée par le conducteur (priorité à droite, etc.) ce qui limite la vitesse des rames (~10km /h).

Ce principe est parfois mis en œuvre dans des zones très fréquentées (plus performant que la signalisation à commande d'itinéraires dans ce cas)

Ce type de signalisation (plus simple que le précédent) n'est pas analysé dans le présent document.

**(\*) Itinéraire :** C'est un « parcours » élémentaire qui permet à une rame de passer d'un point X à un point Y en franchissant un signal d'itinéraire (voir schéma ci-dessous).

#### 2.2.1 Signalisation à commande d'itinéraires

Une signalisation à commande d'itinéraire consiste à gérer le contrôle commande des éléments permettant d'effectuer ces parcours, soit :

- gérer les incompatibilités avec les autres itinéraires afin d'éviter les conflits de mouvements entre les rames de tramways :

- nez-à-nez : rencontre frontale de sens opposé entre deux tramways;
- prise en écharpe : risque de collisions par cisaillement ou convergence;
- gérer les enclenchements des aiguilles;
- un itinéraire n'est autorisé à être parcouru que si les appareils de voies concernés par cet itinéraire sont :
  - contrôlés : le collage des lames de l'appareil de voie est bien réalisé, afin d'éviter tout risque de déraillement;
  - verrouillés : leur manœuvre accidentelle est rendue impossible tant que l'itinéraire n'est pas entièrement parcouru;
- gérer l'autorisation de parcours de l'itinéraire (signal d'itinéraire) : lorsque toutes les conditions de parcours sont obtenues, le signal d'itinéraire passe au vert autorisant ainsi le parcours.

La figure ci-dessous représente une zone de manœuvres en ligne comportant une communication permettant aux rames de se retourner soit sur V1 soit sur V2. C'est une zone à 4 itinéraires :

- en service normal, 2 itinéraires : A → B (signal S1) et C → D (signal S2)
- en retournement sur V2, 1 itinéraire supplémentaire : A → C (signal S1)
- en retournement sur V1, 1 itinéraire supplémentaire : C → A (signal S2)

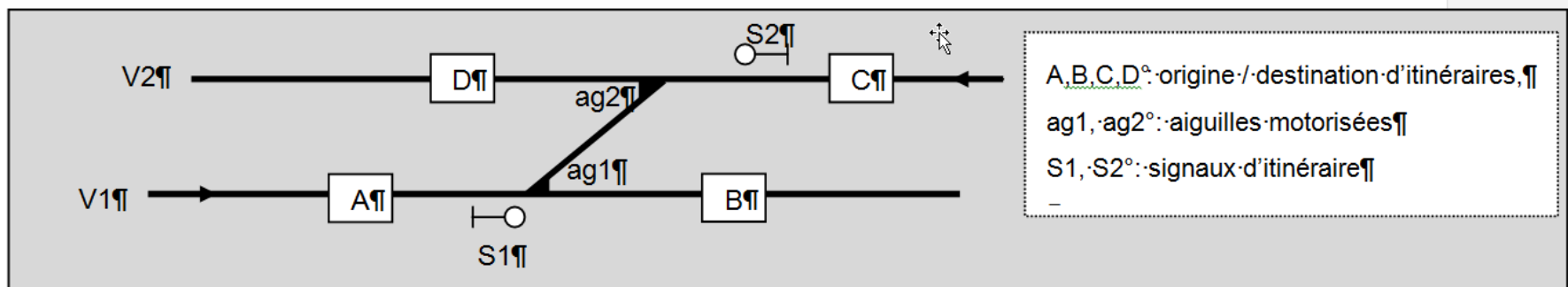


Figure 2 : Synoptique type d'une zone de manœuvre

Le tableau suivant donne la liste d'incompatibilité des itinéraires

Itinéraires <sup>α</sup>	A → B <sup>α</sup>	C → D <sup>α</sup>	A → C <sup>α</sup>	C → A <sup>α</sup>
A → B <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>	α	X <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>
C → D <sup>α</sup>	α	X <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>
A → C <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>
C → A <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>	X <sup>α</sup>

Le cycle de gestion d'itinéraire peut se résumer de la façon suivante :

- la commande de l'itinéraire (y compris l'enregistrement);
- la formation de l'itinéraire (basculement des aiguilles, etc.);
- l'autorisation (signal passe au vert);
- le parcours de l'itinéraire par la rame;
- la destruction de l'itinéraire (fin du cycle) :
  - réalisée de façon automatique par le train;
  - pouvant être réalisée manuellement (depuis le PCC ou à pied d'œuvre).

## 2.3 FONCTIONS PRINCIPALES

Le système mis en place assure les fonctions suivantes :

- gérer les itinéraires;
- commander et contrôler la position des aiguillages motorisés;
- assurer l'espacement des rames (dans les zones d'espacement);
- détecter la présence des rames de tramway;
- autoriser les mouvements des rames au moyen de signaux d'itinéraires (y compris les indicateurs de direction);
- éventuellement, contrôler le respect de la signalisation par le conducteur;
- superviser les installations de signalisation :
  - visualiser depuis le PCC l'état des différentes zones de manœuvre et visualiser d'éventuelles alarmes,
  - gérer depuis le PCC les mouvements des rames de tramway dans le(s) dépôt(s) ainsi que les mouvements d'entrée/sortie en ligne.

### 2.3.1 Commande des itinéraires en ligne

En ligne, la commande des itinéraires peut être réalisée :

- soit de façon automatique;
- soit par le conducteur de la rame de tramway à partir de leur pupitre de conduite par deux boutons - poussoirs (droite/gauche), via un équipement électronique embarqué spécifique à la signalisation ferroviaire;
- soit à partir d'un boîtier de commande à pied d'œuvre.

#### Commande automatique

Il s'agit :

- des itinéraires permanents qui sont commandés automatiquement après qu'ils aient été parcourus. Ces itinéraires sont détruits lorsqu'un itinéraire incompatible est commandé.
- des itinéraires qui se tracent automatiquement lorsqu'une rame est détectée. Ceci est notamment dans les cycles d'itinéraires mis en place dans les terminus.
- dans certains cas, une télécommande peut être envoyée directement depuis la rame en utilisant le dispositif de télécommande de la rame. Cette télécommande



est pilotée par le SAE qui, en fonction de la destination du tramway connue du SAE, va commander l'itinéraire qui lui convient.

### Commande manuelle

Depuis la rame, c'est le conducteur qui effectue la télécommande des itinéraires depuis son pupitre par la liaison train/sol. À partir de cette information, les équipements de signalisation embarqués transmettent par liaison train/sol les ordres de commande droite, gauche ou tout droit des aiguilles rencontrées sur le parcours.

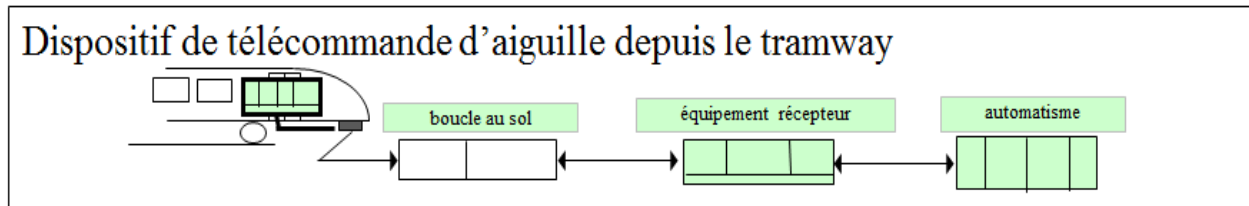


Figure 3 : Dispositif de télécommande d'aiguille depuis le tramway

Ce dispositif comporte :

- des équipements embarqués qui sont pilotés depuis le pupitre conducteur;
- une télécommande (appui par le conducteur sur un bouton poussoir (gauche, tout droit, droite) est :
  - envoyée par l'équipement embarqué à une boucle au sol;
  - décodée par un équipement récepteur;
  - transmise à l'automatisme de signalisation qui va alors commander l'itinéraire correspondant;
- depuis un boîtier de commande à pied d'œuvre (souvent fixé sur le mat du signal d'itinéraire).

### 2.3.2 Commande manuelle des aiguilles

En mode dégradé extrême (impossibilité de commande des itinéraires), les aiguilles sont manœuvrées manuellement.

### 2.3.3 Commande des itinéraires dans le Centre d'Exploitation et d'Entretien

Contrairement à la ligne, dans le Centre d'Exploitation et d'Entretien, la commande des itinéraires n'est pas effectuée par le conducteur mais par un régulateur au Poste de Commande Centralisé, opérateur qui a une vision globale des déplacements sur le site.

Le régulateur dispose, à cet effet, d'un poste de travail disposant d'un écran graphique lui permettant de commander dans le dépôt l'itinéraire choisi, par l'intermédiaire d'un système pointage en choisissant l'origine et la destination du mouvement.

Dans le CEE, le conducteur est informé de l'autorisation de parcours et de sa destination, au moyen de signaux et d'indicateurs de destination.

### 2.3.4 Espacement des rames (dans les zones d'espacement)

Assurer par une signalisation d'espacement dite « à canton fixe (fix block) ». La partie du réseau considérée est découpée en différentes zones (les cantons). L'accès à un canton est seulement autorisé si celui-ci n'est pas occupé par une autre rame. Le dispositif de détection de rame le plus adapté dans ce cas est le compteur d'essieux (voir description des équipements §3.2.1). La détection par circuit de voie est également possible.

### 2.3.5 Détecter la présence des rames de tramway

#### Détection sécuritaire

C'est une fonction utilisée par les autres fonctions de signalisation (gestion d'itinéraires, enclenchement d'aiguilles, etc.). Il s'agit de détecter les tramways et uniquement les tramways avec une probabilité d'erreur compatible avec le niveau de sécurité des fonctions de sécurité associées.

Les dispositifs de détection fournissent une information « Tout Ou Rien » (TOR) représentatif de l'état « occupée ou libre » de la zone considérée.

Ces dispositifs sont décrits dans le chapitre « Aspects technologiques ».

#### Détection non sécuritaire

Essentiellement utilisée pour détecter les rames au remisage et quelque fois en ligne.

Ces dispositifs sont décrits dans le chapitre « Aspects technologiques ».

### 2.3.6 Autoriser les mouvements au moyen de signaux d'itinéraire

Réaliser à l'aide des signaux décrits dans le chapitre « aspect technologique ».

Les signaux d'itinéraire englobent également les indicateurs de direction.

### 2.3.7 Contrôle du respect de la signalisation par les conducteurs

#### Surveillance du respect des signaux

Une détection de franchissement des signaux fermés est réalisée. Ceci se traduit par la remontée d'une alarme au PCC permettant ainsi de détecter ces infractions au règlement d'exploitation.

Cette fonction, très importante pour la sécurité, permet à l'exploitant de tirer les conséquences de ces infractions :

- amélioration de la formation;
- modification de la signalisation (mise en place de signaux d'annonce, etc.);
- sanctions.

## Contrôle automatique du respect de la signalisation

Cette fonction est uniquement mise en œuvre dans des cas particuliers où il est considéré que la sécurité ne peut pas reposer uniquement sur le conducteur.

Il s'agit d'installer des dispositifs qui en cas de non-respect de la signalisation vont :

- soit déclencher sur le terrain des alarmes visuelles et sonores avertissant le conducteur de son erreur;
- soit déclencher un arrêt d'urgence de la rame : dispositif d'arrêt automatique du train (DAAT).

Contrôle des signaux : ce sont les signaux dont le franchissement est jugé particulièrement critique comme :

- les signaux d'accès à une voie unique (risque d'affrontement à vitesse élevée),
- les signaux d'espacement (risque de rattrapage à vitesse élevée),
- etc.

Contrôle de la vitesse : dans certains cas (rares), la configuration de la ligne (forte pente, faible visibilité en tunnel, etc.) nécessite un tel dispositif : déclenchement d'un freinage si une vitesse seuil était dépassée.

### 2.3.8 Supervision

#### Supervision temps réel

Au PCC, un opérateur dispose d'un poste de travail lui permettant :

- de disposer des informations des zones signalisées en ligne et de la zone du dépôt;
- de commander les itinéraires de la zone du dépôt (voir ci-dessus).

À partir de l'écran de signalisation, le régulateur peut :

- sélectionner chaque zone signalisée;
- dans le Centre d'Exploitation et d'Entretien, tracer des itinéraires (y compris l'enregistrement) ou les détruire;
- suivre l'état de tous les équipements terrains soit :
  - les circuits de voie ou compteurs d'essieux (zone occupée ou libre);
  - la position des aiguilles;
  - l'aspect : des signaux, des indicateurs de direction, des indicateurs de destination;
  - les détecteurs de rames non sécuritaires : zone de remisage occupée;
  - etc.
- suivre l'état opérationnel (OK, défaut) des équipements centraux et locaux;
- visualiser les alarmes.

## Supervision temps différé

Afin d'aider le personnel d'exploitation et d'entretien, l'ensemble des informations au PCC sont enregistrées et consultables facilement.

Fonction historique : un outil peut être mis en œuvre permettant de « rejouer » sur un écran une séquence d'exploitation permettant d'analyser plus facilement une panne ou un incident d'exploitation.

## 2.4 SYNTHÈSE DES FONCTIONS DE SIGNALISATION

	Fonction	Caractéristique	Équipements impliqués (voir § aspects techniques)
Fs1	Contrôler, Commander et Enclencher les aiguilles	De sécurité	Équipements terrains, Automatismes (armoire ou local technique), Équipements embarqués
Fs2	Gérer les itinéraires (incompatibilité de mouvement)	De sécurité	Équipements terrains, Automatismes (armoire ou local technique)
Fs3	Assurer l'espacement des rames dans les zones équipées de cantons d'espacement	De sécurité	Équipements terrains, Automatismes (armoire ou local technique)
Fs4	Détecter la présence des rames	De sécurité	Équipements terrains : boucles, détecteurs d'essieux Équipements électroniques (en armoire ou en local technique)
Fs5	Autoriser les itinéraires (Commander les aiguilles et les signaux)	De sécurité	Équipements terrains : signaux Automatismes (armoire ou local technique)
Fs6	Permettre la supervision de la signalisation (y compris les commandes pour la zone « dépôt »)	Fonctionnel	Équipements terrains, Automatismes (armoire ou local technique), PCC
Fs7	Contrôler automatiquement le respect de la signalisation (*)		
	Fs7.1 surveillance du respect des signaux (alarme en cas de franchissement)	Fonctionnel	Équipements terrains, Automatismes (armoire ou local technique), PCC
	Fs7.2 contrôle automatique du respect de la signalisation (Assez rarement mise en œuvre)	De sécurité	Équipements terrains, Équipements embarqués

(\*) mis en œuvre uniquement dans des cas particuliers

### 3 ASPECTS TECHNOLOGIQUES

#### 3.1 ARCHITECTURE DU SYSTÈME

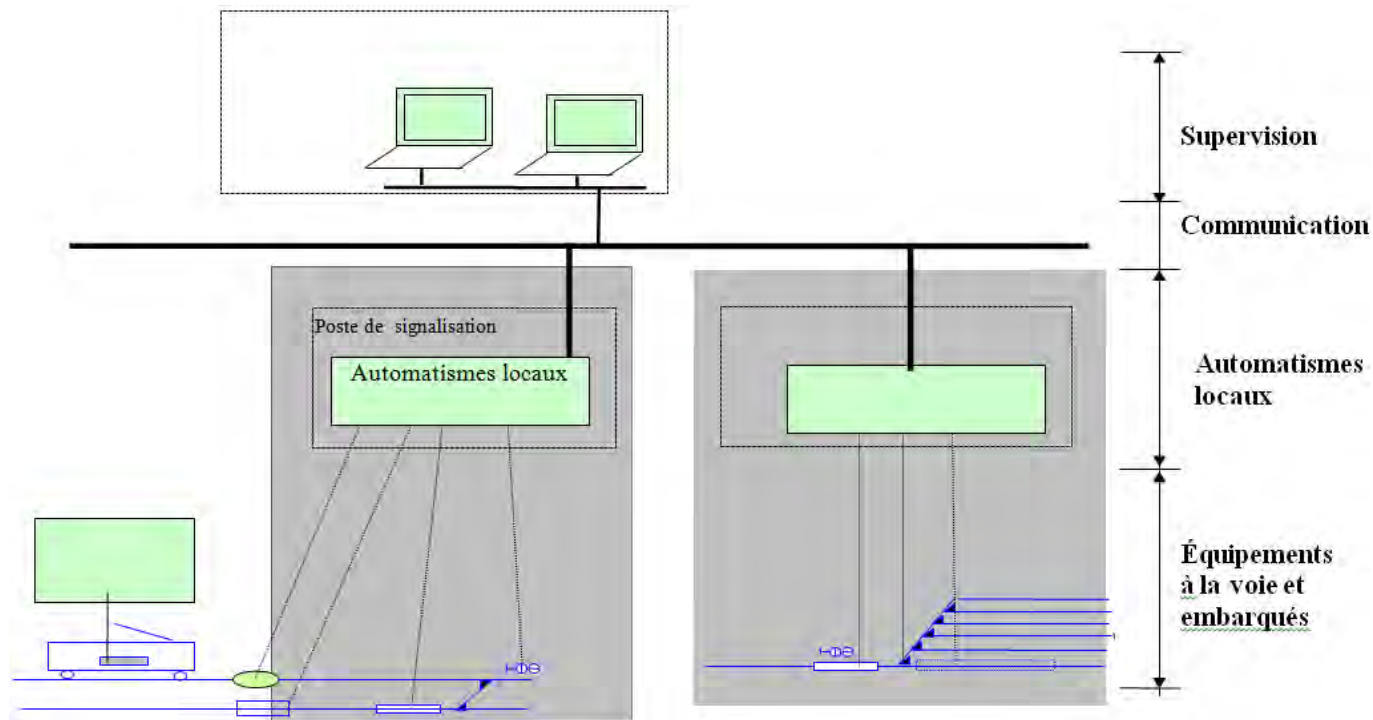


Figure 4 : Architecture générale du système signalisation ferroviaire

(\*) : L'architecture présentée ci-dessus est décentralisée : les équipements d'automatismes de signalisation sont entièrement localisés à proximité de la zone signalisée considérée, (en locaux techniques ou en armoires extérieures). Aujourd'hui certains constructeurs proposent des architectures centralisées composées d'un calculateur de sécurité situé au PCC et de cartes d'entrées / sorties déportées au niveau de chaque zone signalisée

## 3.2 LES ÉQUIPEMENTS EN LIGNE

Les équipements de signalisation ferroviaire en ligne sont :

- les systèmes de détection :
  - sécuritaires (Fs4) : circuits de voie ou de compteurs d'essieux et barrière optique de sécurité en dépôt;
  - non sécuritaires : il s'agit notamment des boucles de remisage réalisées à l'aide de boucles magnétiques ou équivalentes;
- les signaux;
- les indicateurs de position d'aiguille (pouvant être groupée avec le signal d'itinéraire);
- les boucles de télécommandes;
- les boîtiers de commande d'itinéraire à pied d'œuvre.

### 3.2.1 Les systèmes de détection sécuritaire

#### Les circuits de voie

À l'exception des zones en « ballast », le tramway circule sur une voie « noyée » dans le revêtement supérieur de la plateforme (bitume, gazon, etc.). Les caractéristiques « électriques » (impédances entre fils de rail) d'une telle installation ne permettent pas l'utilisation des circuits de voie classiquement utilisés en ferroviaire.

Les dispositifs, spécialement conçus pour cette « utilisation » sont des circuits de voie courts d'une longueur de 8 m à 12 m. Suivant les constructeurs, ils ont un niveau de sécurité de SIL2 ou SIL3.

Extrait de la norme EN 50 129 – Systèmes de signalisation, de télécommunications et de traitement – Systèmes électroniques de sécurité pour la signalisation, donnant les niveaux d'intégrité de la sécurité.

Tableau A.1 — Table des SIL

Taux maximum acceptable d'occurrence d'un danger (THR) par heure et par fonction	Niveau d'Intégrité de la Sécurité (SIL)
$10^{-9} \leq \text{THR} < 10^{-8}$	4
$10^{-8} \leq \text{THR} < 10^{-7}$	3
$10^{-7} \leq \text{THR} < 10^{-6}$	2 <sup>(m)</sup>
$10^{-6} \leq \text{THR} < 10^{-5}$	1

Figure 5 : Extrait norme EN 50129 - Tableau des niveaux d'intégrité de la sécurité SIL

Cet équipement est constitué :

- à la voie : 2 shunts de la voie en extrémité, un condensateur au centre, 4 connexions aux rails;
- en local : un équipement électronique de traitement.

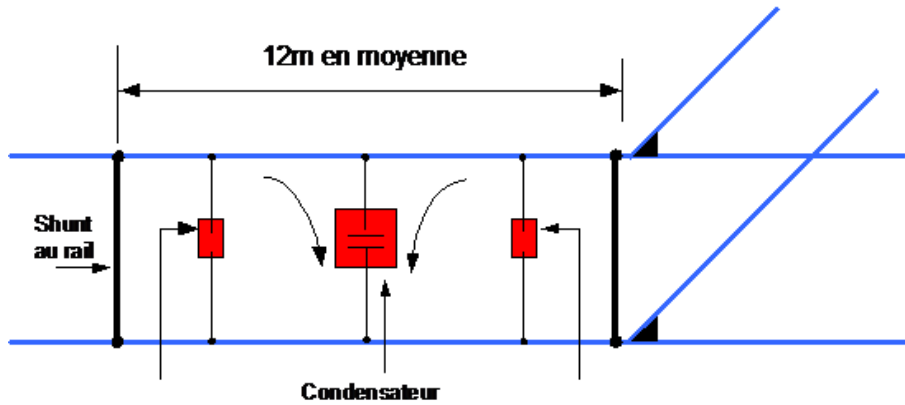


Figure 6 : Schéma de principe d'un circuit de voie tramway

La figure suivante illustre le principe de connexion aux rails d'un circuit de voie (10 connexions par CdV).

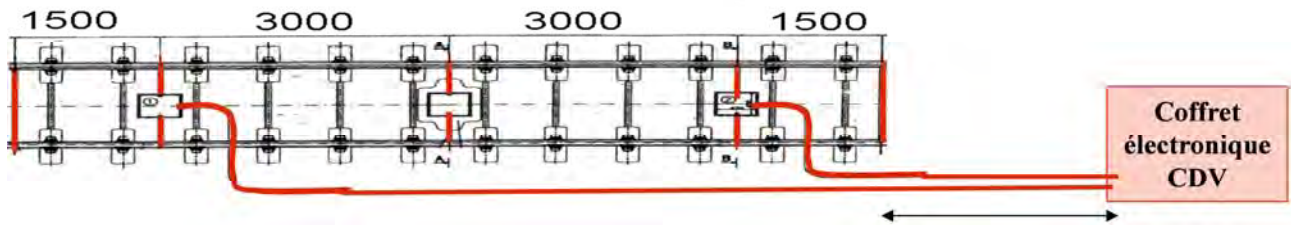


Figure 7 : Schéma de connexion aux rails d'un circuit de voie tramway

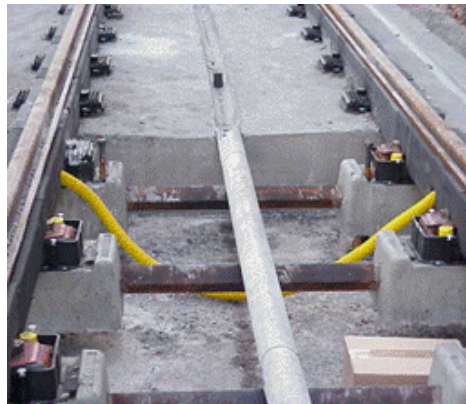


Figure 8 : Photo de connexion aux rails d'un circuit de voie tramway



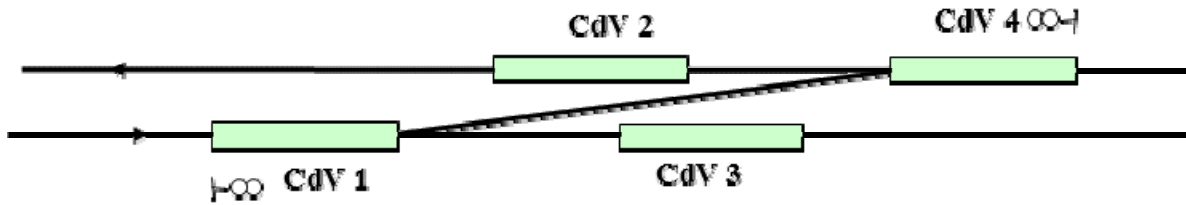


Figure 9 : Principe de positionnement des circuits de voie pour une communication

### Les compteurs d'essieux

Deux détecteurs de passage (ou points de comptage) situés de part et d'autre de la zone considérée transmettent à un dispositif informatique (dispositif de comptage) chaque passage d'essieux ainsi que le sens. Le dispositif détermine ainsi l'état (occupé / libre) de la zone.

Ces dispositifs sont généralement d'un niveau de sécurité SIL4.

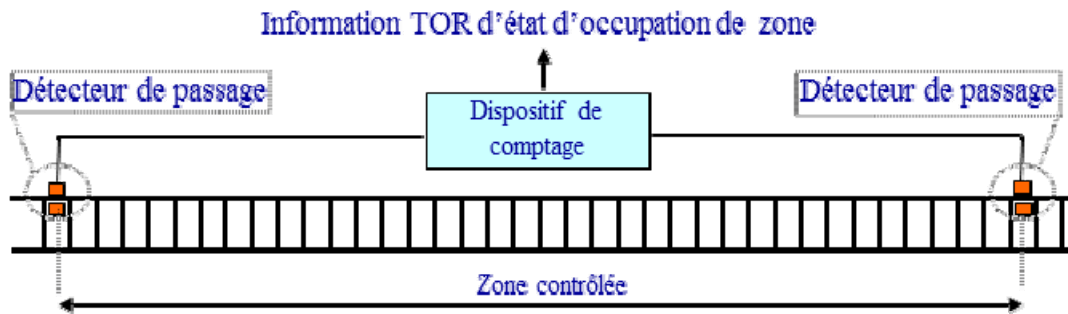


Figure 10 : Schéma de principe avec compteurs d'essieux



Figure 11 : Photos de compteurs d'essieux

## Quelques éléments de comparaison Circuits de voie / Compteurs d'essieux

Circuit de voie	Compteur d'essieux
Détection par shunt	Détection par franchissement
Pas d'indication de sens	Détection du sens
Longueur de CDV de 8m à 12m	Pas de contraintes sur la longueur d'une zone de comptage
Longueur du CDV en fonction du MR (distance inter essieux)	Pas de contraintes
Dans certain cas, implantation difficile	Pas de contraintes fortes d'implantation

Les projets tramways étaient jusqu'à présent, réalisés majoritairement en utilisant des circuits de voie tramway. La technologie compteur d'essieux commence à être mise en œuvre sur des opérations tramway (technologie mise en œuvre depuis plusieurs décennies sur les lignes ferroviaires).

Pour le tramway de Québec et de Lévis, le choix sera à faire lors des études des phases ultérieures, en fonction de l'évolution technologique.

### Les barrières optiques de sécurité

Il s'agit d'une barrière optique qui détecte la présence d'une rame lorsque son faisceau infra rouge est occulté par une rame.

L'utilisation de ce type de détecteur est généralement limitée à un usage à l'intérieur du Centre d'Entretien et d'Exploitation, car ce système nécessite des interventions périodiques pour réaligner le faisceau.



Figure 12 : Photo d'un équipement barrière optique

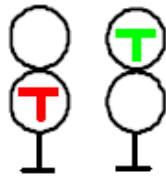
### 3.2.2 Les signaux

Les signaux utilisés sont montés sur des mâts. Ils sont équipés d'une signalétique particulière qui évite la confusion avec les équipements de signalisation routière.

Les signaux et indicateurs de manœuvre utilisés peuvent être les suivants :

- signal monochrome d'itinéraire (Centre d'Exploitation et d'Entretien);
- signal rouge/vert en ligne;
- indicateur de destination;
- indicateur de position d'aiguille.

L'ensemble de ces signaux et indicateurs sont aujourd'hui à diodes électroluminescentes, technologie qui a des performances en termes de durée de vie bien supérieures à celle des lampes à filament.



Signal d'itinéraire

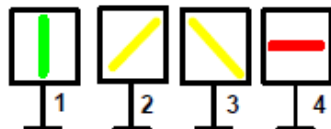


Signal de remisage



Indicateur de destination

Indicateur de position d'aiguille



- Etat 1 --> Barre verticale verte (aiguille en voie directe)
- Etat 2 --> Barre inclinée à droite jaune (aiguille contrôlée à droite)
- Etat 4 --> Barre horizontale rouge (aiguille non contrôlée INFRANCHISSABLE)
- Etat 3 --> Barre inclinée à gauche jaune (aiguille contrôlée à gauche)

Figure 13 : Exemple d'aspect des signaux



**Figure 14 :** Photo avec un indicateur de position d'aiguille (en haut) et un signal rouge/vert

Sur certains réseaux, l'indicateur de position d'aiguille est inclus dans le signal d'itinéraire. Le signal d'itinéraire présente alors les aspects suivants :

- barre verte verticale : permissif tout droit;
- barre jaune oblique (à gauche ou à droite) : permissif avec aiguille en voie déviée;
- barre rouge horizontale : restrictif.

D'autres signaux permanents non lumineux existent tels que :

- pancarte LM (Limite de Manœuvre);
- pancarte ARRET;
- pancarte de commande des itinéraires si nécessaire;
- plaque TIV (Tableau d'Indication de Vitesse).

### 3.2.3 Les boucles enterrées

Il s'agit des boucles de télécommande d'itinéraires et des boucles des systèmes de détection des rames (non sécuritaires).

Ces boucles sont coulées dans le revêtement supérieur de la plateforme tramway.



**Figure 15 :** Photo d'une boucle avant réalisation du revêtement de plateforme

### 3.2.4 Les dispositifs associés aux aiguillages

La signalisation ferroviaire est en interaction avec les dispositifs des appareils de voie (aiguillages). Ces dispositifs sont :

- les dispositifs de manœuvre des appareils de voie (moteurs, dispositifs de verrouillage de position, leviers de manœuvre en manuel);
- les dispositifs de contrôle de positions des aiguillages.

Ces dispositifs font partie intégrante des appareils de voie. La signalisation ferroviaire pilote les dispositifs de manœuvre (moteurs, dispositifs de verrouillage) et utilise les informations provenant des dispositifs de contrôle (position des aiguillages).

### 3.2.5 Les boîtiers de commande d'itinéraire à pied d'oeuvre

Ces boîtiers permettent de demander le tracé ou la destruction d'itinéraires autorisés par le signal associé à ce boîtier.



Figure 16 : Photo d'un boîtier de commande d'itinéraire à pied d'oeuvre

### 3.2.6 Armoires et coffrets sur site

De plus, il sera nécessaire d'implanter sur site (à proximité des aiguilles motorisées), des coffrets électriques au sol. Leur nombre est fonction du nombre de circuits de voies, d'aiguilles motorisées, et de la distance du local technique vis-à-vis des circuits de voies.



Figure 17 : Photo d'un coffret sur site

### 3.2.7 Les panneaux

Différents types de panneaux sont également installés le long de la ligne pour donner des informations aux conducteurs des rames de tramway.

Ces panneaux sont :

- Les panneaux de limitation de vitesse;

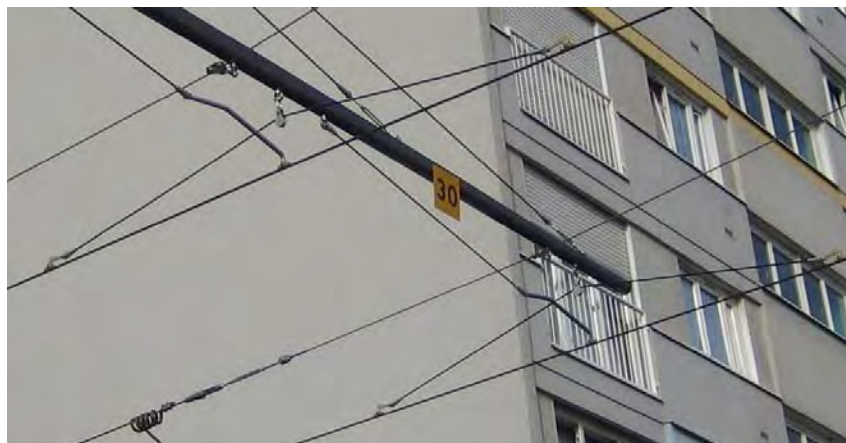


Figure 18 : Photo d'un panneau de limitation de vitesse fixé sur une console LAC



Figure 19 : Photo d'un panneau de limitation de vitesse fixé sur poteau

- Les panneaux des zones de télécommande.



Figure 20 : Photo d'un panneau de zone de télécommande

### 3.3 LES ÉQUIPEMENTS DES LOCAUX TECHNIQUES

Dans un certain nombre de cas, les équipements décrits ci-dessous sont installés dans des armoires en lignes. Ce choix peut être fait pour des zones signalisées peu complexes.

Pour le tramway des villes de Québec et Lévis, compte tenu des contraintes climatiques locales, nous préconisons de privilégier l'implantation des équipements dans des locaux techniques.

### 3.3.1 Automatismes locaux

Ces automatismes doivent assurer :

- les fonctions de sécurité identifiées plus haut : Fs1, Fs2, Fs3, Fs5, Fs7.2;
- les fonctions non sécuritaires identifiées plus haut : Fs6, Fs7.1

Pour les fonctions de sécurité, les 3 solutions suivantes sont aujourd'hui possibles :

- architecture centralisée :
  - un calculateur de sécurité situé au PCC gère l'ensemble des zones signalisées, il communique avec les équipements locaux par le réseau informatique,
  - les équipements locaux sont composés :
    - de racks informatiques comportant les entrées sorties déportées du calculateur centralisées;
    - de relais permettant d'assurer certaines interfaces avec les équipements terrains.
- architecture décentralisée avec calculateur de sécurité :
  - les équipements locaux sont composés :
    - des racks informatiques comportant le calculateur de sécurité;
    - de relais permettant d'assurer certaines interfaces avec les équipements terrains.
- architecture décentralisée avec relais de sécurité :
  - les équipements locaux sont composés :
    - de relais de sécurité réalisant les fonctions de sécurité (relais NS1 en France. Type de relais également utilisé sur le métro de Montréal).

Pour les fonctions non sécuritaires identifiées plus haut (consistent notamment à assurer la liaison avec le PCC), elles sont réalisées :

- soit par le calculateur de sécurité (solution centralisée ou décentralisée avec calculateur);
- soit par un automate programmable industriel dédié à ces fonctions.

### 3.3.2 Autres équipements

Outre les équipements d'automatisme décrits ci-dessus, les locaux (ou armoires extérieures) comporteront :

- l'armoire d'alimentation;
- les châssis comprenant le relaiage;
- les châssis de câbles permettant le raccordement avec les équipements terrain;
- les équipements électroniques en liaison avec les dispositifs terrain :
  - détection des trains en sécurité (Fs4) : circuits de voie ou compteurs d'essieux;
  - les télécommandes d'aiguille;
  - détection non sécuritaire : boucles magnétiques de détection.



### 3.3.3 Locaux techniques

Généralement à une zone de manœuvre signalisée est associé un local technique qui reçoit les équipements permettant de mettre en œuvre la signalisation ferroviaire.

Ce local est équipé d'un faux plancher pour les cheminements du câblage.

La surface du local est fonction du nombre d'armoires nécessaires (armoire automate, armoire alimentation, etc.) et de châssis, et est donc liée à la complexité fonctionnelle de chaque zone de manœuvres.

L'ordre de grandeur pour la surface d'un local technique signalisation ferroviaire est de 12 à 25 m<sup>2</sup>.

Suivant la position du local technique, il peut être nécessaire d'augmenter la surface du local pour accueillir un raccordement BT Hydro-Québec, un onduleur avec batteries, un/des tableau(x) de distribution BT. Lorsque le local technique est positionné à proximité d'une sous-station de traction, l'alimentation BT est faite à partir de la sous-station.

## 3.4 LES ÉQUIPEMENTS EMBARQUÉS

Généralement ces équipements ont 2 fonctions :

- pour la signalisation ferroviaire : la commande des itinéraires;
- pour la signalisation routière lumineuse : la demande de priorité au carrefour.

Il y a 2 équipements (un par sens). Chaque équipement comporte :

- un dispositif électronique, installé à l'intérieur de la rame ou en toiture. Ce dispositif est relié aux boutons de commande installés dans la cabine de conduite;
- une antenne de transmission placée sous la rame en extrémité.



Figure 21 : Photo des boutons de commande d'une cabine de conduite



Figure 22 : Photo d'une antenne installée sous la rame

### 3.5 LES SYSTÈMES CENTRAUX SIGNALISATION FERROVIAIRE

Pour permettre la supervision à distance des installations de signalisation ferroviaire, il est nécessaire d'installer des systèmes centraux signalisation ferroviaire :

- dans la salle principale du Poste de Commande Centralisée (PCC) du tramway :
  - les postes opérateurs pour les régulateurs.

Ces postes peuvent être ceux de la Gestion Technique Centralisée (GTC) sur lesquelles la GTC intègre l'interface homme/machine permettant la supervision signalisation.

Il est néanmoins conseillé de disposer à minima d'un poste opérateur signalisation ferroviaire complètement indépendant du système GTC. Ce poste opérateur est connecté directement au serveur signalisation. Ce poste peut être utilisé notamment :

- pour l'intervention d'un opérateur supplémentaire pour traiter les opérations d'injections des rames à la période du matin;
- pour l'analyse d'un incident (relecture d'historique, etc.);
- en secours (en cas d'indisponibilité temporaire de la GTC).

Dans le local technique informatique associé au PCC :

- le(s) serveur(s) signalisation ferroviaire.

Pour les échanges d'informations, les systèmes centraux de signalisation ferroviaire s'appuient sur les réseaux de transmission :

- réseau(x) de transmission terrain
  - les échanges d'informations entre les automatismes de signalisation ferroviaire des zones de manœuvre et le serveur signalisation sont réalisés en utilisant le(s) réseau(x) de transmission terrain.
  - pour plus d'information sur le réseau de transmission terrain, le lecteur est invité à consulter le 3<sup>e</sup> sous-livrable 1.4.
- réseau(x) local(aux) de supervision
  - le(s) réseau(x) local(aux) de supervision permet(ent) les échanges d'informations entre les différents équipements de supervision du système tramway.
  - cela permet notamment les échanges entre serveur signalisation ferroviaire et serveur GTC, ainsi que les échanges entre serveur signalisation ferroviaire et postes opérateurs signalisation ferroviaire.
  - pour plus d'information sur le réseau de supervision, le lecteur est invité à consulter le 3<sup>e</sup> sous-livrable 1.4.

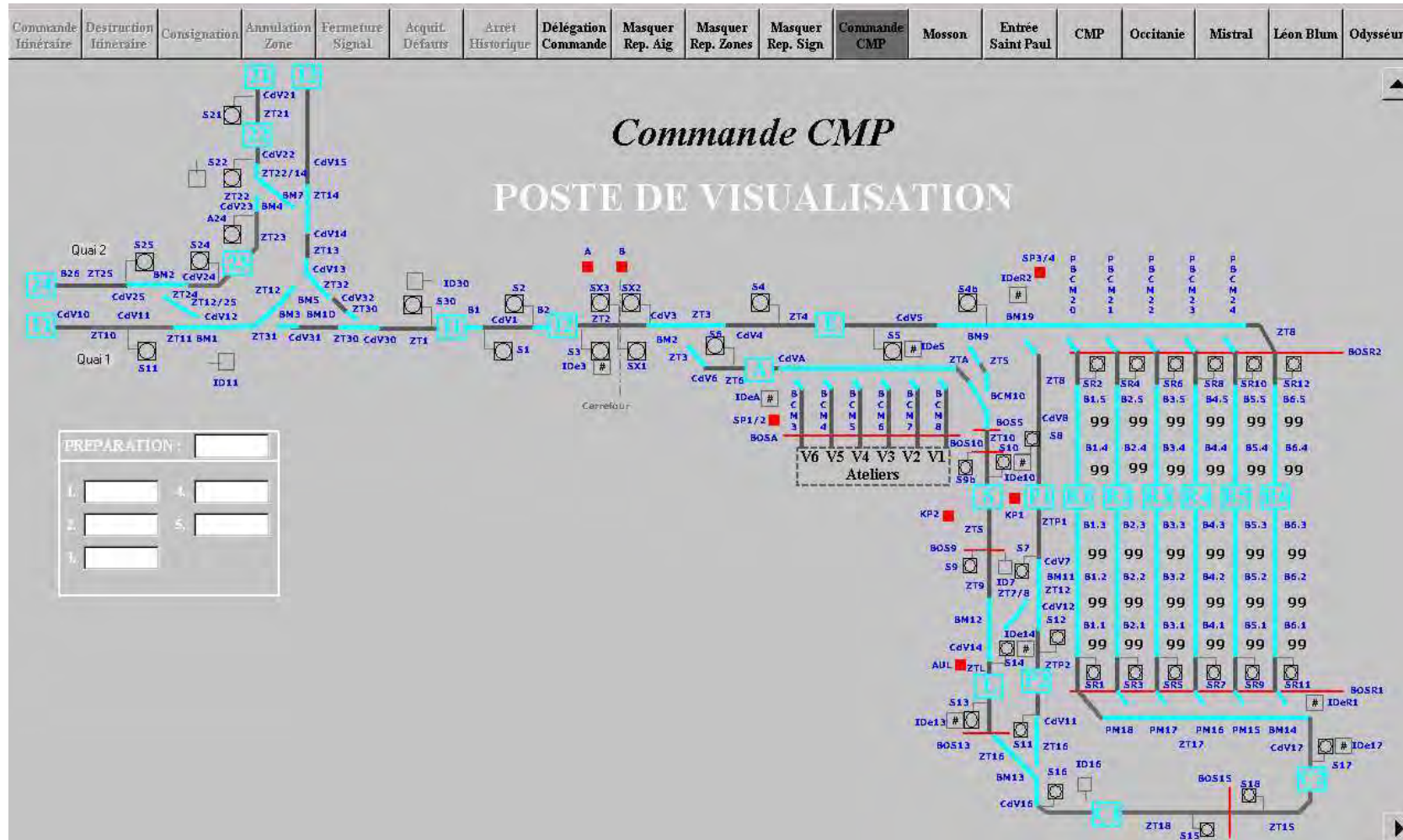


Figure 23 : Exemple d'imagerie d'un CEE + zone d'injection sur la ligne (Tramway de Montpellier)

## 4 FONCTIONNEMENT DES DIFFÉRENTES ZONES DE MANŒUVRES

### 4.1 PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES

À ce stade d'avancement des études préliminaires du projet de tramways des villes de Québec et de Lévis, les informations sur l'exploitation (et principalement le schéma d'exploitation) ne sont pas disponibles.

Les préconisations pour la signalisation ferroviaire sont les suivantes :

- la signalisation ferroviaire devra être compatible avec des rames 33 m de long (court terme) ainsi que des rames de 43 m (long terme);
- de ce fait, les installations de signalisation devront être évolutives pour permettre la prise en compte des rames de 43 m sans modifications lourdes;
- pour chaque terminus de ligne : mise en œuvre de signalisation ferroviaire de manœuvre compte tenu des hypothèses d'intervalle d'exploitation à long termes : 2 minutes pour le terminus Sud (Grand Théâtre), et 3 minutes pour les autres terminus;
- pour chaque terminus partiel (s'il y en a) : mise en œuvre de signalisation ferroviaire de manœuvre;
- pour chaque croisement de ligne : mise en œuvre de signalisation ferroviaire de manœuvre;
- pour la(les) jonction(s) ligne / Centre d'Exploitation et d'Entretien : mise en œuvre de signalisation ferroviaire de manœuvre;
- à l'intérieur du Centre d'Exploitation et d'Entretien : mise en œuvre de signalisation ferroviaire de manœuvre pour la partie remisage et liaison avec la ligne;
- tunnel de la branche Sud : mise en œuvre de signalisation ferroviaire d'espacement;
- nota : Le nombre de cantons dépendra de l'insertion finale retenue et du tracé du tunnel (visibilité pour les conducteurs).
- pour chaque communication de service provisoire :
  - communication prise en talon dans le sens normal de circulation : pas de signalisation ferroviaire (sauf si la visibilité est réduite et ne permet pas les manœuvres en sécurité);
  - communication prise en pointe dans le sens normal de circulation : mise en œuvre de signalisation ferroviaire.

### 4.2 TERMINUS

#### 4.2.1 Terminus EST

L'aménagement de ce terminus est prévu pour permettre une exploitation à long terme avec un intervalle en heures de pointes de 3 minutes par direction, avec des rames de 43 m de long.

L'agencement général du terminus est conçu pour permettre :

- le retournement d'une rame;
- le garage d'une rame;
- le temps de battement des conducteurs;
- le retournement d'un convoi remorquage/poussage.

La figure suivante présente le schéma de principe de la zone terminus.

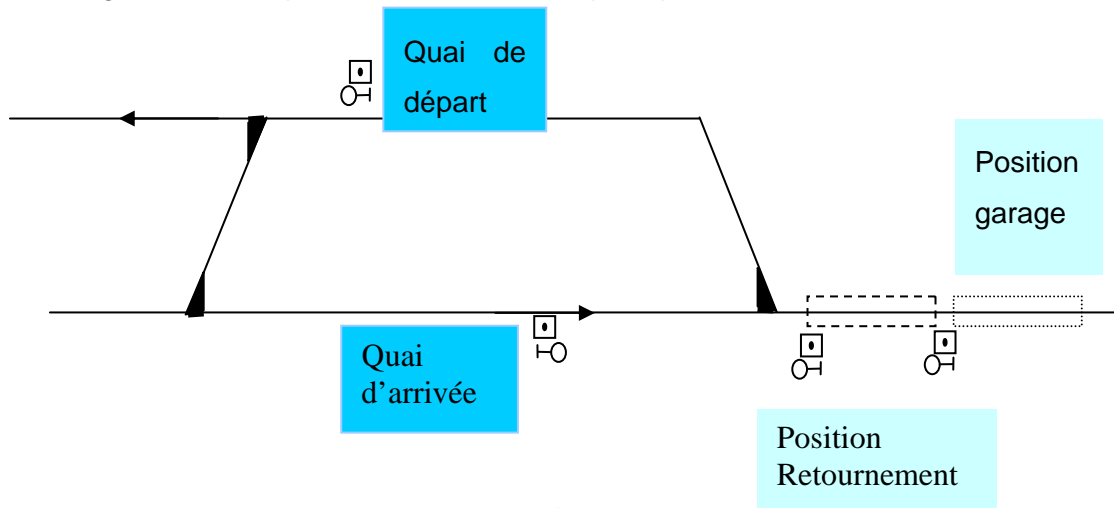


Figure 24 : Schéma de principe terminus EST

La zone de manœuvre est constituée :

- d'une communication d'avant gare motorisée;
- d'un branchement d'arrière-gare motorisé.

Ordre de grandeur du linéaire de voie unique d'arrière-gare : 105 à 110 m à partir de la pointe d'aiguille.

En mode nominal d'exploitation :

- la rame s'arrête au quai d'arrivée pour la dépose des voyageurs (temps de descente des voyageurs);
- puis effectue le retournement est effectué en utilisant la communication d'arrière-gare (temps de déplacements de la rame + temps de changement de loge pour le conducteur);
- et prend les voyageurs au quai de départ (temps de montée des voyageurs).

En cas de retard d'une rame à l'arrivée, l'utilisation de la communication d'avant gare permet de réduire le temps passé au terminus afin de résorber le retard (descente des voyageurs + changement de loge conducteur + montée des voyageurs fait en parallèle).

La communication d'avant gare permet également le retournement d'un convoi remorquage/poussage en cas de défaillance d'une rame.

## 4.2.2 Terminus OUEST

L'aménagement de ce terminus est prévu pour permettre une exploitation à long terme avec un intervalle en heures de pointes de 3 minutes, avec des rames de 43 m de long.

L'aménagement proposé est identique au terminus Est.

## 4.2.3 Terminus SUD

L'aménagement de ce terminus est prévu pour permettre une exploitation à long terme avec un intervalle en heures de pointes de 2 minutes, avec des rames de 43 m de long.

L'agencement général du terminus est conçu pour permettre :

- le retournement des rames;
- le garage de 2 rames;
- le temps de battement des conducteurs;
- le retournement d'un convoi remorquage/poussage.

Compte tenu de l'intervalle minimal envisagé, et des contraintes d'insertion de l'arrière-gare, l'aménagement de ce terminus est différent de celui des autres terminus.

Les figures suivantes présentent différentes configurations de schémas de principe pour le terminus SUD permettant de réduire le linéaire de l'arrière-gare.

Les figures sont représentées par ordre décroissant de fonctionnalités/performances.

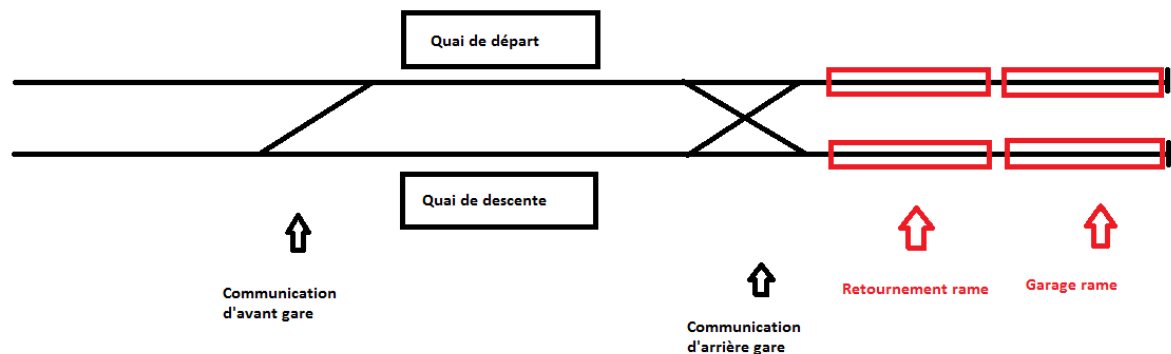


Figure 25 : Schéma de principe pour le terminus SUD, arrière-gare long avec communication croisée

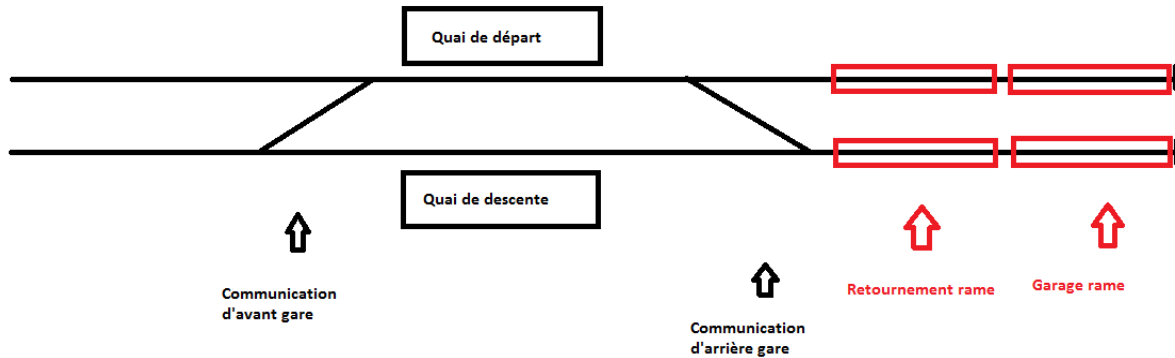


Figure 26 : Schéma de principe pour le terminus SUD, arrière-gare long

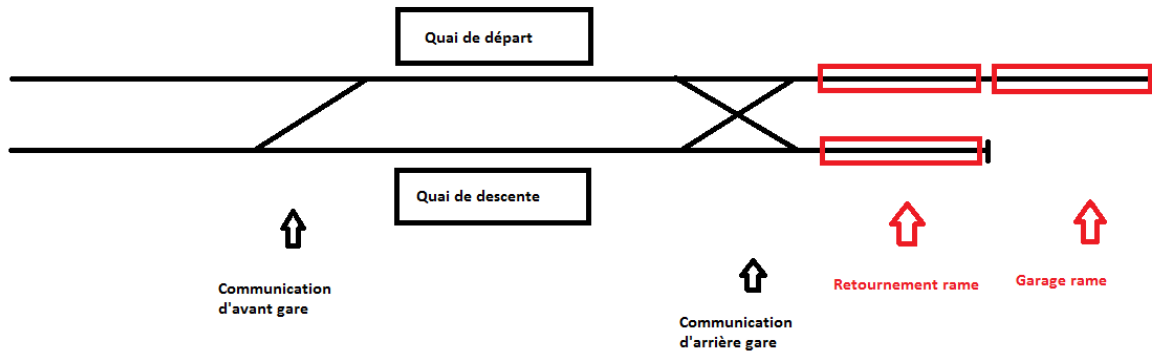


Figure 27 : Schéma de principe pour le terminus SUD, arrière-gare médian, communication croisée

En insertion, la position de garage de rame peut être insérée dans l'alignement de la position de retournement (tel que représenté) ou dans la rue Turnbull (courbe à 90° entre la position de retournement et la position de garage).

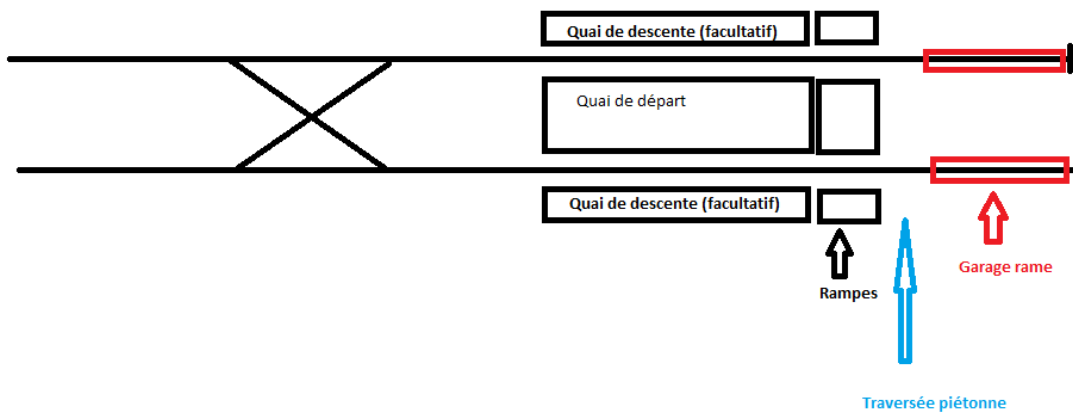


Figure 28 : Schéma de principe pour le terminus SUD, arrière-gare court



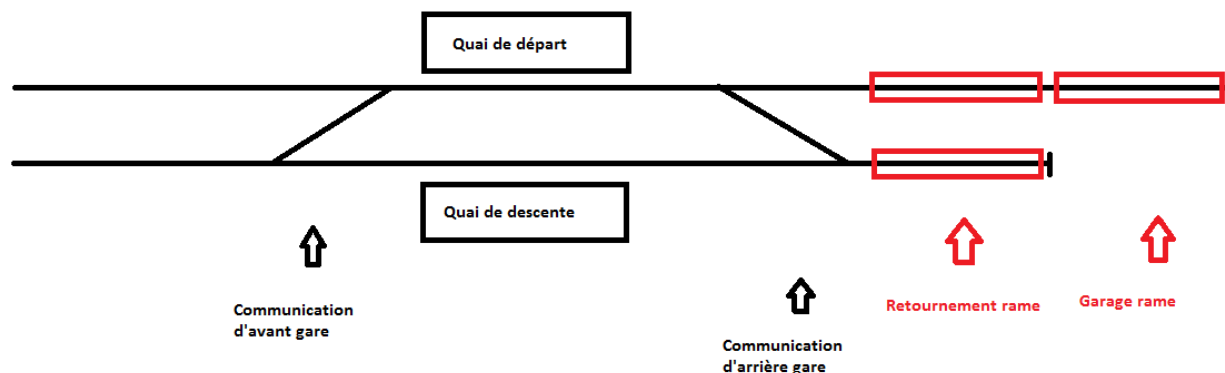


Figure 29 : Schéma de principe pour le terminus SUD, arrière-gare médian

En insertion, la position de garage de rame peut être insérée dans l'alignement de la position de retournement (tel que représenté) ou dans la rue Turnbull (courbe à 90° entre les 2 positions de rame)

En fonction de la configuration, le linéaire de voie nécessaire en arrière gare (par rapport à l'extrémité du quai) est de l'ordre de :

- arrière-gare long : ~160-165 m à partir de l'extrémité du quai (~15 m CdV + 40 m AdV + 15 m CdV + 90-95m pour les 2 positions de rames);
- arrière-gare médian :
  - sur la voie d'arrivée : ~120 m (~15m CdV + 40 m AdV + 15m CdV + 50m pour la position de rame)
  - sur la voie de départ : ~160-165m. Nota : si la position de garage est insérée rue Turnbull, le linéaire de voie sera plus important compte tenu de la courbe à 90° entre les 2 positions de rames.
- arrière-gare court : ~60-65 m à partir de l'extrémité du quai (~50 m pour la position de garage + 10-15 m pour la rampe et la traversée piétonne).

#### 4.2.4 Terminus NORD

L'aménagement de ce terminus est prévu pour permettre une exploitation à long terme avec un intervalle en heures de pointes de 3 minutes, avec des rames de 43 m de long.

L'aménagement proposé est identique au terminus Est.

#### 4.2.5 Terminus partiel

À ce jour, il n'est pas prévu de service partiel (études d'achalandages non reçues).

### 4.3 CROISEMENT DE LIGNES

Les deux tracés de tramway, Est/Ouest et Nord/Sud se croisent au carrefour Charest – Dorchester, avec l'hypothèse du tracé Nord/Sud par Dorchester.

Suite de rédaction réservée (en attente décision sur l'exploitation des lignes).

#### 4.4 ACCÈS AU CENTRE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN

La zone d'accès au Centre d'Exploitation et d'Entretien (CEE) du tramway est en interface entre la ligne et le CEE.

Elle doit permettre la circulation nominale d'exploitation sur la ligne, ainsi que les mouvements d'injection/retrait des rames en ligne. Les mouvements qui en découlent sont les suivants :

- voie 1 → Circulation d'exploitation;
- voie 2 → Circulation d'exploitation;
- voie 1 → Entrée CEE;
- voie 2 → Entrée CEE;
- sortie CEE → Voie 1;
- sortie CEE → voie 2.

Pour faciliter l'exploitation de cette zone et ne pas créer un point dur, nous préconisons que la liaison d'accès au CEE soit réalisée en double voie.

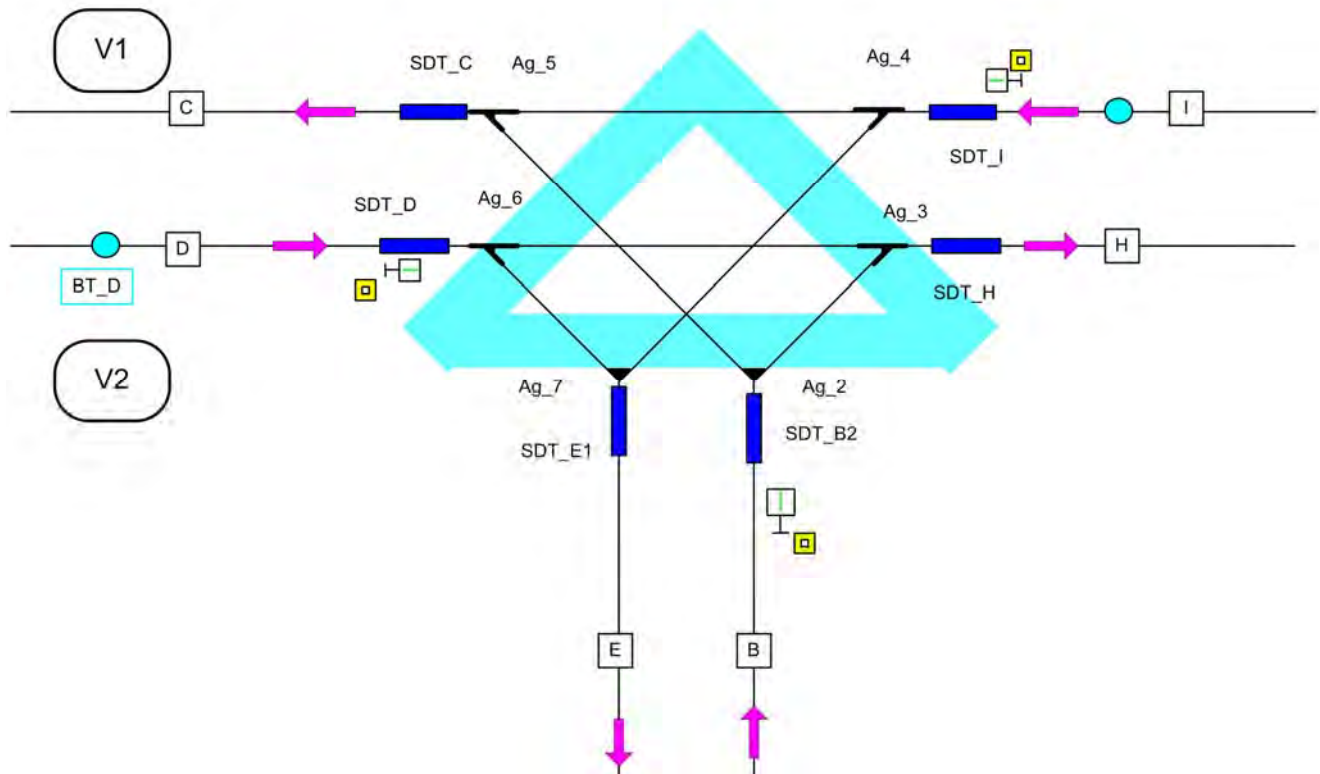


Figure 30 : Schéma de principe accès au CEE

## 4.5 CENTRE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN

À l'intérieur du Centre d'Exploitation et d'Entretien, les mouvements des rames nécessaires au bon fonctionnement du site sont les suivants :

- entrée CEE → Accès à la station-service;
- entrée CEE → Accès au remisage;
- entrée CEE → Accès à l'atelier;
- remisage → Sortie CEE;
- atelier → Sortie CEE;
- station-service → Accès au remisage;
- remisage → Accès à la station-service;
- atelier → Accès à la station-service;
- atelier → Accès au remisage.

Pour faciliter les commandes du régulateur, des itinéraires composés peuvent être prévus pour des trajets récurrents. Ils se tracent en totalité et se détruisent en parcourant l'itinéraire.

## 4.6 TUNNEL SUR LA BRANCHE SUD

Le tracé de la branche Sud comporte une partie en tunnel. Cette partie en tunnel présente une/des zones en pente avec faible visibilité pour le conducteur d'une rame de tramway. De ce fait, il est préconisé une signalisation ferroviaire de cantonnement pour couvrir ces zones.

Ci-après le schéma d'un exemple de cantonnement en tunnel (5 cantons dans chaque sens).

Du fait de la criticité du non-respect de ces signaux d'espacement une balise DAAT (dispositif d'arrêt automatique des trains) est associée à chaque signal.

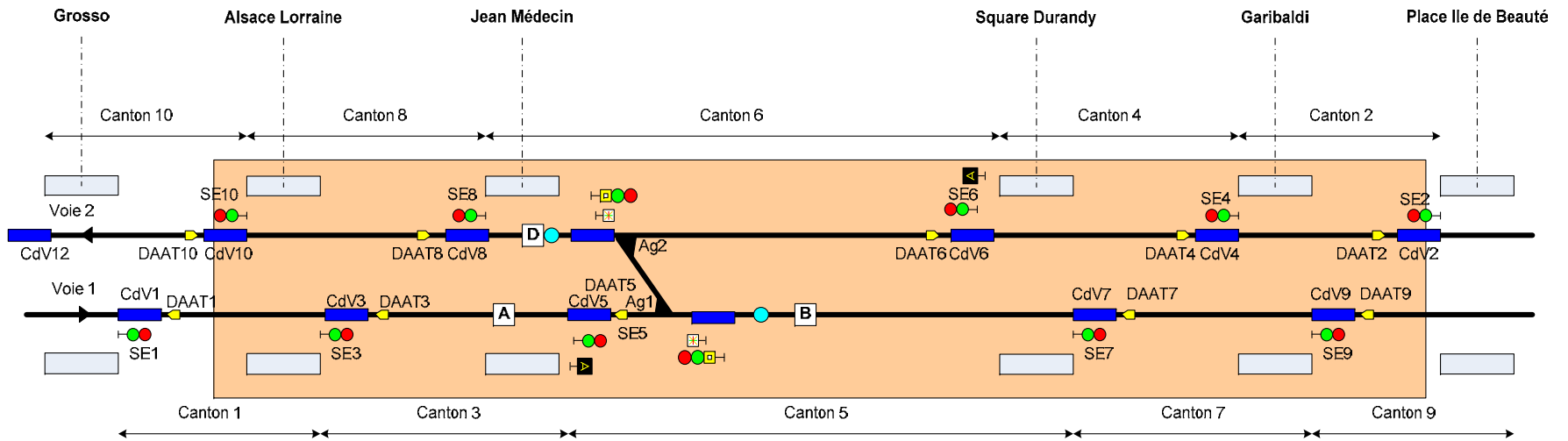


Figure 31 : Exemple de cantonnement en tunnel - Tramway Nice ligne 2 (En étude)

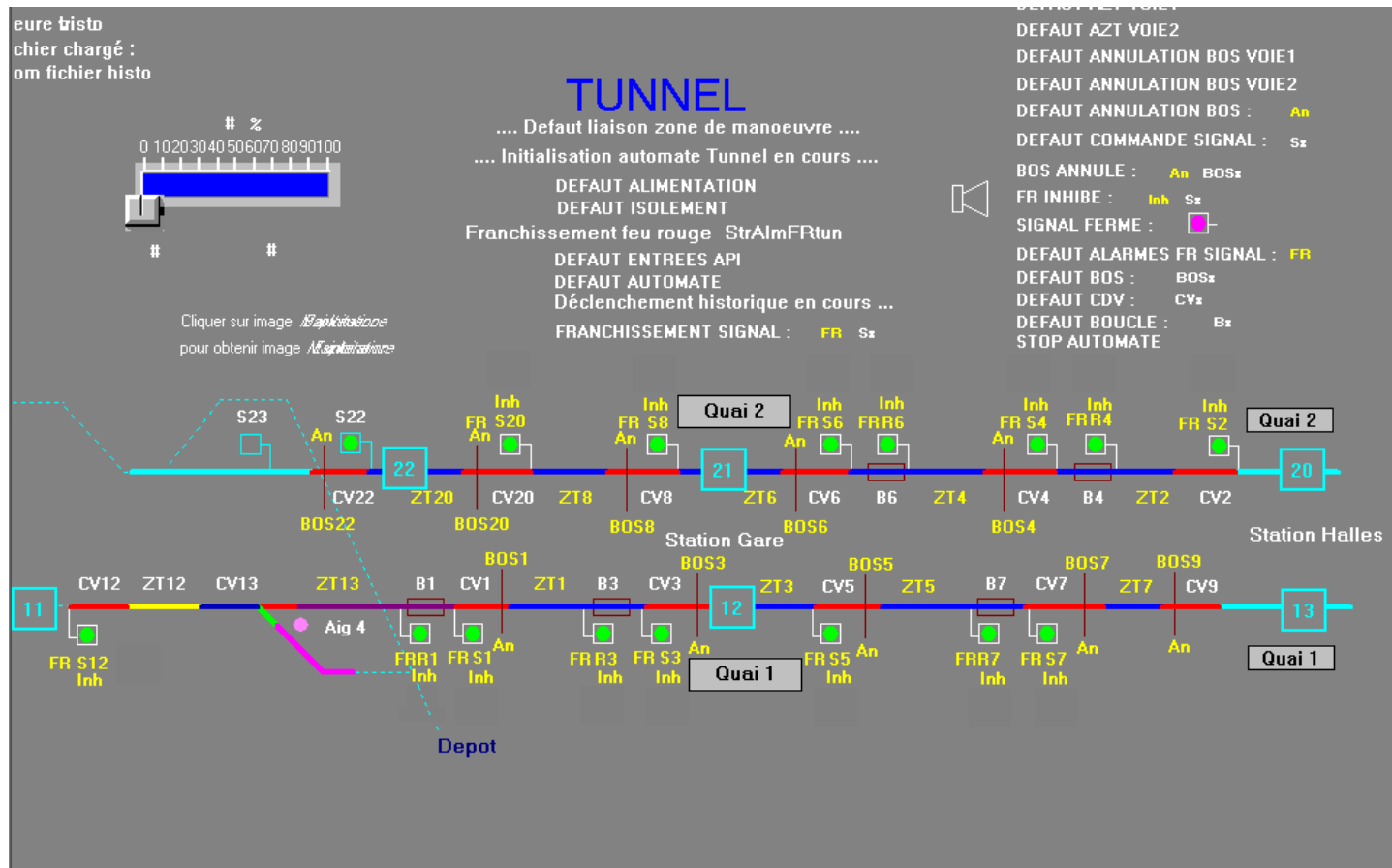


Figure 32 : Exemple de cantonnement en tunnel - Tramway de Strasbourg (En exploitation)