



Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis



Dossier P-12-600-04

Consortium Tramway Québec-Lévis



et ses partenaires



Intitulé du document
LIVRABLE 1.4 – ÉQUIPEMENTS, EXPLOITATION, MAINTENANCE ET DÉPÔT RAPPORT D'ÉTAPE

Numéro du document	Révision
610879-0400-40ER-0001	02

PRINCIPAUX COLLABORATEURS AU RAPPORT :

BARBOT Gilles
BEN MAIMOUN Ahmed
CHOVIN Pascal
DAMIEN Gilles
DAVIDSON Simon
DOMINGUEZ TORRES Victoriano
DUPRE Frédéric
FARIZON Gérard
GENDREAU André
GUECHOUD Mokrane
LAURENT Karine
LUSIGNAN, Marc
MARQUIS Frédéric
MOHAMAD Lina
ROBERT Guillaume
ROIGNOT Charlotte
SCHAILLÉE Nathalie
TINKICHT Fadila
TREMBLAY Hugues
TREMBLAY Stéphane
WILSON Ian
YOUINOUE Sylvain

VÉRIFIÉ PAR : André Gendreau, Marc Lusignan, Nathalie Schailée

APPROUVÉ PAR : André Gendreau

NUMÉRO DU DOCUMENT :		610879-0400-40ER-0001
REV.	DATE	TYPE DE RELÂCHE
PA	17 déc. 2013	Émission préliminaire interne
PB	20 déc 2013	Émission préliminaire au RTC
00	10 fév. 2014	Émission finale au RTC
01	25 fév. 2014	Émission finale au RTC intégrant les commentaires
02	19 mars 2014	Émission finale au RTC intégrant les commentaires

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE ET DÉFINITIONS	6
1 INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE	8
1.1 MISE EN CONTEXTE	8
1.1.1 Plan de mobilité durable	8
1.1.2 Projet de tramway à Québec et à Lévis	8
1.1.3 Particularité des analyses sur le territoire de la Ville de Lévis	9
1.1.4 Organisation du projet.....	9
1.1.5 Échéancier	10
1.2 SITUATION DANS LE PROJET	10
1.2.1 Le mandat de services professionnels confié au consortium	10
1.2.2 Portée et objectifs de l'étude de faisabilité	11
1.2.3 Objectifs du lot 1 – mandat 1	11
1.2.4 Les livrables du lot 1 – mandat 1	12
1.3 PRÉSENTATION DU LIVRABLE 1.4 : ÉQUIPEMENTS, EXPLOITATION, MAINTENANCE ET DÉPÔT	15
1.3.1 Objectifs	15
1.3.2 Contenu	16
2 CRITÈRES DE CONCEPTION DU CENTRE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN.....	17
2.1 DONNÉES GÉNÉRALES.....	17
2.2 OBJECTIFS ET ORGANISATION DE LA MAINTENANCE	17
2.2.1 Intérêt et objectifs.....	17
2.2.2 Organisation de la maintenance	17
2.3 PROGRAMME POUR LE CEE	17
2.3.1 Remisage du matériel roulant.....	18
2.3.2 Remisage des matériels de travaux	18
2.3.3 Station-service tramway	18
2.3.4 Maintenance du matériel roulant	18
2.3.5 Maintenance des installations fixes	18
2.3.6 Locaux d'exploitation et de servitudes.....	18
2.3.7 Locaux sociaux	18
2.3.8 Stationnements	18
2.4 PRÉDIMENSIONNEMENT DU CEE.....	18
2.5 LOCALISATION DU CEE PRINCIPAL	19
2.5.1 Présentations des sites envisagés	19
2.5.2 Analyse comparative des sites	21
2.5.3 Contraintes liées à la proximité d'une ligne THT	22
2.5.4 Récapitulatif et comparaison des sites	22
2.6 LOCALISATION DU CEE SECONDAIRE	23
2.6.1 Analyse comparative des sites	23
2.6.2 Récapitulatif et comparaison des sites	25
2.7 CRITÈRES DE CONCEPTION SYSTÈME	25
2.7.1 Présentation générale.....	25
2.7.2 Présentation des fonctions et sous-système	26

3 SIGNALISATION FERROVIAIRE	27
3.1 INTRODUCTION ET PRINCIPE DE MARCHE DU TRAMWAY	27
3.2 ASPECT FONCTIONNEL	27
3.2.1 Objectifs	27
3.2.2 Signalisation de manoeuvre	27
3.2.3 Fonctions principales.....	27
3.2.4 Synthèse des fonctions de signalisation	28
3.3 ASPECTS TECHNOLOGIQUES	29
3.3.1 Architecture du système.....	29
3.3.2 Les équipements en ligne	29
3.3.3 Les équipements des locaux techniques	31
3.3.4 Les équipements embarqués	31
3.3.5 Les systèmes centraux de signalisation ferroviaire	31
3.4 FONCTIONNEMENT DES DIFFÉRENTES ZONES DE MANOEUVRES	31
3.4.1 Préconisations générales	31
3.4.2 Terminus	31
3.4.3 Croisement de lignes.....	32
3.4.4 Accès aux Centres d'Exploitation et d'Entretien	32
3.4.5 Centre d'Exploitation et d'Entretien	32
3.4.6 Tunnel sur la branche Sud	32
4 SYSTÈMES, SAE, SIV, BILLETTEQUE, COMMUNICATION, VIDÉOSURVEILLANCE....	33
4.1 SPÉCIFICATIONS FONCTIONNELLES DES SYSTÈMES	33
4.1.1 Système de Billettique.....	33
4.1.2 Système de communication voix.....	33
4.1.3 Système de Compteur de passagers.....	33
4.1.4 Système d'aide à l'exploitation (SAE)	34
4.1.5 Système d'information aux voyageurs (SIV).....	34
4.1.6 Système de vidéosurveillance.....	34
4.2 POSTE DE COMMANDE CENTRALISÉ (PCC)	34
4.3 INFRASTRUCTURE STI	34
4.4 CAS TYPIQUES D'UTILISATION.....	35
4.4.1 En station	35
4.4.2 Hors station	35
5 CONTRÔLE AUX INTERSECTIONS ET PRIORITÉ.....	36
5.1 ASPECTS FONCTIONNELS	36
5.1.1 Présentation	36
5.1.2 Priorité absolue	36
5.1.3 Traitement des demandes de priorité	36
5.2 ÉQUIPEMENTS ET TECHNOLOGIE ACTUELLE	36
5.3 ÉQUIPEMENTS POUR LE CONTRÔLE ET LA PRIORITÉ DU TRAMWAY.....	36
5.3.1 Détection des rames	36
5.3.2 Détection des véhicules routiers	37
5.3.3 Contrôleurs.....	37
5.3.4 Signaux lumineux et aide à la conduite.....	37
5.4 CONFIGURATION AUX INTERSECTIONS	37

6	EXPLOITATION DU SYSTÈME	42
6.1	OBJECTIF DES ÉTUDES D'EXPLOITATION	42
6.2	DONNEES D'ENTRÉE	42
6.2.1	Le matériel roulant	42
6.2.2	Hypothèses liées à l'environnement traversé	42
6.2.3	Définition des gabarits de vitesse	43
6.2.4	Définition des services	43
6.2.5	Zones de terminus	44
6.3	ESTIMATION DU TEMPS DE PARCOURS	46
6.4	DIMENSIONNEMENT DU PARC	48
6.5	PRODUCTION KILOMÉTRIQUE ET TEMPS DE CONDUITE	48
7	MAINTENANCE ET DÉPÔT	50
7.1	PARAMÈTRES DE CONCEPTION DU HALLE D'ENTRETIEN ET D'EXPLOITATION	50
7.1.1	Paramètres techniques et fonctionnels	50
7.1.2	Paramètres d'entretien du matériel roulant	50
7.1.3	Halle d'exploitation et d'entretien principal	50
7.2	VOLET B – VOLET AMÉNAGEMENT DES SITES DES CEE	55
7.2.1	CEE Principal	55
7.2.2	CEE Secondaire	61
8	CONCLUSIONS	65
8.1	1 ^{ER} SOUS-LIVRABLE 1.4 – CRITÈRES DE CONCEPTION DU CENTRE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN (CEE)	65
8.2	2 ^E SOUS-LIVRABLE 1.4 – SIGNALISATION FERROVIAIRE	65
8.3	3 ^E SOUS-LIVRABLE 1.4 – SYSTÈMES, SAE, SIV, BILLETTIQUE, COMMUNICATION, VIDÉOSURVEILLANCE	65
8.4	4 ^E SOUS-LIVRABLE 1.4 – CONTRÔLE AUX INTERSECTIONS ET PRIORITÉ	66
8.5	5 ^E SOUS-LIVRABLE 1.4 – EXPLOITATION DU SYSTÈME	66
8.6	6 ^E SOUS-LIVRABLE 1.4 – MAINTENANCE ET DÉPÔT	66
9	ANNEXES	67
9.1	ANNEXE 1 : PLANS D'AMÉNAGEMENT DES DEUX CEE	67

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 :	Tracé proposé du tramway	8
Figure 2 :	Structure de gouvernance de l'étude	9
Figure 3 :	Les 5 mandats	10
Figure 4 :	Proposition d'exploitation de 6 lignes de tramway – RTC (août 2012)	11
Figure 5 :	Carte générale de localisation des sites des CEE	20
Figure 6 :	Localisation du site 1 VQ-TP Limoilou	21
Figure 7 :	Localisation du site 2 rue de Verdun	21

Figure 8 :	Localisation du site 3 Cyrille-Duquet	21
Figure 9 :	Localisation du site A	23
Figure 10 :	Localisation du site B	24
Figure 11 :	Localisation du site C	24
Figure 12 :	Localisation du site D	25
Figure 13 :	Synoptique général signalisation tramway	27
Figure 14 :	Architecture générale du système signalisation ferroviaire	29
Figure 15 :	Schéma de principe d'un circuit de voie tramway + photo de connexion aux rails d'un circuit de voie tramway	29
Figure 16 :	Photos de compteurs d'essieux	29
Figure 17 :	Photo avec un indicateur de position d'aiguille (en haut) et un signal rouge/vert	30
Figure 18 :	Photo d'un boîtier de commande d'itinéraire à pied d'œuvre	30
Figure 19 :	Photo d'un coffret sur site	30
Figure 20 :	Photo des boutons de commande d'une cabine de conduite	31
Figure 21 :	Principe des points de détection	36
Figure 22 :	Exemple d'enchaînement des signaux pour conducteur tramway	37
Figure 23 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – en station – avec mail central	38
Figure 24 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – hors station – avec mail central	38
Figure 26 :	Disposition des signaux lumineux pour le tramway en transition de latéral à axial	39
Figure 25 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – hors station – sans mail central	39
Figure 27 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – en station – sans mail central	40
Figure 28 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – hors station – avec mail central	40
Figure 29 :	Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – hors station – sans mail central	41
Figure 30 :	Disposition des signaux lumineux aux traverses piétonnes pour le tramway en site propre en position axiale et latérale	41
Figure 31 :	Synoptique du scénario d'exploitation (en Heure de Pointe)	43
Figure 32 :	Exemple de manœuvre aux terminus à 2 positions	45
Figure 33 :	Exemple de manœuvre aux terminus partiels	46
Figure 34 :	Ligne Nord/Sud - Courbe Vitesse/position avant lissage	47

Figure 35 : Ligne Nord/Sud - Courbe Vitesse/position après lissage	47
Figure 36 : Distributeur de sable et passerelle fixe	51
Figure 37 : Aspiration centralisée	51
Figure 38 : Exemple de Laveur Tramway	51
Figure 39 : Exemple du système de levage Bordeaux - France	52
Figure 40 : Le tour en fosse de reprofilage	52
Figure 41 : Exemple cabine de peinture - Rouret-France	53
Figure 42 : Plan masse du CEE Principal – rue de Verdun, Québec	56
Figure 43 : Plan du CEE principal rue de Verdun et liaison tramway avec le boulevard Charest	57
Figure 44 : Pose de voie au centre d'entretien et d'exploitation	60
Figure 45: Plan masse CEE Secondaire – rue Plante, Lévis.....	62
Figure 46 : Plan du CEE secondaire rue Plante et liaison tramway avec le boulevard de la Rive Sud	63

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : Le Centre d'Exploitation et d'Entretien (CEE) est le site où s'effectuent la gestion et l'entretien du système de tramway ainsi que le remisage du matériel roulant.	18
Tableau 2 : Comparaison des trois (3) sites potentiels pour le CEE principal et cotation pour chaque critère d'évaluation.....	22
Tableau 3 : Tableau comparatif des sites C et D.....	25
Tableau 4 : Synthèse des fonctions de signalisation ferroviaire	28
Tableau 5 : Localisation des différents systèmes	33
Tableau 6 : Hypothèses pour le gabarit de vitesse.....	42
Tableau 7 : Intervalles d'exploitation par ligne en heures de pointe	43
Tableau 8 : Grille d'intervalles d'exploitation	44
Tableau 9 : Temps de parcours en fonction du taux de priorité tramway aux intersections	48
Tableau 10 : Parc MR en fonction du taux de priorité aux intersections	48
Tableau 11 : Production kilométrique par ligne en heures de pointe.....	48
Tableau 12 : Temps de conduite commerciale en fonction du taux de priorité aux intersections	48
Tableau 13 : Temps de parcours et vitesses commerciales anticipées par ligne de tramway	66

GLOSSAIRE ET DÉFINITIONS

GLOSSAIRE

Abréviations	Définitions
ac	Courant alternatif
ACL	Affichage à cristaux liquides
AdV	Appareil de voie
Ag	Aiguillage
API	Automate Programmable Industriel
APS	Alimentation par le sol
BIV	Borne d'information voyageur
BHNS	Bus à Haut Niveau de Service
BS	Boîtier de Secours
BT	Basse tension
cc	Courant continu
CdV	Circuit de voie
CEE	Centre d'exploitation et d'entretien
CMQ	Communauté Métropolitaine de Québec
DAAT	Dispositif d'arrêt automatique du train
DEL	Diode électroluminescente
GLO	Gabarit Limite d'Obstacle
GPS	Global Positioning System (Système de positionnement géostationnaire)
GTC	Gestion Technique Centralisée
IF	Installations fixes
IHM	Interface Homme Machine
LAC	Ligne aérienne de contact
LM	Limite de manœuvre
m	mètre(s)
MR	Matériel Roulant tramway
MT	Moyenne tension
MTQ	Ministère des Transports du Québec
MUTCD	Manual of uniform traffic control device
P+R	Parc Relais
PA	Point d'annulation
PC	Point de confirmation
PCC	Poste de Commande Centralisé tramway
PCC Tramway	Poste de commande centralisée du tramway
PCE	Poste de commande énergie
PD	Point de direction

PDAD	Plan directeur d'aménagement et de développement
PI	Point d'intersection
PL	Poids Lourd
PMAD	Plan métropolitain d'aménagement et de développement
PMR	Personne à Mobilité Réduite
PPHPS	Passagers par heure et par sens
PPU	Programme particulier d'urbanisme
RTC	Réseau de transport de la Capitale
SAE	Système d'aide à l'exploitation
SAEIV	Système d'Aide à l'Exploitation et à l'Information Voyageurs
SIG F	Signalisation ferroviaire tramway
SIL	Niveau d'intégrité de la sécurité
SIV	Système d'information voyageur
SLT	Signalisation Lumineuse de Trafic
SRB	Système rapide par bus
ST Lévis	Société de transport de Lévis
STI	Systèmes de transport intelligents
Système	Ensemble structuré d'éléments associés dont l'interaction permet l'atteinte d'un résultat bien spécifique
TC	Transport Collectif
TCSP	Transport Collectif en Site Propre
TGV	Train à grande vitesse
TIV	Tableau d'indication de vitesse
TNR	Talonnable non renversable (concerne un appareil de voie)
TOD	Transit Oriented Development (aménagement axé sur le transport en commun)
TOR	Information Tout ou Rien
TSP	Transit signal priority
V	Volt
VP	Véhicule Particulier
VU	Voie unique
WIFI	Wireless Fidelity (Ensemble de normes de communication sans fils 802.11)
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 (1) des deux (2) voies du tramway est utilisée par les véhicules particuliers (VP, PL, BUS).
Site banal :	Les deux (2) 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 ET MISE EN CONTEXTE

1.1 MISE EN CONTEXTE

1.1.1 Plan de mobilité durable

En janvier 2009, le maire de Québec a mis sur pied le groupe de travail sur la mobilité durable. Au terme de 18 mois de réflexions, d'échanges et d'analyses, le groupe de travail a rendu publiques, en juin 2010, les propositions du Plan de mobilité durable. Ces propositions ont été soumises à une large consultation de la population au cours des mois de septembre et d'octobre 2010. Le 9 novembre 2011, le maire de Québec rendait public le rapport final du Plan de mobilité durable de la Ville de Québec en présence de M. Sam Hamad, Ministre responsable de la région de la Capitale Nationale et de M. Pierre Moreau, Ministre des Transports du Québec.

Le Plan de mobilité durable définit sur un horizon de 20 ans une vision intégrée du développement, de l'aménagement et du transport pour la ville de Québec. La finalité du plan est de contribuer à faire de Québec une région attrayante, prospère et durable qui s'illustre notamment par une forte intégration de l'aménagement du territoire et des transports et dont la population privilégie les modes de déplacement actifs et collectifs. Le plan repose sur six (6) grandes orientations :

- contenir la croissance à l'intérieur du périmètre urbanisé des villes de Québec et de Lévis;
- privilégier une plus grande mixité des fonctions dans les pôles urbains et le long des principales artères;
- structurer, consolider et développer le territoire urbain par le transport public;
- assurer l'accessibilité aux lieux d'emplois, d'études, d'affaires et de loisirs par des modes autres que l'automobile;
- favoriser une utilisation efficace de chacun des modes de transport des marchandises;
- mettre à contribution les institutions et les entreprises qui génèrent beaucoup de déplacements.

Dans le domaine du transport, ces orientations sont liées à des cibles ambitieuses de transfert modal pour 2030. L'objectif est de doubler la part modale du transport en commun à Québec et à Lévis. Pour la région de Québec, la cible est de 20 % de part modale pour le transport en commun en 2030 sur 24 heures et de 26 % en période de pointe.

Cette vision est conforme à la vision du Plan métropolitain d'aménagement et de développement du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec adopté par la Communauté métropolitaine de Québec le 15 décembre 2011 et en attente de l'avis gouvernemental.

1.1.2 Projet de tramway à Québec et à Lévis

Pour structurer, consolider et développer le territoire urbain par le transport public et pour atteindre l'objectif de doubler la part modale du transport collectif au cours des 20 prochaines années, le Plan de mobilité durable propose la mise en place de deux (2) lignes de tramway soit une ligne Est-Ouest de 22,3 km et une ligne nord-sud de 6,6 km. Le Plan de mobilité durable évalue de façon sommaire le coût de mise en place de l'ensemble de ce réseau de tramway à environ 1,5 milliard de dollars excluant le prolongement dont il est question ci-après.

La figure qui suit illustre le tracé proposé du tramway.

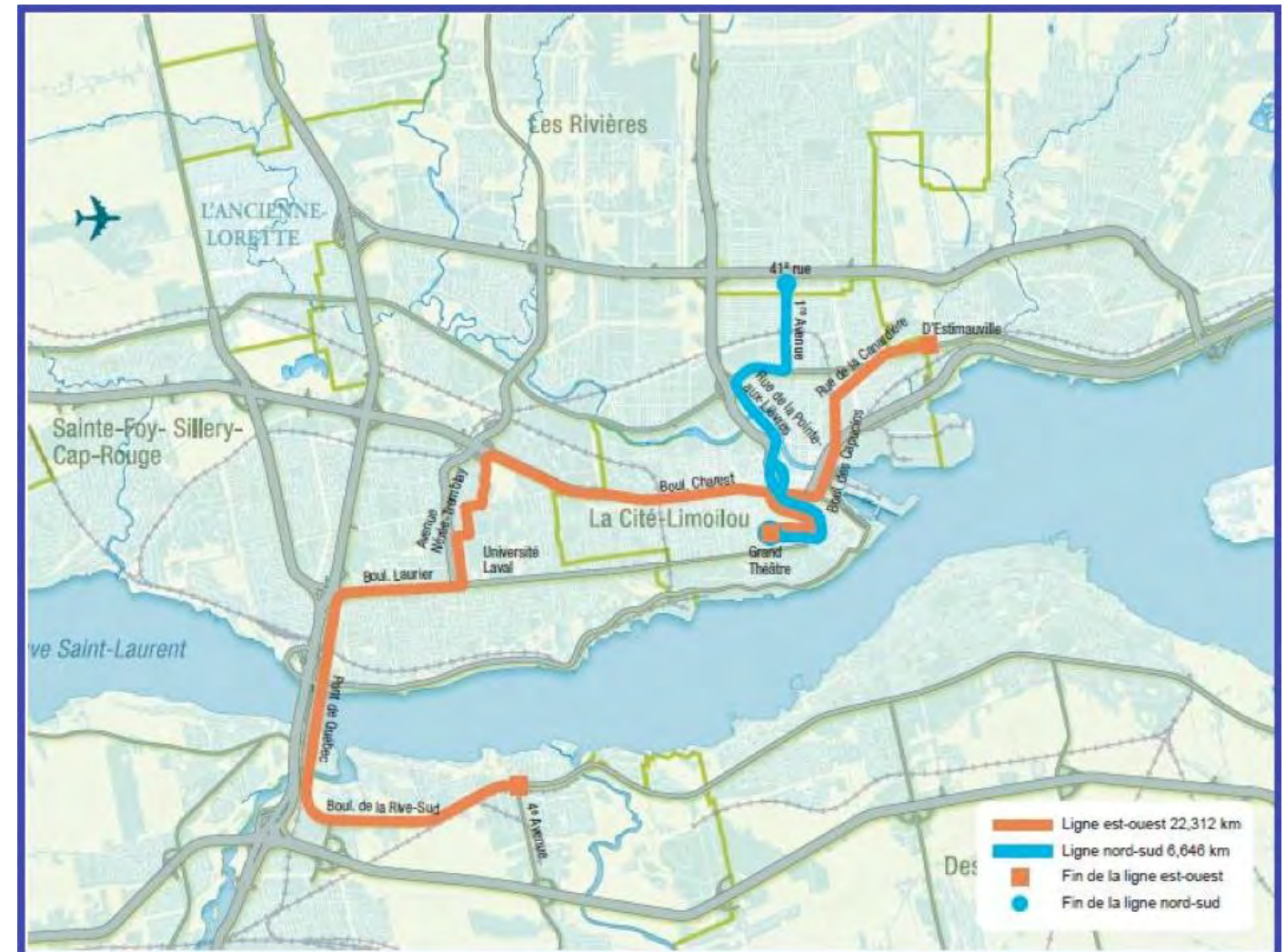


Figure 1 : Tracé proposé du tramway

Il est à noter qu'en plus de ce tracé de 28,9 km, l'étude de faisabilité porte également sur une extension de 7,7 km sur la Rive-Sud entre la 4^e Avenue et le boulevard Alphonse-Desjardins. Le coût du projet serait de l'ordre de 2,0 milliards de dollars avec cette extension. L'étude de faisabilité porte sur l'ensemble du tracé, soit quelque 36,6 km.

Le réseau de tramway proposé par le Plan de mobilité durable sera l'élément structurant du réseau de transport collectif, avec le quartier Saint-Roch comme plaque tournante.

La ligne Nord-Sud reliera la 41^e Rue au Grand Théâtre sur la colline parlementaire. Le corridor préliminaire emprunte la 1^{re} Avenue, l'avenue Eugène-Lamontagne, la rue de la Pointe-aux-Lièvres, la rue Dorchester, la Côte d'Abraham, l'avenue Honoré-Mercier, la Place D'Youville et le boulevard René-Lévesque pour desservir en partant du nord vers le sud :

- le quartier Lairet;
- le secteur d'ExpoCité, incluant le futur amphithéâtre;
- le futur écoquartier de la Pointe-aux-Lièvres;

- le quartier Saint-Roch;
- la colline Parlementaire.

Le prolongement vers l'est rejoindrait le pôle de D'Estimauville. Le corridor préliminaire emprunte le boulevard Charest, la rue Jean-Lesage, le boulevard des Capucins, le chemin de la Canardière et le boulevard Sainte-Anne pour desservir d'ouest en est :

- le quartier Saint-Roch;
- le secteur Saint-Dominique;
- le CEGEP de Limoilou;
- le secteur Maizerets du quartier Limoilou;
- le pôle et l'écoquartier de D'Estimauville.

Le prolongement vers l'ouest rejoindrait Lévis. Le corridor préliminaire emprunte le boulevard Charest, la rue Nérée-Tremblay, le campus de l'Université Laval, le boulevard Laurier, le Pont de Québec et le boulevard de la Rive-Sud pour desservir :

- le quartier Saint-Roch;
- le quartier Saint-Sauveur;
- le boulevard Charest;
- le CEGEP de Ste-Foy;
- l'Université Laval;
- le secteur Laurier dans Sainte-Foy;
- le quartier Saint-Romuald;
- le quartier Lévis.

En plus de desservir les pôles générateurs de déplacements les plus importants (quartiers denses, services, commerces, emplois, éducation, tourisme, etc.), ces deux lignes vont permettre à de nombreux projets structurants de se développer dans un contexte d'accessibilité favorable au transport collectif, notamment :

- le site d'ExpoCité;
- le futur amphithéâtre;
- l'écoquartier de la Pointe-aux-Lièvres;
- le pôle Saint-Dominique;
- la future gare TGV;
- l'écoquartier et le parc technologique D'Estimauville;
- le pôle Marie-de-l'Incarnation;
- le nouveau boulevard urbain et le développement immobilier et des activités (parcs industriels, parc technologique) de l'axe Charest;
- le secteur de l'Université Laval et du CEGEP de Ste-Foy;
- le secteur de la tête des ponts à Lévis;
- les plans particuliers d'urbanisme (PPU) de Saint-Roch et Sainte-Foy.

1.1.3 Particularité des analyses sur le territoire de la Ville de Lévis

La Société de transport de Lévis (STLévis) en collaboration avec la Ville de Lévis prévoit réaliser, entre 2013 et 2019 environ, le réaménagement du boulevard de la Rive-Sud depuis le Pont de Québec jusqu'à la route Monseigneur-Bourget, dans le but notamment d'y insérer des voies en site

exclusif pour un service de bus à haut niveau de service (BHNS). Ce projet est prévu en différentes phases de planification et de réalisation. La première phase de planification est en cours soit une étude d'avant-projet pour la partie comprise entre les rues Alphonse-Desjardins et Saint-Omer. Le reste du corridor, soit de la rue Alphonse-Desjardins au chemin du Saut, fera l'objet d'une étude de faisabilité et d'avant-projet préliminaire qui doivent débiter à l'été 2012 et se terminer à l'automne 2013. Dans le cadre de ces études d'avant-projet, la STLévis demandera à ses consultants de planifier ces voies en site exclusif de telle façon qu'elles puissent éventuellement recevoir un tramway.

Sur le territoire de la Ville de Lévis, le projet de tramway emprunte le boulevard de la Rive-Sud du Pont de Québec au boulevard Alphonse-Desjardins. Sur le boulevard de la Rive-sud, l'étude de faisabilité doit faire l'insertion du tramway et en analyser les impacts par rapport à la situation actuelle.

Pour tenir compte du projet de BHNS de la Ville de Lévis, le lot 1 – mandat 1 comprend un livrable spécifique (livrable 1.7) qui demande l'analyse d'une variante qui tient compte du projet de BHNS.

1.1.4 Organisation du projet

La figure qui suit illustre la structure de gouvernance de l'étude.

Le côté droit de la figure décrit la structure de maîtrise d'ouvrage de l'étude. La maîtrise d'ouvrage de l'étude relève du conseil d'administration du RTC. La responsabilité administrative est assurée par le directeur de projet qui est le cadre supérieur du RTC de qui relève l'étude. Le gestionnaire de l'étude, qui relève du RTC, est la personne responsable de mener à bien la réalisation de l'étude. Pour ce faire, il supervise le personnel technique nécessaire, gère les mandats des consultants et crée et anime tous les groupes de travail nécessaires à la réalisation de l'étude.

Le côté gauche décrit la structure de coordination entre la Ville de Québec, le maître d'ouvrage et les divers organismes participant à l'étude (Communauté urbaine de Québec, Ville de Lévis, ministère des Transports du Québec, Société de transport de Lévis, Hydro-Québec, etc.). Elle comprend un comité d'orientation, un comité directeur et un comité de projet.

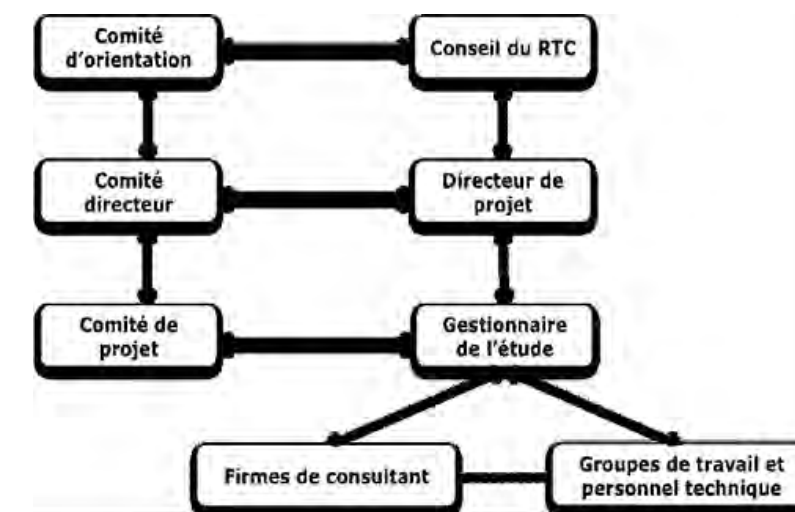


Figure 2 : Structure de gouvernance de l'étude

Comité d'orientation

Le comité d'orientation a principalement une responsabilité décisionnelle. Il joue entre autres les rôles suivants :

- assurer que l'étude respecte les orientations du Plan de mobilité durable;
- approuver les grandes orientations de l'étude;
- approuver les principaux mandats et les principaux livrables de l'étude.

Comité directeur

Le comité directeur a principalement une responsabilité administrative. Il joue entre autres les rôles suivants :

- assurer le respect des décisions du comité d'orientation;
- assurer un déroulement harmonieux de la réalisation de l'étude;
- assurer le respect des échéanciers et du budget;
- faire au comité d'orientation les recommandations requises sur les mandats et les livrables.

Comité de projet

Le comité de projet a principalement une responsabilité technique. Il joue entre autres les rôles suivants :

- supporter le responsable et les soumissionnaires retenus dans la réalisation de l'étude;
- assurer la qualité technique des analyses effectuées;
- faire au comité directeur les recommandations requises sur les mandats et les livrables.

Groupe de travail

Un groupe de travail est formé, lorsque requis pour accompagner le soumissionnaire retenu dans la réalisation d'une partie spécifique de l'étude de faisabilité.

1.1.5 Échéancier

L'échéancier de l'Étude de faisabilité technique du tramway (lot 1 – mandat 1) dépend principalement des dates suivantes (selon l'échéancier Lot 1 en date du 30 juin 2013) :

- remise du livrable 1.1 – version préliminaire du rapport - 4 septembre 2012. Ce rapport a été remis en version préliminaire le 4 septembre 2012 et en version finale le 1 novembre 2012;
- remise du livrable 1.2 – technologie et insertion – version préliminaire du rapport – 30 juillet 2013. Ce rapport a été remis en version préliminaire le 31 juillet 2013, en version révisée le 4 septembre 2013 et en version finale le 5 février 2014;
- remise du livrable 1.3 – mode d'alimentation du système – version préliminaire du rapport – 30 août 2013. Ce rapport a été remis en version préliminaire le 3 septembre 2013 et en version finale le 14 novembre 2013;
- remise du livrable 1.4 – équipements, exploitation, maintenance et dépôt – version préliminaire du rapport – 20 décembre 2013. Ce rapport a été émis en version préliminaire le 20 décembre 2013 et la présente version constitue sa version finale;
- remise du livrable 1.5 – phasages et échéancier de construction du projet – version préliminaire du rapport – 18 décembre 2013. Ce rapport a été divisé en deux (2) Volets A et B. Le Volet A (Phasage du projet) a été émis en version préliminaire le 9 octobre 2013 et sa dernière version date du 2 décembre 2013. Il est prévu, en date d'aujourd'hui, de déposer une version préliminaire du Volet B (Échéancier de construction) en février 2014;

- remise du livrable 1.6 – coûts d'immobilisation et d'exploitation – version préliminaire du rapport – 20 décembre 2013. Ce rapport a été divisé en deux (2) volets A et B. Le Volet A (coûts d'immobilisation) a été émis en version préliminaire le 25 novembre 2013. Il est prévu, en date d'aujourd'hui, de déposer une version préliminaire du Volet B (coûts d'exploitation) à la fin février 2014;
- remise du livrable 1.7 – impacts de la mise en place d'un BHNS à Lévis – version préliminaire du rapport – 13 décembre 2013. En date de finalisation du présent rapport, l'insertion validée du BHNS n'étant pas disponible, la date prévue de remise de ce rapport ne peut être précisée;
- livrable final – Lot 1 – version préliminaire fin février 2014.

1.2 SITUATION DANS LE PROJET

1.2.1 Le mandat de services professionnels confié au consortium

Le mandat de services professionnels confié au Consortium Roche, SNC-Lavalin et Egis Rail dans le cadre de l'étude de faisabilité du tramway de Québec et de Lévis fait partie d'un ensemble d'études coupées en cinq (5) mandats.

La figure ci-après présente ces cinq (5) mandats.

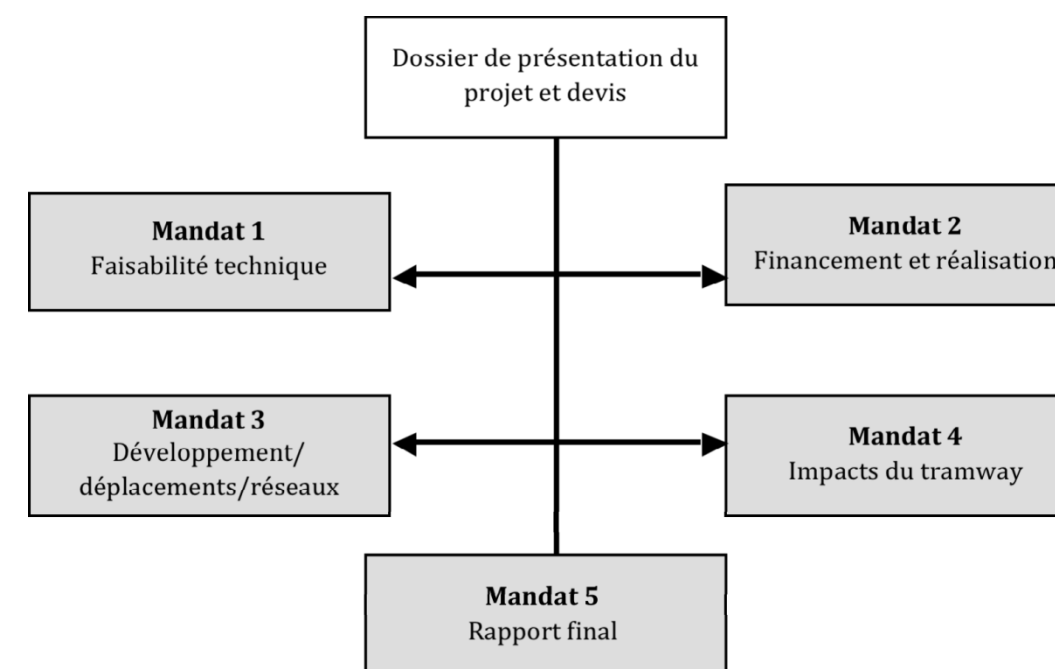


Figure 3 : Les 5 mandats

Le Réseau de transport de la Capitale (RTC) a regroupé ces mandats en trois (3) lots :

- le lot 1 comprend le mandat 1 (faisabilité technique);
- le lot 2 comprend le mandat 2 (modes de financement et de réalisation);
- le lot 3 comprend les mandats 3, 4 et 5 (développement/déplacements/réseaux, impacts du tramway et rapport final).

Le lot 1 – mandat 1 : Étude de faisabilité technique du tramway a été confié par le RTC au Consortium tramway Québec-Lévis composé des firmes Roche, SNC-Lavalin et Egis Rail.

Le lot 1 – mandat 1 est constitué de huit (8) livrables. Le présent rapport est le quatrième de ces livrables, soit : Équipements, exploitations, maintenance et dépôt.

1.2.2 Portée et objectifs de l'étude de faisabilité

L'étude de faisabilité du projet de tramway ne porte pas sur un éventuel choix de corridors, ceux-ci ayant été définis dans le cadre du Plan de mobilité durable. Elle porte sur la faisabilité et les impacts de la mise en place d'un tramway dans ces corridors.

Les objectifs de l'étude sont de :

- préciser le projet de tramway, en évaluer les coûts et les impacts, les avantages et les inconvénients;
- viser à établir un consensus des organismes concernés sur les caractéristiques du projet;
- permettre, par le dépôt de l'étude, une décision sur la poursuite de la démarche de mise en place d'un tramway à Québec et à Lévis;
- assurer que l'étude de faisabilité puisse aussi servir de dossier de présentation stratégique tel que prévu dans la politique-cadre sur la gouvernance des grands projets d'infrastructure publique du gouvernement du Québec.

1.2.3 Objectifs du lot 1 – mandat 1

Les principaux objectifs du mandat 1 sont les suivants :

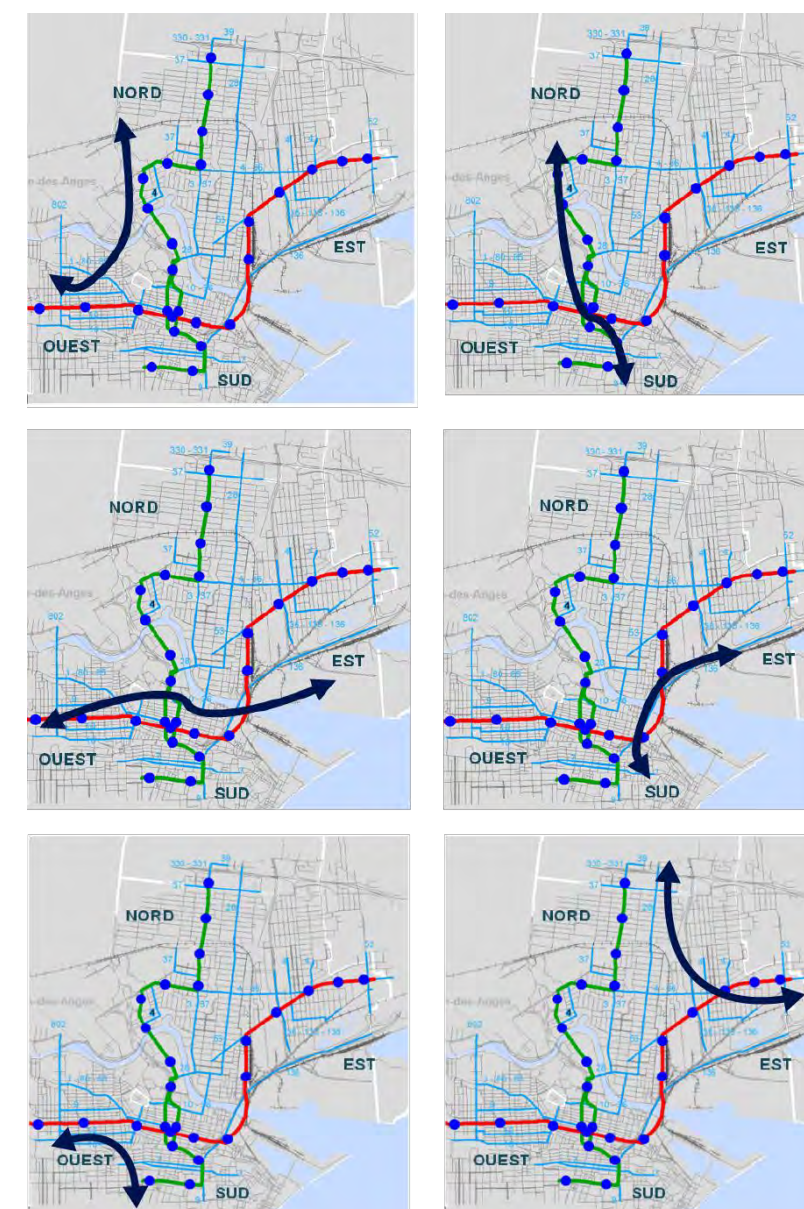
- définir le projet de référence, les variantes et les enjeux du tramway;
- définir l'insertion urbaine et les principes d'aménagement du projet de tramway;
- définir les différentes composantes de l'infrastructure (plateforme voie ferrée, voirie, drainage, réseaux souterrains, ouvrages d'art, etc.);
- définir les divers systèmes requis au fonctionnement du tramway;
- définir le mode de propulsion et l'alimentation en énergie;
- définir les principes fonctionnels et concevoir les stations et les centres d'échange;
- identifier la localisation du centre d'exploitation et d'entretien du tramway (CEE) et définir ses principales caractéristiques techniques;
- définir les caractéristiques techniques du matériel roulant;
- définir l'exploitation du système;
- définir les principes de fonctionnement des carrefours empruntés par le tramway;
- dresser l'échéancier de réalisation du tramway, avec stratégie de phasage le cas échéant.

Le Consortium doit estimer les coûts de réalisation du tramway avec une précision de $\pm 30\%$.

Il est à noter que les termes de référence du dossier prévoyaient l'étude de deux (2) tracés pour une opération organisée que sur la base de deux lignes, une ligne Est-Ouest et une ligne Nord-Sud. Les hypothèses présentées récemment par le RTC orienteraient vers deux tracés (Nord-Sud et Est-Ouest), mais exploités sous forme de quatre lignes ou six qui seraient :

- 1. Ligne Est-Ouest;
- 2. Ligne Nord-Sud;
- 3. Ligne Est-Sud;
- 4. Ligne Nord-Ouest;
- 5. Ligne Ouest-Sud;
- 6. Ligne Nord-Est.

Toutefois, compte tenu des impacts engendrés par le désir de garder ouvertes toutes ces possibilités d'exploitation tant sur l'aménagement physique (espace requis pour l'insertion des aiguillages), l'impact visuel (toile d'araignée pour la LAC), et de moins bonne fréquence et lisibilité pour les usagers (une -1- rame sur deux -2- ou sur trois -3- va à la destination de l'utilisateur), le RTC va procéder à une analyse plus fine des origines et destinations des usagers et préciser les lignes qu'il souhaite exploiter. Elles sont illustrées schématiquement ci-dessous.



1.2.4 Les livrables du lot 1 – mandat 1

Le lot 1 – mandat 1 est composé de huit (8) livrables : soit :

Livrable 1.1 : Projet de référence, variantes et enjeux du tramway

Ce premier livrable a trois objectifs. Le premier est de bien identifier le projet de référence de l'étude en termes de matériel roulant, de tracé, d'alimentation électrique et de localisation du CEE. Le deuxième est d'identifier de façon préliminaire les problématiques d'insertion d'un tramway le long du tracé de référence. Le troisième est d'identifier les variantes possibles par rapport au projet de référence qui doivent être considérées et étudiées dans la poursuite de l'étude.

Il est aussi requis dans ce livrable d'identifier les études et projets majeurs en cours qui ont un impact sur le projet de tramway, notamment les études et projets concernant le Pont de Québec et les études et projet concernant la mise en place sur voies en site exclusif d'un système de bus à haut niveau de service (BHNS) sur le boulevard de la Rive-Sud à Lévis.

Projet de référence

Décrire le projet de référence et en cartographier le tracé.

Variantes

Faire l'inventaire des types de matériel roulant et des modes d'alimentation qui peuvent être pertinents pour le projet de Québec et de Lévis et en décrire les principaux avantages et désavantages. Faire une recommandation sur les variantes qui seront conservées pour analyse tout au long de l'étude.

Dans les corridors décrits au Plan de mobilité durable de la ville de Québec, identifier les diverses variantes de tracé possibles. Faire une recommandation sur les variantes de tracé qui seront conservées pour analyse tout au long de l'étude.

Identifier les sites potentiels pour localiser le CEE. Faire une recommandation sur les variantes de localisation du CEE qui seront conservées pour analyse tout au long de l'étude.

Problématiques d'insertion

L'objectif est de dresser un inventaire préliminaire des difficultés d'insertion d'un tramway le long du tracé proposé afin de mieux cibler les analyses à effectuer dans les volets suivants. Pour ce faire, les activités suivantes doivent être réalisées :

- illustrer les sections des insertions possibles d'un tramway en milieu urbain pour la technologie de référence et les variantes retenues. Ces sections donneront les dimensions requises autant pour la circulation en ligne droite que pour la circulation en virage;
- illustrer sur plan les insertions possibles d'une station en montrant la localisation et l'étendue des quais;
- identifier les pentes sur le tracé de référence et les variantes retenues. Le résultat devra être illustré sur un plan d'ensemble avec une légende pour des tranches de 2 % jusqu'à 6 % et des tranches de 1 % au-delà de 6 %. Les tronçons avec des pentes de plus de 6 % devront être illustrés avec une plus grande précision;
- dresser la typologie du tracé à l'étude (plans d'ensemble et plans spécifiques à chaque tronçon) quant aux types d'insertion possibles : en ligne droite, en rive sur un côté, en rive sur

deux côtés, au centre. Cette typologie devra donner par tronçon les largeurs d'emprise actuelle, nombre et utilisation actuelle des voies de circulation et stationnement, largeur trottoir à trottoir, largeur bâtiment à bâtiment. Le nombre et l'horaire des places de stationnement éliminées ou maintenues devront être spécifiés;

- illustrer avec une plus grande précision, le tracé des virages à faible rayon le long du tracé et les rayons de courbure possibles avec une insertion au centre ou en rive;
- identifier sur un plan d'ensemble les tronçons où l'insertion d'un tramway pourrait se faire en demeurant à plus d'un demi mètre des valeurs critiques (généralement minimum 3,6 m ou maximum 6,5 m) du tirant d'air sous la caténaire (au rail). Les cas où ces valeurs critiques ne sont pas respectées doivent être décrits avec un descriptif (bulle) sur le plan d'ensemble;
- dresser un inventaire préliminaire des problématiques majeures d'insertion d'un tramway sur le tracé de référence et les options (variantes) retenues, avec plan d'ensemble et liste.

Rapport d'étape

Produire un rapport d'étape faisant état des analyses et recommandations découlant du livrable 1.1. Ce rapport a été remis en version finale le 1^{er} novembre 2012.

Livrable 1.2 : Technologie et insertion

Principes généraux

Dans la recherche d'une solution technologique, le Consortium tiendra compte des principes suivants :

- favoriser les déplacements et le confort des usagers;
- assurer la sécurité des personnes, la sécurité des installations et des équipements, la sécurité routière et la sécurité publique;
- assurer l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite, incluant les personnes en fauteuil roulant, sans intervention du personnel;
- minimiser l'ensemble des coûts;
- faciliter l'entretien des infrastructures, des équipements et du matériel roulant;
- offrir des services pratiques aux usagers;
- maximiser les interfaces avec les réseaux de transport en commun;
- minimiser les impacts sur le milieu urbain et le réseau routier;
- assurer le maintien de la fluidité de la circulation et des autres modes de transport présents le long du tracé du tramway;
- optimiser le concept visuel;
- favoriser le sens d'orientation par des aménagements simples et logiques;
- assurer le fonctionnement et la performance du système dans les conditions climatiques de la région de Québec.

Énoncé de conception

Le Consortium devra rédiger un énoncé (ou hypothèses) de conception relatif aux problématiques d'insertion et aux différents systèmes. Ce chapitre rassemblera les hypothèses d'études générales applicables à tous les domaines techniques. Les hypothèses spécifiques à un domaine technique seront formulées dans le chapitre dédié à ce domaine.

Cet énoncé devra prendre en compte toutes les normes applicables qu'elles soient internationales, nationales ou locales.

▪ Définition du matériel roulant

À partir de la technologie de référence et des variantes retenues au livrable 1.1, le Consortium décrira :

- le matériel roulant;
- l'environnement opérationnel requis pour le matériel roulant;
- les spécifications générales pour l'exploitation du matériel roulant;
- les spécifications fonctionnelles du matériel roulant.

▪ Définition de la plateforme, des stations et des pôles d'échanges

À partir de la technologie de référence et des variantes retenues au livrable 1.1, le Consortium décrira :

- les différentes caractéristiques de l'infrastructure (plateforme voie ferrée, voirie, drainage, réseaux souterrains);
- la définition technique et fonctionnelle des stations;
- la définition technique et fonctionnelle des terminus de lignes;
- les données d'entrée du tracé de la plateforme en plan, profil en long et profil en travers.

▪ Insertion fonctionnelle du tramway

L'insertion fonctionnelle consiste à mettre en place sur le terrain l'ensemble des éléments (infrastructure, voie ferrée, ouvrages d'art, stations et centres d'échange, système d'alimentation, autres systèmes) requis pour le fonctionnement du système de tramway.

Le Consortium devra donc :

- cartographier à une échelle de 1/1000 l'insertion du tramway et de toutes ses composantes;
- les points critiques devront être cartographiés avec une plus grande précision lorsque requis;
- décrire l'ensemble des modifications que cette insertion apporte aux divers réseaux urbains incluant la géométrie routière, l'aménagement des intersections, la signalisation routière, l'éclairage, les trottoirs et pistes cyclables, etc.;
- identifier l'ensemble des travaux requis pour l'insertion fonctionnelle et pour les modifications aux réseaux urbains pour pouvoir en calculer les coûts.

Le Consortium retenu pour le mandat 1 (lot 1) est responsable de l'insertion fonctionnelle du tramway. Cependant, dans l'axe du boulevard Charest entre la rue Saint-Sacrement et la rue Nérée-Tremblay, cette insertion va dépendre de divers scénarios de développement ou de redéveloppement. Le mandataire du mandat 3 (lot 3) est responsable d'élaborer ces scénarios. Le Consortium retenu pour le mandat 1 et le mandataire du mandat 3 devront travailler en étroite concertation dans ce secteur.

▪ Insertion et aménagement de l'espace urbain

Au-delà de son insertion fonctionnelle, la mise en place d'un système de tramway a un impact important sur l'espace et le paysage urbain. Le Consortium devra donc proposer des aménagements spécifiques pour chaque secteur traversé par le tramway. Ces aménagements devront s'adapter au contexte local en fonction des volontés d'imposer le tramway comme élément

structurant de l'espace public ou au contraire le fondre dans le cadre local afin qu'il s'adapte aux lieux traversés.

Le Consortium devra donc :

- définir un concept général d'image de marque pour le tramway et illustrer ce concept;
- découper la ligne en tronçons présentant des caractéristiques similaires, par exemple, du point de vue des unités de paysage, de la géométrie et de la typologie des espaces publics;
- caractériser et analyser les tronçons en regard de la morphologie urbaine, de la configuration de l'espace public et de la composante paysagère;
- identifier les contraintes et formuler les recommandations pour une insertion optimale;
- pour chaque tronçon, définir l'aménagement de l'espace urbain en tenant compte des caractéristiques du tronçon et de l'image de marque souhaitée pour le tramway;
- illustrer le concept d'aménagement de chaque tronçon;
- identifier l'ensemble des travaux requis pour réaliser cette insertion dans le but d'en calculer les coûts.

Rapport d'étape

Produire un rapport d'étape faisant état des analyses et recommandations découlant du livrable 1.2.

Ce rapport préliminaire, excluant le tracé de Lévis, a été remis le 31 juillet 2013. Une version incluant les commentaires du RTC a été soumise le 4 septembre 2013. La version finale de ce rapport d'étape a été émise le 5 février 2014, incluant le tracé de Lévis.

Livrable 1.3 : Mode d'alimentation du système

Définition des sous-systèmes fonctionnels

Le sous-système « Énergie et lignes aériennes de contact » du scénario de référence de la ligne de tramway se compose de quatre sous-ensembles fonctionnels :

- la transformation de l'énergie Moyenne Tension (MT) du réseau de distribution d'électricité en énergie de traction continue d'alimentation des matériels roulants et en énergie Basse Tension (BT) qui alimente les stations voyageurs, le dépôt (CEE) et les équipements en ligne;
- la distribution de l'énergie de traction au matériel roulant qui se fait au moyen de lignes aériennes de contact (LAC) sur poteaux, intégrées au paysage urbain;
- la commande et le contrôle des équipements électriques à partir du centre de commande énergie;
- la récupération de l'énergie de freinage en vue d'optimiser la consommation énergétique de la ligne.

Objectifs de l'étude de faisabilité de l'alimentation électrique

À l'instar des autres systèmes du tramway, l'étude de faisabilité de l'alimentation électrique a pour objectif :

- de s'assurer de la faisabilité du système « énergie et alimentation électrique » dans le respect des normes et des lois;
- de caractériser les équipements de ce système dans un détail nécessaire et suffisant pour estimer les coûts d'investissement avec une précision de $\pm 30\%$;

- de déterminer la consommation en énergie et en puissance électrique du tramway et d'en déterminer le coût annuel avec une précision de $\pm 30\%$;
- de caractériser les requis en entretien (équipement et personnel) et d'en déterminer le coût annuel avec une précision de $\pm 30\%$;
- de proposer et d'étudier des alternatives au système d'énergie et de ligne de contact de référence (alimentation par le sol, par batteries, etc.).

Exigences générales

Les principes de base à considérer, pour le projet de référence, bien que non limitatifs, sont les suivants :

- appliquer un concept éprouvé et sécuritaire;
- tenir compte des conditions climatiques (très grande variation entre les hivers froids et l'été), du relief (dénivelée importante de la ligne) et des conditions de circulation en environnement urbain;
- minimiser les impacts sur l'environnement;
- optimiser les coûts d'immobilisation et d'exploitation sur la durée de vie des infrastructures;
- optimiser l'implantation des divers équipements en milieu urbain;
- faciliter l'entretien des infrastructures et des équipements servant à l'électrification.

Identification des critères de conception

Les sujets à traiter comprennent entre autres :

- l'identification des enjeux majeurs et des problèmes associés à la réalisation du scénario de référence et des variantes retenues;
- l'identification des normes (incluant celles d'Hydro-Québec) et pratiques à respecter pour la mise en place, l'exploitation et la maintenance des équipements électriques du tramway aérien;
- l'élaboration des critères ainsi que des normes de conception des ouvrages et des équipements électriques, notamment en ce qui a trait aux structures à mettre en place et aux gabarits à respecter;
- l'identification et l'analyse des contraintes imposées par la circulation de véhicules hors gabarit (pompiers, véhicules hors gabarits), ainsi que l'analyse des impacts que les équipements peuvent avoir sur la circulation de ces véhicules, le cas échéant;
- l'identification des contraintes environnementales et des règles qui devront être suivies;
- l'identification des enjeux liés aux conditions climatiques et l'identification des impacts sur les exigences d'exploitation et de maintenance.

Équipements de transformation et principes de raccordement au réseau

Les sujets à traiter comprennent entre autres :

- la caractérisation des variantes d'alimentation traction au projet de référence (ligne aérienne de contact);
- la détermination du niveau et du choix de tension de la ligne aérienne de contact (LAC);
- la détermination de la configuration de l'alimentation optimale (raccorder chaque poste de redressement au réseau d'Hydro-Québec, avoir un réseau interne de distribution alimenté à quelques points par Hydro-Québec, etc.);
- la détermination de la localisation et des puissances des postes de redressement;
- les choix technologiques associés aux équipements des postes de redressement et les principes de raccordement au réseau d'Hydro-Québec;

- la définition de l'insertion de la ligne aérienne de contact (définir les types d'insertion, définition des équipements);
- la définition des fonctions principales et équipements associés au centre de commande d'énergie;
- l'étude, la caractérisation et la comparaison des différents systèmes de récupération d'énergie de freinage;
- la mise à la terre et le traitement des perturbations harmoniques et des courants vagabonds;
- l'exploitation et l'entretien des équipements « énergie et lignes aériennes ».

Rapport d'étape

Produire un rapport d'étape faisant état des analyses et recommandations découlant du livrable 1.3. La version préliminaire de ce rapport a été émise le 3 septembre 2013 et la version finale a été émise le 14 novembre 2013.

Il est à noter que pour faciliter le suivi de l'évolution et la validation progressive de ce livrable, le Consortium a subdivisé ce livrable en 7 sous-livrables présentés sous forme de 7 notes techniques.

Livrable 1.4 : Équipements, exploitation, maintenance et dépôt

Le présent rapport constituant le livrable 1.4, la section 1.3 du présent document présente en détail les objectifs de ce livrable et le contenu du rapport.

Livrable 1.5 : Phasage et échéancier de construction du projet

Phasage du projet (Volet A)

Le Consortium devra analyser s'il est possible de mettre en place le projet de tramway par phases. Si cela est possible, il devra proposer un découpage des phases du projet et proposer une priorité de mise en place des différentes phases.

Dans l'analyse du phasage du projet, il doit tenir compte des éléments suivants :

- les priorités des divers projets de développement le long des corridors du tramway;
- les différences de coûts d'immobilisation entre un projet complet ou un projet par phase;
- la capacité d'exploiter de façon performante le système de tramway;
- l'impact sur les déplacements et l'achalandage du tramway;
- les avantages et les coûts du projet.

Il devra se concerter avec le mandataire des mandats 3 et 4 (lot 3) pour tenir compte de l'impact des déplacements, de l'achalandage et des avantages ainsi que des coûts sur le phasage du projet.

Échéancier de construction (Volet B)

Le Consortium devra produire un échéancier sommaire de construction du projet de tramway. Cet échéancier devra tenir compte des éléments suivants :

- l'échéancier doit être construit pour que l'ouverture du système se fasse préférentiellement le 1 janvier 2026;
- l'échéancier doit détailler les principales étapes qui sont nécessaires à la mise en place du projet de tramway, de la confection des plans et devis à l'ouverture officielle du système;

- l'échéancier doit être présenté en tenant compte des phases potentielles du projet et des variantes retenues.

Rapport d'étape

Produire un rapport d'étape faisant état des analyses et recommandations découlant du livrable 1.5. Ce rapport d'étape fait l'objet de deux (2) volets : le Volet A qui traite du phasage et le Volet B qui traite de l'échéancier de construction. La version préliminaire du Volet A a été remise le 2 décembre 2013 et la version préliminaire du Volet B est prévue pour février 2014.

Livrable 1.6 : Coûts d'immobilisation et d'exploitation

L'objectif de ce livrable est de :

- définir les coûts d'immobilisation du projet pour le concept de référence et les variantes;
- définir les coûts annuels d'exploitation du système pour le concept de référence et les variantes.

Coût d'immobilisation du projet (Volet A)

Le Consortium devra calculer et présenter les coûts d'immobilisation du projet par phase, sur une base annuelle, en dollars 2012 avec une précision de $\pm 30\%$. Ce calcul devra tenir compte des éléments suivants :

- comprendre tous les coûts qui sont nécessaires à la mise en place du projet de tramway, de la confection des plans et devis à l'ouverture officielle du système;
- comprendre le coût des mesures de mitigations requises pendant les travaux de construction du tramway;
- être réparti en sous-systèmes afin de bien illustrer le coût des différentes composantes du tramway.

Le Consortium devra indiquer la durée de vie des principales infrastructures, des principaux équipements, du matériel roulant et présenter leur coût de remplacement.

Coûts annuels d'exploitation (Volet B)

Le Consortium devra calculer et présenter les coûts annuels d'exploitation du système de tramway par phase, sur une base annuelle, en dollars 2012 avec une précision de $\pm 30\%$. Ce calcul devra tenir compte des éléments suivants :

- comprendre tous les coûts annuels qui sont nécessaires à l'exploitation du système de tramway;
- être détaillé sur la même base que les budgets annuels du RTC;
- les coûts d'exploitation seront calculés annuellement de 2026 à 2041 (intran à l'analyse avantages/coûts).

Rapport d'étape

Produire un rapport d'étape faisant état des analyses et recommandations découlant du livrable 1.6. Ce rapport a été divisé en deux (2) volets A et B. Le Volet A (coûts d'immobilisation) a été émis en version préliminaire le 25 novembre 2013. Il est prévu, en date d'aujourd'hui, de déposer une version préliminaire du Volet B (coûts d'exploitation) le 14 février 2014.

Livrable 1.7 : Impacts de la mise en place d'un BHNS à Lévis

Compte tenu de la réalisation potentielle d'un BHNS à Lévis, le Consortium devra dans le cadre de la réalisation du mandat 1 :

- coordonner ses analyses avec le consultant choisi par STLévis pour l'étude de faisabilité et d'avant-projet du BHNS sur le boulevard de la Rive-Sud;
- s'assurer que l'insertion retenue pour le tramway sur le boulevard de la Rive-Sud soit cohérente avec les travaux prévus pour la mise en place d'un BHNS;
- tenir compte du projet de BHNS dans l'étude de phasage du projet tramway;
- pour les coûts d'immobilisation, calculer une variante qui prévoit que le BHNS est en place sur le boulevard de la Rive-Sud au moment de la construction du tramway (les informations concernant le BHNS seront fournies par le consultant de STLévis).

Rapport d'étape

Produire un rapport d'étape faisant état des analyses et recommandations découlant du livrable 1.7. La version préliminaire de ce rapport était prévue pour le 11 octobre 2013. En date de finalisation du présent rapport, l'insertion validée du BHNS n'étant pas disponible, la date de dépôt de ce rapport n'est pas connue.

Livrable 1.8 : rapport technique du mandat 1

Le Consortium devra produire un rapport technique qui présente de façon claire les inventaires, les constats, les analyses et les résultats du mandat 1 de l'étude de faisabilité portant sur la faisabilité technique du tramway. La version préliminaire de ce rapport est actuellement prévue pour la fin février 2014.

1.3 PRÉSENTATION DU LIVRABLE 1.4 : ÉQUIPEMENTS, EXPLOITATION, MAINTENANCE ET DÉPÔT

1.3.1 Objectifs

L'objectif de ce livrable est de :

- définir les caractéristiques du service offert par le tramway en fonction des besoins et de l'achalandage;
- dimensionner le parc de matériel roulant et le kilométrage annuel;
- définir les ressources requises pour l'exploitation et l'entretien du service, du garage et des systèmes et infrastructures;
- définir les équipements requis pour le projet tel que la signalisation, les communications, etc.

Équipements requis

Le Consortium devra définir l'ensemble des systèmes et équipements requis pour le bon fonctionnement du tramway.

Exploitation du système

Le Consortium devra décrire les principes d'exploitation recommandés et faire l'estimation du parc de matériel roulant, de la vitesse commerciale du système, ainsi que des paramètres d'exploitation

nécessaires au fonctionnement du tramway. Cela contribue au calcul du coût d'exploitation du système.

Le Consortium doit :

- évaluer qualitativement les différents scénarios d'exploitation du tramway en fonction des caractéristiques de la demande (conception et définition des lignes);
- dimensionner l'offre de transport journalière (évolution des intervalles d'exploitation et la longueur des trains);
- calculer la marche type, le temps d'arrêt en station, la vitesse commerciale et la durée d'un tour;
- dimensionner le parc de matériel roulant et calculer les véhicules-km;
- décrire le fonctionnement des terminus de ligne (configuration et mouvement des trains) et des aires de remisage en ligne;
- décrire le fonctionnement en mode nominal, y compris insertion/retrait des rames;
- décrire le fonctionnement en mode dégradé, en ligne (services provisoires) et en terminus;
- produire le plan de voies;
- établir les ressources requises pour l'exploitation du système.

Le calcul de la demande est de la responsabilité du mandataire du mandat 3 (lot 3). Celui-ci doit fournir les caractéristiques de la demande pour le tramway. À partir de cette information, le Consortium du mandat 1 (lot 1) devra faire la conception des lignes, définir les vitesses, la longueur des trains, les horaires et les fréquences.

Maintenance et dépôt

Par rapport au CEE, le Consortium devra :

- analyser les différents scénarios de localisation et proposer une localisation;
- établir les dimensions requises pour le terrain du CEE;
- décrire les fonctions du CEE;
- dimensionner de façon préliminaire le CEE et décrire sommairement son mode de fonctionnement;
- établir les ressources requises pour le fonctionnement du CEE.

1.3.2 Contenu

Le Consortium a subdivisé le livrable 1.4 en six (6) sous-livrables. Leur contenu est résumé et regroupé dans le présent Rapport d'étape 1.4. Par conséquent, le livrable 1.4 est structuré de la façon suivante, suite au présent chapitre 1 d'introduction et de mise en contexte :

- chapitre 2 – Critères de conception du centre d'exploitation et d'entretien (CEE);
- chapitre 3 – Signalisation ferroviaire;
- chapitre 4 – Systèmes, SAE, SIV, Billettique, communication, vidéosurveillance;
- chapitre 5 – Contrôle aux intersections et priorité (Intrant Ville - Type de contrôleurs FC);
- chapitre 6 – Exploitation du système;
- chapitre 7 – Maintenance et dépôt : ce chapitre présente les deux (2) Volets de ce sous-livrable, à savoir le Volet équipements – halle de maintenance et d'entretien des CEE et le Volet aménagement des sites des CEE retenus dans l'étude de faisabilité.

2 CRITÈRES DE CONCEPTION DU CENTRE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN

Le présent chapitre présente un résumé des critères de conception des Centres d'Exploitation et d'Entretien (CEE) nécessaires pour le réseau de tramway des Villes de Québec et de Lévis. Le Centre d'Exploitation et d'Entretien (CEE) permet d'effectuer la gestion et l'entretien du système de tramway ainsi que le remisage du matériel roulant. Considérant les caractéristiques du parc de matériel roulant du tramway et les emplacements disponibles, cette étude a, dans un premier temps, permis :

- d'identifier les objectifs et l'organisation de la maintenance du matériel roulant;
- de définir un programme établissant les caractéristiques des différentes composantes du CEE;
- et enfin d'établir de manière préliminaire le dimensionnement des terrains requis pour le CEE.

L'étude des sites possibles pour la mise en place d'un CEE principal a alors permis d'évaluer les mérites des différents sites envisagés pour en recommander un ; la même analyse fut conduite pour la localisation d'un CEE secondaire requis pour le prolongement de la ligne de tramway dans Lévis.

Enfin, les critères de conception système, incluant celles du poste de commande centralisée (PCC) et des différents fonctions et sous-systèmes nécessaires à l'exploitation du tramway, furent établis.

La suite de ce chapitre présente le contenu des études réalisées.

2.1 DONNÉES GÉNÉRALES

Dimensionnement des sites

Le CEE du tramway des villes de Québec et de Lévis est étudié pour le réseau à terme de façon à intégrer dès l'origine les contraintes maximales. L'étude est réalisée de façon à pouvoir permettre la construction progressive du Centre et de ses aménagements par phases successives.

Les études requises pour le dimensionnement du parc de matériel roulant étant en cours, les hypothèses suivantes ont été prises :

- court terme : parc matériel roulant d'environ 50 rames d'une longueur de 33 m;
- long terme : parc matériel roulant tramway d'environ 70 rames d'une longueur de 43 m.

Pour un parc de matériel roulant plus important et/ou un réseau tramway très étendu, il est préférable de privilégier la réalisation d'un deuxième CEE. C'est ce qui est prévu dans le cas de l'extension de la ligne de tramway à Lévis jusqu'au boulevard Alphonse-Desjardins, où il est recommandé de prévoir un 2^e Centre (secondaire) de remisage et d'entretien.

Le CEE principal doit disposer de toutes les fonctionnalités nécessaires pour l'exploitation et l'entretien d'un système tramway. Pour le 2^e CEE, il n'est pas nécessaire de recréer toutes les fonctionnalités.

2.2 OBJECTIFS ET ORGANISATION DE LA MAINTENANCE

2.2.1 Intérêt et objectifs

Les équipements et les installations d'un système de transport moderne doivent pouvoir fonctionner durant de nombreuses années de manière à garantir à l'exploitant, et par voie de conséquence aux

voyageurs, le service demandé avec le maximum de fiabilité, de disponibilité et de sécurité. La maintenance est l'un des moyens d'atteindre cet objectif.

L'objectif prioritaire de la maintenance est de mettre à tout moment à la disposition du « service d'exploitation » le nombre nécessaire de véhicules réputés bon pour l'exploitation voyageurs et garantir un bon fonctionnement de la ligne. La réalisation de cet objectif passe par une bonne fiabilité et maintenabilité du matériel roulant et par la mise en place d'une organisation de maintenance performante.

2.2.2 Organisation de la maintenance

On distingue d'abord les activités de maintenance selon leur nature préventive ou curative; d'autres opérations surviennent également en complément.

Maintenance préventive

Au cours d'interventions dont l'espacement est programmé, les organes qui composent le matériel roulant sont soumis à des vérifications et à des réparations pour prévenir tout bris ou avarie. On distingue :

- la maintenance préventive systématique consistant à effectuer, suivant un calendrier préétabli, des opérations de révision (nettoyage, vérification, évaluation, contrôle, etc.);
- la maintenance préventive conditionnelle, subordonnée à des événements prédéterminés (atteinte de seuils d'usure, de température, de vibrations, etc.).

Cette maintenance est appliquée pour les équipements ayant des paramètres mesurables qui varient lentement.

Maintenance curative

Elle consiste à réparer ou changer des équipements défectueux. Ces réparations et changements ne sont rendus nécessaires que par des défaillances constatées durant le service du matériel roulant ou au cours des visites d'entretien préventif. La maintenance curative se traduit soit par :

- une intervention de *dépannage*, de caractère rapide et provisoire;
- une *réparation*, intervention à caractère définitif effectuée par les agents d'entretien.

Maintenance complémentaire

La maintenance préventive et la maintenance curative doivent être complétées par :

- des opérations qui contribuent à la bonne image de marque du transport collectif (lavages extérieur et intérieur des véhicules, reprofilage des roues et réfection des peintures);
- des opérations diverses, nécessaires au fonctionnement du matériel roulant, telles que le remplissage des sablières ou des réservoirs de lave-vitres, etc.

2.3 PROGRAMME POUR LE CEE

Le programme du CEE définit l'ensemble des fonctions à prévoir pour son opération, soit :

- remisage du matériel roulant;
- remisage des matériels de travaux;
- station-service tramway;
- maintenance du matériel roulant;
- maintenance des installations fixes;
- locaux d'exploitation et de servitudes;

- locaux sociaux;
- stationnements.

2.3.1 Remisage du matériel roulant

La zone de remisage permet le garage des rames. La configuration des voies et accès permet d'optimiser l'injection et le retrait des rames. Vu les conditions climatiques hivernales propres à la région de Québec, un remisage fermé, isolé et tempéré est conseillé. On veillera à prévoir un entraxe des voies facilitant la circulation des véhicules d'entretien.

2.3.2 Remisage des matériels de travaux

Destinés à diverses tâches (ex. : opérations de maintenance de la voie et des installations fixes), les matériels de travaux pourront être routiers ou mixtes (rail/route). Leur remisage est organisé dans l'atelier des installations fixes.

2.3.3 Station-service tramway

La station-service est utilisée principalement à la rentrée des véhicules le soir. Elle est implantée normalement sur le faisceau de voie d'accès au dépôt, en amont du remisage. Elle permet d'accueillir des trains en unité simple pour effectuer diverses opérations (remplissage des sablières, lavage extérieur, nettoyage intérieur, contrôles).

2.3.4 Maintenance du matériel roulant

L'atelier est conçu pour assurer les fonctions principales suivantes :

- petites révisions;
- levage;
- interventions sur voies sur dalle;
- tôlerie et carrosserie;
- reprofilage des roues;
- entretien des équipements déposés;
- voie d'essais.

2.3.5 Maintenance des installations fixes

La mise en place d'un atelier traitant de la maintenance des installations fixes permet de réaliser l'entretien et les réparations de première urgence. Cet atelier comporte un accès routier pour les livraisons et les véhicules d'interventions. Des aires de stockage intérieur et extérieur sont prévues.

2.3.6 Locaux d'exploitation et de servitudes

Plusieurs locaux à usages divers sont requis pour l'exploitation du tramway ainsi que pour fins de servitudes. Citons notamment : le poste de commande centralisé (PCC), l'informatique, les locaux et bureaux pour l'exploitation, les locaux pour la prise de service, pour les responsables de l'exploitation et de l'atelier, etc.

2.3.7 Locaux sociaux

L'aménagement d'une salle en réfectoire pour le personnel constitue un minimum aux fins de pourvoir aux besoins sociaux des employés.

2.3.8 Stationnements

Un stationnement pour les véhicules particuliers des employés et visiteurs est à prévoir.

2.4 PRÉDIMENSIONNEMENT DU CEE

Par expérience et par analogie avec des Centres d'Exploitation et d'Entretien déjà réalisés, nous pouvons pré-dimensionner le dépôt à terme selon le tableau ci-dessous. Ces valeurs sont données à titre indicatif et pourront évoluer.

À ce stade-ci des études, le pré-dimensionnement présuppose un parc matériel roulant de 50 rames avec extension à 70 rames. La longueur des rames est de 33 m de long au démarrage de l'exploitation tramway, puis passe à 43 m de long par la suite.

Il en résulte que les aménagements du/des CEE devront permettre des extensions. Ce principe évolutif permet de limiter l'investissement pour la construction initiale du CEE, et de phaser ensuite le complément d'investissement par rapport à l'achat de rames complémentaires ou à leur allongement.

De par la longueur de la ligne envisagée (extension comprise), un site de CEE secondaire semble indispensable côté Lévis pour permettre une exploitation fluide de la ligne et minimiser les trajets « Haut le pied ».

Le tableau suivant résume les besoins en espace pour chacune des fonctions du Centre d'Exploitation et d'Entretien du système tramway. La superficie totale est d'environ 50 000 à 55 000 m² initialement ; quelques 20 000 à 25 000 m² sont prévus pour les extensions. L'extension de surface pour le remisage tramway et les voies de circulations découle pour une partie de l'allongement des rames et pour l'autre partie de l'augmentation du nombre de rames.

Tableau 1 : Le Centre d'Exploitation et d'Entretien (CEE) est le site où s'effectuent la gestion et l'entretien du système de tramway ainsi que le remisage du matériel roulant.

Surface initiale	Surface extension	Fonction
10 000 m ²	10 000 m ²	Remisage tramway
10 000 m ²	5 000 m ²	Voies ferrées de circulation
5 000 m ²	3 000 m ²	Atelier de maintenance tramway
1 000 m ²	1 000 m ²	Station-service tramway
1 000 m ²		Remisage des matériels de maintenance
3 000 m ²	1 000 m ²	Atelier de maintenance installations fixes
1 000 m ²		Locaux d'exploitation tramway
5 000 m ²		Zones de circulations routières (accès, livraisons, etc.)
5 000 m ²	2 000 m ²	Parking
10 000 m ²		Espace vert, bassins de rétention, etc.

Tout ou une partie des surfaces d'extension peut être localisé (e) dans un CEE secondaire. La création d'un CEE secondaire apporte de nombreux avantages (réduction des trajets « haut le

ped ». Néanmoins, cela implique quelques doublons. Pour un 2^e CEE, il est préférable de considérer une fourchette haute de surface de 25 000 m².

2.5 LOCALISATION DU CEE PRINCIPAL

Plusieurs sites sont envisagés pour l'implantation du Centre d'Exploitation et d'Entretien principal. Les lignes qui suivent présentent une analyse comparative des sites envisagés.

2.5.1 Présentations des sites envisagés

Les trois (3) propositions de site sont les suivantes :

- Site 1 : VQ – TP Limoilou (implanté à l'angle du boulevard Henri-Bourassa et du chemin de la Canardière, il est donc en contact direct avec le tracé Est-Ouest);
- Site 2 : Rue de Verdun 2 (implanté le long de la rue de Verdun, laquelle débouche sur le tracé Est-Ouest);
- Site 3 : Cyrille-Duquet 2 (implanté entre la rue Cyrille-Duquet – contre allée du boulevard Charest Ouest – et la rue Semple).

La figure présentée ci-dessous montre la localisation des sites.

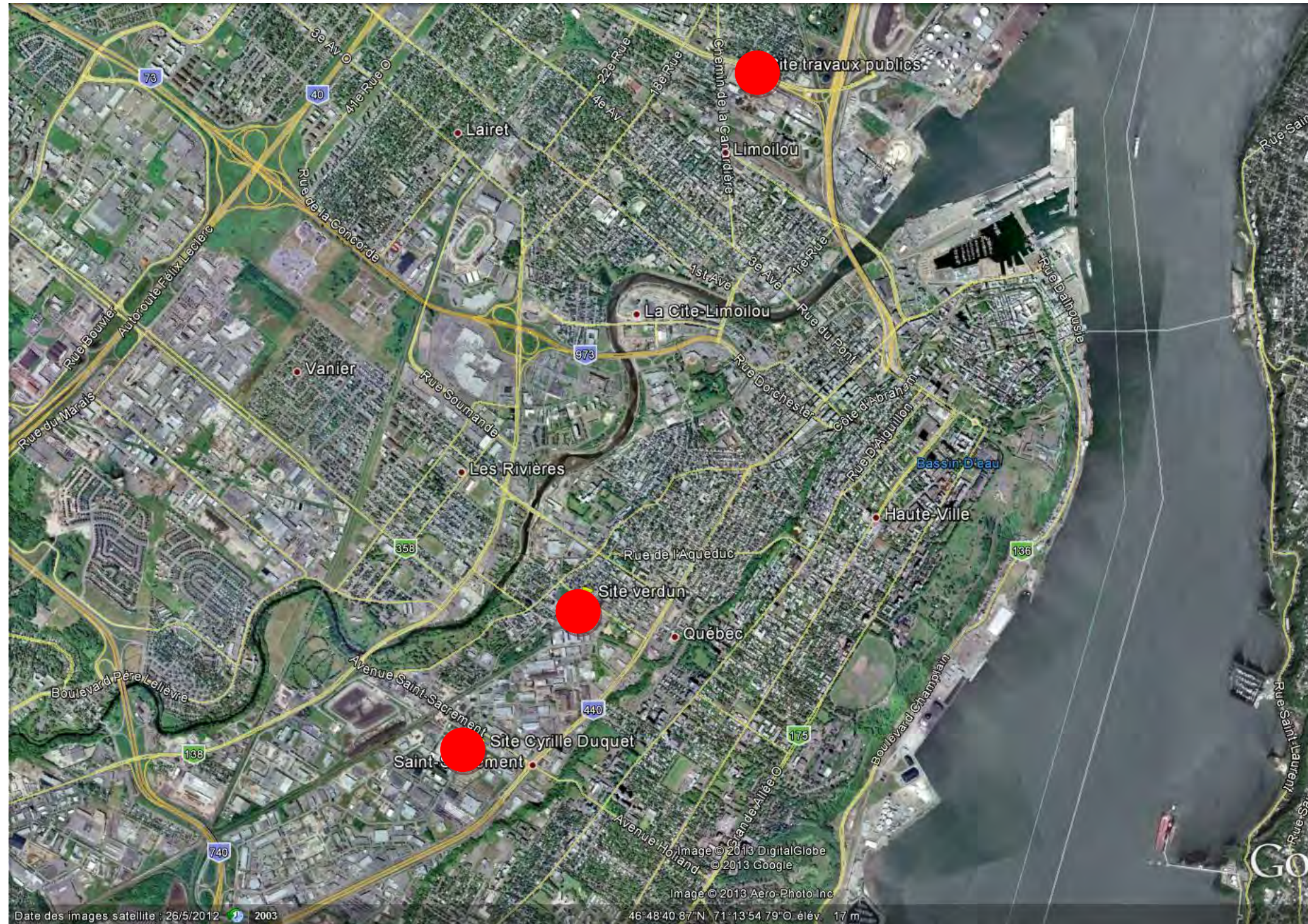


Figure 5 : Carte générale de localisation des sites des CEE

2.5.2 Analyse comparative des sites

Une analyse comparative des sites est faite sur les critères principaux intervenants pour un CEE. Ces critères sont :

- caractéristiques du site (forme, superficie, contraintes d'emprise);
- aspect exploitation (distance par rapport au tracé principal, positionnement par rapport aux terminus, positionnement par rapport aux croisements Est-Ouest/Nord-Sud);
- insertion;
- impacts sur le phasage de réalisation du projet.

Les figures suivantes constituent autant de « zooms » sur chacun des sites. Leur situation par rapport à la ligne de tramway voisine et quelques éléments de contrainte sont identifiés.



Tracé de la ligne Poteaux THT Ligne HT ? Ligne THT

Figure 6 : Localisation du site 1 VQ-TP Limoilou



Accès au CEE Tracé de la ligne

Figure 7 : Localisation du site 2 rue de Verdun



Poteaux HT Tracé de la ligne Ligne HT

Figure 8 : Localisation du site 3 Cyrille-Duquet

2.5.3 Contraintes liées à la proximité d'une ligne THT

La présence de lignes THT à proximité ou sur les terrains envisagés pour le CEE réduit la surface utilisable pour le CEE; la construction de tout ou partie de bâtiment à caractère permanent est interdite dans l'emprise d'une ligne THT. Ceci va donc grever la surface constructible du site.

Ce point reste à préciser en fonction de la tension des lignes THT concernées.

Autre point, lorsque la distance de parallélisme entre les lignes THT et les voies tramway est importante, cela va générer un phénomène de tension induite dans les installations tramway. C'est le cas notamment pour le site n°1 de Limoilou, avec une distance de parallélisme de 600 à 700 m.

2.5.4 Récapitulatif et comparaison des sites

Vérification des surfaces utiles

Seul le site VQ-TP Limoilou serait susceptible d'accueillir une extension afin de recevoir environ 70 rames. Cette constatation est néanmoins à pondérer avec la « place perdue » liée à la présence de la ligne THT le long du site. Cette ligne THT grèverait la superficie constructible du site d'environ $600\text{ m} \times 30\text{ m} = 18\,000\text{ m}^2$ (sur une base de 30 m non constructible pour une ligne THT de 450 000 V, à confirmer lors des études).

Cet espace pourrait être utilisé comme zone de parking et zone plantée d'arbres de petits développements. La surface réellement exploitable pourrait se résumer à :

- dimension du site constructible : $83\,000\text{ m}^2 - 18\,000\text{ m}^2 = 65\,000\text{ m}^2$;
- dimension, de la zone de parking : $5\,000\text{ m}^2 + 2\,000\text{ m}^2 = 7\,000\text{ m}^2$;
- dimension de la zone boisée : $5\,000\text{ m}^2$;
- soit un total de $77\,000\text{ m}^2$ pouvant être suffisant pour y loger le CEE principal avec son extension.

La place non nécessaire au CEE à proximité et sous la ligne THT ($6\,000\text{ m}^2$) pourrait éventuellement être utilisée comme parc relais.

Le site Cyrille-Duquet présente la même contrainte liée à la proximité d'une ligne THT. En partant sur les mêmes bases que précédemment, la ligne THT grèverait la superficie constructible du site d'environ $190\text{ m} \times 30\text{ m} = 5\,700\text{ m}^2$ (sur une base de 30 m non constructible pour une ligne THT de 450 000 V, à confirmer lors des études). Cet espace pourrait être utilisé comme zone de stationnement et zone plantée d'arbres de petits développements. La surface réellement exploitable pourrait se résumer à :

- dimension du site constructible : $54\,200\text{ m}^2 - 5\,700\text{ m}^2 = 48\,500\text{ m}^2$;
- dimension, de la zone de parking : $5\,000\text{ m}^2$;
- dimension de la zone boisée : 700 m^2 ;
- soit un total de $54\,200\text{ m}^2$ pouvant être suffisant pour y loger le CEE principal à la mise en service mais sans possibilité d'extension du site.

Tableau comparatif

Le tableau suivant synthétise les informations de comparaison et donne sur les 3 dernières colonnes une note des sites sur chacun des critères.

Tableau 2 : Comparaison des trois (3) sites potentiels pour le CEE principal et cotation pour chaque critère d'évaluation

	Site 1 VQ – TP Limoilou	Site 2 Rue de Verdun	Site 3 Site Cyrille-Duquet	S1	S2	S3
Superficie approximative	83 000 m ²	59 200 m ²	54 200 m ²	3	2	1
Dimension	Forme rectangulaire ~ 700 m X 130 m	Forme rectangulaire ~ 300 m * 150 m + 2 pointes	Forme en L, avec une 1 ^{re} partie rectangulaire ~170 m X 75 m, et une 2 ^e partie en trapèze ~100/190 m	3	2	1
Différence altimétrique Point haut / point bas	Entre +4 m et +8 m, soit 4 m	Entre +12 m et +20 m, soit 8 m	Entre +20 m et +27 m, soit 7 m	3	1	1
Contrainte d'emprise	Présence ligne THT aérienne empiétant sur le site (en bordure de site) et de 4 pylônes sur le site		Présence ligne THT aérienne empiétant sur le site (en bordure de site) et 1 pylône sur le site	3	3	2
Possibilité de création d'une voie d'essai	Oui (environ 700 m)	Oui, courte (environ 340 m)	Non	3	2	1
Distance par rapport au tracé	Site mitoyen au tracé	Implique la création de linéaire d'accès ~ 300 m pour rejoindre le tracé Est-Ouest	Site mitoyen au tracé	3	1	3
Complexité de raccordement au tracé	La complexité dépendra du positionnement de la plateforme tramway	Insertion directe vers l'ouest difficile (pont route)	La complexité dépendra du positionnement de la plateforme tramway	3	1	2
Distance par rapport à la ligne Nord / Sud	3 km. Très pénalisant, car l'insertion ne permet pas l'installation des AdV permettant des liaisons directes Est-Nord et Est-Sud.	2 km	3,2 km	(*)	3	2
Distance du terminus	1.5 km	6.5 km	7.7 km	3	2	1

	Site 1 VQ – TP Limoilou	Site 2 Rue de Verdun	Site 3 Site Cyrille-Duquet	S1	S2	S3
Accès routier	Très facile	Facile	Très facile	3	2	3
Insertion urbaine	Pratiquement pas de zones d'habitation	Zone d'habitation et de bureau sur 2 faces	Impacte le potentiel de développement de l'axe Charest Ouest	3	2	2
Insertion paysagère	Pas de contrainte, site à vocation industrielle		Pas de contrainte, site à vocation industrielle	3	2	3
Total				(*)	23	22

(*) Site 1 VQ – TP Limoilou : pas de classement pour ce site car sur un critère (croisement Dorchester/Charest), il est très pénalisant pour l'exploitation.

Conclusion

Le site VQ – TP Limoilou présente de nombreux avantages par rapport aux 2 autres sites étudiés. Par contre sur un critère (injections/retraits des rames ligne Nord-Sud), les contraintes d'aménagement du carrefour Dorchester/Charest génèrent de fortes contraintes sur l'exploitation. Ces contraintes font que le site de Limoilou ne peut pas être retenu comme site pour le CEE principal.

Les deux autres sites étudiés étant quasiment à égalité. Entre autres, compte tenu des perspectives de redéveloppement dans la zone Ouest du boulevard Charest, le site Verdun a été retenu pour finaliser l'étude de faisabilité technique.

2.6 LOCALISATION DU CEE SECONDAIRE

À la suite d'une analyse préliminaire, quatre sites ont été identifiés. Les lignes qui suivent résument l'analyse comparative des sites envisagés.

Les 4 propositions de site sont les suivantes :

- Site A : secteur Ouest - 1^{re} Avenue (situé au début du boulevard de la Rive-Sud en venant du pont de Québec, lorsque le boulevard devient parallèle à la voie ferrée du CN);
- Site B : secteur Ultramar/chemin des Îles (situé le long du boulevard de la Rive-Sud, entre la rue Plante et la rue Dumais);
- Site C : Secteur rue Saint-Omer (situé le long du boulevard de la Rive-Sud, après la rue Saint-Omer, soit environ 1,2 km au-delà de la station terminus tramway);
- Site D : secteur Ultramar (situé à proximité du site B. Il est en retrait par rapport au boulevard de la rive Rive-Sud et encadré par la rue Plante et la rue Perreault).

Les figures suivantes constituent autant de « zooms » sur chacun des sites. Leur situation par rapport à la ligne voisine de tramway et quelques éléments de contrainte sont identifiés.

2.6.1 Analyse comparative des sites

Une analyse comparative des sites est faite sur les critères principaux intervenants pour un Centre d'Exploitation et d'Entretien. Ces critères sont :

- caractéristiques du site (forme, superficie, contraintes d'emprise);
- aspect exploitation (distance par rapport au tracé principal, positionnement par rapport aux terminus, positionnement par rapport aux croisements Est-Ouest/Nord-Sud);
- insertion;
- impacts sur le phasage de réalisation du projet.

Sites A et B (non retenus pour analyse ultérieure)

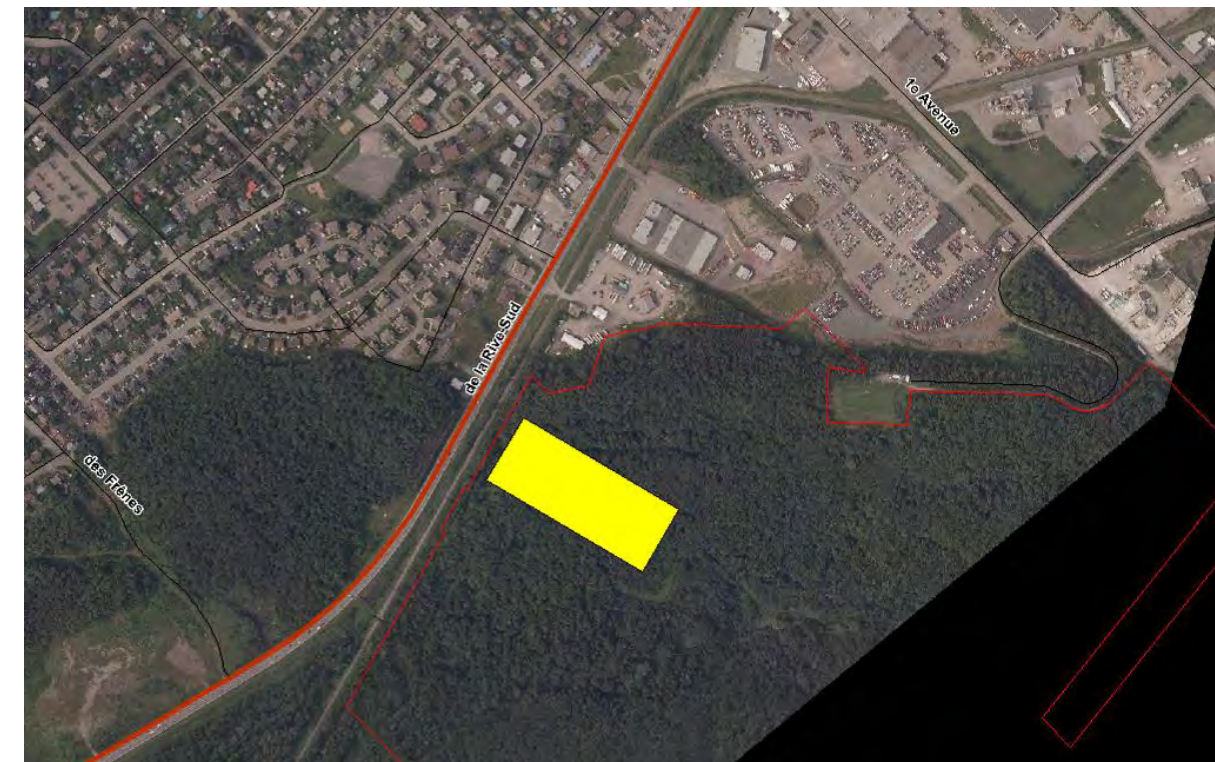


Figure 9 : Localisation du site A

Le site A envisagé présente deux (2) contraintes importantes :

- pour relier le site à la ligne de tramway, il sera nécessaire de franchir la voie ferrée CN;
- il est situé dans une aire de conservation de milieu naturel avec milieux humides et plantes à statut précaire.

De ce fait, le site A n'est pas retenu.

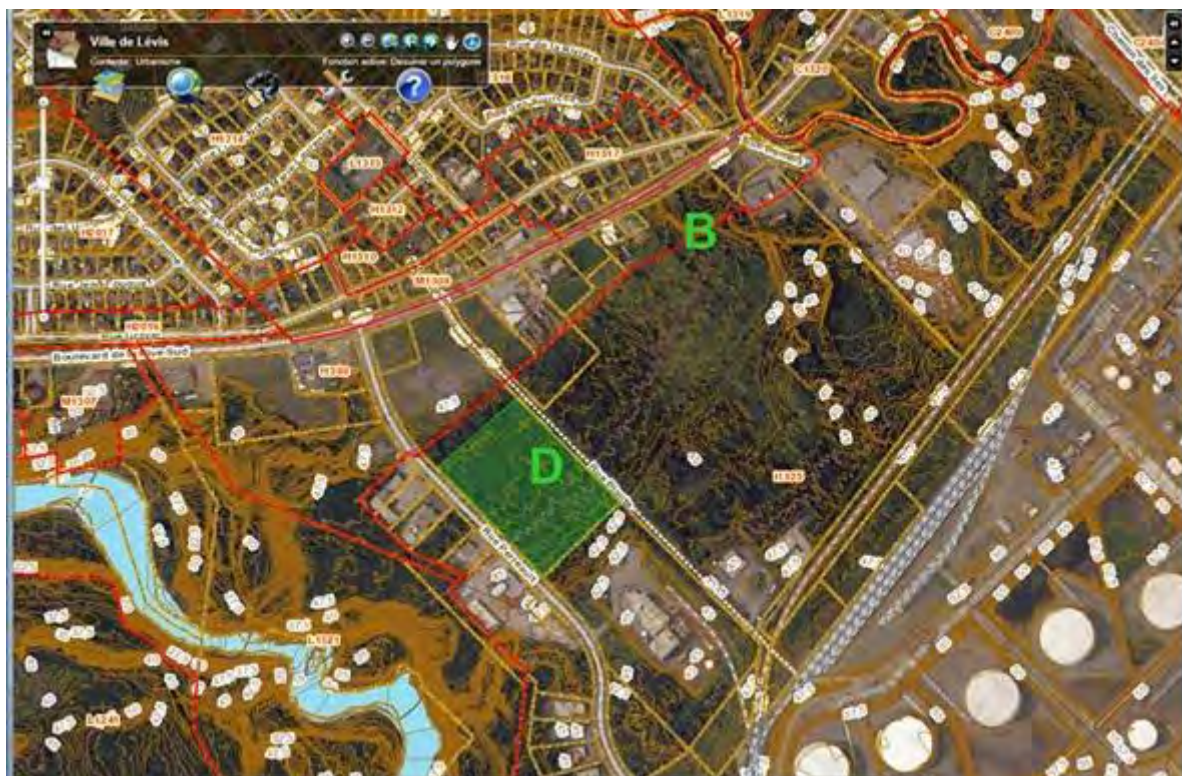


Figure 10 : Localisation du site B

Le site B présente quant à lui une dénivellée importante (10 m d'écart entre le point haut et le point bas du site). De plus, le terrain est bordé par un talus qui fait environ 5 m de hauteur et possède une pente de plus de 50 %.

Les coûts des travaux de nivellement et de stabilisation des terrains seraient très conséquents.

Pour limiter ces difficultés topographiques en décalant l'implantation du CEE, cela impliquerait l'acquisition de lots bâtis.

De ce fait, le site B n'a pas été pas retenu pour analyse ultérieure.

Sites C et D

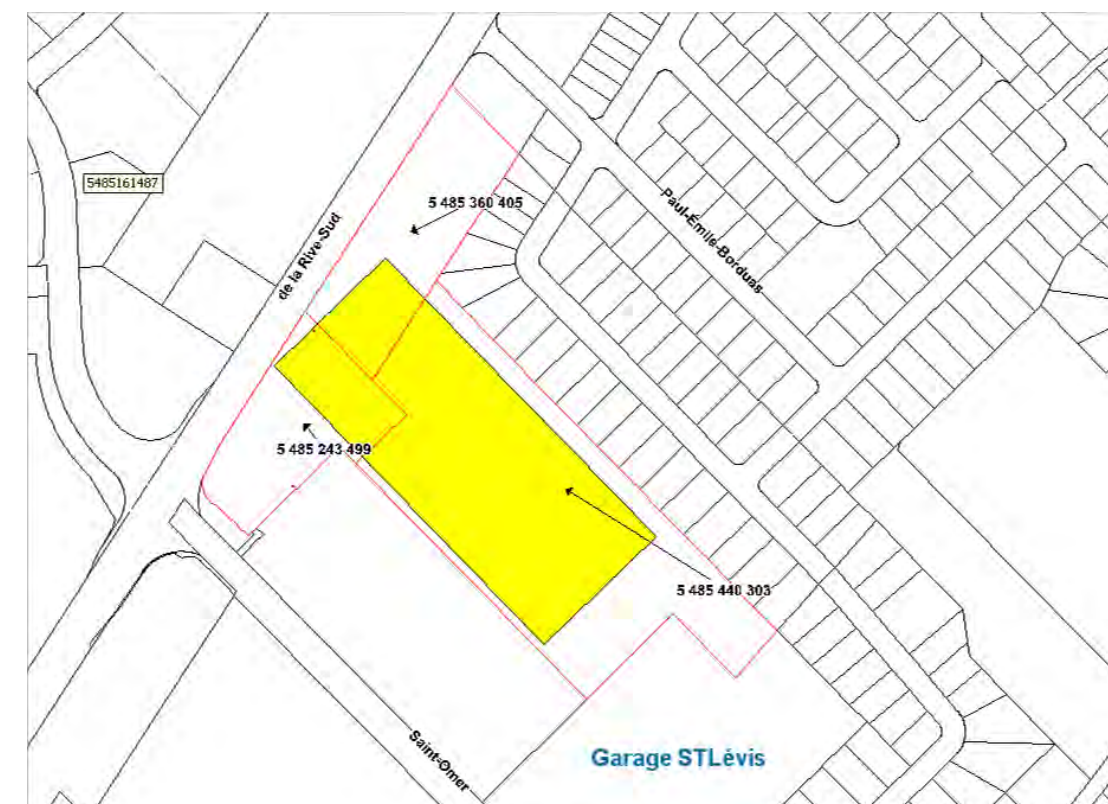


Figure 11 : Localisation du site C

Le site C est situé le long du boulevard de la Rive-Sud, après la rue Saint-Omer. Initialement, ce site présentait deux (2) contraintes importantes ; soit sa distance par rapport au terminus de la ligne ($\pm 1,2$ km) et une insertion dans un milieu urbain (maisons unifamiliales sur toute la face Nord-Est). La décision de prolonger le tracé de Lévis jusqu'au secteur Desjardins minimise la première contrainte, mais la seconde demeure.

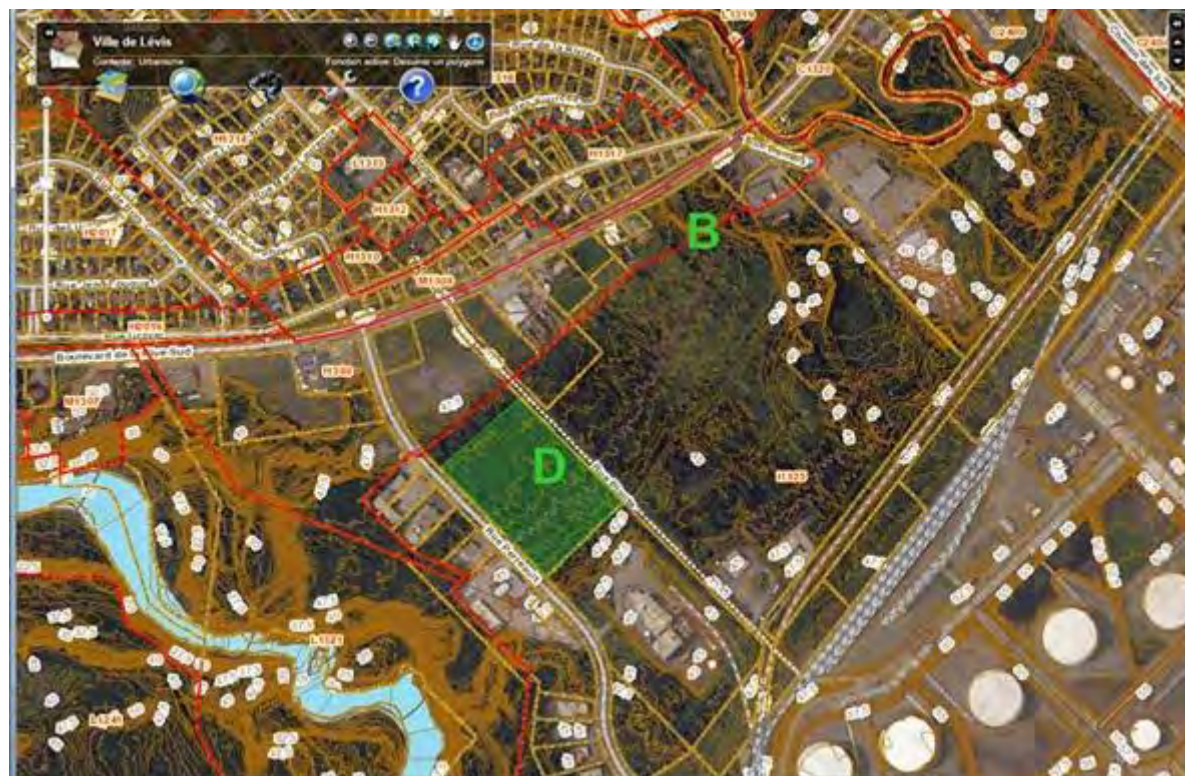


Figure 12 : Localisation du site D

Le site D est situé à proximité du site B. Il est en retrait par rapport au boulevard de la Rive-Sud et encadré par les rues Plante et Perreault.

2.6.2 Récapitulatif et comparaison des sites

Suite à la 1^{re} analyse présentée au paragraphe précédent, la comparaison est faite sur les sites C et D.

Tableau comparatif

Le tableau suivant synthétise les informations de comparaison et donne sur les 3 dernières colonnes une note des sites sur chacun des critères.

Tableau 3 : Tableau comparatif des sites C et D

	Site C	Site D	Site C	Site D
Superficie approximative	27 à 30 000 m ²	30 à 35 000 m ²	2	3
Dimensions	Forme rectangulaire	Forme rectangulaire	3	3
Différence altimétrique (Point haut / point bas).	Faible (~2 à 3 m)	Faible (~3 m)	3	3
Contrainte d'emprise	Antenne radio.	Présence silos stockage très proche, 1 ^{re} s cuves de stockage raf-finerie à ~400 m	2	2

	Site C	Site D	Site C	Site D
Distance par rapport au tracé	~1,2 km pour rejoindre le terminus tramway	~ 0,2 km pour rejoindre le tracé tramway	1	3
Complexité de raccordement au tracé	Facile	Facile	3	3
Distance du terminus Desjardins	1,2 km	5 km	2	1
Distance au pôle de rabattement 4 ^e Avenue	10 km	4 km	1	2
Accès routier	Très facile	Très facile	3	3
Insertion urbaine	Maisons unifamiliales sur toute la face Nord-Est	Insertion en retrait par rapport au boul. Rive-Sud. Pas de zones d'habitation proche	1	3
Insertion paysagère		Proche de la raffinerie	1	3
			22	29

Conclusion

Le site D présente deux (2) avantages significatifs par rapport au site C :

- le linéaire de la liaison tramway à construire pour rejoindre la ligne tramway (gain de 1 km);
- l'insertion urbaine (Note au lecteur : Depuis cette analyse des différents sites, il a été décidé de prolonger le tracé de Lévis jusqu'au site C. Ce désavantage n'existe donc plus. Il est toutefois à noter que le site D reste quand même avec une meilleure note.)

La surface du site D peut permettre une augmentation du nombre de place de remisage (pour un rééquilibrage par rapport au CEE principal). Suivant les principes d'exploitations retenus, cela peut permettre de réduire le kilométrage parcouru quotidiennement en haut-le-pied.

2.7 CRITÈRES DE CONCEPTION SYSTÈME

2.7.1 Présentation générale

Pour assurer une bonne disponibilité du système tramway, il est nécessaire de mettre en œuvre un Poste de Commande Centralisé (PCC) tramway. Le PCC permet de regrouper dans une même salle toute la supervision des différents sous-systèmes spécifiques au tramway. Cela concerne :

- le Système d'Aide à l'Exploitation et à l'Information Voyageurs (SAEIV);
- la Gestion Technique Centralisée (GTC);
- la supervision de la signalisation ferroviaire tramway (SIG F);
- la commande centralisée des installations électriques du tramway (PCE);
- l'affichage des images des caméras de télésurveillances (« mur d'images »).

Il est préconisé de positionner le PCC Tramway sur le site du CEE principal afin de favoriser les échanges entre les opérateurs intervenants dans la salle PCC, les conducteurs des rames de

tramways, les agents de maîtrise tramway, le personnel de maintenance des installations fixe tramway, etc.

2.7.2 Présentation des fonctions et sous-système

Système d'Aide à l'Exploitation et à l'Information des voyageurs (SAEIV)

Le système d'aide à l'exploitation permet la supervision et la régulation de l'exploitation du tramway en gérant tout ce qui est lié aux mouvements des rames de tramway. Pour cela, le système remplit les fonctions suivantes :

- gestion des ressources véhicules pour l'exploitation;
- gestion des ressources conducteurs et agents pour l'exploitation;
- gestion de régularité des circulations;
- aide aux régulateurs et aux conducteurs;
- recueil et traitement des données d'exploitation.

Il s'appuie sur différents autres sous-systèmes dont les transmissions radio et la phonie, pour permettre les échanges données/voix entre les régulateurs/PCC et les conducteurs/rames.

Gestion Technique Centralisée (GTC)

Le système tramway met en œuvre différents équipements et installations. Pour assurer le bon fonctionnement global du système, il est nécessaire de centraliser la gestion et la supervision de ces équipements. Cette centralisation et supervision est faite sur le système GTC.

Il fait appel à d'autres sous-systèmes, dont notamment les réseaux de transmissions sol-sol pour les échanges d'informations avec les différents équipements.

Signalisation ferroviaire tramway

Ce sous-système regroupe la signalisation :

- de manœuvre des rames de tramway dans les zones avec appareils de voie;
- d'espacement;
- de limitation de vitesse.

Ce sous-système ainsi que la supervision associée sont décrits dans le 2^e sous-livrable 1.4.

Poste de commande énergie (PCE)

Ce sous-système gère la supervision des installations électriques du tramway.

Il est décrit dans le 4^e sous-livrable 1.3.

Équipements en station

Les différents sous-systèmes mis en œuvre dans les stations sont décrits dans le 3^e sous-livrable 1.2 « Stations et pôles d'échanges ».

3 SIGNALISATION FERROVIAIRE

Le présent chapitre, qui résume le deuxième sous-livrable 1.4, présente les aspects fonctionnels et technologiques, ainsi que le fonctionnement des différentes zones de manœuvres, en matière de signalisation ferroviaire pour le tramway de Québec et de Lévis.

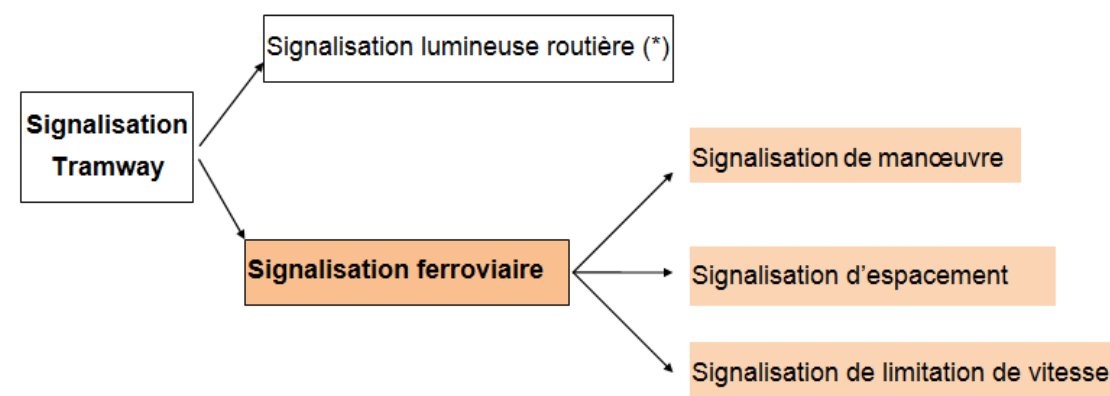
3.1 INTRODUCTION ET PRINCIPE DE MARCHE DU TRAMWAY

En guise d'introduction en la matière, il est important de noter que 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;
- de la sécurité lors du franchissement des zones d'aiguillage;
- de l'adaptation de la marche par rapport au profil de la voie.

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 au chapitre 5 du présent rapport

Figure 13 : Synoptique général signalisation tramway

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 est mise en place dans la zone en tunnel, zone où le tramway circule en site protégé sans autre véhicule ou piéton.

3.2 ASPECT FONCTIONNEL

3.2.1 Objectifs

La signalisation ferroviaire tramway a plusieurs objectifs :

- permettre le mouvement des trains en sécurité sur les zones d'aiguillage;
- gérer l'espacement des rames de tramways dans les zones à faible visibilité;
- contribuer à l'optimisation de la gestion des mouvements des tramways pour faciliter et rendre efficace l'exploitation.

Les deux premiers objectifs sont liés à la sécurité.

3.2.2 Signalisation de manœuvre

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 itinéraires¹ sur ces zones. Ce système peut être une signalisation à commande d'itinéraires, ou une signalisation à commande d'aiguille (vitesse des rames limitée à environ 10 km/h).

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;
- gérer les enclenchements des aiguilles;
- 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.

Un itinéraire n'est autorisé à être parcouru que si les appareils de voies concernés par cet itinéraire sont contrôlés et verrouillés.

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 automatiquement ou manuellement.

3.2.3 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;

¹ Itinéraire : « parcours » élémentaire qui permet à une rame de passer d'un point X à un point Y en franchissant un signal d'itinéraire.

- éventuellement, contrôler le respect de la signalisation par le conducteur;
- superviser les installations de signalisation.

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 son pupitre de conduite;
- soit à partir d'un boîtier de commande à pied d'œuvre.

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

Contrairement à la ligne, dans les CEE, la commande des itinéraires n'est pas effectuée par le conducteur mais par un régulateur au PCC, opérateur qui a une vision globale des déplacements sur le site. Dans les CEE, le conducteur est informé de l'autorisation de parcours et de sa destination, au moyen de signaux et d'indicateurs de destination.

Dans le tunnel, l'espacement entre les rames est assuré par une signalisation d'espacement dite « à canton fixe » (fixed block). L'accès à un canton est seulement autorisé si celui-ci n'est pas occupé par une autre rame.

Deux types de détection sont possibles :

- détection sécuritaire : utilisée par les autres fonctions de signalisation, elle consiste à détecter les tramways avec une probabilité d'erreur compatible avec le niveau de sécurité des fonctions de sécurité associées;
- détection non sécuritaire : essentiellement utilisée pour détecter les rames au remisage et quelque fois en ligne.

La surveillance du respect des signaux est réalisée par le PCC et est signalée au conducteur.

Par ailleurs, le contrôle automatique du respect de la signalisation est uniquement mis en œuvre dans des cas particuliers où il est considéré que la sécurité ne peut pas reposer uniquement sur le conducteur. Elle inclut, selon le cas, le contrôle des signaux et/ou celle de la vitesse.

Elle peut d'abord être effectuée en *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.

À partir de l'écran de signalisation, le régulateur peut effectuer plusieurs actions.

La supervision peut également être effectuée en temps différé, afin notamment d'aider le personnel d'exploitation et d'entretien (les informations pertinentes sont enregistrées et consultables facilement).

3.2.4 Synthèse des fonctions de signalisation

Tableau 4 : Synthèse des fonctions de signalisation ferroviaire

	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) Fs7.2 contrôle automatique du respect de la signalisation (rarement mise en œuvre)	Fonctionnel De sécurité	Équipements terrains, Automatismes (armoire ou local technique), PCC Équipements terrains, Équipements embarqués

(*) mise en œuvre uniquement dans des cas particuliers

3.3 ASPECTS TECHNOLOGIQUES

3.3.1 Architecture du système

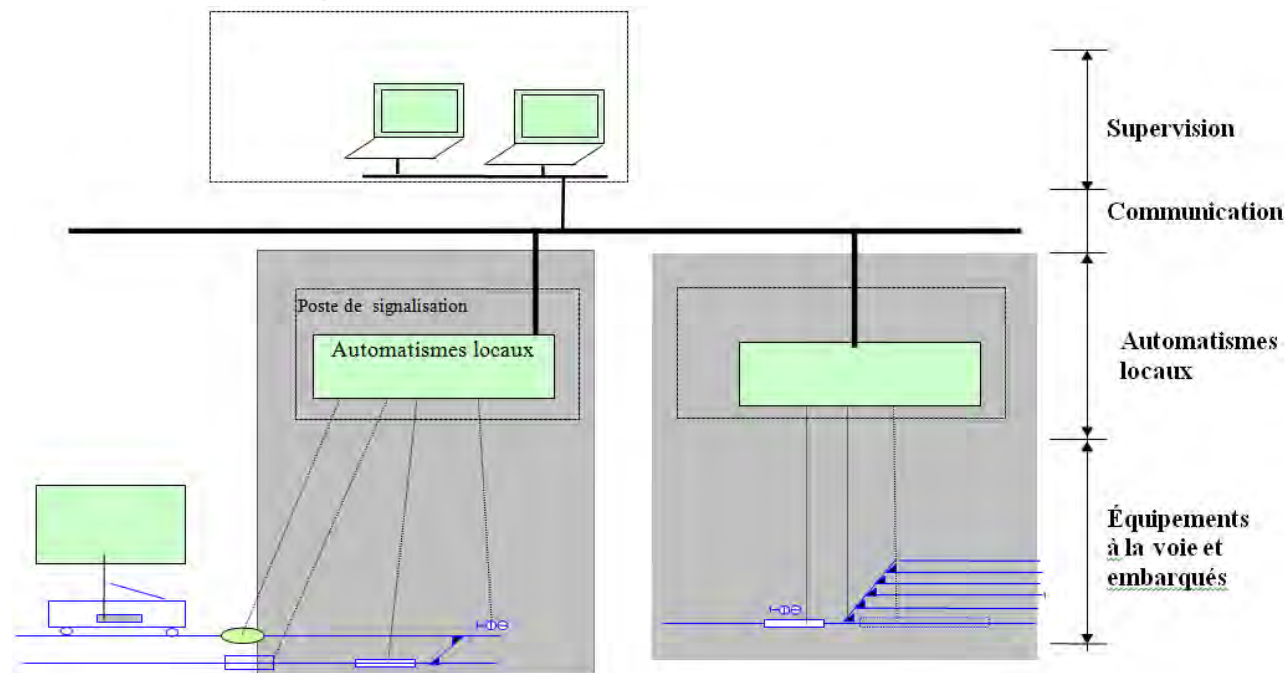


Figure 14 : Architecture générale du système signalisation ferroviaire

(*) : 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.

3.3.2 Les équipements en ligne

Les équipements de signalisation ferroviaire en ligne sont :

- les systèmes de détection sécuritaires (Fs4), soit les circuits de voie ou de compteurs d'essieux et la barrière optique de sécurité en dépôt;
- les systèmes de détection non sécuritaires, incluant 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.

Les systèmes de détection sécuritaire

Les dispositifs, spécialement conçus pour la détection sécuritaire 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.

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.

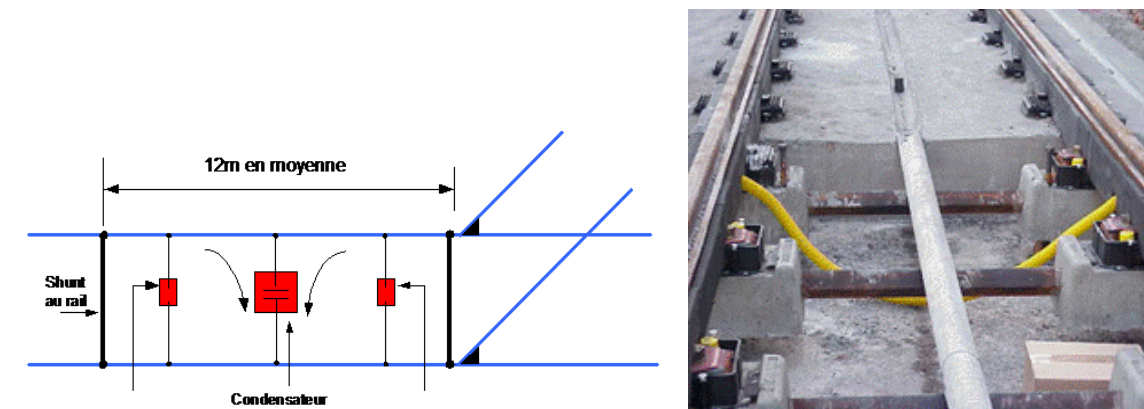


Figure 15 : Schéma de principe d'un circuit de voie tramway + photo de connexion aux rails d'un circuit de voie tramway

Pour le système à 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.



Figure 16 : Photos de compteurs d'essieux

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.

Il existe également un système de barrière optique de sécurité 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 des Centres d'Entretien et d'Exploitation, car ce système nécessite des interventions périodiques pour réaligner le faisceau.

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.

Ces signaux et indicateurs sont aujourd'hui à diodes électroluminescentes.

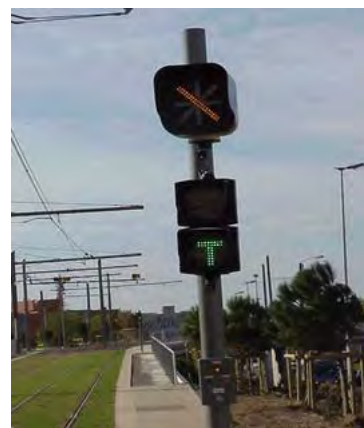


Figure 17 : Photo avec un indicateur de position d'aiguille (en haut) et un signal rouge/vert
 Sur certains réseaux, l'indicateur de position d'aiguille est inclus dans le signal d'itinéraire.

D'autres signaux permanents non lumineux sont mis en œuvre, tels que :

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

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.

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).

Les boîtiers de commande d'itinéraire à pied d'œuvre

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



Figure 18 : Photo d'un boîtier de commande d'itinéraire à pied d'œuvre

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 19 : Photo d'un coffret sur site

Les panneaux

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

- les panneaux de limitation de vitesse;
- les panneaux des zones de télécommande.

3.3.3 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 de Lévis, compte tenu des contraintes climatiques locales, nous préconisons l'implantation des équipements dans des locaux techniques.

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 m².

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.

3.3.4 Les équipements embarqués

Généralement, ces équipements ont deux fonctions :

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

Il y a deux 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 20 : Photo des boutons de commande d'une cabine de conduite

3.3.5 Les systèmes centraux de 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, 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).

3.4 FONCTIONNEMENT DES DIFFERENTES ZONES DE MANOEUVRES

3.4.1 Préconisations générales

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 terme (soit 2 minutes pour le terminus Sud (Grand Théâtre), et 3 ou 6 minutes pour les autres terminus);
- pour chaque terminus partiel (Croix Rouge), 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 ;
- pour le tunnel de la branche Sud, mise en œuvre de signalisation ferroviaire d'espacement où le nombre de cantons dépendra de l'insertion finale retenue et du tracé du tunnel (visibilité pour les conducteurs) ;
- les communications de service provisoire sont orientées pour être prise en talon dans le sens normal de circulation. De ce fait, il n'est pas nécessaire de les équiper de signalisation ferroviaire (sauf si la visibilité est réduite et ne permet pas les manœuvres en sécurité).

3.4.2 Terminus

Terminus EST, OUEST, et NORD

L'aménagement de ces 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 de ces 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 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.

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 ;
- la période 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.

Il met en œuvre plusieurs appareils de voie pour obtenir 2 positions de retournement utilisable simultanément.

Le linéaire de voie nécessaire en arrière-gare (par rapport à l'extrémité du quai) est de l'ordre de : ~160-165 m à partir de l'extrémité du quai (~15 m CdV + 40 m AdV + 15 m CdV + 90-95 m pour les 2 positions de rames).;

3.4.3 Croisement de lignes

Les deux tracés de tramway, Est/Ouest et Nord/Sud se croisent au carrefour Charest – Dorchester/Couronne. Cette zone est composée de croisements des voies principales, ainsi que des voies de liaisons pour permettre le passage des rames d'une ligne à l'autre. Les aiguillages de voie ferrée, sont gérés en signalisation ferroviaire. Pour les croisements des voies principales avec des appareils de voie sans partie mobile (cœurs de croisement), la gestion des circulations des rames est traitée en signalisation d'intersection.

3.4.4 Accès aux Centres d'Exploitation et d'Entretien

La zone d'accès aux Centres 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.

3.4.5 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.

3.4.6 Tunnel sur la branche Sud

Le tracé de la branche Sud comporte une partie en tunnel. Cette partie en tunnel présente 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.

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.

4 SYSTÈMES, SAE, SIV, BILLETTIQUE, COMMUNICATION, VIDÉOSURVEILLANCE

Ce chapitre résume le contenu du 3^e sous-livrable 1.4, c'est-à-dire qu'il présente brièvement les systèmes requis pour assurer la qualité et le confort du service offert aux voyageurs tout en assurant leur sécurité.

Les fonctionnalités devant être remplies par les Systèmes afin d'avoir un service de tramway de qualité sont :

- faire le suivi en temps réel des déplacements des rames;
- surveiller les infrastructures et les rames;
- détecter les arrivées et départs de rames;
- observer les voyageurs sur les infrastructures et dans les rames;
- informer les voyageurs avant et durant leurs déplacements;
- dénombrer le nombre de voyageurs qui utilisent les rames;
- accorder la priorité de passage des rames aux intersections;
- effectuer la validation et la vente des titres de transport;
- surveiller l'état des Systèmes.

4.1 SPÉCIFICATIONS FONCTIONNELLES DES SYSTÈMES

Le tableau suivant illustre la localisation des différents systèmes.

Tableau 5 : Localisation des différents systèmes

Système	Localisation		
	Rames	Stations	Interstations
Infrastructure STI	x	x	x
système d'aide à l'exploitation (SAE)	x		
système d'information aux voyageurs (SIV)	x	x	
système de billettique	x	x	
système de communication voix	x	x	
système de compteur de passagers	x		
système de signalisation ferroviaire			x
système de vidéosurveillance	x	x	x

4.1.1 Système de Billettique

Un système de billettique permet, sans s'y limiter, les usages suivants :

- se procurer un titre de transport;
- renouveler un titre de transport;
- paiement électronique du titre (ex : carte de crédit, débit);
- valider un titre de transport;
- communiquer avec le système central de billettique (OPUS).

Deux (2) types de technologies répondent aux usages mentionnés : la distributrice automatique de titre (DAT) et le valideur de titre.

- la distributrice automatique de titre (DAT) est un appareil permettant de se procurer un titre de transport en payant de manière électronique (carte de crédit et débit) ou comptant;
- le valideur de titre est un système simple permettant de savoir si la carte a un titre de passage valide, il peut prendre la forme d'une borne située à l'extérieur ou dans un véhicule ou alors être portatif pour les agents de contrôle (N.B. : dans la présente étude de faisabilité technique, l'installation de bornes sur les quais est préconisée afin d'assurer une meilleure fluidité lors de l'embarquement des voyageurs).

Ces deux appareils possèdent un lien de communication avec le système de billettique. Le RTC et la STLévis utilisent le système de billettique OPUS dont le centre de gestion est situé à Montréal. Aucun système central n'est requis pour la billettique, mais il est important de prévoir un lien de communication sécurisé avec le système OPUS afin que tous les services de billettique puissent fonctionner avec le RTC et la STLévis.

4.1.2 Système de communication voix

Le Système de communication voix permet au conducteur de chaque rame, au personnel d'entretien et aux voyageurs dans les rames de pouvoir communiquer avec le poste de commande centralisé (PCC). Aussi, le personnel de l'entretien, du PCC et les voyageurs en station doivent pouvoir communiquer avec les services d'urgence.

Les technologies préconisées sont :

- un système de communication radio numérique pour la communication entre le PCC, le personnel d'entretien et la console du conducteur;
- un lien de communication téléphonique pour la communication entre le CEE et le PCC;
- un téléphone robuste avec une ligne directe terrestre à une centrale 911 pour la communication entre les voyageurs et les services d'urgences en station et dans les tunnels.

Un système de communication interne via des interphones est normalement installé et fourni par le manufacturier du véhicule.

4.1.3 Système de Compteur de passagers

Le Système de compteur de passagers a pour fonction d'indiquer le niveau d'achalandage à bord des véhicules. Cette information est transférée au SAE en temps réel pour la régulation du réseau et archivée pour consultation future (planification du service).

Ce système implique la captation et l'analyse d'informations recueillies à bord des véhicules ou en station. Associées à des capteurs différents, deux technologies distinctes ont été identifiées :

- des capteurs infrarouges reliés à un contrôleur sont installés à l'intérieur au-dessus des portes du véhicule (cette technologie est largement utilisée dans les autobus présentement);
- des caméras (lesquelles peuvent être placées autant à l'extérieur qu'à l'intérieur) associées à analyse logicielle d'images.

Afin d'avoir un comptage fiable peu importe les conditions environnementales, il est préconisé de faire l'installation de capteurs infrarouges sur chacune des portes des rames même si les coûts d'implantation sont très élevés en raison de la quantité de capteurs nécessaires. Le système de surveillance par caméras peut alors servir aux seuls besoins de surveillance des installations.

4.1.4 Système d'aide à l'exploitation (SAE)

Un SAE permet de localiser précisément les véhicules en temps réel et permet d'assurer la régulation du service.

Ses grandes fonctionnalités sont les suivantes :

- affichage des données descriptives de l'exploitation du réseau;
- gestion des ressources véhicules, conducteurs et agents pour l'exploitation;
- localisation automatique des véhicules (LAV);
- gestion de l'adhérence à l'horaire;
- aide aux conducteurs;
- alimentation du SIV en données;
- recueil de données et émission de rapport;
- établissement d'une base de données ouverte pour fins de communication entre l'exploitant et la STLévis.

Afin de permettre les fonctionnalités mentionnées pour le SAE, des équipements doivent être envisagés :

- serveur central;
- ordinateur de bord;
- système de géolocalisation;
- interface de communication avec le conducteur.

4.1.5 Système d'information aux voyageurs (SIV)

Le système d'information aux voyageurs a pour but de diffuser de l'information à la clientèle. L'information diffusée en temps réel doit permettre à la clientèle de prendre une décision éclairée sur les différents services offerts et selon l'état du service. Les moyens de communication préconisés sont :

- les bornes d'information voyageurs (BIV), installées en station ou dans les véhicules (des afficheurs de type DEL sont recommandés pour une installation à l'extérieur et des afficheurs de type ACL à l'intérieur);
- la diffusion vocale d'informations en station ou dans les véhicules et requérant la mise en place de haut-parleurs et d'amplificateurs;
- les applications mobiles, accessibles depuis un téléphone intelligent;
- un site web d'informations.

4.1.6 Système de vidéosurveillance

Le système de vidéosurveillance assure la sécurité de la clientèle et des infrastructures et aide le régulateur à détecter rapidement un problème de rame par une couverture des lieux en temps réel et différée via l'enregistrement vidéo. Ce système est constitué de caméras disposées à des endroits stratégiques afin de couvrir les aires des stations, du réseau de voies ferrées, les tunnels et l'intérieur des tramways.

Les caméras utilisées diffèrent selon le lieu de leur installation :

- stations et aires de remisage des rames;
- interstations;
- tunnels;

- dans les rames.

4.2 POSTE DE COMMANDE CENTRALISÉ (PCC)

Le poste de commande centralisé est un endroit aménagé afin d'optimiser la régulation et l'exploitation des tramways par les membres du personnel de l'exploitant. Les informations fournies par les systèmes déployés sur le réseau de tramway sont centralisées et affichées sur des postes de travail et sur un mur d'images.

Les fonctionnalités du PCC sont associées à différents sous-systèmes suivants dont :

- le Système d'Aide à l'Exploitation et Information Voyageurs (SAEIV);
- la Gestion Technique Centralisée (GTC);
- la supervision de la signalisation ferroviaire tramway (SIG F);
- l'affichage des images des caméras de vidéosurveillance;
- la communication radio avec les conducteurs.

Typiquement, l'opération d'un PCC requiert les installations suivantes :

- mur d'images;
- poste de travail multifonction;
- salle des mesures d'urgences.

4.3 INFRASTRUCTURE STI

Lors de la conception du tramway, il est essentiel de prévoir tout le câblage et les conduits nécessaires au raccordement de tous les Systèmes et équipements qui touchent au tramway.

Boîtier STI

Le boîtier STI est un coffret métallique destiné à assurer la protection et la viabilité des équipements qu'il contient en plus de faciliter leurs organisations. On retrouve à chaque station un boîtier STI renfermant généralement les équipements de télécommunication, de vidéosurveillance et de diffusion vocale. Il est aussi requis pour la vidéosurveillance installée le long de la voie ferrée et pour l'aire de remisage des rames aux CEE.

Réseau de communication

Le réseau de communication est l'un des points qui doit être bien évalué lors de la conception puisqu'il est très coûteux de faire des modifications une fois le projet terminé. Une analyse complète en fonction des équipements déployés doit donc être effectuée lors de la conception.

Six (6) normes de télécommunication sont à considérer. Les installations diffèrent grandement selon leur type et leur localisation :

- en station;
- en tunnel;
- dorsale de communication (lien de fibre optique entre les stations et assurant un lien de communication bidirectionnel vers le PCC et différents systèmes).

4.4 CAS TYPIQUES D'UTILISATION

Une évaluation a été faite des quantités types requises pour les équipements STI.

4.4.1 En station

On distingue ici trois cas :

- stations de type standard qui comportent seulement les équipements de base;
- stations intermédiaires qui ont un peu plus d'équipements afin d'améliorer la qualité du service;
- stations majeures dans lesquelles tous les équipements et options sont disponibles.

Différents systèmes sont concernés. Les équipements identifiés incluent :

- distributrice automatique de titre (DAT);
- borne de validation de titres;
- borne d'information sur le quai;
- borne d'information large;
- diffusion vocale;
- équipement de comptage;
- caméra en station;
- téléphone d'urgence;
- boîtier STI;
- câble de cuivre;
- fibre optique.

4.4.2 Hors station

Des évaluations ont été faites pour différents cas-types, pour lesquels différents équipements alimentent divers systèmes :

- interstation type (caméra, boîtier STI, câble de cuivre, fibres optique);
- en tunnel (caméra, téléphone d'urgence, boîtier STI, câble de cuivre, fibres optique);
- dans les rames (caméra, borne d'information, interphone, système de communication radio conducteur, équipement de comptage, ordinateur de bord, système de géolocalisation);
- CEE typique (borne d'information, diffusion vocale, caméra, boîtier STI, câble de cuivre);
- PCC typique (divers équipements dont : écran plat, gestionnaire de mur d'images, ordinateur, système radio, etc.).

5 CONTRÔLE AUX INTERSECTIONS ET PRIORITÉ

Ce chapitre résume le contenu du 4^e sous-livrable 1.4, c'est-à-dire qu'il présente brièvement les critères de conception et les équipements requis pour le contrôle aux intersections et la gestion des priorités des différents usagers de la route, lors de l'exploitation du tramway.

Tel que mentionné à la section 3.1 du présent livrable, dans le but d'assurer plusieurs aspects de sécurité lors de l'exploitation du tramway, la mise en place d'une signalisation lumineuse routière, de trafic, adéquate, est nécessaire.

Le présent chapitre traite des aspects fonctionnels de ce système, des équipements et technologie actuelle, des équipements pour le contrôle et la priorité du tramway et de la configuration aux intersections.

5.1 ASPECTS FONCTIONNELS

5.1.1 Présentation

Faisant partie de la signalisation tramway mise en place, la signalisation lumineuse routière et ses équipements situés le long du parcours du tramway sont décrits dans ce chapitre. Ces équipements comprennent :

- la signalisation lumineuse à destination des véhicules routiers, des piétons, des cyclistes et des équipements associés;
- la signalisation lumineuse à destination des conducteurs de tramway et des équipements associés.

Pour que le système de transport collectif tramway soit attractif, il est nécessaire que la vitesse commerciale des rames de tramway soit élevée. Pour cela, il est conseillé que le système tramway bénéficie de la priorité absolue de passage aux intersections routières gérées par signalisation lumineuse de trafic.

La mise en œuvre de la priorité du tramway aux intersections routières oblige à repenser les stratégies de régulation des flux automobiles le long de la ligne de tramway.

Avec un système de priorité performant, la perturbation sur la circulation routière est limitée car le système accorde au tramway le temps de passage minimum. Le temps de franchissement par un tramway d'une intersection est plus faible s'il peut la franchir lancé, par rapport à un redémarrage en pied de feu (cas où la priorité n'est pas accordée).

5.1.2 Priorité absolue

Pour que le principe de la priorité absolue fonctionne bien, le système de priorité devra respecter les principes de base suivants :

- en fonctionnement normal (hors mode dégradé), il faut que toutes les rames de tramway bénéficient d'une priorité absolue (dans les conditions normales, un tramway ne doit pas avoir à s'arrêter avant d'obtenir son vert);
- le paramétrage des divers délais d'approche mis en jeu doit être facile (réglages initiaux et mises à jour);
- la solution doit être robuste face aux aléas de progression des rames de tramway;
- le tramway ne pourra avoir la priorité absolue lors d'appels de préemption pour les véhicules d'urgence et lorsqu'une phase pour piéton est en cours sur un axe perpendiculaire.

La validation des besoins relatifs aux appels piétons sera faite dans le livrable 4.1 du lot 3.

5.1.3 Traitement des demandes de priorité

Le traitement des demandes de priorité peut être réalisé de deux manières :

- traitement local par les contrôleurs de carrefours;
- traitement centralisé par un poste de régulation centralisé de gestion du trafic routier (recommandé dans le cas du tramway de Québec et de Lévis).

5.2 ÉQUIPEMENTS ET TECHNOLOGIE ACTUELLE

Il y a actuellement 105 carrefours munis de feux de circulation qui sont traversés par le tracé du tramway de Québec et de Lévis, soit 86 sur le territoire de la ville de Québec et 19 sur le territoire de la ville de Lévis. Certains feux existants devront être modifiés afin d'intégrer le projet du tramway alors que d'autres devront être démantelés. Des feux devront aussi être installés à d'autres intersections qui ne sont actuellement pas munis de feux.

5.3 ÉQUIPEMENTS POUR LE CONTRÔLE ET LA PRIORITÉ DU TRAMWAY

5.3.1 Détection des rames

Pour que le système de priorité du tramway soit performant, il est nécessaire de connaître avec précision les positions et temps de parcours des rames de tramway tout au long de la ligne.

Pour assurer une détection fine des rames de tramway, il est nécessaire de mettre en œuvre de nombreux points de détection tout au long de la ligne.

Le schéma suivant illustre le principe avec les différents points de détection.

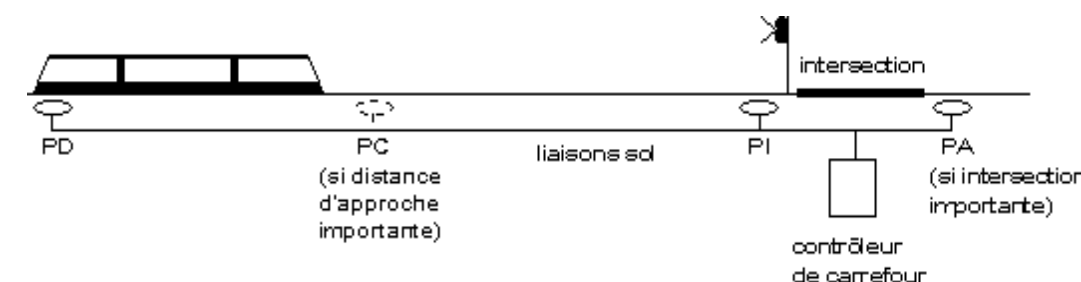


Figure 21 : Principe des points de détection

où :

- « PD » identifie un point de détection, suffisamment éloigné de l'intersection pour permettre l'établissement d'une phase prioritaire tramway;
- « PI » est le point d'intersection;
- « PA » est le point d'annulation où un détecteur permet de vérifier que le tramway a franchi l'intersection;
- « PC », optionnel, est le point de confirmation, servant à confirmer au contrôleur de carrefour l'instant de passage de la rame de tramway pour les intersections où la vitesse d'approche du tramway est importante (PD éloigné).

Des équipements embarqués (émetteurs dans les rames) et fixes (boucles de détection entre les rails et contrôleurs aux intersections) sont requis.

5.3.2 Détection des véhicules routiers

Il peut être pertinent d'installer un système spécifique de détection des véhicules routiers bloqués à proximité ou sur la plateforme du tramway. En outre, sur le pont de Québec, les véhicules routiers devront être détectés pour donner priorité au tramway et vider la voie en amont afin d'éviter qu'il ne soit bloqué dans le trafic.

Deux technologies sont disponibles :

- la mise en place de boucles de détection;
- la détection non-intrusive faisant usage de radars et de caméras.

La détection non intrusive est le mode de détection privilégié pour le projet de tramway de Québec et de Lévis. Elle est en effet jugée plus flexible du point de vue de la gestion de la circulation et offre aussi une redondance au système de priorité du tramway en cas de défaillance ou d'entretien de ces systèmes. Toutefois, des boucles pourraient être conservées sur les routes secondaires dans certains cas.

5.3.3 Contrôleurs

Dans le but d'uniformiser les équipements, de s'assurer de leur compatibilité et d'avoir une marge de manœuvre quant à la dimension des coffrets, il est recommandé que tous les équipements de contrôleurs soient remplacés. Les nouveaux contrôleurs devront être en mesure d'intégrer les caractéristiques suivantes :

- contrôle;
- préemption et « Transit Signal Priority » (TSP);
- communication;
- coordination des intersections;
- traverse piétonne et couloir pour non-voyant;
- priorité pour les véhicules d'urgence.

5.3.4 Signaux lumineux et aide à la conduite

Les signaux lumineux placés le long de la voie à l'approche d'une intersection permettent au conducteur de tramway d'adapter sa vitesse.

Les informations minimales à présenter au conducteur de tramway sont :

- feu du haut : signal d'arrêt (équivalent au signal « rouge » routier). Généralement une barre horizontale;
- feu du milieu : signal d'annonce d'arrêt (équivalent au signal « jaune » routier). Généralement un rond centré;
- feu du bas : signal traversée de l'intersection autorisée (équivalent au signal « vert » routier). Généralement une barre verticale.

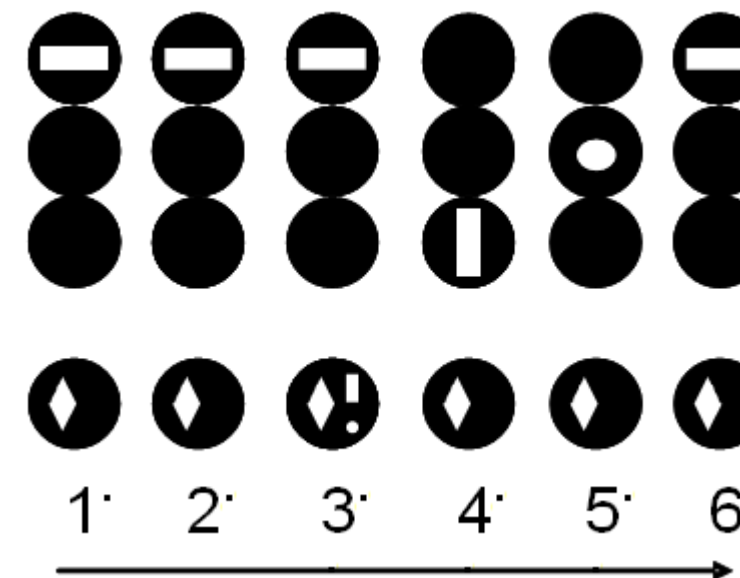


Figure 22 : Exemple d'enchaînement des signaux pour conducteur tramway

En outre, chaque poteau de feu tramway supporte un quatrième feu d'aide à la conduite placé en dessous des trois précédents. Il permet de fournir au conducteur tramway les informations suivantes :

- système de priorité tramway opérationnel;
- rame de tramway détectée et prise en compte;
- signalisation qu'un changement d'état va se produire dans quelques secondes.

En Amérique, le *Manual of Uniform Traffic Control Device* (MUTCD) publié par le Federal Highway Administration est un ouvrage de référence reconnu pour les signaux lumineux relatifs à ce type d'aménagement. Pour les signaux lumineux qui gèrent le tramway, ceux-ci peuvent être du même type que les feux qui contrôlent la circulation véhiculaire à condition qu'ils ne soient pas visibles par les autres usagers de la route.

5.4 CONFIGURATION AUX INTERSECTIONS

On peut classer les croisements du tramway avec la voie publique selon quatre catégories :

- tramway au centre de la chaussée ;
- tramway en rive ;
- traverses piétonnes ;
- croisement aux transitions.

La disposition typique des signaux lumineux pour les différents cas possibles est présentée aux figures suivantes, selon l'une des quatre configurations possibles.

Tramway en site propre en position axiale

Pour le positionnement des signaux lumineux du tramway, deux options sont possibles soit l'installation en amont ou en aval. Une des quatre dispositions typiques possibles des signaux lumineux est présentée ci-dessous.

TYPE 1 :
 SITE PROPRE AXIAL - EN STATION - AVEC MAIL CENTRAL

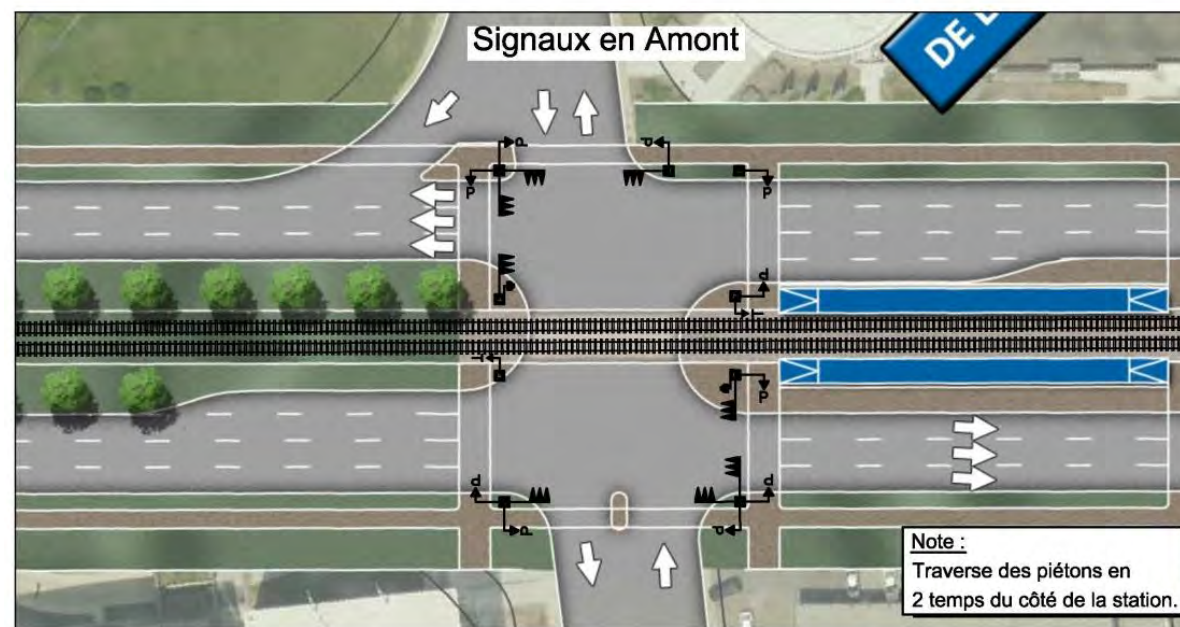
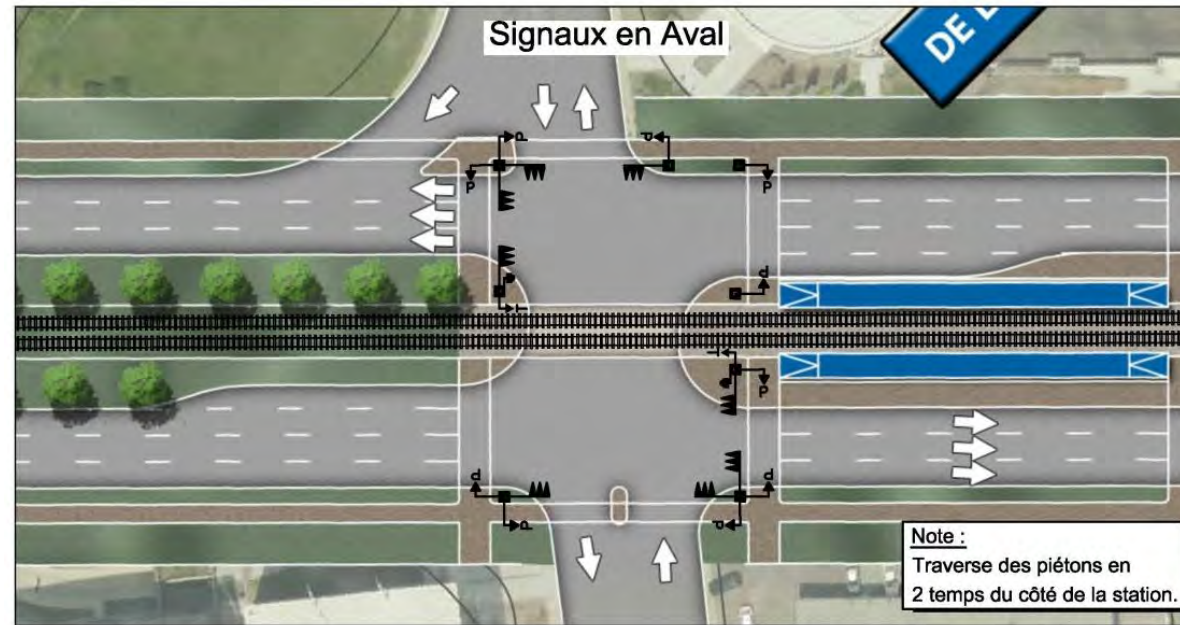


Figure 23 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – en station – avec mail central

TYPE 2 :
 SITE PROPRE AXIAL - HORS STATION - AVEC MAIL CENTRAL

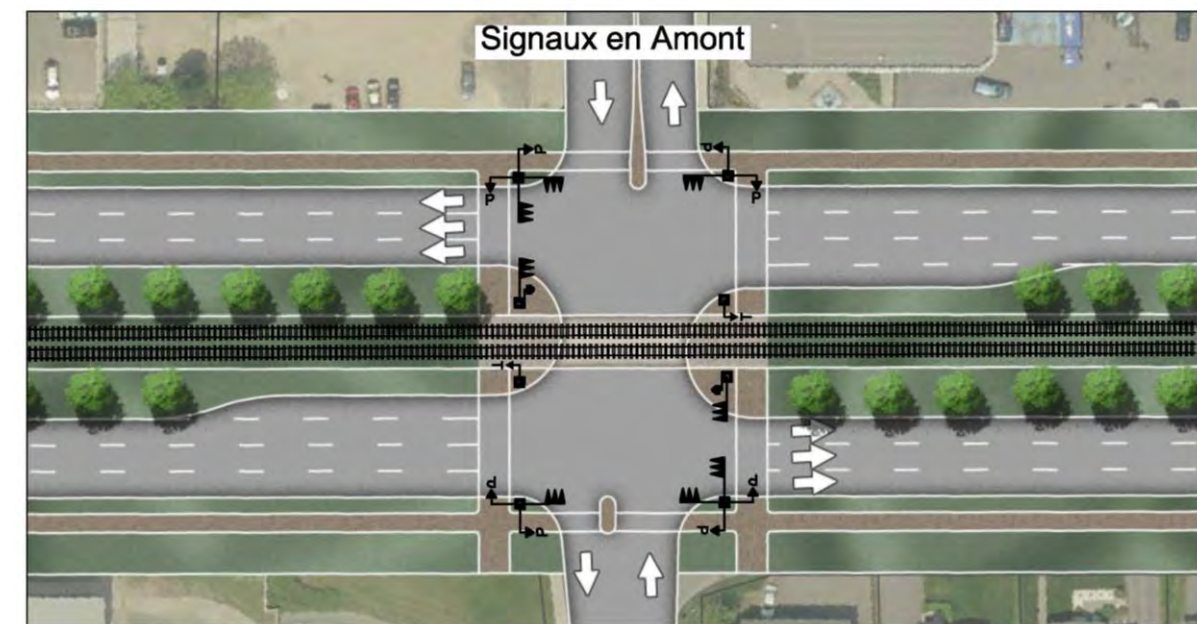
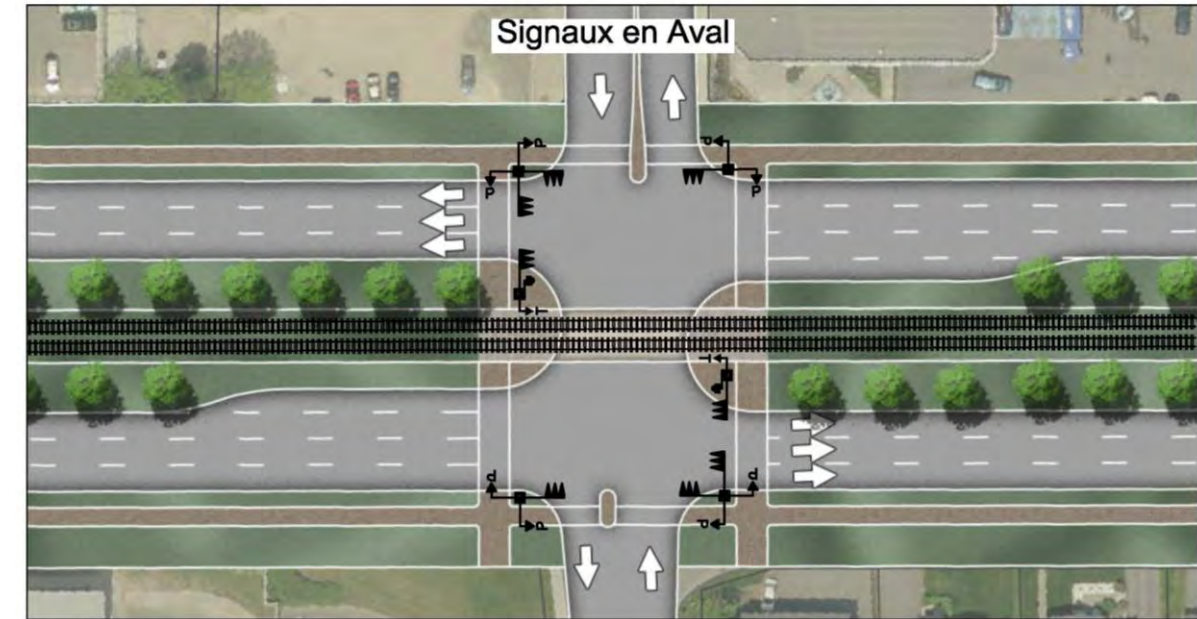


Figure 24 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – hors station – avec mail central

TYPE 3 :
 SITE PROPRE AXIAL - HORS STATION - SANS MAIL CENTRAL

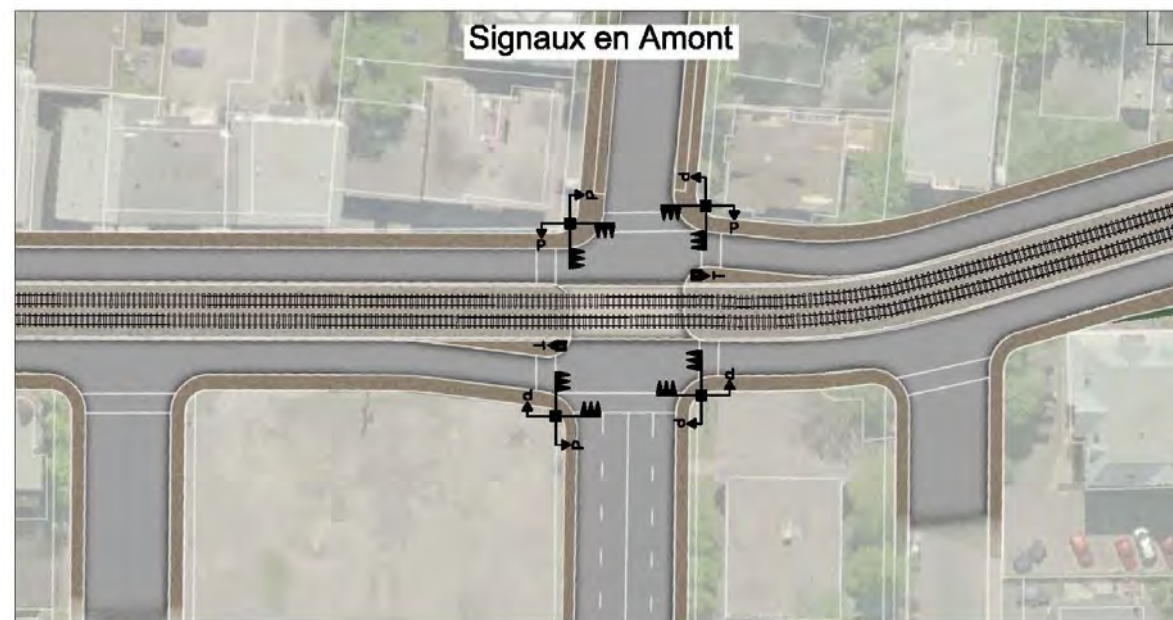
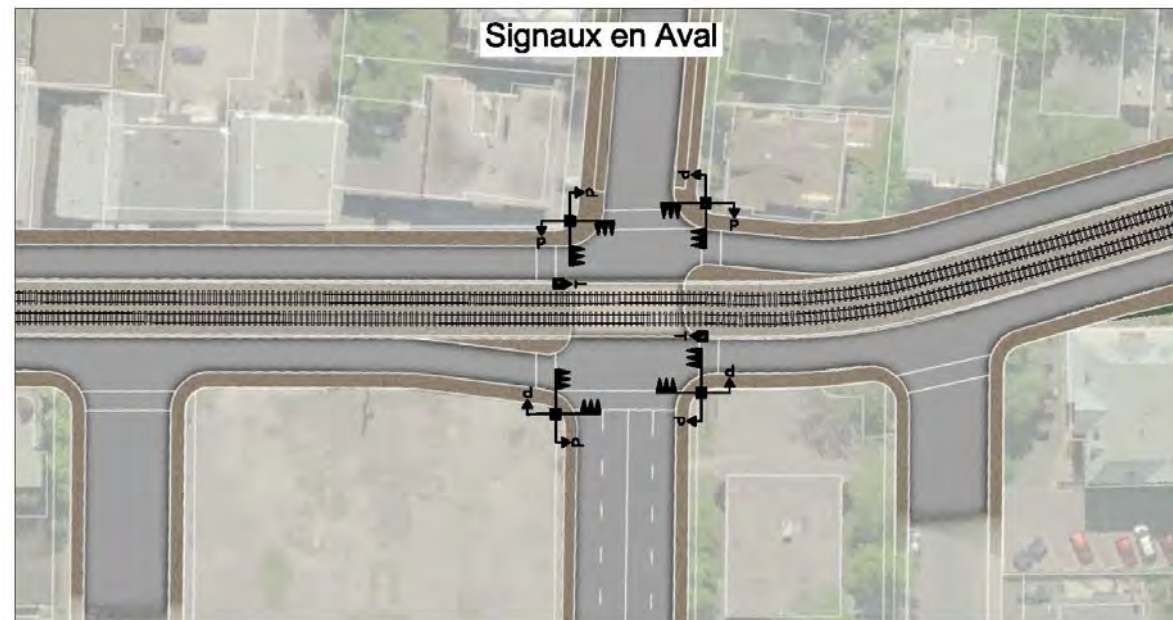


Figure 25 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position axiale – hors station – sans mail central

TYPE 4 :
 TRANSITION LATÉRAL - AXIAL

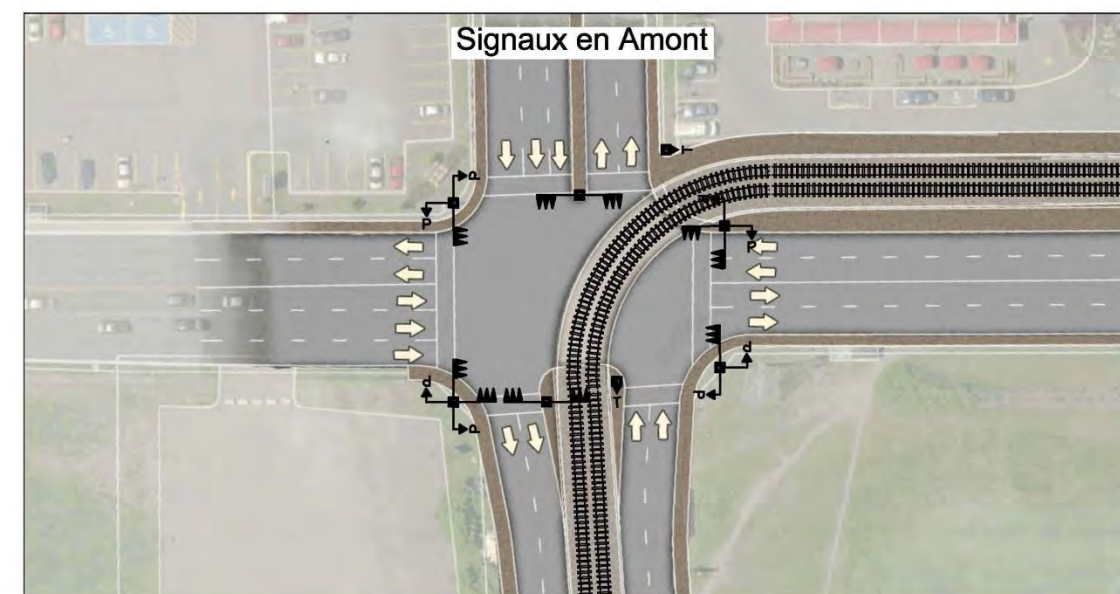
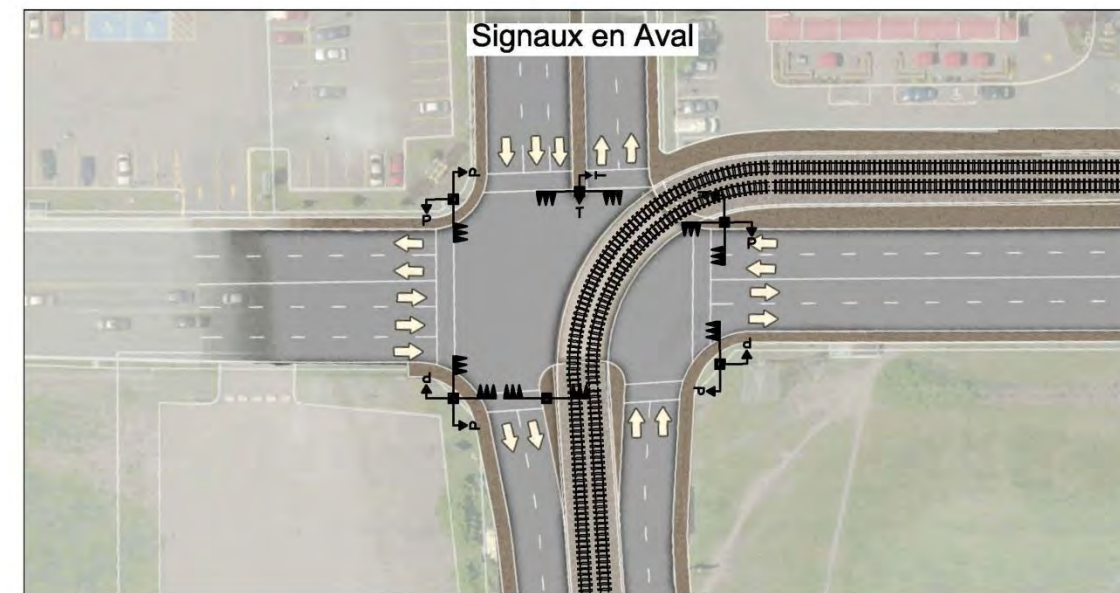


Figure 26 : Disposition des signaux lumineux pour le tramway en transition de latéral à axial

Tramway en site propre en position latérale

La configuration des feux de circulation demeure la même qu'en l'absence du tramway sauf qu'en plus des feux pour le tramway, il faut ajouter des feux pour piétons de part et d'autre des voies pour le tramway. Une des trois dispositions typiques possibles des signaux lumineux est présentée ci-dessous.

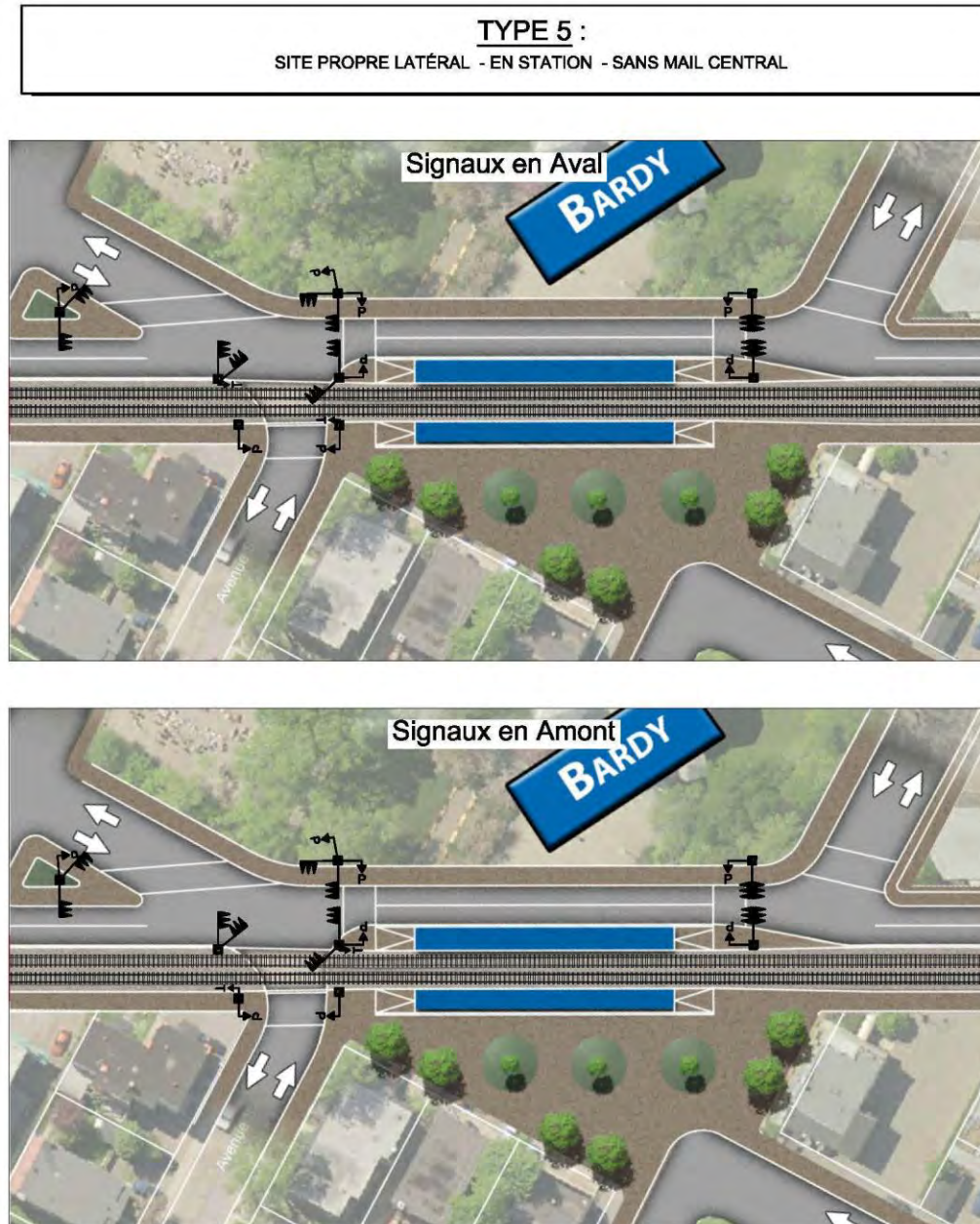


Figure 27 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – en station – sans mail central

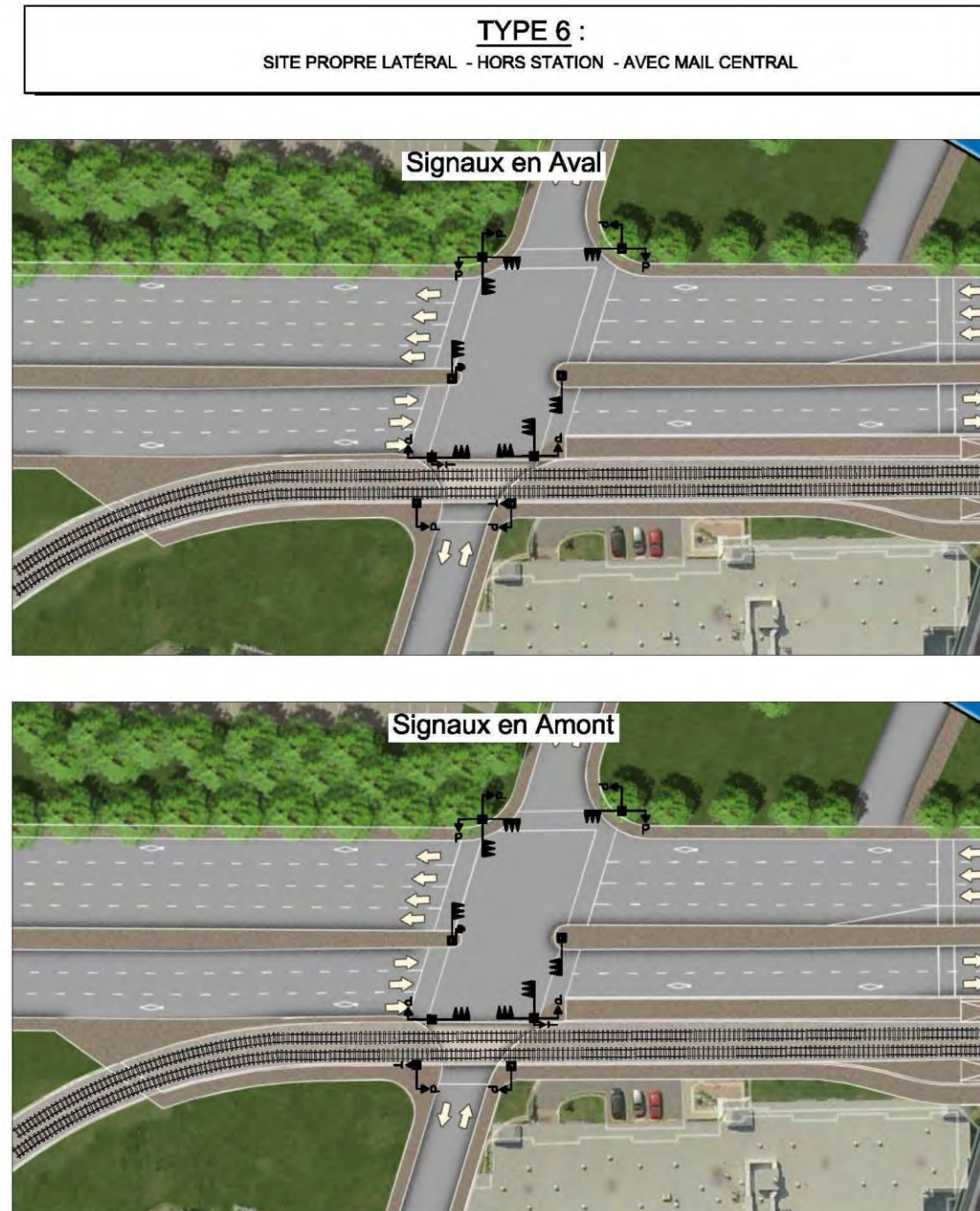


Figure 28 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – hors station – avec mail central

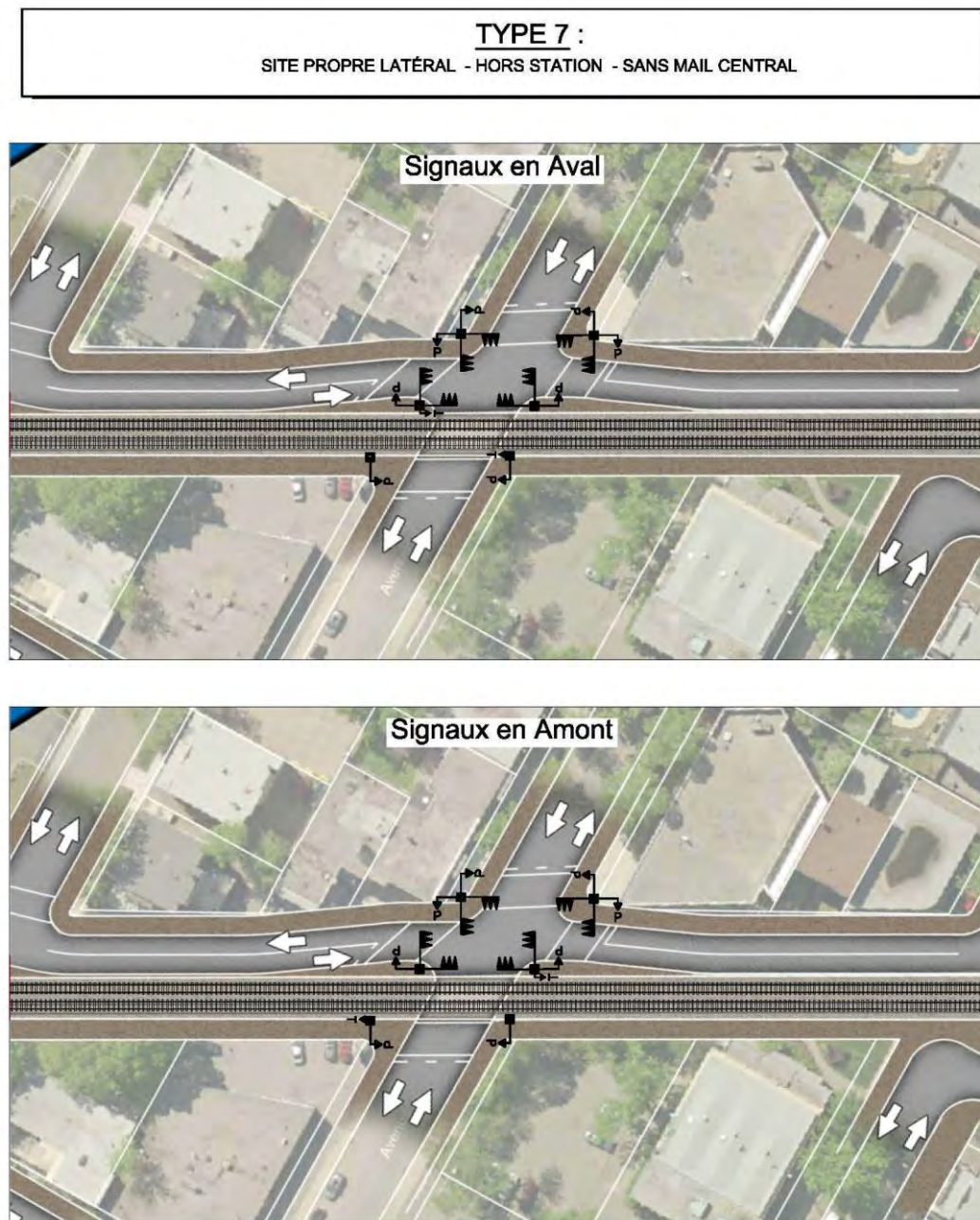


Figure 29 : Disposition des signaux lumineux aux carrefours pour le tramway en site propre en position latérale – hors station – sans mail central

Traverses piétonnes

Lorsque les stations sont situées entre deux intersections en position axiale ou latérale d'une route ayant des débits de circulation importants ou comportant plus d'une voie de circulation par direction, des traverses piétonnes contrôlées par des feux de circulation et des feux pour piétons doivent être ajoutés. La disposition typique des signaux lumineux est présentée ci-dessous.

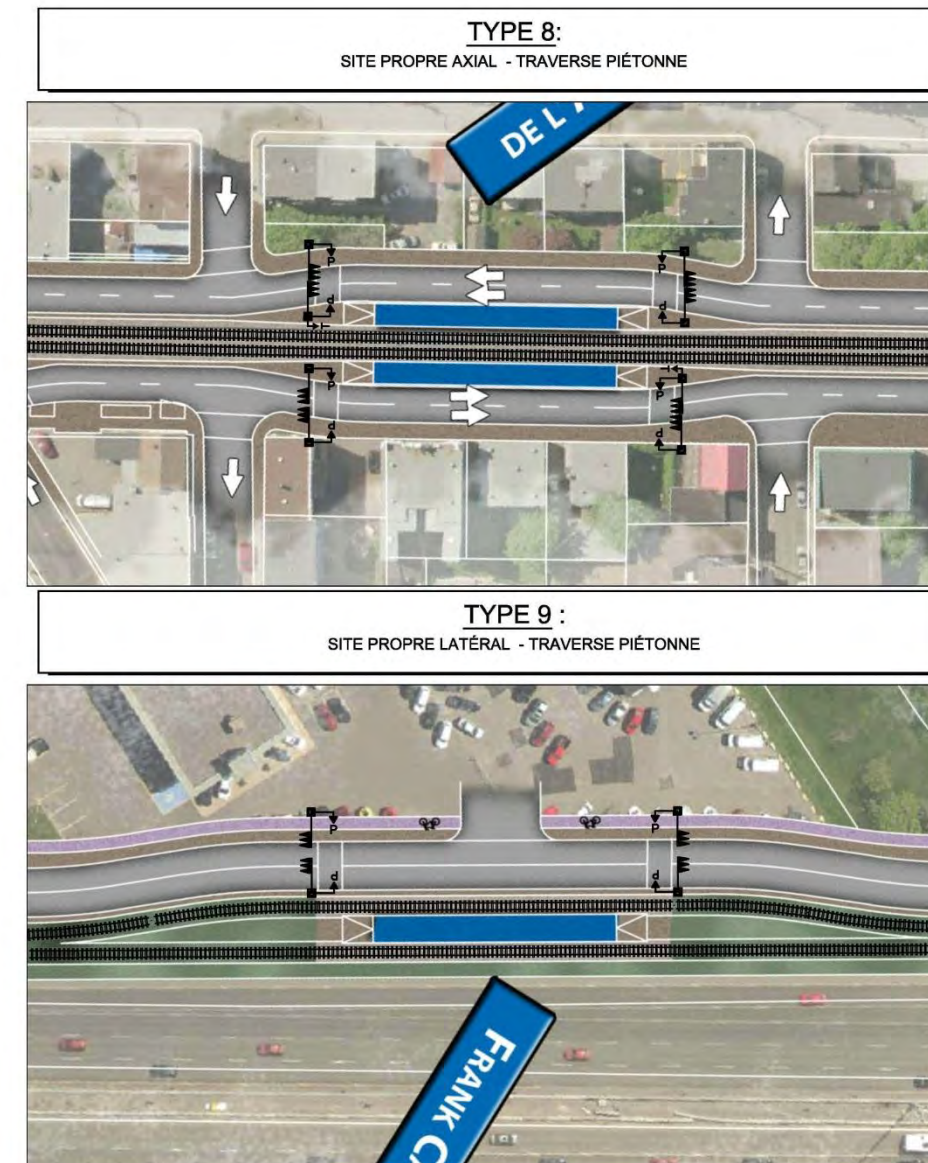


Figure 30 : Disposition des signaux lumineux aux traverses piétonnes pour le tramway en site propre en position axiale et latérale

Croisement aux transitions

Lorsqu'il n'y a pas de piétons qui peuvent traverser les voies de circulation véhiculaire et que les seuls mouvements véhiculaires possibles sont les tout droit, l'on privilégie l'installation de feux de signalisation avec priorité pour le tramway comme pour les intersections standards.

6 EXPLOITATION DU SYSTÈME

Ce chapitre résume le contenu du 5^e sous-livrable 1.4, c'est-à-dire les éléments d'exploitation des lignes de tramway sur les tracés de Québec et de Lévis, selon des hypothèses de demande et de niveau de service prédéfinis, en collaboration avec le lot 3 de l'étude de faisabilité. Ce sous-livrable présente en détails les résultats de simulations du service selon ces hypothèses, résumées ici.

Note au lecteur n°01 : Suite à l'émission du 5^e sous-livrable 1.4, le tracé de Lévis a été prolongé ce qui a pour effet d'ajouter aux données présentées ci-après les éléments suivants :

- **une station (station Desjardins);**
- **727 m de tracé à 2 voies;**
- **terminus de Lévis, déplacé de la station Dorval à la station Desjardins;**
- **1 rame;**
- **65 000 km /an à la production de kilomètre (soit 2 %);**
- **4 400 h/an de temps de conduite (soit 4 %).**

Note au lecteur No 2 : Lorsque le Lot 1 a réalisé ses études d'Exploitation, les résultats des études du Lot 3 sur l'achalandage et le schéma d'exploitation n'étant pas disponibles, des hypothèses ont dû être posées. Les résultats des études du Lot 3 étant actuellement connus, il est à noter que les hypothèses émises par le Lot 1 s'avèrent légèrement optimistes ; ce qui se traduit par une surestimation, à l'horizon 2041, du nombre de véhicules-km ($\pm 7\%$), des véhicules-heures ($\pm 19\%$) et des rames ($\pm 10\%$). Ces écarts montrent toutefois que le système de tramway proposé pour les Villes de Québec et de Lévis pourra répondre à la demande de transport au-delà des 15 premières années de sa mise en service. Pour ne pas pénaliser indument les études économiques et financières, pour l'établissement des coûts d'immobilisation et d'exploitation (Livrable 1.6), le Lot 1 utilisera les données issues des simulations du Lot 3.

6.1 OBJECTIF DES ÉTUDES D'EXPLOITATION

Les études d'exploitation ont pour objectif de définir les principes d'exploitation du réseau tramway envisagé, le matériel nécessaire à son exploitation (dimensionnement du parc de matériel roulant et configuration des terminus) et d'en évaluer les performances d'exploitation (temps de parcours, vitesse commerciale, temps en terminus, kilométrage annuel, etc.).

Les informations sur l'achalandage n'étaient pas disponibles lors de la réalisation de cette étude d'exploitation. L'étude d'exploitation a été réalisée en prenant les intervalles entre rames (Voir la section 6.2.4).

6.2 DONNEES D'ENTRÉE

6.2.1 Le matériel roulant

La technologie retenue pour le matériel roulant est celle d'un tramway à roulement fer, et alimentation électrique par ligne aérienne de contact.

Le véhicule, est articulé, bidirectionnel, composé de modules et d'une largeur de 2,65 m. Selon l'horizon considéré, sa longueur sera de 33 m, puis allongée à 43 m.

Les études d'exploitation sont réalisées avec le matériel roulant de 43 m de long (horizon long terme), sachant que ce dernier permettra de dimensionner le parc de matériel roulant nécessaire à terme. Il est à noter que les résultats qui découleront de ces études supposeront des marges de régulation supplémentaires avec le matériel roulant de 33 m de long.

6.2.2 Hypothèses liées à l'environnement traversé

Les stations et zones de manœuvre

Chaque station représente un point d'arrêt pour les rames et impactent d'autant plus le temps de parcours commercial. Une phase de décélération et d'accélération est à ajouter au temps d'arrêt.

Par mesure de prudence de conduite, une limitation de vitesse de 30 km/h au niveau des stations a été insérée au gabarit de vitesse environnement : les rames ne peuvent donc pas arriver à une vitesse supérieure à 30 km/h en entrée de station (protection de la traversée piétonne en pied de rampe). Cette limitation de vitesse prend également effet pour les stations décalées, comme Dorchester.

Pour les zones de manœuvre, une limitation de vitesse de 15 km/h a été exercée. On entend ici par zone de manœuvre les zones de retournement en terminus (arrière-gare ou avant-gare) et le secteur du pôle d'échange Saint-Roch, où est prévu le croisement des deux types de ligne (Nord/Sud et Est/Ouest) à des intervalles très faibles (2 et 3 minutes).

Les carrefours traversés par le tramway

Les carrefours situés sur la ligne de tramway sont équipés de systèmes de détection des rames à l'approche, interfacés avec les systèmes de signalisation routière, qui permettent de prendre en compte la priorité du tramway sur les autres flux de circulation. Toutefois, il n'empêche que le passage des carrefours doit être réalisé à vitesse réduite du fait des risques pouvant survenir (automobiliste grillant un feu rouge, embouteillages, piétons, etc.).

Selon les conditions potentielles de visibilité (à partir des tracés en plan), de type d'environnement urbain et d'insertion de la plateforme, la limitation de vitesse aux carrefours pourra varier de 30 km/h à 40 km/h, selon les retours d'expériences d'autres réseaux de tramway.

Type d'insertion et d'environnement urbain

La conduite du tramway s'effectuant en marche à vue, des limitations de vitesse ont été appliquées, en fonction de l'environnement urbain traversé par le tramway et le type d'insertion de la plateforme.

Le tableau suivant récapitule les hypothèses utilisées pour construire le gabarit de vitesse environnement :

Tableau 6 : Hypothèses pour le gabarit de vitesse

	Insertion centrale	Insertion latérale
Zone piétonne	30 km/h	20 km/h
Zone urbaine dense	50 km/h	40 km/h
Zone urbaine moins dense	60 km/h	50 km/h
Zone « péri-urbaine »	70 km/h	60 km/h

Une partie du tronçon Nord/Sud de Québec est en tunnel. La vitesse a été limitée à 60 km/h dans le tunnel et à 30 km/h en entrée/sortie du tunnel, de façon à permettre au conducteur de s'adapter aux nouvelles conditions de visibilité et de conduite en toute sécurité (changement de luminosité aux portants par exemple).

L'insertion au niveau du pont Québec est en site mixte y compris les abords. Dans la solution d'insertion à deux voies (voies banalisées), la vitesse maximale prise en compte est de 50 km/h (limitation préventive vis-à-vis des questions de sécurité) sur toute la zone banalisée.

Dans la solution d'insertion à 3 voies, on applique les mêmes limitations de vitesse. Elles sont d'autant plus impératives que les voies routières sont plus étroites.

6.2.3 Définition des gabarits de vitesse

Gabarit de vitesse infrastructure

Suite à la description des caractéristiques physiques de l'infrastructure de tramway, il est possible de définir un gabarit de vitesse infrastructure (en bleu sur les graphiques) qui imposera des limitations de vitesse, notamment dans les courbes de rayon faibles (< 50 m) ou encore les pentes fortes (limitation de vitesse à 30 km/h pour les pentes > -7 % - en descentes).

Gabarit de vitesse environnement

Suite aux hypothèses évoquées plus tôt, il est possible de définir un gabarit de vitesse environnement (en gris dans les graphiques) qui imposera des limitations de vitesse, notamment lors du franchissement des carrefours, des entrées ou sorties de stations, du franchissement de zones piétonnes, etc.

Les graphiques suivants représentent les gabarits de vitesses infrastructure et environnement de chaque tronçon et pour chaque sens. Ces derniers seront utilisés pour le calcul du temps de parcours.

6.2.4 Définition des services

Types de services

La figure ci-dessous présente le schéma d'exploitation envisagé pour le tramway de Québec/Lévis :

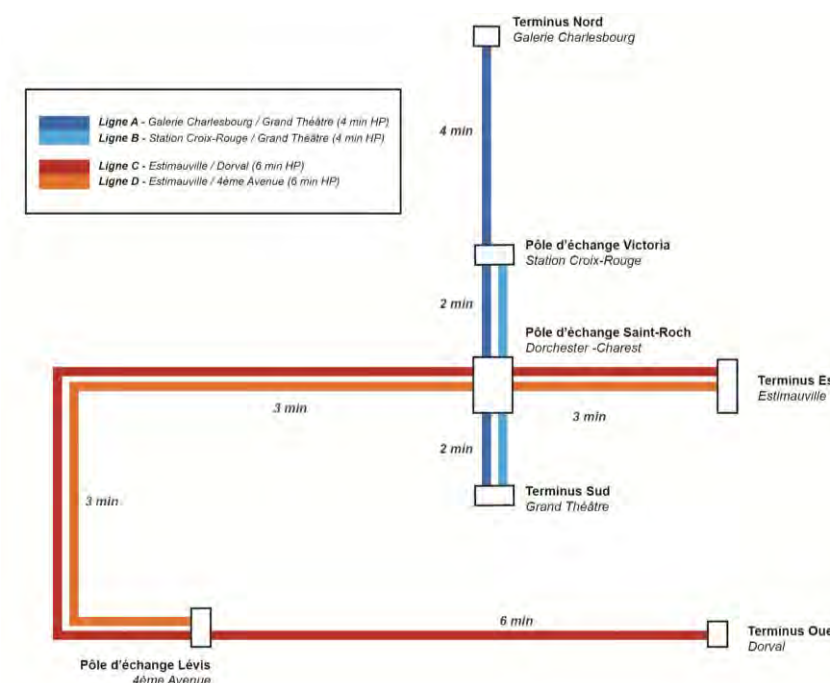


Figure 31 : Synoptique du scénario d'exploitation (en Heure de Pointe)

Il est prévu une exploitation des lignes en croisement des tronçons Nord/Sud et Est/Ouest.

Le schéma d'exploitation compte deux lignes dites « longues » dont l'exploitation se fait tout au long de la journée et toute l'année, et deux lignes dites « courtes » venant renforcer la desserte des zones denses pendant les heures de pointe du matin (2 h) et du soir (2 h 30) :

- Ligne A (Nord/Sud – longue), de Grand-Théâtre à Galerie Charlesbourg;
- Ligne B (Nord/Sud – courte), de Grand-Théâtre à Croix-Rouge;
- Ligne C (Est/Ouest – longue), de D'Estimauville à Dorval;
- Ligne D (Est/Ouest – courte), de D'Estimauville à 4^e Avenue.

Le tableau ci-après présente les caractéristiques principales de ces 4 lignes :

Tableau 7 : Intervalles d'exploitation par ligne en heures de pointe

	de / à	Longueur totale* (m)	Longueur commerciale (m)	Intervalle HP	Nb de stations
Ligne A	Grand Théâtre - Galerie Charlesbourg	6 910	6 580	4 min	12
Ligne B	Grand Théâtre - Croix-Rouge	3 030	2 620	4 min	5
Ligne C	Estimauville - Dorval	30 180	29 820	6 min	37
Ligne D	Estimauville - 4 ^{ème} Avenue	22 700	22 270	6 min	29

* zones techniques de retournement en arrière incluses.

Intervalles

Pour assurer une performance du tramway et une adhésion auprès des habitants de Québec et de Lévis, ce dernier doit offrir la possibilité de concurrencer la voiture, en particulier en termes de services proposés et de temps de parcours et de régularité.

Pour les jours de semaine, il est donc proposé de mettre des intervalles assez faibles de 4 minutes (lignes Nord/Sud) et de 6 minutes (lignes Est/Ouest) en heure de pointe. Sur les tronçons communs, les intervalles seraient donc respectivement de 2 minutes et 3 minutes.

En dehors des heures de pointe, des intervalles de 10 minutes seront exercés.

Pour l'exploitation des lignes pendant les week-ends et les jours fériés, il est prévu des intervalles de 10 minutes en heures de pointe et 15 minutes en heures creuses.

Les tableaux ci-dessous présentent les intervalles envisagés pour chaque ligne :

Tableau 8 : Grille d'intervalles d'exploitation

Ligne A - Grand Théâtre / Galerie Charlesbourg		Lundi au Vendredi	Samedi, dimanche et jours fériés
05h30 - 07h00	10 min	15 min	
07h00 - 09h00	4 min	10 min	
09h00 - 15h30	10 min	10 min	
15h30 - 18h00	4 min	10 min	
18h00 - 00h30	10 min	15 min	
	246 j/an	119 j/an	

Ligne B - Grand Théâtre / Croix-Rouge		Lundi au Vendredi	Samedi, dimanche et jours fériés
05h30 - 07h00	10 min	15 min	
07h00 - 09h00	4 min	10 min	
09h00 - 15h30	10 min	10 min	
15h30 - 18h00	4 min	10 min	
18h00 - 00h30	10 min	15 min	
	246 j/an	0 j/an	

Ligne C - Dorval / Estimaerville		Lundi au Vendredi	Samedi, dimanche et jours fériés
05h30 - 07h00	10 min	15 min	
07h00 - 09h00	6 min	10 min	
09h00 - 15h30	10 min	10 min	
15h30 - 18h00	6 min	10 min	
18h00 - 00h30	10 min	15 min	
	246 j/an	119 j/an	

Ligne D - 4 ^{ème} Avenue / Estimaerville		Lundi au Vendredi	Samedi, dimanche et jours fériés
05h30 - 07h00	10 min	15 min	
07h00 - 09h00	6 min	10 min	
09h00 - 15h30	10 min	10 min	
15h30 - 18h00	6 min	10 min	
18h00 - 00h30	10 min	15 min	
	246 j/an	0 j/an	

Amplitude journalière

Afin d'assurer l'attractivité du réseau, l'amplitude de fonctionnement envisagée pour le tramway de Québec/Lévis est de 5 h 30 (heure de départ de la première rame) à 0 h 30 (heure de départ de la dernière rame) tous les jours (semaine, samedi, dimanche et jours fériés).

6.2.5 Zones de terminus

Les terminus des lignes assurent trois fonctions principales :

- le retournement des rames de la voie d'arrivée à la voie de départ tout en assurant la desserte des quais de montées et de descentes ;
- la régulation et gestion des départs des rames au moment opportun; outre la fonction permanente d'ajustement des horaires de départ afin de respecter une bonne régularité des rames, les installations doivent permettre d'organiser les transitions entre tranches horaires contiguës offrant des intervalles différents dans la journée;
- le repos physiologique des conducteurs.

La configuration des terminus correspond à une volonté d'assurer une exploitation robuste pendant les heures creuses (avec des intervalles de 10 minutes sur les lignes A et C) et de permettre l'exploitation avec des intervalles très faibles en heure de pointe.

Le schéma d'exploitation et les services envisagés sur le réseau prévoient des intervalles de 4 minutes pour les lignes A et B et 6 minutes pour les lignes C et D en heure de pointe. Ce qui signifie sur les troncs communs, des intervalles respectifs de 2 et 3 minutes reportés sur les terminus Sud et Ouest.

L'objectif en heure de pointe est de respecter ces intervalles faibles, sans pour autant suivre une grille horaire précise. Le projet prévoyant au total 4 h 30 d'heures de pointe (matin et soir confondus), il est envisagé de minimiser le plus possible les temps de régulation en terminus afin de minimiser le parc de matériel roulant à acquérir.

Ainsi les hypothèses à suivre pour le dimensionnement des terminus sont les suivantes :

- en heure creuse :
 - un intervalle de 10 minutes avec une ligne à chaque terminus;
 - le changement de cabine de conducteur (60 s);
 - un temps de régulation à chaque terminus de 3 minutes minimum pour la ligne A et 6 minutes minimum pour la ligne C pour assurer une exploitation robuste et fiable.
- en heure de pointe :
 - un intervalle de 4 minutes pour les lignes A et B;
 - un intervalle de 6 minutes pour les lignes C et D;
 - le glissement de conducteur (30 s)²;
 - l'intervalle exploité en heure de pointe doit être supérieur à l'intervalle technique minimum du terminus.

Terminus Galerie Charlesbourg et Dorval (Lévis)

Les terminus Galerie Charlesbourg et Dorval (Lévis) sont des terminus pouvant être exploités à la fois en avant-gare et en arrière-gare. Ils sont composés de :

- deux quais latéraux pour les montées-descentes des passagers ;
- deux communications simples – une en avant-gare et une en arrière-gare ;
- d'une position de retournement en arrière-gare ;
- d'une position de remisage en arrière-gare.

² Le glissement de conducteur correspond au mode d'exploitation suivant : la rame arrive au terminus, conduite par le conducteur A. Au terminus, le conducteur B qui était en attente prend le relais. Lorsque le conducteur A a effectué son temps de repos physiologique (quelques minutes), il prend le relais d'un autre conducteur. À chaque terminus de ligne tramway, un local d'exploitation est prévu pour le temps de repos. Le temps mentionné correspond au temps nécessaire au conducteur B pour s'installer dans la cabine de conduite, et au conducteur A de sortir de la rame.

Le terminus est exploité différemment selon s'il s'agit des heures de pointe ou des heures creuses. Ainsi en heure de pointe, on utilise la communication d'avant-gare et le retournement se fait à quai avec glissement conducteur, alors qu'en heure creuse, on utilise la communication d'arrière-gare et le retournement se fait en arrière-gare.

L'intervalle technique minimum exploitable aux terminus Galerie Charlesbourg et Dorval (Lévis) (c'est-à-dire le plus petit intervalle possible entre deux rames sans marge de régularité) est d'environ 2 minutes et 15 secondes.

En suivant le schéma d'exploitation prévu, le terminus Galerie Charlesbourg sera exploité avec un intervalle en heure de pointe de 4 minutes et le terminus Dorval (Lévis) sera exploité avec un intervalle de 6 minutes.

Ainsi l'intervalle technique est suffisamment faible pour permettre le retournement des rames en heure de pointe.

Terminus Grand Théâtre et D'Estimauville (Québec)

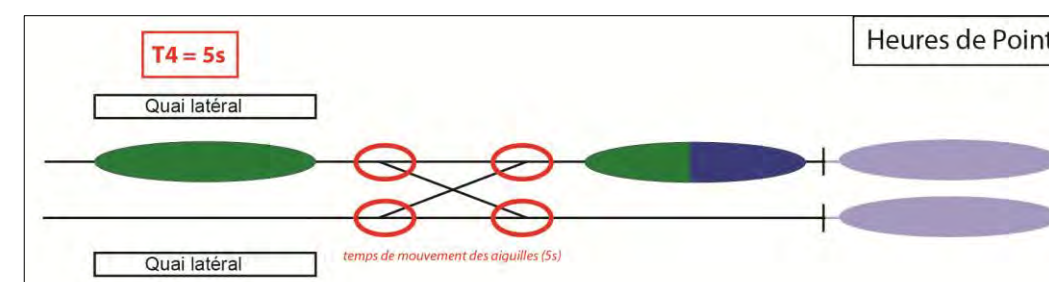
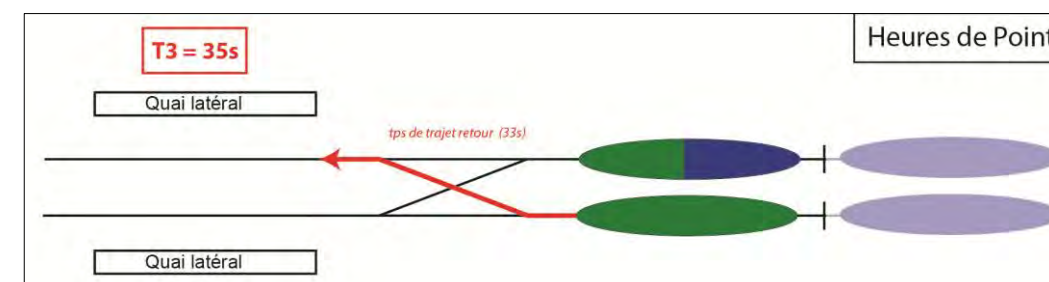
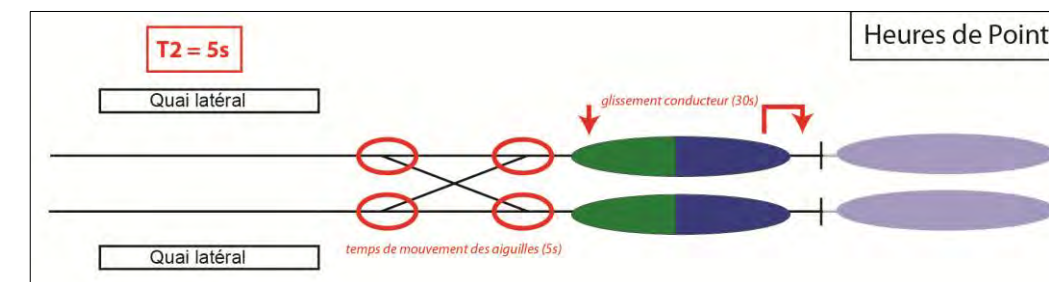
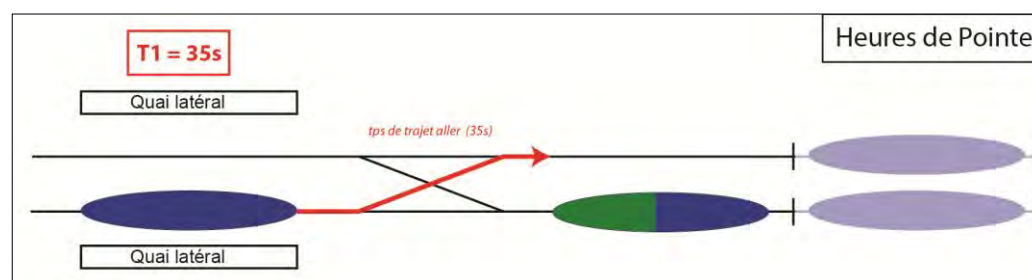
Les terminus Grand Théâtre et D'Estimauville sont des terminus d'arrière-gare composés de deux quais latéraux pour les montées-descentes des passagers, d'une communication croisée motorisée en arrière-gare, de deux positions de retournement et de deux positions de remisage.

L'intervalle technique minimum exploitable aux terminus Grand Théâtre et Estimauville (c'est-à-dire le plus petit intervalle possible entre deux rames sans marge de régularité) est d'environ 1 minute et 20 secondes.

En suivant le schéma d'exploitation prévu, le terminus Grand-Théâtre sera exploité avec un intervalle en heure de pointe de 2 minutes et le terminus Estimauville (Québec) sera exploité avec un intervalle de 3 minutes.

Ainsi, l'intervalle technique est suffisamment faible pour permettre des temps de régulations suffisants pour le terminus Ouest.

Toutefois, concernant le terminus Sud, cette disposition suppose **une exploitation tendue**, avec un temps de régulation assez faible, pendant la période d'exploitation en heures de pointe.



Rame à l'arrivée
 Rame au départ
 Rame en retournement (changement de cabine)
 Zone de remisage

$$IT^* = T1 + T2 + T3 + T4$$

Figure 32 : Exemple de manœuvre aux terminus à 2 positions

Terminus partiels – Croix-Rouge et 4^e Avenue (Lévis)

Les terminus partiels sont des terminus d'avant-gare composés :

- d'un quai latéral et d'un quai central pour les montées-descentes des passagers;
- d'une communication simple et d'un branchement simple en avant-gare;
- d'une position de retournement;
- d'une position de remisage.

Ces terminus partiels ont été conçus pour prendre en compte le schéma d'exploitation (renfort en heure de pointe sur une partie des lignes A et C). Cette demande étant arrivée tardivement, les terminus partiels n'ont pas été inclus dans les planches d'insertion (déjà diffusées). La configuration ci-dessous correspond à un aménagement réduisant le nombre de rames nécessaires (temps de retournement réduit).

Le fonctionnement du terminus partiel en avant-gare prévoit que le changement de cabine du conducteur se fasse simultanément avec les montées-descentes de passagers. Ainsi, pendant que le conducteur effectue son changement de cabine, il devra laisser les portes ouvertes.

L'intervalle technique minimum exploitable aux terminus partiels est d'environ 2 minutes et 45 secondes.

En suivant le schéma d'exploitation prévu, le terminus partiel Croix-Rouge sera exploité avec un intervalle en heure de pointe de 4 minutes et le terminus Est – 4^e Avenue (Lévis) sera exploité avec un intervalle de 6 minutes.

Ainsi l'intervalle technique est compatible avec l'intervalle en heures de pointe, mais seulement avec une faible marge d'exploitation. Ceci est recevable, car limité dans la durée à 2 périodes de 2 h à 2 h 30.

Pour le reste de la journée, la marge d'exploitation devient plus conséquente.

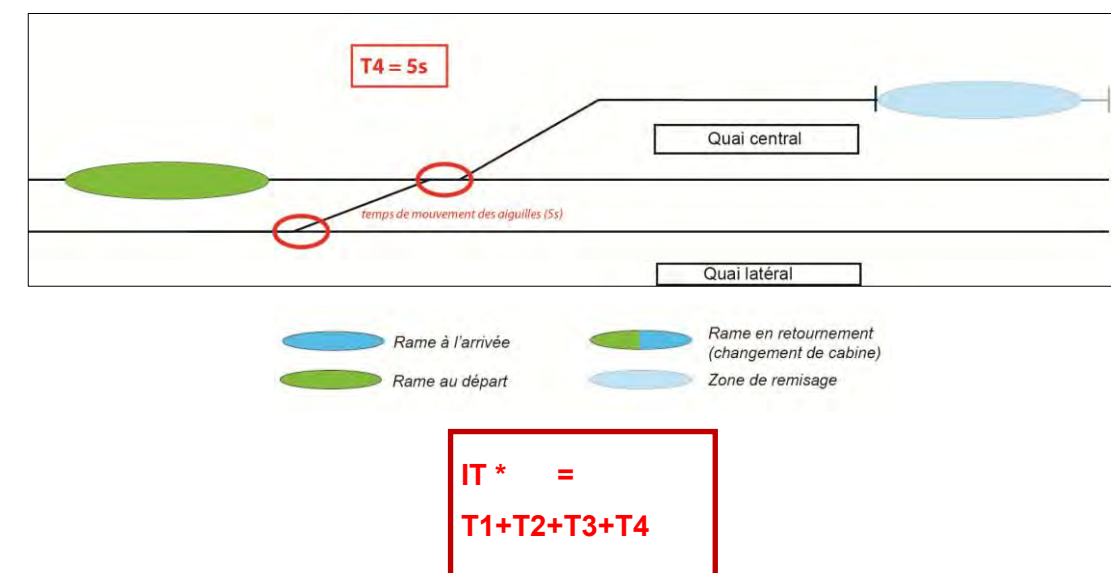
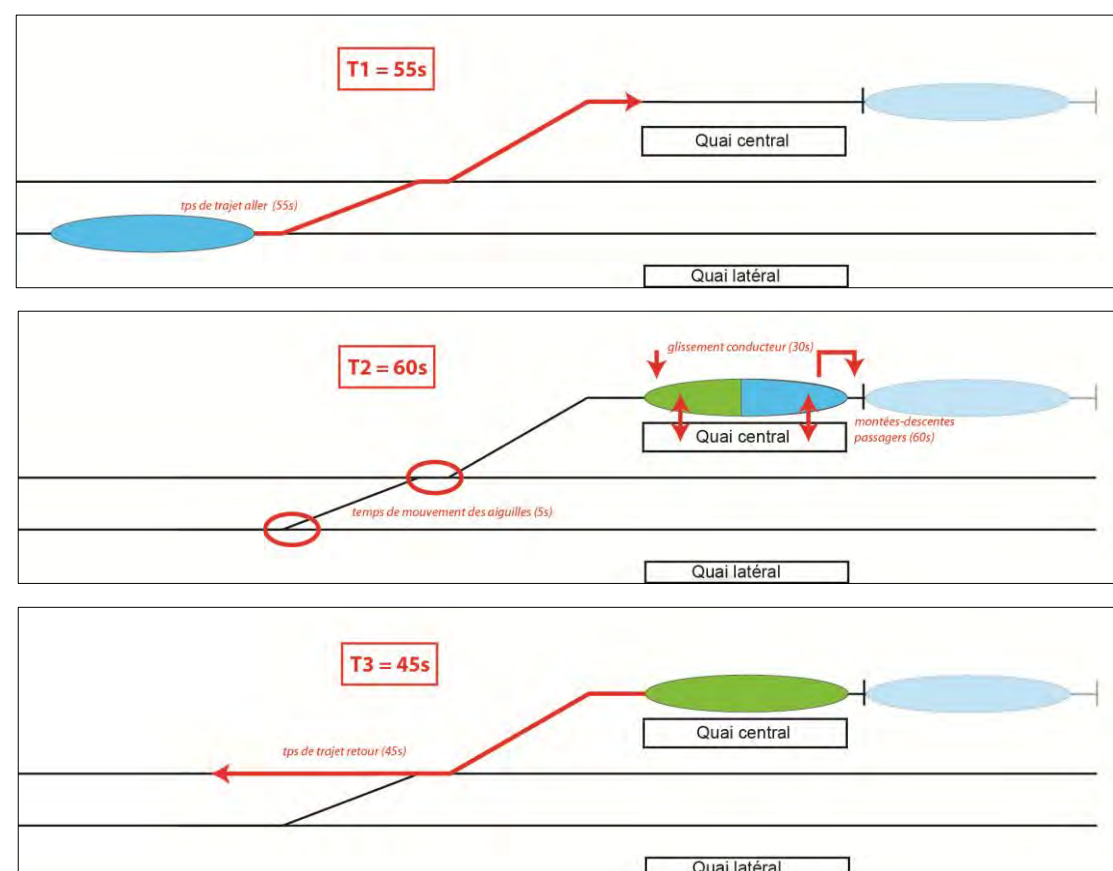


Figure 33 : Exemple de manœuvre aux terminus partiels

6.3 ESTIMATION DU TEMPS DE PARCOURS

L'estimation des temps de parcours et des vitesses est réalisée en considérant successivement :

- la marche tendue qui correspond à un temps de parcours minimum par sens, collant au plus proche possible au gabarit de vitesse;
- la marche détendue, qui correspond au temps de parcours commercial appliqué en ligne, pour tenir compte du facteur humain, des aléas de circulation, etc.

La marche tendue, calculée à partir d'un programme de simulation développé par Egis Rail (Sim-One), repose sur la description géométrique du tracé (courbes, pentes, dévers), les performances du matériel roulant et les conditions d'exploitation (vitesses limites par tronçon). Un lissage des courbes vitesses est ensuite réalisé pour tenir compte d'une réalité de conduite (par exemple un palier de vitesse théorique n'est atteint qu'il s'il peut être maintenu sur une distance comprise entre 100 et 150 mètres).

Les graphiques ci-dessous présentent, à titre d'exemple, les résultats de la simulation de la ligne A, dans le sens 1 (de Grand Théâtre à Galerie Charlesbourg) ainsi que l'écrêtage effectué pour lisser les courbes de vitesses.

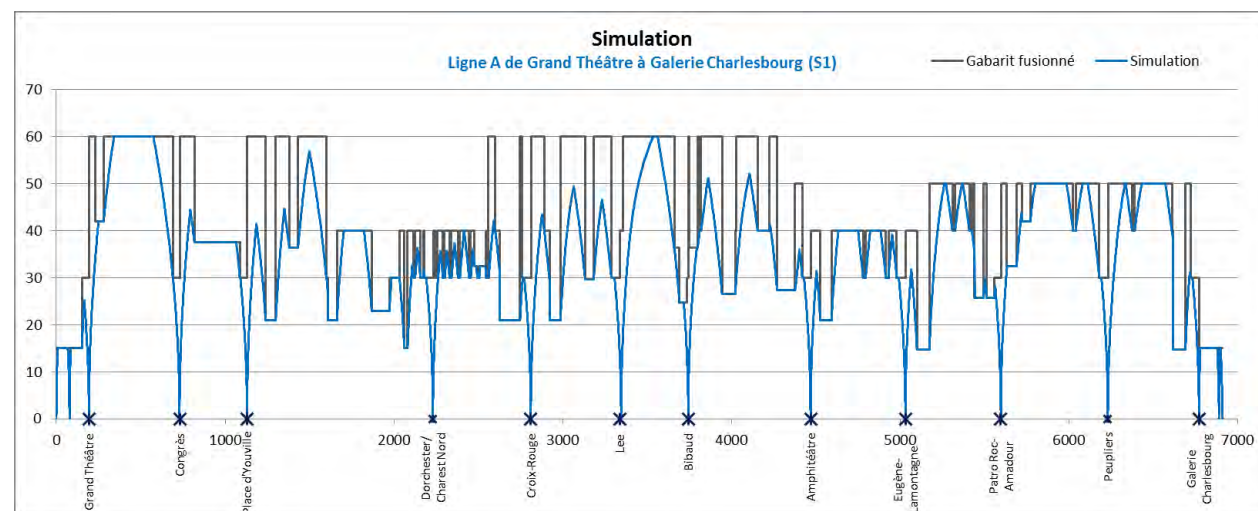


Figure 34 : Ligne Nord/Sud - Courbe Vitesse/position avant lissage

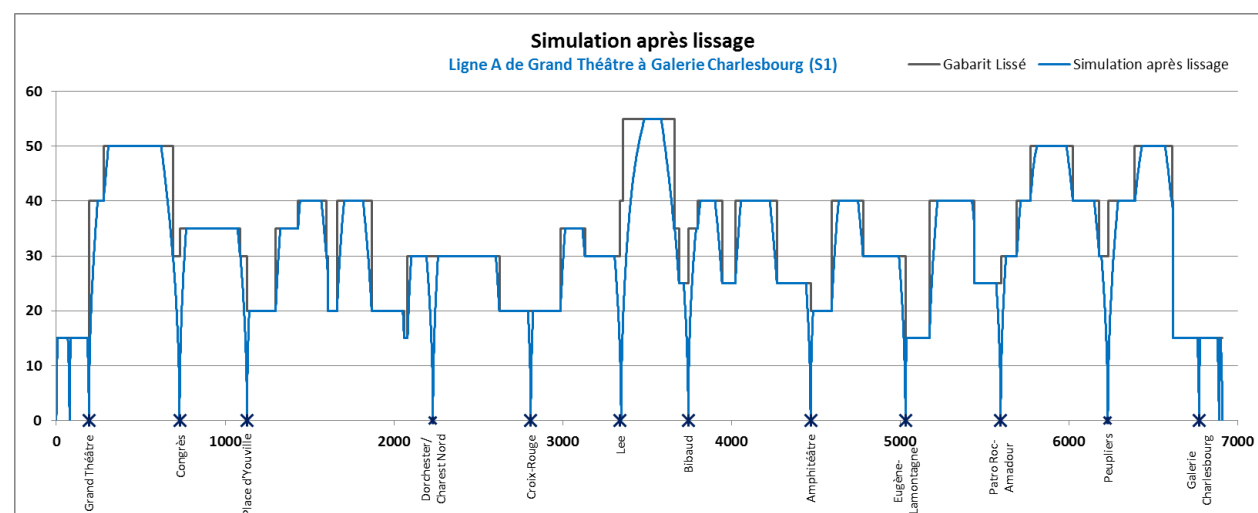


Figure 35 : Ligne Nord/Sud - Courbe Vitesse/position après lissage

La marche détendue correspond au temps de parcours commercial appliqué en ligne, c'est-à-dire à la marche tendue à laquelle on ajoute tous les temps supplémentaires nécessaires à l'exploitation commerciale de la ligne (arrêts en station, pourcentage de non-priorité du tramway aux carrefours, détente, temps de battement).

Les arrêts en station

Les temps d'arrêt en station sont usuellement basés sur la fréquentation prévisionnelle des stations. Toutefois, les données d'achalandages étant indisponibles au moment des études d'exploitation, les hypothèses suivantes ont été utilisées :

- 30 secondes d'arrêt pour les stations de terminus, soit 6 stations (Grand Théâtre, Galerie Charlesbourg, Estimauville, Dorval, Croix-Rouge, 4^e Avenue);
- 40 secondes d'arrêt pour les stations de pôles d'échanges, soit 7 stations (Ligne A/B : Place d'Youville, Dorchester/Charest, Croix-Rouge; Ligne C/D : Charest, De la Foresterie, CHUL/Laurier, 4^e Avenue);
- en l'absence de données trafics voyageurs, 25 secondes d'arrêt ont été appliquées sur toutes les autres stations, soit 38 stations. Ce chiffre est un compromis entre les stations à forte fréquentation où l'on applique en général 30 secondes d'arrêt et les stations à faible fréquentation, où l'on applique 20 secondes d'arrêt.

La détente

Ce temps correspond à la prise en compte des aléas dus à la souplesse de la conduite. On applique en général une valeur de 5 % du temps de parcours entre chaque interstation.

La non-priorité du tramway aux carrefours

Bien que l'hypothèse de base pour le tramway de Québec et de Lévis soit « une priorité absolue au tramway aux carrefours », dans les faits, elle ne peut pas être à 100 % (remontée de file, panne, piétons, etc.). L'expérience montre que dans les faits, une priorité absolue équivaut à une priorité réelle de 90 %, soit une non-priorité de $\pm 10\%$. Il faut donc prévoir ajouter à la marche tendue une provision de temps supplémentaire correspondant aux temps perdus aux feux, qui comprend les temps liés à la décélération, à l'attente puis à l'accélération.

Les temps de retournement

Ce temps comprend les temps de manœuvre en terminus, le temps nécessaire au conducteur pour le changement de cabine et les arrêts aux stations permettant la montée-descente des passagers. Il dépend de la configuration du terminus et de la longueur de la rame (équivaut à l'intervalle technique).

Les temps de battement/régulation

Le temps de battement en terminus est une provision de temps, compressible, utilisée pour la régulation des perturbations accumulées en ligne. La durée du tour devant être un multiple de l'intervalle d'exploitation, le temps de battement correspond à une variable d'ajustement entre le temps de rotations des rames (durée d'un tour) et l'intervalle d'exploitation.

Étant donné les intervalles faibles envisagés pendant les heures de pointe et le fait que les heures de pointe ne s'étendent que sur 4 heures 30 minutes (sur deux périodes, matin et soir), on a la possibilité de limiter les temps de régulation, l'objectif étant d'assurer la fiabilité de l'intervalle et non de suivre une grille horaire. Si le temps de régulation est faible au niveau de l'exploitation, il faudra nécessairement augmenter les besoins en termes de conducteurs.

Toutefois, sur les heures creuses, un temps de battement minimum de 6 minutes pour la ligne A (2 terminus confondus) et de 12 minutes pour la ligne C (2 terminus confondus) est nécessaire pour assurer une exploitation robuste.

Résultats

Le tableau ci-dessous présente la synthèse des résultats pour toutes les lignes, en fonction d'une priorité de 100 % aux carrefours et d'une non-priorité de 10 % aux carrefours :

Tableau 9 : Temps de parcours en fonction du taux de priorité tramway aux intersections

	De / à	Intervalle HP	100 % de priorité	10 % de non priorité
			tps de parcours	tps de parcours
Ligne A	Grand Théâtre - Galerie Charlesbourg	4 min	48 min	48 min -
Ligne B	Grand Théâtre - Croix-Rouge	4 min	20 min	24 min + 4 min
Ligne C	Dorval - D'Estimauville	6 min	2 h 24 min	2 h 30 min + 6 min
Ligne D	4ème Avenue - D'Estimauville	6 min	1 h 54 min	2 h + 6 min

6.4 DIMENSIONNEMENT DU PARC

Le dimensionnement du parc de véhicules nécessaires à l'exploitation en ligne se réalise à l'heure de pointe. Il est ajusté de façon à ce que la durée du tour (temps total mis par une rame pour revenir à sa position initiale **dans des conditions robustes**) soit un multiple entier de l'intervalle de passage.

Il faut également ajouter un pourcentage pour le parc de maintenance et de réserve d'exploitation. On considère habituellement que la réserve représente entre 10 et 15 % du parc en ligne total du réseau. La période de pointe étant limitée à 2 périodes (pointe du matin et pointe du soir) dont la durée cumulée est de 4 h 30 par jour. De ce fait, les petites interventions de réparation des rames peuvent être faites en journée entre ces 2 périodes de pointe. L'approche pour le parc de maintenance est donc faite en prenant la fourchette de 10 %.

Le tableau ci-dessous présente le nombre de rames nécessaires à l'exploitation du réseau de tramway pendant l'heure de pointe, en fonction d'une priorité de 100 % aux carrefours et d'une non-priorité de 10 % aux carrefours :

Tableau 10 : Parc MR en fonction du taux de priorité aux intersections

	De / à	Intervalle HP	100 % de priorité	10 % de non priorité
			Parc MR	Parc MR
Ligne A	Grand Théâtre - Galerie Charlesbourg	4 min	12	12 -
Ligne B	Grand Théâtre - Croix-Rouge	4 min	5	6 + 1 rame
Ligne C	Dorval - D'Estimauville	6 min	24	25 + 1 rame
Ligne D	4ème Avenue - D'Estimauville	6 min	19	20 + 1 rame
Réserve et Maintenance			6	6
			66	69 + 3 rames

Le prolongement du tracé à Lévis vers l'Est du boulevard Alphonse-Desjardins implique une rame supplémentaire par rapport au quantitatif mentionné dans le tableau ci-dessus.

Le parc de 70 rames est donc adapté dans le cas d'une gestion des priorités aux carrefours proches d'une priorité absolue (taux de priorité accordée supérieur à 90 %).

6.5 PRODUCTION KILOMÉTRIQUE ET TEMPS DE CONDUITE

Le tableau ci-dessous présente le kilométrage annuel du réseau de tramway de Québec et de Lévis, calculé sur la base du schéma d'exploitation décrit plus tôt :

Tableau 11 : Production kilométrique par ligne en heures de pointe

	De / à	Intervalle HP	100 % de priorité	10 % de non priorité
			Km total / an	Km total / an
Ligne A	Grand Théâtre - Galerie Charlesbourg	4 min	656 066	656 066
Ligne B	Grand Théâtre - Croix-Rouge	4 min	91 065	91 754
Ligne C	Dorval - D'Estimauville	6 min	2 646 369	2 647 058
Ligne D	4ème Avenue - D'Estimauville	6 min	506 234	506 922

Le prolongement du tracé à Lévis vers l'Est du boulevard Alphonse-Desjardins génère une augmentation de la production kilométrique de 58 000 km/an qui s'ajoute aux valeurs mentionnées dans le tableau.

Ces valeurs ne prennent pas en compte les hauts-le-pieds parcourus par les rames (injection et retrait des rames en début et fin de service). Les hauts-le-pieds peuvent ajouter 5 à 7 % des kilométrages mentionnés dans le tableau, soit de l'ordre de + 250 000 à 275 000 km/an.

Ces valeurs peuvent fluctuer en fonction de l'organisation des circulations tramway mise en place par l'exploitant (remisage des rames en arrière-gare pendant les heures creuses, principe de relève conducteur, point de départ commercial des rames, etc.).

Les tableaux ci-dessous présentent les temps de conduites commerciales produites pour l'exploitation du réseau tramway, selon une priorité de 100 % aux carrefours et d'une non-priorité de 10 % aux carrefours :

Tableau 12 : Temps de conduite commerciale en fonction du taux de priorité aux intersections

	100% de priorité							
	Ligne A		Ligne B		Ligne C		Ligne D	
	Semaine	We & jours fériés	Semaine	We & jours fériés	Semaine	We & jours fériés	Semaine	We & jours fériés
Durée du tour (en min)	48		20		150		114	
Nb de trajet / jour	153	98	68	132	98	45	594	
nb de trajet / an	37 638	11 662	16 728	32 472	11 662	11 070	121 232	
heures de conduite commerciale	30 110	9 330	5 576	81 180	29 155	21 033	176 384	

	10 % de non-priorité							
	Ligne A		Ligne B		Ligne C		Ligne D	
	Semaine	We & jours fériés	Semaine	We & jours fériés	Semaine	We & jours fériés	Semaine	We & jours fériés
Durée du tour (en min)	48		24		156		120	
Nb de trajet / jour	153	98	68	132	98	45	594	
nb de trajet / an	37 638	11 662	16 728	32 472	11 662	11 070	121 232	
heures de conduite commerciale	30 110	9 330	6 691	84 427	30 321	22 140	183 020	

Les tableaux précédents montrent que le taux de priorité aux intersections impacte le nombre de rames à acheter et également le temps de conduite commerciale.

Ces valeurs ne prennent pas en compte les temps de conduite hauts-le-pieds (injection et retrait des rames en début et fin de service). Les hauts-le-pieds peuvent ajouter 5 à 7 % des temps mentionnés dans le tableau, soit de l'ordre de 10 000 à 13 000 heures/an.

Ces valeurs peuvent fluctuer en fonction de l'organisation mise en place par l'exploitant (remisage des rames en arrière gare pendant les heures creuses, principe de relève conducteur, etc.).

Le prolongement du tracé à Lévis vers l'Est du boulevard Alphonse-Desjardins génère une augmentation des temps de conduite de 4 400 h/an qui se rajoute aux valeurs mentionnées dans le tableau ci-dessus.

Il est rappelé au lecteur que pour le tramway de Québec et de Lévis, il est prévu une priorité Absolue au tramway et que par conséquent les résultats des simulations avec 10 % de non priorité sont ceux à retenir.

7 MAINTENANCE ET DÉPÔT

Ce chapitre résume le contenu des deux (2) Volets du 6^e sous-livrable 1.4, c'est-à-dire du Volet Équipement et du Volet Aménagement précis des CEE prévus dans l'étude de faisabilité du tramway de Québec et de Lévis. Volet A – Volet Équipements – Halle d'exploitation et d'entretien des CEE

7.1 PARAMÈTRES DE CONCEPTION DU HALLE D'ENTRETIEN ET D'EXPLOITATION

7.1.1 Paramètres techniques et fonctionnels

Les paramètres techniques et fonctionnels qui ont servi pour définir ces équipements sont principalement les suivants :

- il est prévu d'avoir deux Centres d'Exploitation et d'Entretien (CEE) pour y entretenir les 70 rames de 43 m requises pour l'exploitation de la totalité du tracé; soit :
 - un CEE principal sur le territoire de la ville de Québec (site Verdun). Ce CEE dispose de toutes les fonctionnalités nécessaires pour l'exploitation et l'entretien du système de tramway. Ce centre regroupe l'ensemble des fonctions organisationnelles pour effectuer l'entretien véhiculaire mineur et majeur, les grands travaux de carrosserie, du réseau LAC et du bâtiment. Le poste de commande centralisé du tramway y sera aussi localisé ;
 - un CEE secondaire sur le territoire de la ville de Lévis (entre les rues Perreault et Plante). Le CEE secondaire, ne recrée pas toutes les fonctionnalités, mais permet les révisions et entretiens journaliers ;
- il n'est pas prévu de mutualisation de services et /ou de locaux (PCC ou autres) avec les installations du réseau d'autobus du RTC ;
- les équipements de ces deux CEE doivent assurer les opérations d'entretien et d'exploitation et être aménagés et localisés d'une manière à augmenter l'efficacité des installations.

Les principales fonctions sont les suivantes :

- inspection journalière des rames ;
- préparation aux inspections des installations fixes ;
- entretien des installations fixes ;
- remisage et lavage (intérieur et extérieur) des rames de tramway ;
- stockage des rechanges, consommables et outillages ;
- maintenance courante/lourde de la flotte ;
- mise à disposition de locaux pour le personnel et de locaux techniques ;
- supervision de l'exploitation et gestion de la sécurité tramway ;
- supervision de trafic et information client ;
- prise de services conducteurs ;
- gestion du centre.

7.1.2 Paramètres d'entretien du matériel roulant

L'aménagement doit prendre en considération ces particularités au niveau du matériel roulant :

- la facilité de détection et de localisation des défaillances ;

- la bonne accessibilité et la rapidité d'échange des sous-ensembles ;
- le regroupement en toiture du maximum d'équipement.

L'aménagement doit garantir ainsi une optimisation des temps de maintenance préventive et la réduction des temps d'immobilisation pour les opérations de maintenance corrective.

7.1.3 Halle d'exploitation et d'entretien principal

Sécurité

Le CEE est, de façon générale, conçu pour assurer :

- la sécurité des personnes et des travailleurs : flux de circulation optimisés pour limiter les distances de marche et les conflits entre les différents modes et bien délimités, espace requis entre les voies de remisages, éclairage adéquat, système incendie, etc. ;
- la protection des équipements : détection incendie, moyen de lutte contre un incendie, etc. ;
- la surveillance du site : système anti-intrusion, vidéosurveillance, etc.

De façon plus particulière, la halle d'exploitation et d'entretien est un bâtiment industriel recevant des travailleurs et doit de ce fait :

- respecter toutes les normes et codes existants pour ce type d'installation ;
- avoir des zones de stockages avec des aménagements pour les produits spécifiques (glycol, huile, batteries, etc.) ;
- assurer la sécurité des personnes et travailleurs.

Définitions des activités

Il est à noter que les plans d'aménagement de la halle d'exploitation et d'entretien en Annexe 1 sont antérieurs aux choix définitif des sites des CEE. Or, compte tenu de la forme des terrains retenus pour les CEE, la voie de service et l'entretien des installations fixes ont été localisés dans des bâtiments séparés de la halle d'exploitation et d'entretien.

La description qui suit est basé sur le plan original qui est présenté en Annexe 1.

Fonctions station-service aspiration centralisée et lavage tramways (bâtiment séparé)

Le bâtiment de la voie de service est traversé par une voie (V1) qui regroupe en enfilade la station-service, l'aspiration centralisée et le lavage.

De base, la fréquence de lavage est quotidienne au retour du service commercial, et peut être réduite à 2 jours à certaines périodes.

L'ensemble « station-service et station de lavage » permet de procéder à l'inspection d'une rame sans attendre la fin du cycle de la machine à laver.

Description de la station-service

La station-service permet d'accueillir entièrement une rame afin de réaliser les opérations suivantes :

- inspections, visites et contrôles des principales fonctions du véhicule (captage courant par exemple) ;
- contrôle et mise à niveau des consommables (sable dans les sablières, réservoirs de graisse des graisseurs de boudin ;
- lave-glace.



Figure 36 : Distributeur de sable et passerelle fixe

L'installation de distribution sable est composée d'équipements centraux et de points de distribution sable.

- sont inclus dans les équipements centraux le stockage et la filtration du sable ainsi que les compresseurs servant au transport du sable vers les différents points de distribution. Les équipements centraux sont regroupés dans un local technique, situé à proximité de la station-service ;
- les points de distribution en sable sont installés au sein de la station-service, de part et d'autre de la voie ferrée. Chaque point sable est équipé de pistolets de distribution permettant l'écoulement du sable directement dans les sablières de la rame. Les pistolets sont conçus pour éviter de déverser du sable en dehors des sablières, ainsi que pour récupérer toute la poussière produite par la distribution, et la rediriger vers les équipements centraux afin qu'elle soit filtrée.

Les passerelles fixes d'accès toiture sont équipées d'escaliers à chaque extrémité. Une consignation de la LAC permet l'ouverture en passerelle des panneaux de protection transparents pour l'inspection des pantographes.

Le temps de passage en station de service est de l'ordre de 7 minutes et comprend le remplissage des sablières (réalisé par 2 agents), le complément des réservoirs de graisseur de boudin et de lave-glace ainsi que les inspections sur le matériel roulant.

L'aspiration centralisée

L'aspiration centralisée a pour fonction d'optimiser le nettoyage intérieur d'une rame en produisant un flux d'air au sein de celle-ci, entraînant avec lui les poussières et objets légers.

Lorsqu'une rame arrive en fin de service dans la station, le conducteur ouvre les portes arrière et avant de la rame. Le soufflet du système d'aspiration vient se plaquer autour de la porte avant de la

rame, à l'aide de vérins pneumatiques. Une fois le soufflet en place, l'installation produit un flux d'air qui parcourt la rame de la porte arrière vers le soufflet. L'opérateur peut alors extraire et guider avec une soufflette l'ensemble des objets légers accumulés au sein de la rame pendant la journée d'exploitation, vers l'allée centrale où ils seront pris en charge par le flux d'air.



Figure 37 : Aspiration centralisée

Description de la machine à laver

La machine à laver permet d'effectuer le nettoyage extérieur des rames au défilé. Les surfaces extérieures du tramway sont nettoyées, grâce à des brosses rotatives. Le système est également équipé de brosses mobiles afin d'effectuer le nettoyage / brossage des faces avant et arrière des rames, en toute sécurité.

Le radier comporte un caniveau central, pour la récupération des eaux usées.

Le passage des trains au lavage extérieur s'effectue au défilé à la vitesse de 3 km/h.



Figure 38 : Exemple de Laveur Tramway

Le nettoyage extérieur renforcé (grand lavage) s'effectue en heures creuses au niveau de la machine à laver automatique. Ce type de nettoyage nécessite l'utilisation d'une plateforme latérale pour accéder à la partie toiture.

Le nettoyage commercial s'effectue sur l'ensemble des voies de remisage (bâtiment de remisage séparé). Les cheminements bétons sont prévus pour permettre la circulation du matériel nécessaire à la réalisation des tâches de nettoyage par au moins un des deux côtés du tramway. Des pupitres d'alimentation en eau et électricité sont répartis sur la zone de remisage à raison d'au moins un pupitre par rame et de façon à permettre le passage des chariots de nettoyage et aspirateurs.

Le long de la station-service se trouve une série de locaux techniques requis pour rendre cette opération de maintenance efficace. Pour plus de détail sur l'aménagement de cette zone et les superficies approximatives des locaux, voir le plan d'aménagement en Annexe 1.

Fonction maintenance sur matériel roulant (bâtiment principal)

Le bâtiment principal dédié à la fonction « atelier de maintenance » se compose de 2 zones ; soit une zone de plain-pied équipée de 3 voies pouvant accueillir deux rames de 43 m chacune et une zone pour 4 voies sur pilotis pouvant accueillir une rame chacune de 43 m (voir coupe des ateliers en Annexe 1).

Zone plain-pied

La zone plain-pied est composée des voies V2, V3 et V4

Voie de dépose d'organe (V2)

Cette voie (V2) permet d'exécuter des réparations ou échanges de modules de carrosserie, de vitrages, de portes, jupes, carénages et aménagements intérieurs. Les éléments démontés réparables sont dirigés par chariot vers les ateliers spécialisés et les non-réparables vers la zone déchets.

Voie de levage (V3)

Cette voie (V3) est équipée d'une ligne de levage complète, soit : 16 vérins synchronisés, un pupitre de commande et une table dépose bogie.

Il est à noter qu'aux plans joints en Annexe 1, il est prévu 2 positions sur la voie V3. Cette configuration est fonctionnelle, mais le taux d'utilisation de chaque position est moindre que dans le cas d'un poste par voie.



Figure 39 : Exemple du système de levage Bordeaux - France

Cette voie permet principalement de déposer un bogie puis de l'acheminer jusqu'au local de lavage bogie (situé dans le prolongement de la voie). Après passage au nettoyeur haute pression le bogie est acheminé vers l'atelier bogie équipé de colonnes de levage bogie et des outillages spécifiques.

Les bogies sont déposés pour pouvoir entre autres : échanger les roues, effectuer les révisions effectuer l'échange d'organes défectueux.

Voie de reprofilage (V4)

Le tour en fosse assure le reprofilage des roues sans avoir à désolidariser le bogie de la caisse. La rame est avancée puis positionnée par un système de prise d'atelier de type STINGER (alimentation par prise électrique coulissante dans une glissière au-dessus du tramway). Le tour en fosse est situé au centre de la voie. La voie en amont et en aval du tour en fosse est dimensionnée pour accueillir une rame complète de 43 m. Les copeaux générés par le reprofilage des roues sont broyés et évacués dans une benne puis vers la zone déchets par transpalette ou chariot élévateur.

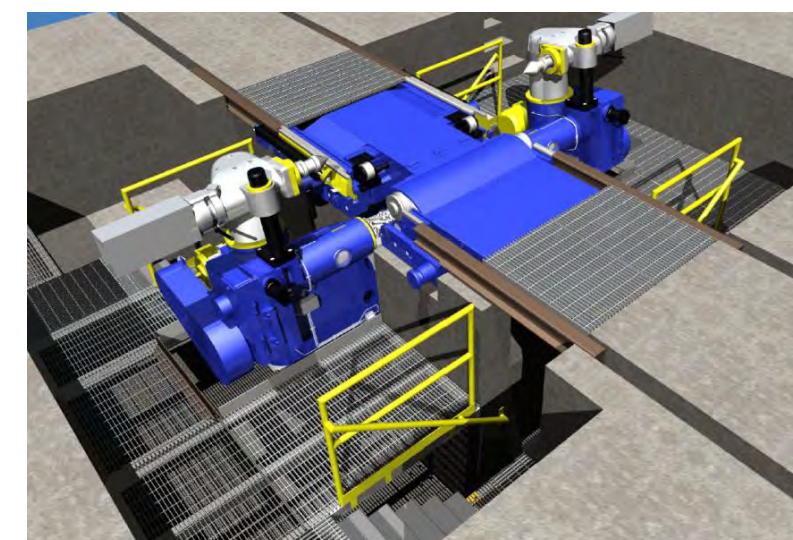


Figure 40 : Le tour en fosse de reprofilage

La fosse du tour réalisée en béton armé est conçue pour recevoir la machine et ses éléments constitutifs. Les opérations de calage de caisse et réglage des freins magnétiques postérieures à chaque reprofilage seront effectuées en voie de maintenance sur pilotis (V5, V6, V7 et V8).

Zone sur pilotis

La zone sur pilotis est composée des voies V5 à V8. Ces voies avec fosse et passerelles permettent d'effectuer les visites préventives prévues au plan de maintenance simultanément sous caisse et en toiture.

Elles sont chacune équipées de ponts roulants indépendants de capacité minimum d'1,6 tonne, permettant de déposer et remplacer les équipements de toiture (notamment les blocs de climatisation). Une aire de réception des équipements est prévue à chaque extrémité. Les équipements démontés sont ensuite transférés par des moyens de manutention (transpalette ou chariot élévateur suivant la charge) vers les ateliers spécialisés pour réparation ou vers le magasin pour retour au fournisseur.

Pour assurer l'accessibilité sous caisse, des fosses d'entretien sont aménagées pour les quatre voies.

De plus, deux petites passerelles mobiles permettent d'accéder à l'intérieur des rames pour effectuer des tâches de réparation des aménagements intérieurs (échange de siège, vérification et réparation de l'éclairage par exemple).

Fonction maintenance en ateliers

Les ateliers de maintenance sont disposés par spécialité au sein du bâtiment principal. Ils permettent de réaliser les opérations de maintenance et/ou de réparation sur les équipements déposés du matériel roulant ou acheminés, le cas échéant, depuis les installations fixes en ligne. Équipés des outillages et moyens de test nécessaires, ces ateliers ou locaux spécialisés sont décrits ci-après.

Description des ateliers de maintenance communs

Certains ateliers permettent de réaliser indifféremment la maintenance sur les organes déposés du matériel roulant ou des installations fixes.

Se référer au dessin de l'Annexe 1 pour localiser les locaux numérotés entre parenthèses dans les descriptions suivantes.

Cabine de peinture

La cabine de peinture (27) permet de corriger tous les défauts de carrosserie nécessitant des reprises de peinture. Elle est installée au-dessus d'une voie d'atelier le long d'une paroi du hall de maintenance. Elle est composée d'une structure permettant d'accueillir une partie de la rame. Des voies en tête et queue de cabine permettent d'atteindre toute les parties de la rame sans effectuer de retournement de celle-ci.

Équipements

- un bloc de soufflage-chauffage ;
- une gaine de distribution avec ventilateur centrifuge.



Figure 41 : Exemple cabine de peinture - Rouret-France

S'ajoute à la cabine de peinture, un local de préparation. Ce local permet d'effectuer les travaux de préparation de la peinture et des pistolets d'application. Le local possède son propre système de circulation d'air permettant une ventilation de l'atmosphère, isolée de l'environnement de l'atelier. Grâce à ce local, la cabine de peinture est dédiée à sa fonction principale, qui est l'application de la peinture sur la carrosserie.

Atelier mécanique

Le local atelier mécanique (34) est équipé d'outillages standards pour effectuer toutes les opérations de maintenance à caractère mécanique.

Atelier électrique-électronique

Le local atelier électrique-électronique (36) permet d'effectuer toutes les opérations de maintenance à caractère électronique ou électrique (partagée avec la maintenance des infrastructures). Cet atelier est équipé de pinces à sertir, bancs de tests, oscilloscope, ampèremètres, enregistreurs et dispose d'une zone réservée au stockage d'une unité mobile de soudage acétylène.

Description des ateliers de maintenance matériel roulant

Atelier réparation baies et portes

Le local atelier réparation baies et porte (38) est équipé des outillages spécifiques pour réparer les portes et les baies du matériel roulant.

Atelier lavage bogies

Le local de lavage bogie (29) est équipé des outillages de lavage tels que jet haute pression avec chaudière intégrée et moyens de manutention.

Aire de maintenance des bogies

L'espace de maintenance bogie est situé en bout de voies, sous l'aire couverte par le pont roulant de 5 t. Cet espace est implanté près du local de stockage des outils et pièces pour la réparation des bogies (33).

Local chargement batteries

Le local de chargement des batteries (22) est équipé d'un dispositif antidéflagrant et d'une ventilation adéquate pour effectuer les opérations de charge-décharge des batteries embarquées prévues au plan de maintenance.

Locaux techniques communs

D'autres locaux techniques sont utiles au bon fonctionnement du système et de l'activité de l'ensemble du CEE :

- local de stockage des outils individuels et collectifs (30) ;
- local billettique (32) ;
- local chauffage (26).

Fonction stockage et manutention

Magasin principal

La fonction du magasin principal est de mettre à disposition les pièces et consommables nécessaires à l'activité d'entretien du tramway.

Desservi par une zone de chargement/déchargement la zone de stockage se distribue à l'intérieur du bâtiment de la façon suivante :

- un local magasin 1 (19) occupé par le magasinier pour effectuer les fonctions suivantes :
 - assurer le contrôle-réception des marchandises et des équipements provenant de l'extérieur ;
 - expédier vers les fournisseurs des équipements à réparer ;
 - remettre en stock (après contrôle) les équipements réparés en interne dans les ateliers spécialisés ;
 - distribuer les pièces et équipements destinés aux techniciens pour la maintenance des rames (sont dirigés vers les lieux de travail par transpalettes ou chariot élévateur).
- un magasin principal 2 (20) pour stocker les pièces les plus encombrantes (ou d'usage fréquent) dont la manutention est difficile (ou fréquente) ;
- une zone de stockage des produits chimiques (23).

Description des ateliers de maintenance installations fixes (bâtiment séparé)

Atelier de maintenance des installations fixes

Cet atelier (39), appelé aussi atelier infrastructures, dispose d'une zone réservée à l'organisation des interventions (inspection, échanges et réparations) sur les équipements de ligne courant faible et courant fort (voies, appareils de voie, moteurs d'aiguilles, poteaux, caténaires, sous-stations, équipements de signalisation, communication).

Zone de stockage extérieur

L'entretien des installations fixes nécessite le stockage des éléments lourds ou de dimensions importantes : poteaux LAC, tourets de câbles, etc. La manutention de ces équipements nécessite l'utilisation d'un camion équipé d'un moyen de levage. La zone de stockage dispose d'un accès routier pour les livraisons et les véhicules d'interventions.

Appareils de manutention

Ponts roulants

Cinq ponts roulants sont nécessaires pour la grande halle de maintenance :

- un pont roulant de 5 tonnes de capacité, est disposé au-dessus de la fin des voies V2, V3 et V4. La course de ce pont roulant est limitée à la zone non électrifiée par LAC afin d'éviter tout conflit ;
- quatre ponts roulants d'une capacité minimum de 1,6 tonne au-dessus des voies V5, V6, V7 et V8.

Principaux équipements de manutention

Parqués à l'intérieur du bâtiment sur une zone avec marquage au sol et munie d'un poste de charge électrique pour les équipements sur batteries, les principaux équipements de manutention sont les suivants :

- 1 chariot élévateur (3 t) ;
- 2 transpalettes manuels (2 t) ;
- 1 transgerbeur (1 t) ;
- 1 chariot plat ;
- 1 table élévatrice ;
- 4 chandelles ;
- 2 tirfor (1,6 t) ;
- 1 cric rouleuseur ;
- 4 ventouses.

Fonction exploitation

Localisation du Poste de Commande Centralisé (PCC)

Le PCC est situé dans le bâtiment principal du CEE. Les activités d'exploitation des tramways sont centralisées au PCC, dont la fonction principale est la gestion (contrôle, régulation et commande) de l'exploitation du réseau de transport.

Le PCC est un espace de travail conçu de façon à être visitable. Ainsi, les visiteurs pourront observer l'activité des équipes du PCC au travers d'une vitre, sans pour autant les perturber dans leur travail.

Le PCC est relié à des équipements isolés au niveau des locaux techniques partagés avec les équipements de signalisation et communication du CEE (24 et 25).

Espace bureaux

Localisation

L'espace bureaux est situé, dans la mesure du possible, dans une zone limitrophe aux petits ateliers. Compte tenu de l'espace disponible, ces locaux sont sur 2 étages.

Locaux requis

En général, des locaux requis pour le CEE sont :

- local employés de la maintenance (49) ;
- local équipe d'ingénierie (50) ;
- local équipe de gestion de la maintenance (51) ;
- local équipe d'exploitation (52) ;
- espaces bureaux pour la direction et le support administratif (62) (direction, contrôle de gestion, secrétariat, etc.) ;
- salles de réunion (56 et 57) ;
- salle de prise de service (46) ;
- salle de formation (47) ;
- vestiaires homme/femme et sanitaire (43 / 46) ;

- espace cafétéria (53).

Les superficies des espaces bureaux sont données pour fin d'estimation préliminaire à la base de projets similaires.

Halle d'exploitation et d'entretien secondaire

Définitions des activités

Un CEE secondaire sur le territoire de la ville de Lévis est requis pour minimiser les trajets hauts-le-pieds (hors service commercial). Le CEE secondaire, ne recrée pas toutes les fonctionnalités, mais permet les révisions et entretiens journaliers.

Les activités de maintenance nécessaire pour ce centre d'exploitation et d'entretien sont :

- une voie de service avec système de distribution de sable, aspiration centralisée et laveur, pareille à celle du CEE principal (V1) ;
- une voie sur pilotis avec fosse et passerelles équipée de pont roulant indépendant de capacité minimum d'1,6 tonne permettant d'effectuer les visites préventives prévues au plan de maintenance simultanément sous caisse et en toiture, pareille à une des voies V5 à V8 du CEE principal ;
- une voie sur dalle de type V2 du CEE principal ;
- une voie sur dalle ou fosse de type V2 ou V5 du CEE principal.

Des espaces bureaux sont aussi requis pour le CEE secondaire :

- local employés de la maintenance ;
- local équipe de gestion de la maintenance ;
- local équipe d'exploitation ;
- espaces bureaux pour la direction et le support administratif ;
- salles de réunion et salle de formation ;
- vestiaires homme/femme et sanitaire ;
- espace cafétéria.

Pour les ateliers spécialisés et le PCC, le CEE principal couvrira le besoin de la flotte entière en niveau de la maintenance et de l'exploitation.

7.2 VOLET B – VOLET AMÉNAGEMENT DES SITES DES CEE

L'aménagement des deux (2) sites retenus à ce stade de l'étude, pour les deux (2) CEE est présenté de façon succincte dans la présente section, un site à la fois.

7.2.1 CEE Principal

Site retenu et présentation du plan masse

Le CEE Principal est situé le long de la rue de Verdun, le long du tracé Est-Ouest du tramway sur le territoire de la Ville de Québec. En prenant en compte la géométrie du terrain envisagé, un aménagement général du site est établi. La figure suivante présente le plan masse correspondant. Les principales zones sur le site du CEE Principal sont les suivantes :

- pour les rames de tramway :
 - la halle de maintenance (et locaux de servitudes associés) ;
 - le bâtiment de remisage des rames ;
 - la station-service (et locaux de servitudes associés) ;
 - une voie d'essais ;
 - les peignes et zones de circulation ;
- le bâtiment sous-station traction;
- le bâtiment pour les installations fixes (bâtiment I.F.) remisage des engins et du matériel de maintenance des installations fixes) ;
- le parking (avec garage à vélos) pour le personnel et les visiteurs, avec le bâtiment poste de garde associé ;
- les locaux d'exploitation et bureaux associés, implantés au rez-de-chaussée et à l'étage dans la partie Sud-Est de la halle de maintenance.

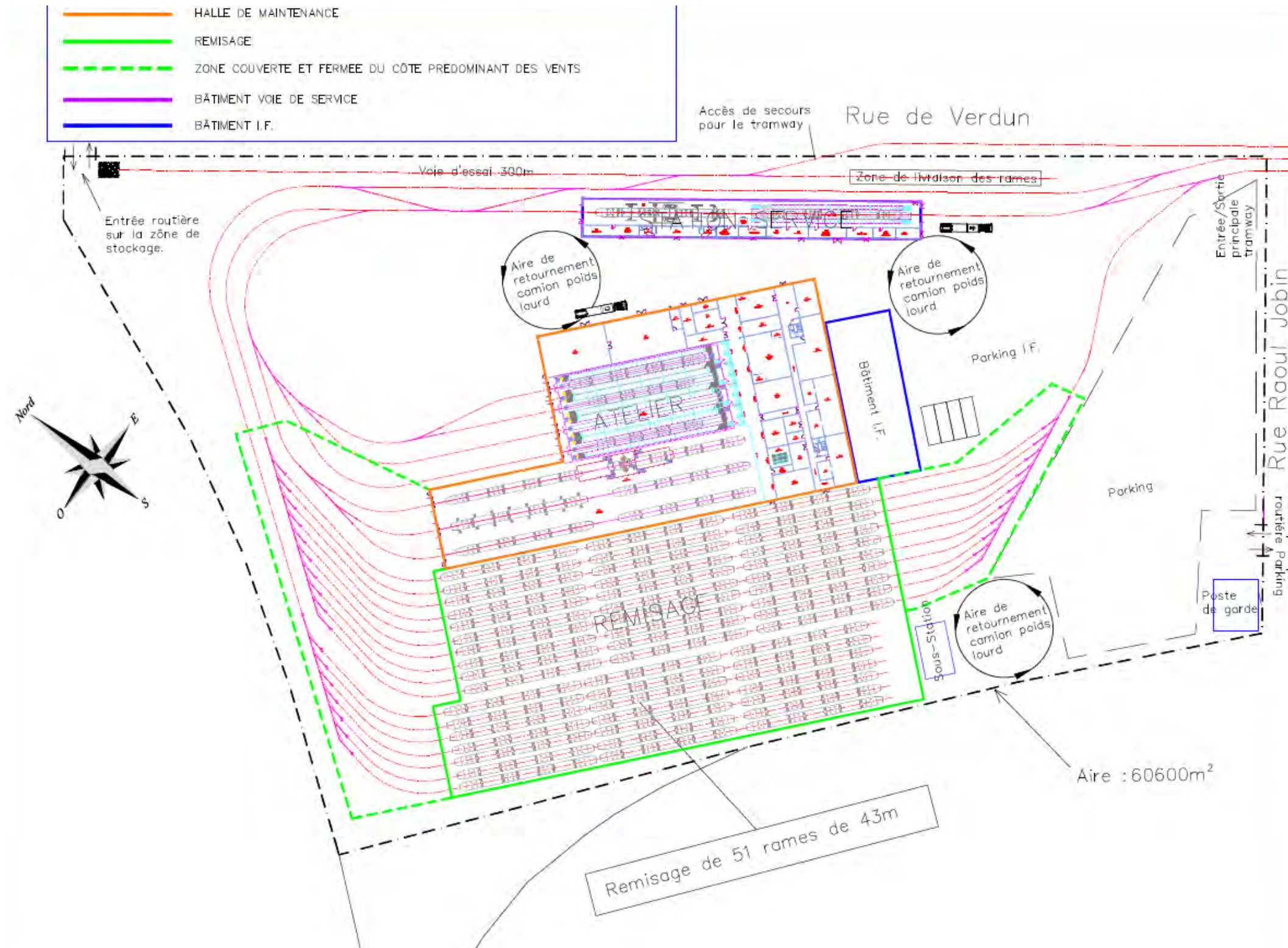


Figure 42 : Plan masse du CEE Principal – rue de Verdun, Québec



Figure 43 : Plan du CEE principal rue de Verdun et liaison tramway avec le boulevard Charest

La liaison tramway entre les voies principales d'exploitation et le CEE Principal se fait par la rue de Verdun. L'accès principal tramway est positionné à l'angle de la rue de Verdun et de la rue Raoul-Jobin. Un accès de secours (utilisé en cas d'incident sur l'accès principal) est positionné plus au Nord sur la rue de Verdun.

Le remisage tramway est dimensionné pour 51 rames de 43 mètres de longueur. Une partie du remisage tramway (dix – 10 - voies) est traversant pour faciliter les injections de rames. La seconde partie du remisage (sept – 7 - voies) n'est pas traversant pour optimiser les coûts d'investissement, sans que cela ne pénalise l'exploitation ; le nombre de positions de remisage en enfilade par voie étant limité à trois (3) rames de 43 mètres.

Le bâtiment de l'atelier tramway est celui présenté dans le Volet A du 6^e sous-livrable 1.4 (voir annexe 1 du présent rapport). Par contre, le bâtiment de la station-service tramway a été séparé du bâtiment atelier tramway, pour optimiser l'utilisation de l'espace du terrain, et faciliter la circulation des rames de tramway.

Les deux (2) pointes du terrain sont difficilement utilisables pour des voies tramway. Elles peuvent par contre être utilisées pour du stockage de matériel ou pour des aménagements spécifiques du site (bassins de rétention notamment) et les surfaces restantes peuvent également être utiles en hiver pour le stockage temporaire de neige.

L'accès routier au CEE Principal est situé sur la rue Raoul-Jobin, pour le dissocier de l'accès tramway. Cet aménagement permet de limiter les conflits tramway/routier à l'intérieur du site du CEE.

Une voie d'essais a pu être insérée pour permettre des essais du matériel roulant à faible vitesse, mais elle reste néanmoins de faible longueur (300 mètres). Elle peut servir de zone de livraison des rames (déchargement des rames).

Utilisation des différentes zones du CEE Principal

La déclinaison sur le site envisagé pour le CEE Principal a été faite en découpant le site en zones distinctes tramway et routières. L'objectif recherché est de limiter les conflits entre les deux (2) types de véhicules à l'intérieur du site du CEE.

Le personnel accède au site par le parking (entrée rue Raoul-Jobin). Du parking, le personnel peut ensuite accéder à pied aux différents postes (locaux d'exploitation pour les conducteurs, agents du PCC, etc. ; bâtiment I.F. pour les mainteneurs I.F. ; halle de maintenance pour les mainteneurs MR ; etc.).

Pour les rames de tramway, les parcours les plus courants sont les suivants :

- entrée d'une rame au CEE (retrait en fin d'exploitation) :
 - entrée de la rame par l'accès principal, pour rejoindre la station-service ;
 - arrêt en station-service (remplissage sable, contrôle, puis lavage) ;
 - poursuite du parcours à l'intérieur du CEE pour rejoindre une position de remisage ;
- sortie d'une rame du CEE pour injection en ligne :
 - soit une sortie directe par le peigne et la voie passant le long du parking ;
 - soit une sortie par la voie de by-pass le long de la station-service ;
- mouvement d'une rame Remisage → Halle de Maintenance :

- parcours Remisage – voie de by-pass le long de la station-service, puis rebroussement pour rejoindre l'atelier ;
- mouvement Halle de Maintenance → Remisage :
 - parcours Halle de Maintenance – voie de by-pass le long de la station-service, puis rebroussement pour rejoindre le remisage ;
 - ce parcours peut également être effectué en passant par la station-service (remplissage sable, lavage).

À l'intérieur du bâtiment du remisage, les voies ferrées ont un type de pose « noyé » c'est-à-dire un rail à gorge encastré dans le plancher pour faciliter l'accès aux rames et la circulation des équipements (nettoyage, etc.).

À l'extérieur, les voies ferrées ont aussi une pose de type « noyé » pour faciliter la circulation et l'entretien (dénéigement, etc.).

Caractéristiques des différents bâtiments

Caractéristiques fonctionnelles des différents bâtiments

Les caractéristiques fonctionnelles principales des différents bâtiments sont les suivantes :

Bâtiment Remisage tramway

Ce bâtiment est entièrement couvert, fermé et isolé. A minima, il est mis hors gel.

Sur chaque voie, une porte d'accès automatique permet le passage d'une rame de tramway (ouverture de la porte pour laisser passer la rame puis fermeture de la porte dès que la rame est passée).

Dans le bâtiment remisage, la ligne aérienne de contact sera accrochée en sous face de la structure du bâtiment. Il est préconisé de conserver une hauteur LAC de 6 mètres pour faciliter la circulation des petits véhicules sous la LAC sans avoir à faire de consignation.

Pour limiter les risques de perturbations des manœuvres de garage/dé-garage par les conditions météo (neige, verglas, etc.), les peignes remisages sont couverts et fermés du côté prédominant des vents en hiver. Ce principe permet de limiter les besoins en chauffage des appareils de voies (besoins importants pour les peignes).

Bâtiment Remisage tramway et station service tramway

La halle de maintenance tramway et la station de service tramway sont décrites sommairement à la section 7.1 du présent rapport et en détail dans le 6^e sous-livrable 1.4 volet A.

La LAC sera accrochée en sous face de la structure du bâtiment. Compte tenu des contraintes pour la maintenance du matériel roulant (ponts roulants, interventions dans les coffrets en toiture, la hauteur de la LAC sera calée à la hauteur maximale de captation (~6,30 m).

Bâtiment installations fixes (I.F.)

Ce bâtiment regroupe principalement :

- une zone pour le garage des véhicules de maintenance ;

- les ateliers de maintenance des installations fixes (mécanique, électronique, électromécanique, etc.), avec locaux associés (magasin, servitudes, etc.).

Ce bâtiment comporte un accès routier pour les livraisons et la circulation des véhicules d'interventions.

Il permet le stockage de pièces de poids et de dimensions importantes.

Les locaux d'exploitation sont positionnés au rez-de-chaussée et à l'étage à l'extrémité Sud-Est de la halle de maintenance. Ils comprennent principalement :

- le poste de commande Centralisé (PCC) tramway ;
- la(les) salle(s) informatique(s) ;
- les locaux et bureaux pour l'exploitation tramways (pour les agents du PCC, les agents de maîtrises, les agents antifraude, etc.) ;
- les locaux de prise de services des conducteurs ;
- les bureaux pour les responsables d'exploitation ;
- les bureaux pour les responsables de l'atelier ;
- le local d'archivage de la documentation ;
- la(les) salle(s) de réunion – formation ;
- les vestiaires-sanitaires ;
- le(s) local(aux) pour l'entreprise de nettoyage ;
- ainsi que tous les bureaux et locaux non directement liés au système tramway, mais nécessaires à l'exploitant pour la gestion du personnel intervenant sur le système tramway (Administration, gestion, DRH, etc.) ;
- les locaux sociaux (réfectoire pour le personnel, etc.).

Caractéristiques techniques des différents bâtiments

Structure

La conception des nouvelles structures devra être réalisée selon les normes et les codes en vigueur, dont le code national du bâtiment du Canada (CNBC) et les différentes normes qui s'y rapportent. Les détails, en termes de structure, donnés dans le Volet B du 6^e sous-livrable 1.4, pour chaque bâtiment prévu au CEE, portent principalement sur :

- les superficies ;
- les étages ;
- le type de fondations ;
- le type de planchers ;
- la structure du toit ;
- la composition des murs extérieurs ;
- les systèmes de contreventement le cas échéant ;
- les pilotis, fosses, passerelles, pont roulant, lorsqu'applicables ;
- le caniveau pour collecter les liquides de lavage.

Mécanique

Les éléments de plomberie relativement au CEE ont été définis dans le Volet B du 6^e sous-livrable 1.4 et couvrent spécifiquement les éléments reliés à :

- l'égout sanitaire et système d'événements ;
- l'égout pluvial ;

- le système de l'égout industriel ;
- les réseaux d'eau chaude et froide domestique et recirculation ;
- le système d'air comprimé et antigel ;
- le gaz naturel.

Les éléments de CVCA (chauffage, ventilation, climatisation de l'air) relativement au CEE ont été définis dans l'étude, couvrant spécifiquement les éléments reliés à :

- température extérieure de conception ;
- température intérieure de conception ;
- taux de ventilation ;
- système de distribution d'air ;
- critère acoustique ;
- critères sismiques ;
- sources d'énergie ;
- chauffage ;
- climatisation ;
- régulation et contrôle.

Les éléments de protection incendie relativement au CEE ont été définis dans l'étude, couvrant spécifiquement les éléments reliés à :

- classification du bâtiment ;
- extincteur automatique à eau ;
- extincteur automatique sous air ;
- extincteurs portatifs.

Le tout est défini en conformité avec les règles, normes et codes applicables.

Électricité

Les éléments d'électricité relativement au CEE ont été définis dans l'étude, couvrant spécifiquement les éléments reliés à :

- les exigences générales et références ;
- l'alimentation électrique et raccordement aux compagnies de pouvoir ;
- les services et distribution électrique pour :
 - l'éclairage intérieur ;
 - l'éclairage à l'extérieur ;
 - la distribution électrique ;
- la communication et sécurité ;
- le système d'alarme incendie ;
- les ponts mobiles.

Aménagements extérieurs aux bâtiments

Cette section couvre les aménagements extérieurs nécessaires proposés en termes de géométrie, de drainage, de chaussée, des accès et circulation, pour le CEE Principal.

Critères de conception

L'aménagement proposé doit respecter les normes applicables de l'exploitant et celles de la Ville de Québec en termes de :

- géométrie : pour considérer les dimensions et les nombres requis des cases de stationnement de tous types, les largeurs des allées de circulation, la zone requise de débarcadère pour transport adapté et de dépose-minute et pour assurer tous les mouvements possibles des autos et camions des entrées/sorties aux accès projetés ;
- drainage et utilités publiques : le concept de drainage pluvial est de type urbain fermé assuré par des réseaux de puisards et regards-puisards avec des têtes auto-ajustables. Les émissaires seront raccordés aux réseaux municipaux existants. Le drainage doit respecter surtout les critères de la Ville de Québec (récurrence de la pluie, débit de rejet maximum permis au point de raccordement avec le réseau de la Ville, données de station météorologique concernée, hauteur de rétention au-dessus des puisards maximum permise et au besoin les outils pour limiter le rejet d'effluents d'huile, de graisse et de déchets flottants). De plus, des volumes de rétention seront calculés selon les critères applicables. Une partie de la rétention sera en surface, selon les limites permises, et à l'intérieur des puisards et des regards-puisards. Par contre, un concept doit être élaboré pour emmagasiner la grosse quantité (bassin de rétention, conduites surdimensionnées, etc.) ;
- structure de chaussée et revêtement bitumineux : la structure de chaussée sera déterminée suite à une étude géotechnique et de caractérisation de sol, le cas échéant. Cette structure consistera en couches des matériaux granulaires, couches de revêtements bitumineux et d'une membrane géotextile au besoin ;
- circulation et accès au site : une étude d'impacts de circulation est nécessaire afin de déterminer la gestion des intersections générées par les nouveaux accès de l'aménagement proposé et le mode de contrôle nécessaire ;
- signalisation routière et marquage au sol : l'aménagement proposé doit inclure un marquage de la chaussée et une signalisation indicative pour le balisage de cases de stationnement et du sens des parcours autorisés ;
- travaux connexes : également plusieurs éléments sont à considérer pour chaque aménagement proposé tel que la préparation du terrain, l'aménagement paysager, la clôture pour contrôler les accès et assurer la sécurité des usagers, les trottoirs, les bordures, etc.

Aménagements proposés

La préparation du terrain exige principalement des travaux de démolition des bâtiments et installations existantes, des travaux de décapage et terrassement sur l'ensemble de site afin d'avoir un niveau de terrain approprié pour les ouvrages prévus, des travaux sur la rue Verdun (déviations des réseaux souterrains, etc.) entre le boulevard Charest et la rue de Raoul-Jobin.

Les branchements d'aqueduc sont assurés à partir de la rue de Verdun. Le réseau de drainage sera raccordé aux réseaux existants dans les rues adjacents et également à l'égout au nord-ouest.

Il n'y a aucune zone vacante adjacente au site, il faut donc ou réaliser un bassin de rétention sur le site lui-même ou y prévoir une rétention sous-terrainne.

L'espace disponible permet d'accueillir un nombre des cases de stationnement de l'ordre de 275.

Un seul accès routier est prévu au site à partir de la rue Raoul-Jobin. La nouvelle intersection générée par cet accès est contrôlée par un système des feux de circulation.

Voie ferrée et plateforme ferroviaire

Dans les bâtiments utilisés par le matériel roulant ferroviaire, la voie ferrée sera de type rail noyé; c'est-à-dire encastrée dans la dalle du plancher pour permettre la libre circulation du personnel et du matériel d'entretien (voir figure ci-après); sauf lorsque la voie est sur fosse. Dans ce cas, le rail sera posé sur pilotis (voir figure ci-après).

À l'extérieur des bâtiments, il est prévu une pose du rail sur une dalle de béton comme sur le tracé principal. Pour faciliter la circulation et l'entretien, il est prévu un revêtement en béton bitumineux jusqu'au plan de roulement de la voie ferrée.

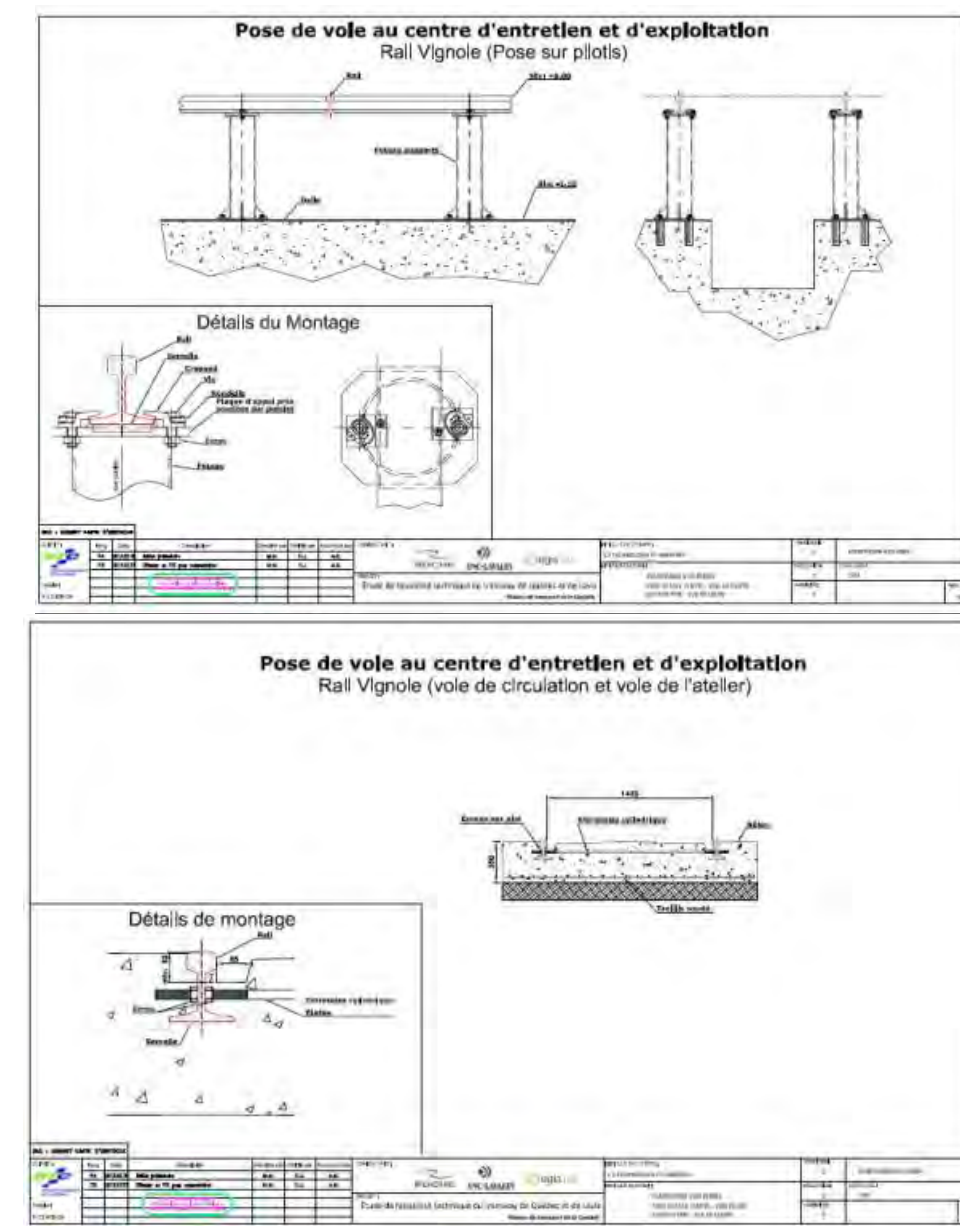


Figure 44 : Pose de voie au centre d'entretien et d'exploitation

7.2.2 CEE Secondaire

Site retenu et présentation du plan masse

Le CEE Secondaire est situé au Sud du boulevard de la Rive-Sud, entre les rues Plante et Perreault à Lévis. En prenant en compte la géométrie du terrain envisagé, un aménagement général du site est établi. La figure 43 présente le plan masse correspondant. Le CEE Secondaire est constitué des mêmes zones que le CEE Principal, à l'exception de la voie d'essais.

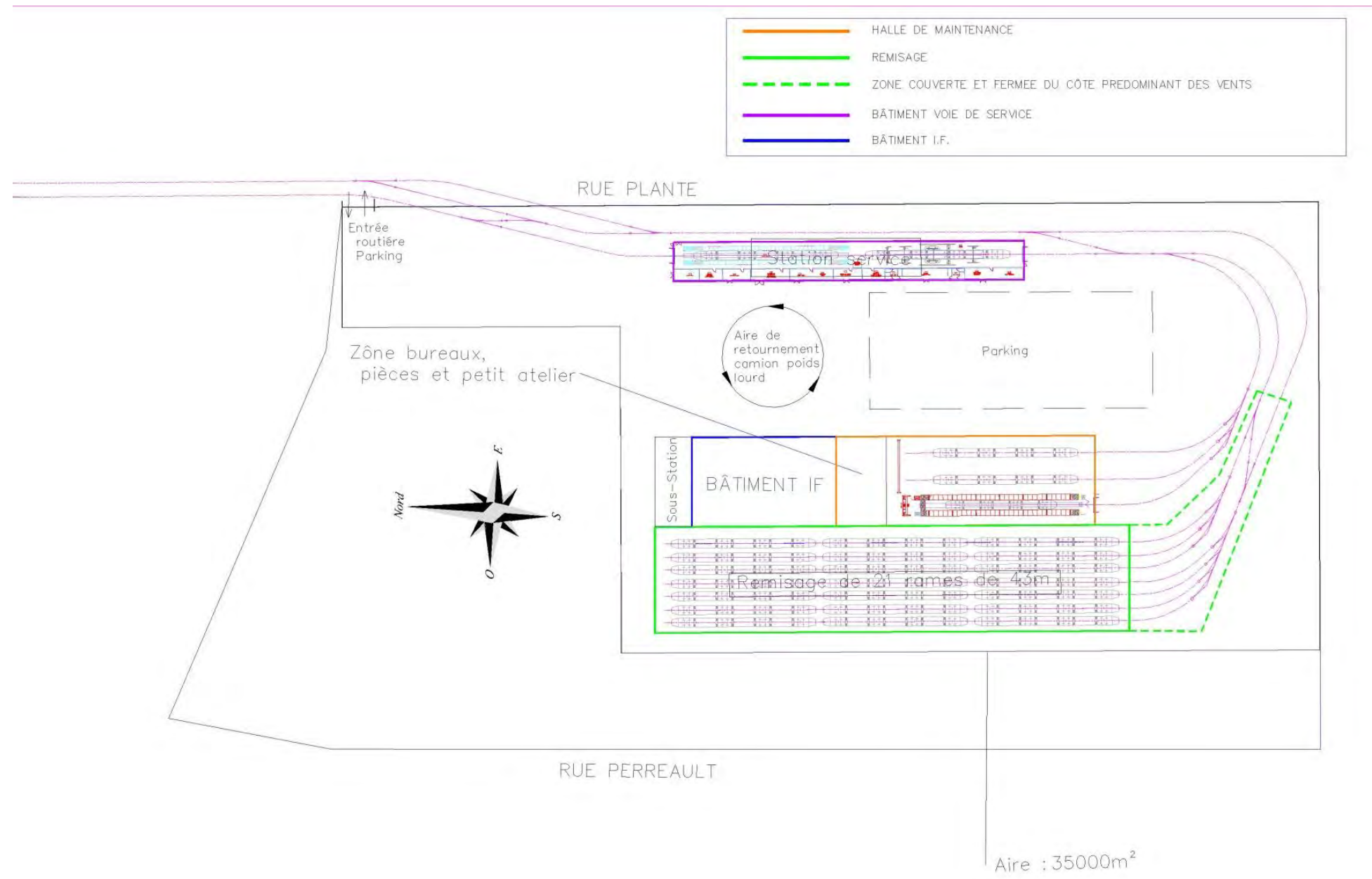


Figure 45: Plan masse CEE Secondaire – rue Plante, Lévis



Figure 46 : Plan du CEE secondaire rue Plante et liaison tramway avec le boulevard de la Rive Sud

La liaison tramway entre les voies principales d'exploitation et le CEE Secondaire se fait par la rue Plante.

Le remisage tramway est dimensionné pour 21 rames de 43 mètres de longueur. Il n'est pas traversant et le nombre de positions de remisage en enfilade par voie est limité à 3 rames de 43 mètres.

Le bâtiment de la station-service tramway a été séparé du bâtiment halle de maintenance de l'atelier tramway, pour optimiser l'utilisation de l'espace du terrain, et faciliter la circulation des rames de tramway.

Utilisation des différentes zones du CEE secondaire

Le personnel accède au site par l'entrée principale pour rejoindre le parking. Du parking, le personnel peut ensuite accéder à pied aux différents postes (locaux d'exploitation pour les conducteurs, agents du PCC, etc. ; bâtiment I.F. pour les mainteneurs I.F. ; halle de maintenance pour les mainteneurs MR ; etc.).

Pour les rames de tramway, les parcours les plus courants sont les suivants :

- entrée d'une rame au CEE (retrait en fin d'exploitation) :
 - entrée de la rame par l'accès principal, pour rejoindre la station-service ;
 - arrêt en station-service (remplissage sable, etc., puis lavage) ;
 - poursuite du parcours à l'intérieur du CEE pour rejoindre une position de remisage ;
- sortie d'une rame du CEE pour injection en ligne : les rames par la voie de by-pass située le long du bâtiment de la station-service tramway ;
- mouvement d'une rame Remisage → Halle de Maintenance :
 - parcours Remisage – voie de by-pass le long de la station-service, puis rebroussement pour rejoindre l'atelier ;
- mouvement halle de maintenance → Remisage :
- parcours halle de maintenance – voie de by-pass le long de la station-service, puis rebroussement pour rejoindre le remisage ;
- ce parcours peut également être effectué en passant par la station-service (remplissage sable, lavage).

Le type de pose des voies à l'intérieur du bâtiment du remisage et à l'extérieur, est le même que pour le CEE Principal.

Caractéristiques des différents bâtiments

Caractéristiques fonctionnelles des différents bâtiments

Les caractéristiques de bâtiments sont similaires à ceux du CEE Principal.

Pour la halle de maintenance tramway, le nombre de voies est plus faible qu'au CEE Principal car seules les petites interventions ainsi que la maintenance courante sont effectuées au CEE Secondaire. Les grosses opérations de maintenance (reprofilage des roues, carrosserie, etc.), ainsi que les grandes révisions, sont effectuées uniquement au CEE Principal. Même principe pour le

bâtiment Installations Fixes (I.F.), qui comprend seulement une partie des fonctionnalités. Les ateliers spécialisés sont regroupés dans le CEE Principal.

Caractéristiques techniques des différents bâtiments

Pour les caractéristiques techniques de la structure, de la mécanique et de l'électricité des différents bâtiments, se référer au texte du CEE Principal.

Aménagements extérieurs aux bâtiments

Cette section couvre les aménagements extérieurs nécessaires proposés en termes de géométrie, de drainage, de chaussée, des accès et circulation, pour le CEE Secondaire.

Critères de conception

Les critères de conception sont les mêmes que ceux indiqués pour le CEE Principal.

Aménagements proposés

La préparation du terrain exige principalement des travaux de déboisement, des travaux de décapage et terrassement sur l'ensemble de site afin d'avoir un niveau de terrain approprié pour les ouvrages prévus, enlèvement de la clôture existante et une construction de la route future Plante et ainsi que les utilités publiques nécessaires afin d'assurer les branchements et les raccordements nécessaires des installations futures du site.

Il y a des terrains non utilisés sur le site, donc il faut valider la possibilité d'y réaliser un bassin de rétention. À noter également que la station de traitement des eaux usées se situe à moins de 500 m au sud de ce site.

L'espace disponible permet d'accueillir un nombre des cases de stationnement de l'ordre de 150.

Un seul accès routier est prévu au site à partir de la rue Plante. La nouvelle intersection générée par cet accès ainsi que celle entre le boulevard de la Rive-Sud (Rte 132) et la rue Plante sont contrôlées par des systèmes des feux de circulation.

Voie ferrée et plateforme ferroviaire

Les principes pour ces aspects du CEE Secondaire, sont les mêmes que pour le CEE principal.

8 CONCLUSIONS

Les sous-livrables de l'étape 1.4 de l'étude de faisabilité du tramway des Villes de Québec et de Lévis, ont permis de statuer et définir plusieurs éléments cruciaux de conception et de besoins pour la mise en place et l'exploitation future de ce tramway, à savoir en ce qui concerne :

- les CEE (besoins équipements et aménagements des sites) ;
- la signalisation ferroviaire ;
- les STI ;
- le contrôle aux intersections et la gestion des priorités des usagers de la route.

Voici un résumé de ce qui a été déterminé lors de cette étape 1.4 de l'étude de faisabilité :

8.1 1^{ER} SOUS-LIVRABLE 1.4 – CRITÈRES DE CONCEPTION DU CENTRE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN (CEE)

Le CEE est le site où s'effectuent la gestion et l'entretien du système de tramway ainsi que le remisage du matériel roulant. Ce premier sous-livrable de l'étape 1.4 a permis de :

- présenter les besoins reliés aux CEE : nombre, équipements, superficies, types de locaux, objectifs, organisation et programmes de maintenance, etc., pour le réseau de tramway des Villes de Québec et de Lévis ;
- proposer et évaluer plusieurs sites potentiels pour les deux (2) CEE (principal et secondaire) à prévoir ; les sites retenus sont :
 - le CEE principal le long de la rue de Verdun sur le territoire de la Ville de Québec, près du boulevard Charest ;
 - le Site D, le long de la rue Plante, à Lévis, pour le CEE secondaire. En effet, de par la longueur de la ligne de tramway envisagée, un site de CEE secondaire semble indispensable côté Lévis pour permettre une exploitation fluide de la ligne et minimiser les trajets « Haut le pied » ;
- définir les critères de conception systèmes des CEE, c'est-à-dire du poste de commande centralisé (PCC), englobant à la fois le SAEIV (Système d'Aide à l'Exploitation et à l'Information Voyageurs), le GTC (Gestion technique centralisée), le SIG F (Supervision de la signalisation ferroviaire tramway), le PCE (Poste de commande centralisée des installations électriques du tramway) et de l'affichage des images caméras de télésurveillance.

8.2 2^E SOUS-LIVRABLE 1.4 – SIGNALISATION FERROVIAIRE

Les aspects fonctionnels et technologiques, ainsi que le fonctionnement des différentes zones de manœuvres, en matière de signalisation ferroviaire pour le tramway de Québec et de Lévis, ont été définis. Plus précisément :

- les aspects fonctionnels nécessaires, pour lesquels les équipements requis ont été précisés, sont les suivants :
 - contrôler, Commander et Enclencher les aiguilles gérer les itinéraires assurer l'espacement des rames dans les zones équipées de cantons d'espacement;
 - détecter la présence des rames;
 - autoriser les itinéraires (Commander les aiguilles et les signaux);

- permettre la supervision de la signalisation ;
- contrôler automatiquement le respect de la signalisation ;
- les aspects technologiques :
 - la définition de l'architecture du système ;
 - les équipements en ligne (systèmes de détection sécuritaire, signaux, boucles, dispositifs associés aux aiguillages, boîtiers de commande d'itinéraire, armoires et coffrets sur le site, panneaux) ;
 - les équipements des locaux techniques,
 - les équipements embarqués ;
 - les systèmes centraux de signalisation ferroviaire ;
- le fonctionnement des zones de manœuvre : de façon générale, aux terminus (selon leur type), aux croisements des lignes, aux accès et dans les CEE ainsi que dans le tunnel sur la branche sud dut racé Nord-Sud.

8.3 3^E SOUS-LIVRABLE 1.4 – SYSTÈMES, SAE, SIV, BILLETTEQUE, COMMUNICATION, VIDÉOSURVEILLANCE

Ce 3^e sous-livrable 1.4 présente brièvement les systèmes requis pour assurer la qualité et le confort du service offert aux voyageurs tout en assurant leur sécurité.

Les fonctionnalités devant être remplies par les Systèmes afin d'avoir un service de tramway de qualité sont :

- faire le suivi en temps réel des déplacements des rames ;
- surveiller les infrastructures et les rames ;
- détecter les arrivées et départs de rames ;
- observer les voyageurs sur les infrastructures et dans les rames ;
- informer les voyageurs avant et durant leurs déplacements ;
- dénombrer le nombre de voyageurs qui utilisent les rames ;
- accorder la priorité de passage des rames aux intersections ;
- effectuer la validation et la vente des titres de transport ;
- surveiller l'état des Systèmes.

Pour cela, les spécifications fonctionnelles des systèmes nécessaires ont été étudiées et présentées. Ces systèmes sont :

- système d'aide à l'exploitation (SAE);
- système d'information aux voyageurs (SIV);
- système de billettique;
- système de communication voix;
- système de compteur de passagers;
- système de signalisation ferroviaire;
- système de vidéosurveillance.

Le poste de commande centralisé (PCC) est un endroit aménagé afin d'optimiser la régulation et l'exploitation des tramways par les membres du personnel de l'exploitant. Les fonctionnalités du PCC sont associées à différents sous-systèmes suivants dont :

- le Système d'Aide à l'Exploitation et Information Voyageurs (SAEIV);

- la Gestion Technique Centralisée (GTC);
- la supervision de la signalisation ferroviaire tramway (SIG F);
- l’affichage des images des caméras de vidéosurveillance;
- la communication radio avec les conducteurs.

Typiquement, l’opération d’un PCC requiert les installations suivantes :

- mur d’images;
- poste de travail multifonction;
- salle des mesures d’urgences.

Ce PCC sera donc localisé, tel que mentionné dans le premier sous-livrable 1.4, dans le CEE principal.

L’ensemble des infrastructures STI sont définies, selon différents types de stations et en hors station.

8.4 4^E SOUS-LIVRABLE 1.4 – CONTRÔLE AUX INTERSECTIONS ET PRIORITÉ

Ce 4^e sous-livrable 1.4 présente brièvement les aspects fonctionnels, les équipements et les configurations aux intersections nécessaires pour le contrôle aux intersections et la gestion des priorités des différents usagers de la route, lors de l’exploitation du tramway.

La mise en œuvre de la priorité du tramway aux intersections routières oblige à repenser les stratégies de régulation des flux automobiles le long de la ligne de tramway.

Il est suggéré de traiter les demandes de priorité de façon centralisée par un poste de régulation centralisé de gestion du trafic routier.

Sur les carrefours existants munis de feux de circulation, qui sont traversés par le tracé du tramway de Québec et de Lévis, certains devront être modifiés afin d’intégrer le projet du tramway alors que d’autres devront être démantelés. Des feux devront aussi être installés à d’autres intersections qui ne sont actuellement pas munis de feux.

Les équipements pour le contrôle et la priorité du tramway sont définis et présentés, de même que les configurations possibles aux intersections, selon neuf (9) grands types de cas qui se présentent sur l’insertion du tramway présentée en plans et en profils dans l’étude de faisabilité (Étape 1.2).

8.5 5^E SOUS-LIVRABLE 1.4 – EXPLOITATION DU SYSTÈME

Ce 5^e sous-livrable 1.4 présente les éléments d’exploitation des lignes de tramway sur les tracés de Québec et de Lévis, selon des hypothèses de demande et de niveau de service prédéfinis. Ce sous-livrable présente en détails les résultats de simulations du service selon ces hypothèses.

En bref, compte tenu de la priorité absolue du tramway (10 % de non priorité) et extension du tracé Lévis, il ressort de ce sous-livrable qu’à terme :

- il faudra une flotte de 70 rames;
- 3,96 millions de kilomètres seront réalisés en service commercial par an;
- 183 000 heures de conduites seront effectuées en service commercial par an;
- les temps de parcours et vitesses commerciales anticipées sur les différentes lignes sont :

N.B. : Voir note au lecteur No 2 au début du chapitre 6.0 au sujet de l’évolution de ces résultats.

Tableau 13 : Temps de parcours et vitesses commerciales anticipées par ligne de tramway

	Longueur (m)	Temps (h :min:sec)	Vitesse Km/h
Ligne A			
Grand-Théâtre – Galerie Charlesbourg	6 579	0;21;15	18,6
Galerie Charlesbourg – Grand-Théâtre	6 570	0:21;29	18,3
Ligne B			
Grand-Théâtre – Croix-Rouge	2 619	0:08;29	18,5
Croix-Rouge-Grand-Théâtre	2 610	0:08:32	18,4
Ligne C			
D’Estimauville- Dorval	30 555	01:12:30	25,1
Dorval –D’Estimauville	30 551	01:12:06	25,2
Ligne D			
D’Estimauville – 4e Avenue	22 278	0:56:22	23,7
4e Avenue – D’Estimauville	22 274	0:55:57	23,9

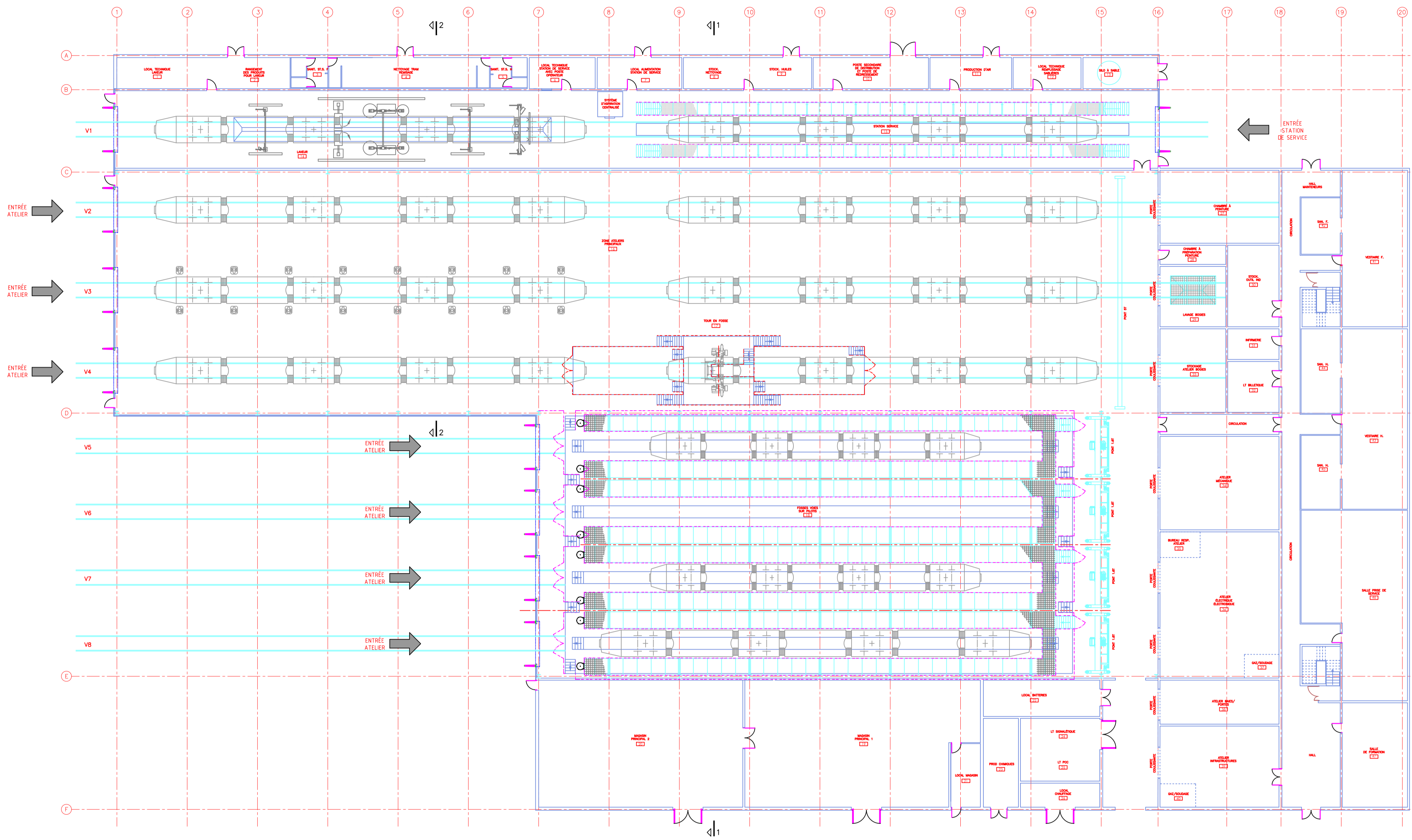
8.6 6^E SOUS-LIVRABLE 1.4 – MAINTENANCE ET DÉPÔT

Deux (2) Volets font partie de ce sous-livrable, qui décrit de façon détaillée les deux (2) CEE prévus à l’étude de faisabilité, à savoir :

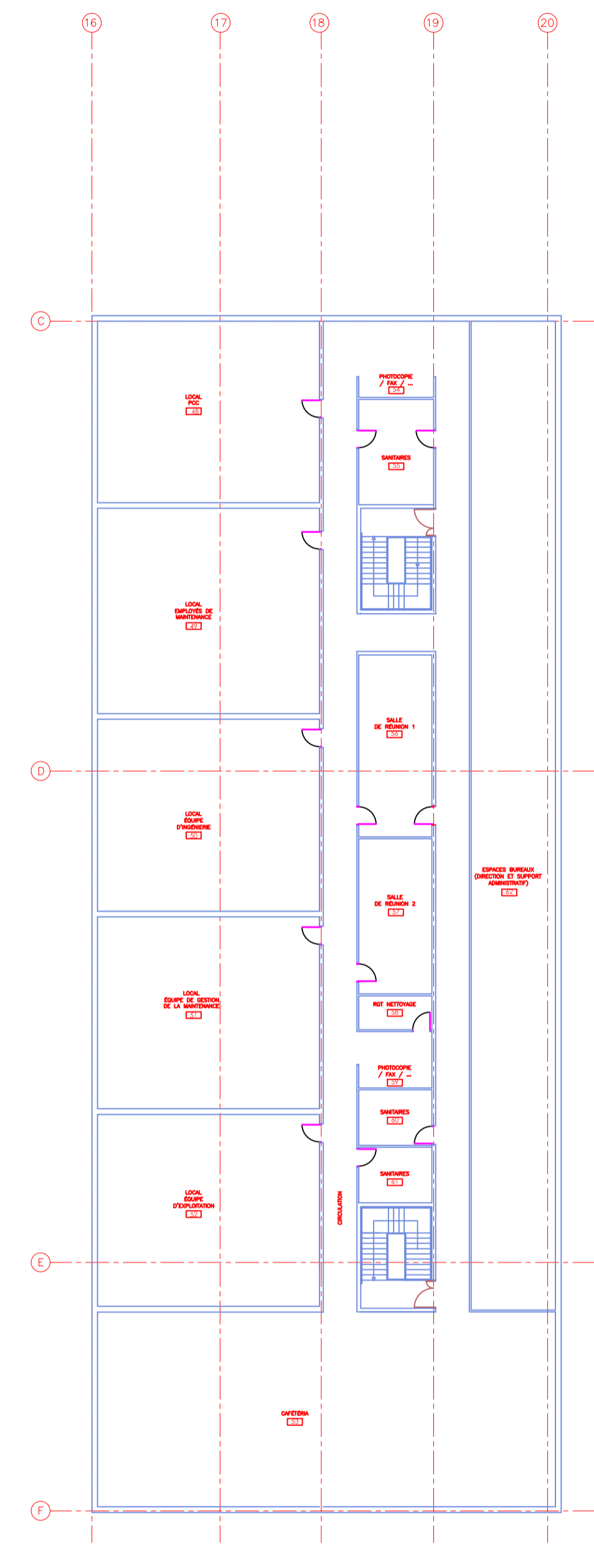
- le Volet Équipements : tous les équipements nécessaires pour chacun des deux (2) CEE est présenté dans ce sous-livrable ;
- le Volet Aménagement : l’aménagement des deux (2) sites des CEE est présenté de façon préliminaire, selon les équipements et fonctionnalités nécessaires des CEE, précisés dans les sous-livrables précédents. Ici sont donc présentés des plans d’aménagement et les détails requis en termes de :
 - préparation du terrain;
 - aménagement / génie civil de l’extérieur des bâtiments du CEE;
 - structure, mécanique et électricité des bâtiments;
 - voies ferrées et plateformes;
 - courants forts nécessaires.

9 ANNEXES

9.1 ANNEXE 1 : PLANS D'AMÉNAGEMENT DES DEUX CEE



PLAN DU REZ-DE-CHAUSSÉE
ÉCHELLE : 1/250



PLAN DU PREMIER ÉTAGE
ÉCHELLE : 1/250

AIRES : TABLE DE NOMENCLATURE

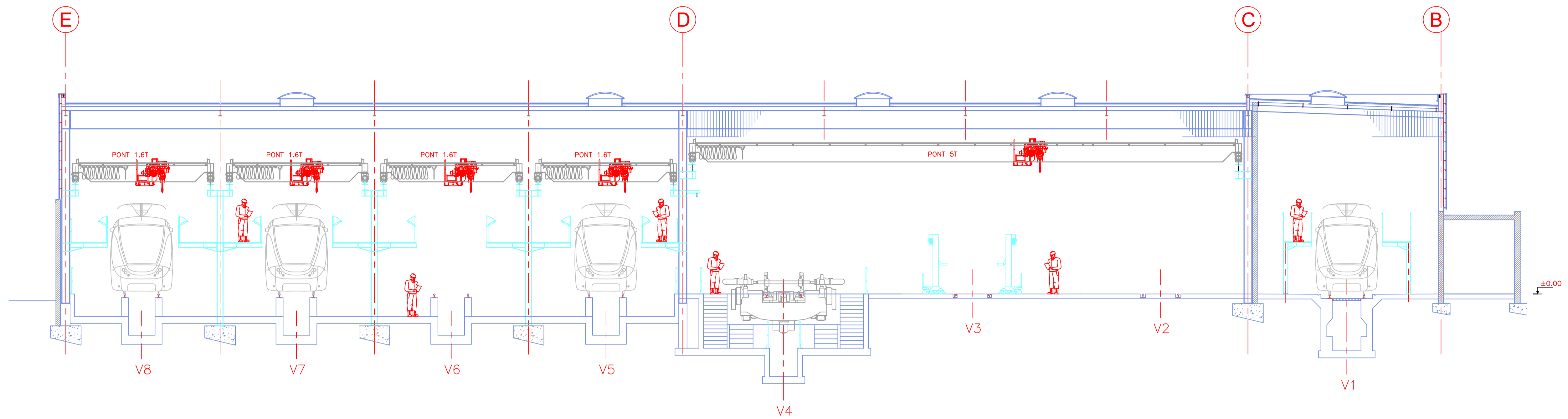
N°	Pièces	Nom	Surfaces
1	LOCAL TECHNIQUE	LOCAL TECHNIQUE LAVEUR	30 m²
2	RANGEMENT	RANGEMENT DES PRODUITS POUR LAVEUR	30 m²
3	SANIT.	SANIT. ST.S. F	15 m²
4	NETTOYAGE	NETTOYAGE TRAM REMISAGE	40 m²
5	SANIT.	SANIT. ST.S. H	15 m²
6	LOCAL TECHNIQUE	LOCAL TECHNIQUE STATION DE SERVICE AVEC POSTE OPÉRATEUR	20 m²
7	LOCAL ALIMENTATION	LOCAL ALIMENTATION STATION DE SERVICE	25 m²
8	STOCK	STOCK, NETTOYAGE	20 m²
9	STOCK	STOCK, HUILES	20 m²
10	POSTE SECONDAIRE	POSTE SECONDAIRE DE DISTRIBUTION ET POSTE DE REDRESSEMENT	35 m²
11	PRODUCTION D'AIR	PRODUCTION D'AIR	25 m²
12	LOCAL TECHNIQUE	LOCAL TECHNIQUE REPLESSAGE SABLIERES	20 m²
13	SILLO	SILLO A SABLE	25 m²
14	LAVEUR	LAVEUR	260 m²
15	STATION SERVICE	STATION SERVICE	435 m²
16	ZONE ATELIERS	ZONE ATELIERS PRINCIPAUX	2025 m²
17	TOUR EN FOSSE	TOUR EN FOSSE	165 m²
18	FOSSES VOIES	FOSSES VOIES SUR PILOTIS	1470 m²
19	MAGASIN PRINCIPAL 1	MAGASIN PRINCIPAL 1	280 m²
20	MAGASIN PRINCIPAL 2	MAGASIN PRINCIPAL 2	260 m²
21	LOCAL MAGASIN	LOCAL MAGASIN	20 m²
22	LOCAL BATTERIES	LOCAL BATTERIES	45 m²
23	PROD CHIMIQUES	PROD CHIMIQUES	30 m²
24	LT SIGNALÉTIQUE	LT SIGNALÉTIQUE	20 m²
25	LT PCC	LT PCC	25 m²
26	LOCAL CHAUFFAGE	LOCAL CHAUFFAGE	20 m²
27	CHAMBRE A PEINTURE	CHAMBRE A PEINTURE	90 m²
28	CHAMBRE A PREPARATION PEINTURE	CHAMBRE A PREPARATION PEINTURE	15 m²
29	LAVAGE BOGIES	LAVAGE BOGIES	40 m²
30	STOCK	STOCK, OUTIL IND	40 m²
31	INFIRMERIE	INFIRMERIE	15 m²
32	LT BILLETIQUE	LT BILLETIQUE	25 m²
33	STOCKAGE ATELIERS	STOCKAGE ATELIERS BOGIES	55 m²
34	ATELIER MECANIQUE	ATELIER MECANIQUE	110 m²
35	BUREAU RESP.	BUREAU RESP. ATELIER	10 m²
36	ATELIER ELECTRIQUE	ATELIER ELECTRIQUE ELECTRONIQUE	155 m²
37	GAZ/SOUDEGE	GAZ/SOUDEGE	10 m²
38	ATELIER BAIAS / PORTES	ATELIER BAIAS / PORTES	50 m²
39	ATELIER INFRASTRUCTURES	ATELIER INFRASTRUCTURES	85 m²
40	GAZ/SOUDEGE	GAZ/SOUDEGE	10 m²
41	VESTIAIRE F.	VESTIAIRE F.	100 m²
42	SAN. F.	SAN. F.	20 m²
43	VESTIAIRE H.	VESTIAIRE H.	100 m²
44	SAN. H.	SAN. H.	30 m²
45	SAN. H.	SAN. H.	30 m²
46	SALLE PRISE DE SERVICE	SALLE PRISE DE SERVICE	170 m²
47	SALLE DE FORMATION	SALLE DE FORMATION	70 m²
48	LOCAL PCC	LOCAL PCC	120 m²
49	LOCAL EMPLOYES DE MAINTENANCE	LOCAL EMPLOYES DE MAINTENANCE	120 m²
50	LOCAL EQUIPE D'INGENIERIE	LOCAL EQUIPE D'INGENIERIE	120 m²
51	LOCAL EQUIPE DE GESTION DE LA MAINTENANCE	LOCAL EQUIPE DE GESTION DE LA MAINTENANCE	120 m²
52	LOCAL EQUIPE D'EXPLOITATION	LOCAL EQUIPE D'EXPLOITATION	120 m²
53	CAFETERIA	CAFETERIA	250 m²
54	PHOTOCOPIE / FAX / ...	PHOTOCOPIE / FAX / ...	5 m²
55	SANITAIRES	SANITAIRES	20 m²
56	SALLE DE REUNION 1	SALLE DE REUNION 1	40 m²
57	SALLE DE REUNION 2	SALLE DE REUNION 2	30 m²
58	RGT NETTOYAGE	RGT NETTOYAGE	10 m²
59	PHOTOCOPIE / FAX / ...	PHOTOCOPIE / FAX / ...	5 m²
60	SANITAIRES	SANITAIRES	15 m²
61	SANITAIRES	SANITAIRES	15 m²
62	ESPACES BUREAUX	ESPACES BUREAUX (DIRECTION ET SUPPORT ADMINISTRATIF)	235 m²

LISTE DES ÉQUIPEMENTS

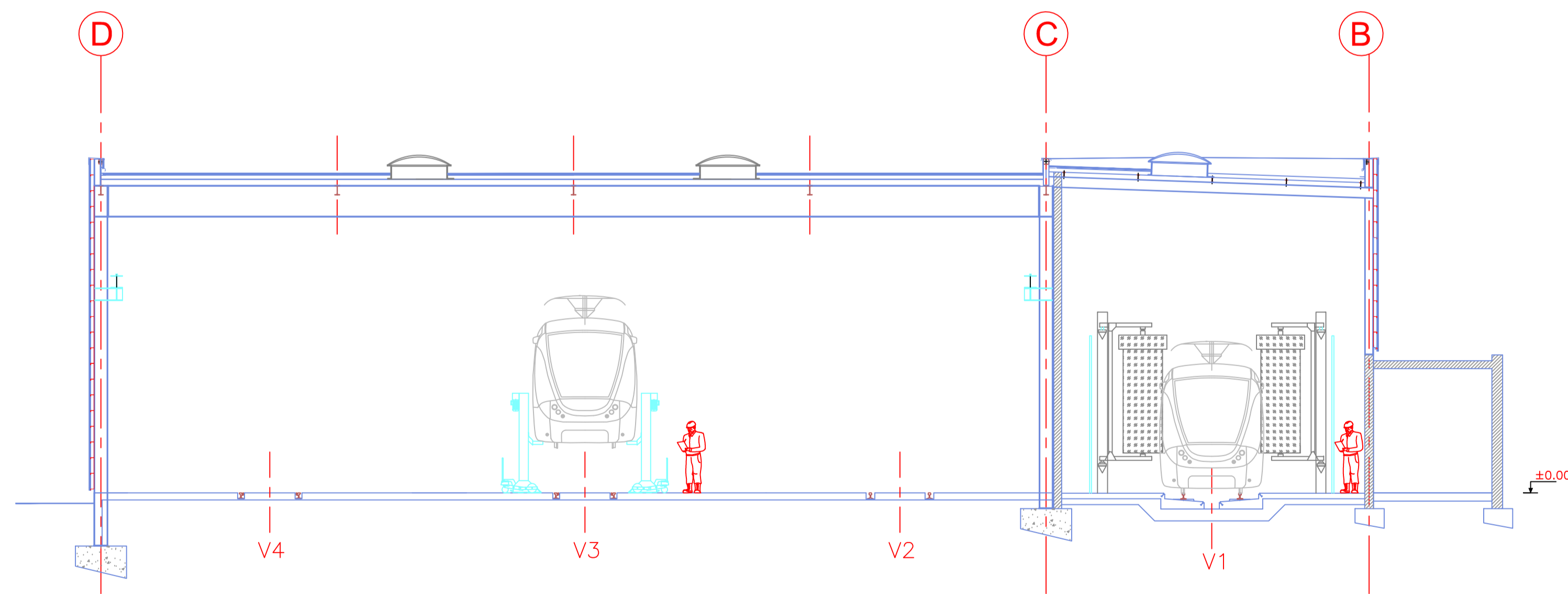
N°	Nom
1	LAVEUR
2	SILLO SABLE
3	PONT ROULANT ST
4	PONTS ROULANT L.GT
5	VÉRINS MOBILES DE LEVAGE
6	TOUR DE REPROFILAGE

CES DOCUMENTS NE DOIVENT PAS
ÊTRE UTILISÉS EN L'ABSENCE D'UN
PROJET DE CONSTRUCTION

CLIENT : 	Rev. PA	Date 09-04-13	Description ÉMISSION POUR COMMENTAIRES INTERNE	Dessiné par M.WA	Vérifié par A.BEN	Approuvé par A.GEM	CONSULTANT : 	PROJET : ÉTUDE DE FAISABILITÉ TECHNIQUE DU TRAMWAY DE QUÉBEC ET DE LEVIS Réseau de transport de la Capitale	PROJET : HALLE D'ENTRETIEN CEE PRINCIPAL	PROJET : 1.4 ÉQUIPEMENTS, EXPLOITATION, MAINTENANCE ET DÉPÔT 1/250	PROJET : 610879-0400-4CD0-0001
	Rev. PB	Date 24-05-13	Description ÉMISSION PRÉLIMINAIRE AU RIC	Dessiné par M.WA	Vérifié par A.BEN	Approuvé par A.GEM					
REVISIONS : - - - - - - - - - - - - - - -											
										VARIANTE:	REV.
											PB



ÉLÉVATION 1
ÉCHELLE : 1: 100



ÉLÉVATION 2
ÉCHELLE : 1: 100

Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT :		PROJET :	CLIENT :	ÉCHELLE :	NO. DE DOSSIER :	REV.
PA	05-04-13	ÉMISSION POUR COMMENTAIRES INTERNES	M.WA	A.BEN	A.GEM	ROCHE	SNC-LAVALIN	egisrail	RÉGIS CÔTÉ	grati	610879-0400-4CD1-0002	
PB	24-05-13	ÉMISSION PRÉLIMINAIRE AU RTC	M.WA	A.BEN	A.GEM	ROCHE SNC-LAVALIN egisrail régis côté grati		ÉTUDE DE FAISABILITÉ TECHNIQUE DU TRAMWAY DE QUÉBEC ET DE LEVIS	1.4 ÉQUIPEMENTS, EXPLOITATION, MAINTENANCE ET DÉPÔT	1/100	610879-0400-4CD1-0002	
Réseau de transport de la Capitale Réseau de transport de la Capitale												
Dossier :												
CONSULTANT :												
PROJET :												
CLIENT :												
ÉCHELLE :												
NO. DE DOSSIER :												
REV. :												