

BUREAU D'ÉTUDE SRB DE QUÉBEC ET LÉVIS

Dossier Bureau d'étude : P-16-900-04



Livrable 2

CRITÈRES DE CONCEPTION



29 Novembre 2017

1015, av. Wilfrid-Pelletier
Québec QC Canada
G1W 0C4

Téléphone : 418 654-9600
Télécopieur : 418 654-9699

Numéro du document

639057-02-0000-40EC-0001

Révision

Révision : PD

GRUPEMENT SRB QUÉBEC-LÉVIS



Dossier Groupement : 639057

PRINCIPAUX COLLABORATEURS AU RAPPORT

DOSSIER NORDA STELO : 112898.001

DOSSIER STANTEC : 159 100 252

Alain Arsenault	Antonio Rodrigo Lins
André Contant	René Morin
Daniel Gagnon	Marie-France Ouellet
David Gélinas	François St-Pierre
Michel Inkel	Gabriel Thériault-Tanguay
Yan Laplante	Stéphane Tremblay
Étienne Lévesque	Hugues Tremblay

VÉRIFIÉ PAR : Mehdi Hizaoui, ing., adjoint au chargé de projet

APPROUVÉ PAR : Claude Lavallée, ing., chargé de projet

NUMÉRO DU DOCUMENT :		639057-02-0000-40EC-0001
REV.	DATE	TYPE DE RELÂCHE
Révision : PA	10 août 2016	Version partielle - pour commentaires internes
Révision : PB	09 septembre 2016	Version préliminaire - pour commentaires client
Révision : PC	03 novembre 2016	Version préliminaire - pour commentaires client
Révision : PD	29 Novembre 2017	Version préliminaire finale incluant la mise à jour de la section 5.2.4 transmise suite à l'émission de la Révision PC.

Note au lecteur en préambule

À la suite du retrait complet de la Ville de Lévis et au repositionnement de la Ville de Québec en avril 2017 face au projet de SRB Québec-Lévis, le mandat d'origine attribué par voie d'appel d'offres public au Groupement SRB de Québec et Lévis a été modifié afin de clore, à des niveaux d'avancement différents, des livrables et sous-livrables prévus au mandat d'origine. Le lecteur est avisé que le présent document peut, de ce fait, présenter un état d'avancement différent de celui attendu selon le Devis au Contrat ayant découlé de l'appel d'offres public P-16-900-04. Le Groupement SRB de Québec et Lévis et le Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis se dégagent de toute responsabilité liée à la réutilisation du présent document qui serait faite à d'autres fins sans leur consentement respectif.

En raison de l'état d'avancement de ce livrable au moment du retrait de la Ville de Lévis du projet SRB, il a été convenu **entre le Groupement SRB Québec-Lévis et le Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis** de conserver les informations concernant **la Ville de Lévis** afin de ne pas dénaturer l'ensemble du texte **et de refléter le mandat d'origine**.

La prochaine révision de ce document devait tenir compte des conclusions d'un audit de sécurité. Cet audit n'a pas eu lieu avant l'arrêt des travaux.

AVIS : Le présent document est encadré par la Loi sur le droit d'auteur et le Groupement SRB Québec-Lévis en est le titulaire. Toute reproduction, production qui s'en inspire ou quelque contrefaçon que ce soit est donc formellement interdite. Ce document demeure la propriété du Groupement SRB Québec-Lévis et de son client, le Bureau d'étude SRB Québec-Lévis, et ces derniers sont les seuls à pouvoir autoriser de façon écrite la reproduction du présent document. Le contenu de ce dernier, dans son ensemble, est par ailleurs limité et réservé aux fins qu'il poursuit et qui y sont mentionnées. Le Groupement SRB Québec-Lévis et le Bureau d'étude SRB Québec-Lévis se dégagent de toute responsabilité liée à la réutilisation de ce document effectuée sans leur consentement.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE	1		
1.1	Contexte et cadre contractuel	1		
1.1.1	Plan de mobilité durable	1		
1.1.2	Étude de faisabilité du tramway-SRB	1		
1.1.3	Études d'avant-projet SRB	2		
1.2	Gouvernance de l'étude	4		
1.2.1	Comité directeur	4		
1.2.2	Comité de projet	4		
1.2.3	Groupes de travail	4		
1.2.4	Fournisseurs de services	4		
1.3	Définition du mandat	5		
1.3.1	Mandat de services professionnels confié au Groupement	5		
1.3.2	Liste des livrables de l'étude d'avant-projet préliminaire	5		
1.3.3	Liste des livrables de l'étude d'avant-projet définitif	6		
2	PRÉSENTATION DU LIVRABLE	7		
3	NORMES APPLICABLES	9		
3.1	Généralités	9		
3.1.1	Normes québécoises	9		
3.1.2	Normes canadiennes	9		
3.1.3	Normes étrangères	9		
3.1.4	Autres références et guides utilisés	10		
4	MATÉRIEL ROULANT ET SYSTÈMES DE RECHARGE	13		
4.1	Configuration des autobus	13		
4.2	Motorisation des autobus	13		
4.3	Systèmes de recharge	14		
5	CRITÈRES DE CONCEPTION DES INFRASTRUCTURES	16		
5.1	Généralités	16		
5.2	Géométrie de la plateforme SRB et de son alignement	16		
5.2.1	Vitesse de base	16		
5.2.2	Tracé en plan	16		
5.2.3	Profil en long	17		
5.2.4	Profil en travers	17		
5.3	Voirie	20		
			5.3.1	Dimensionnement
			5.3.2	Charges, efforts et contraintes
			5.3.3	Drainage de la plateforme
			5.3.4	Trottoir
			5.3.5	Piste cyclable
			5.3.6	Réseaux techniques urbains (RTU)
			5.4	Alimentation électrique
			5.4.1	Infrastructures souterraines
			5.4.2	Infrastructures aériennes
			5.5	Ouvrages d'art
			5.5.1	Charges
			5.5.2	Capacité de chargement
			5.5.3	Gabarit
			5.5.4	Durée de vie
			5.6	Stations
			5.6.1	Généralités
			5.6.2	Hypothèses et critères de conception
			5.6.3	Insertion
			5.7	Signalisation
			5.7.1	Généralités
			5.7.2	Situation actuelle
			5.7.3	Aspects fonctionnels de la signalisation lumineuse
			5.7.4	Équipements pour le contrôle et la priorité du SRB
			5.7.5	Signaux lumineux standards
			5.7.6	Traverses pour piétons sur le réseau routier
			5.7.7	Signalisation routière du SRB
			5.7.8	Marquage de la chaussée du SRB
			5.7.9	Choix de la configuration

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Plateformes types pour implantation
Annexe 2	Analyse comparative béton de ciment et béton bitumineux
Annexe 3	Élargissement de la chaussée dans une courbe en fonction d'un SRB
Annexe 4	Résumé des normes et des recommandations en conception routière relatives à la largeur des voies pour un matériel roulant non guidé

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1	Sommaire des caractéristiques des véhicules retenus.....	13
Tableau 4.2	Sommaire des recommandations relatives à la motorisation des véhicules.....	13
Tableau 4.3	Sommaire des recommandations relatives au système de recharge.....	14
Tableau 5.1	Critères de conception en plan.....	16
Tableau 5.2	Critères de conception en profil.....	17
Tableau 5.3	Critères de conception de la structure de chaussée.....	20
Tableau 5.4	Critères de conception de la structure de chaussée (méthode AASTHO, 1993).....	22
Tableau 5.5	Critères de conception thermique de la structure de chaussée.....	22
Tableau 5.6	Critères de conception des trottoirs.....	23
Tableau 5.7	Critères de conception des pistes cyclables.....	24
Tableau 5.8	Distances de tirage en fonction de la taille du câble - Câbles d'un conducteur en tirage linéaire.....	29
Tableau 5.9	Critères de luminance.....	31
Tableau 5.10	Critères de luminance (rayon inférieur à 600 m).....	31
Tableau 5.11	Charges d'essieu maximales.....	32
Tableau 5.12	Gabarit vertical des véhicules.....	32

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Plan général du tracé et des stations.....	3
Figure 1.2	Structure de gouvernance des études d'avant-projet.....	4
Figure 4.1	Poids et distances des essieux d'un SRB.....	13
Figure 5.1	Configuration type A – Coupe-type.....	18
Figure 5.2	Plateforme du SRB surélevée de 100 mm infranchissable (configuration type B) – Coupe-type.....	18
Figure 5.3	Plateforme du SRB surélevée de 50 mm semi-franchissable (configuration type C) – Coupe-type.....	18
Figure 5.4	Coupe-type – Plateforme du SRB surélevée de 100 mm infranchissable (configuration type C).....	18
Figure 5.5	Socle typique pour un transformateur sur socle – Vue isométrique.....	27
Figure 5.6	Multitubulaire – Vue de coupe.....	27
Figure 5.7	Multitubulaire, dimensionnement typique – Vue isométrique.....	27
Figure 5.8	Chambre de tirage et/ou raccordement BT, dimensionnement typique – Vue isométrique.....	28
Figure 5.9	Chambres de tirage et/ou raccordement typiques avec le multitubulaire – Vue isométrique.....	28
Figure 5.10	Chambres de tirage et/ou raccordement typiques avec le multitubulaire – Vue en plan.....	28
Figure 5.11	Chambres de tirage et/ou raccordement typiques avec le multitubulaire – Vue en élévation vers les chambres.....	29
Figure 5.12	Chambre de tirage et/ou raccordement typique avec le multitubulaire – Vue en élévation de côté.....	29
Figure 5.13	Vue des chambres de tirage dans une station type.....	29
Figure 5.14	Distance du quai avant l'intersection.....	36
Figure 5.15	Distance du quai après l'intersection.....	36
Figure 5.16	Principe des points de détection.....	39
Figure 5.17	Signaux lumineux pour le SRB.....	41
Figure 5.18	Marquage de la chaussée d'un SRB en position latérale à Brisbane en Australie.....	41
Figure 5.19	Marquage de la chaussée aux croisements - Rapibus de Gatineau.....	42
Figure 5.20	Marquage de la chaussée d'un SRB lors de l'insertion en site banal.....	42
Figure 5.21	Marquage de la chaussée, traverse pour piétons – Rapibus de Gatineau.....	42
Figure 5.22	Combinaison feux standard et feux SRB (gauche) et Feux SRB (droite).....	42
Figure 5.23	SRB en position axiale avec terre-plein central et voies de virage à gauche.....	43
Figure 5.24	SRB en position axiale sans terre-plein central.....	43
Figure 5.25	SRB en position latérale.....	44

GLOSSAIRE

APS	Alimentation par le sol
APTA	American Public Transportation Association
APU	Auxiliaire de puissance électrique
ac	Courant alternatif
BHNS	Bus à haut niveau de service
BIV	Borne d'information aux voyageurs.
BT	Basse tension
BUS	Broadcast and unknown server
cc	Courant continu
CEE	Centre d'exploitation et d'entretien
CMBC	Coast Mountain Bus Company
CN	Canadien Pacifique
CT	Centre de transport
DAT	Distributrice automatique de titres de voyage
EPA	Environmental Protection Agency
GES	Gaz à effet de serre
GNC	Gaz naturel comprimé
GLO	Gabarit limite d'obstacle
GTC	Gestion technique centralisée
HLP	Haut-le-pied
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
ITDP	Institute for Transportation and Development Policy
LAC	Ligne aérienne de contact
m	Mètre (s)
MR	Matériel roulant
MT	Moyenne tension
MTMDET	Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (anciennement MTQ)
NSVAC	Normes de sécurité des véhicules automobiles du Canada
OPUS	Système de gestion de la billettique utilisé sur le réseau du RTC
PCA	Principaux contaminants aériens
PCC	Poste de commande centralisé

P.K.	Point kilométrique
PL	Private Line
PMR	Personne à mobilité réduite
PNBV	Poids nominal brut du véhicule
PPHPS	Passagers par heure et par sens
RTC	Réseau de transport de la Capitale
RTL	Réseau de transport de Longueuil
SAE	Système d'aide à l'exploitation
SAEIV	Système d'aide à l'exploitation et à l'information voyageurs
SIG	Système intégré de gestion
SIGF	Système de signalisation ferroviaire
SIV	Système d'information aux voyageurs
SRB	Service rapide par autobus
STI	Systèmes de transport intelligent
STL	Société de transport de Laval
STLévis	Société de transport de Lévis
STM	Société de transport de Montréal
STO	Société de transport de l'Outaouais
TC	Transport collectif
TCSP	Transport en commun en site propre
TE	Transport en commun
TSP	Transit Signal Priority
V	Volt
VL	Virtual Link
VP	Véhicule particulier

DÉFINITIONS

Caténaire	Ensemble de câbles ou fûts porteurs de fils conducteurs destinés à l'alimentation de matériel roulant électrique par captage du courant par l'utilisation d'un pantographe.
CEE :	Le centre d'exploitation et d'entretien est l'endroit où se font la gestion, l'entretien et le remisage du matériel roulant.
Corridor :	Délimitation géographique d'une largeur totale d'un (1) kilomètre environ et dont les extrémités sont fixées.
Ligne :	Axe opérationnel (défini avec un horaire d'opération) utilisant une partie, un ou plusieurs tracé(s) (infrastructures) spécifiquement aménagé(s) pour l'usage du transport en commun.
Pantographe	Dispositif articulé qui permet à un matériel roulant électrique de capter le courant par frottement sur la caténaire.
Plateforme :	Chaussée, accotements, bordures et infrastructures destinés généralement à l'usage exclusif du SRB.
Pôle d'échanges :	Point de convergence et d'échange des usagers du tramway ou SRB 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'autopartage, un stationnement pour vélo ou un regroupement total ou partiel de toutes ces fonctions.
Site banal :	Les deux (2) voies du SRB sont utilisées par les véhicules particuliers.
Site mixte :	Une des deux voies du SRB est utilisée par les véhicules particuliers (VL, PL, BUS).
Site propre :	Les voies du SRB sont exclusivement utilisées par le SRB (et les véhicules d'entretien du système SRB).
Sous-station :	Local ou bâtiment regroupant les équipements électriques d'acquisition MT, production/distribution traction, commande/contrôle, basse tension.
SRB :	Service rapide par autobus. Mode de transport rapide sur pneumatiques qui fait appel à des stations, des véhicules, des voies de circulation et à un plan d'exploitation souple dans le but d'offrir un service de qualité supérieure axé sur la clientèle, qui se révèle rapide, fiable, confortable et rentable.
Station :	Point d'embarquement ou de débarquement des usagers du SRB le long du tracé.
Tracé :	Infrastructure physique spécifiquement aménagée pour l'usage du transport en commun.
Train :	Plusieurs autobus SRB organisés en convoi de manière à offrir une plus grande capacité de voyageurs dans un même intervalle.

1 INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE

Ce rapport technique est réalisé dans le cadre des études d'avant-projet d'un service rapide par bus (SRB). Le Groupement SRB Québec-Lévis, composé de Norda Stelo, SNC-Lavalin, Stantec et certains sous-traitants, collabore à la réalisation de ce rapport avec le Bureau d'étude SRB de Québec et Lévis.

1.1 Contexte et cadre contractuel

1.1.1 Plan de mobilité durable

Le projet a comme origine le Plan de mobilité durable de la Ville de Québec, réalisé par un groupe de travail constitué de représentants des villes de Québec et de Lévis, du ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports et de plusieurs experts externes, et rendu public par le maire de Québec le 9 novembre 2011.

Le Plan de mobilité durable, auquel la Ville de Lévis adhère, 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.

Dans le Plan de mobilité durable, le groupe de travail recommande de mettre en place un système intégré de transport collectif qui comprendrait quatre (4) composantes répondant à des besoins spécifiques et complémentaires, soit :

- Un réseau à haut niveau de service;
- Un réseau 15/30;
- Un réseau de proximité et;
- Un réseau rapide.

Pour le réseau à haut niveau de service, le Plan prévoit qu'il soit assuré par des autobus articulés et réguliers et, qu'à moyen terme, ce réseau soit renforcé par la mise en service d'un système SRB.

1.1.2 Étude de faisabilité du tramway-SRB

Poursuivant sur sa lancée de développement du réseau structurant de transport en commun pour la région de la Capitale-Nationale, une étude de faisabilité du tramway de Québec et Lévis a été lancée en 2012. Celle-ci visait à évaluer si un réseau structurant de transport collectif pouvait répondre à la stratégie de développement urbain générant une croissance de population, des ménages et des emplois dans les secteurs limitrophes, dont le corridor des boulevards Charest à Québec et Guillaume-Couture à Lévis. Les objectifs étaient d'identifier et d'évaluer les différentes options technologiques applicables au contexte des villes de Québec et de Lévis tout en organisant les stratégies de mise en œuvre (incluant les impacts et le financement), les réseaux et l'aménagement du corridor ciblé de 40 km. L'étude s'est basée sur l'utilisation d'un matériel roulant de 43 m de longueur.

Bien que l'étude de faisabilité ait initialement porté sur un projet de tramway, il est apparu nécessaire en cours de processus de considérer d'autres moyens de transport en commun. C'est ainsi que s'est ajoutée l'étude d'options de service rapide par bus (SRB) et un matériel roulant sur pneus non guidé de 24 m qui utilisent le même tracé et opèrent dans les mêmes conditions que le tramway. Le projet de SRB a été intégré au schéma d'aménagement de la Ville de Lévis déposé en avril 2016.

L'Étude de faisabilité du tramway-SRB de Québec et Lévis conclut que le projet de tramway est réalisable, et répond aux achalandages prévus en 2026 et 2041. Il a aussi été conclu qu'un SRB est réalisable en empruntant les mêmes tracés et stations prévus au projet du tramway. Toutefois, étant donné les coûts élevés de sa réalisation, il a été résolu de procéder à la réalisation du projet de SRB immédiatement, lequel pourra faire l'objet d'une transition vers un tramway lorsque la planification des besoins en achalandage le déterminera

1.1.3 Études d'avant-projet SRB

Sous la gouverne d'un Bureau d'étude, les villes de Québec et de Lévis poursuivent avec les études d'avant-projet le développement et les analyses du projet en privilégiant un service rapide par bus (SRB) de 43 km sur la base de l'Étude de faisabilité du tramway-SRB de 2012-2014 et en ajoutant deux (2) prolongements à Lévis. Le projet de SRB se veut un outil permettant de :

- Structurer la consolidation et le développement du territoire;
- Permettre une rénovation urbaine;
- Concevoir un transport en commun performant, rapide, constant et fiable;
- Réduire les GES émis.

Tracés

Les tracés sont conçus de manière à servir efficacement les usagers du transport en commun et à favoriser le développement de secteurs offrant un potentiel élevé de reconversion urbaine. Ils relient notamment les pôles d'emploi, les établissements d'enseignement postsecondaire, les centres hospitaliers et les centres récréotouristiques.

Le tracé Est-Ouest (36,1 km) relie les grands pôles d'activités de Québec et de Lévis et renforce les liens interrives :

- À Québec, il soude les liens entre le cœur du centre-ville (Saint-Roch), l'écoquartier de la pointe D'Estimauville et le pôle majeur de Sainte-Foy en passant par l'axe du boulevard Charest, un secteur particulièrement ciblé par l'objectif de requalification urbaine;
- À Lévis, il joint les pôles Chaudière et Desjardins en empruntant le pont de Québec et l'axe du boulevard Guillaume-Couture (anciennement boulevard de la Rive-Sud) jusqu'à la route Monseigneur-Bourget;
- Dans un contexte où l'option du SRB est privilégiée, l'intégration au réseau structurant d'un embranchement vers l'ouest de Lévis par la route des Rivières jusqu'au chemin Olivier vient optimiser la desserte de ce secteur et accroître considérablement la qualité du service pour les citoyens.

Le tracé Nord-Sud (6,9 km) joint le centre névralgique de Saint-Roch à la colline Parlementaire au sud et au pôle Fleur de Lys-ExpoCité-Centre Vidéotron au nord. Il passe par la rue de la Pointe-aux-Lièvres pour se terminer au pôle d'échanges de la 41^e Rue et des Galeries Charlesbourg.

Stations et pôles d'échanges

Plus d'une soixantaine de stations, comprenant des pôles d'échanges, jalonnent le réseau structurant. Toutes les stations sont intégrées à leur environnement et aménagées pour assurer confort, sécurité et accessibilité. Les correspondances entre les services ou les transferts de la voiture au transport en commun sont prévus se faire dans des conditions optimales. Là où l'achalandage est plus fort, les stations peuvent être dotées de structures tempérées et de

services et commerces de proximité pour l'expérience client. Elles sont dotées de mobilier urbain et des équipements nécessaires à la diffusion d'information en temps réel et à l'achat de titres de transport.

Les 10 pôles d'échanges occupent d'importantes fonctions entre les niveaux de service de transport en commun :

- Les pôles D'Estimauville, de Saint-Roch, de l'Université Laval et de Sainte-Foy sur la rive nord sont des plaques tournantes entre le réseau structurant, les services eXpress et les parcours Métrobus;
- Sur la rive nord, les pôles de la 41^e Rue et du Grand Théâtre, en bout de ligne, raccordent le réseau structurant aux parcours Métrobus;
- Sur la rive sud, les pôles d'échanges des Rivières, Chaudière, Taniata, et Monseigneur-Bourget permettent les échanges entre les parcours lévisiens et le réseau structurant.

Un développement intégré est préconisé dans certains de ces pôles d'échanges. Selon cette approche, les infrastructures d'accueil pour le transport en commun sont intégrées à d'autres fonctions (bureaux, commerces, cafés, résidences, etc.). Leur conception et leur modèle d'affaires font appel à l'innovation et aux partenariats avec l'entreprise privée.



1.2 Gouvernance de l'étude

La maîtrise d'ouvrage des études relève du Bureau d'étude SRB de Québec et de Lévis. La responsabilité administrative est assurée par le directeur de projet qui est le cadre supérieur du Bureau d'étude SRB de Québec et de Lévis. Il 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 tous les groupes de travail nécessaires à la réalisation de l'étude. L'ensemble des travaux et livrables est soumis aux différents comités de l'étude qui les analysent et les commentent en vue de leur approbation.

La figure suivante illustre la structure générale de gouvernance du projet de SRB en lien avec les mandats confiés au Bureau d'étude SRB de Québec et de Lévis.

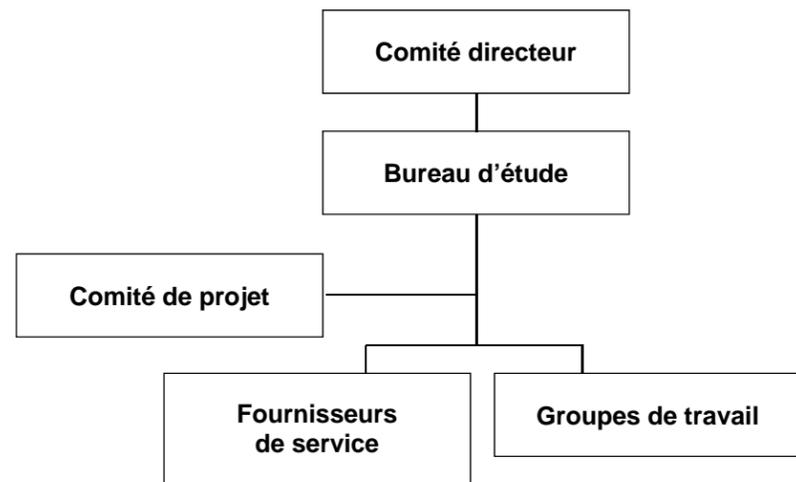


Figure 1.2 Structure de gouvernance des études d'avant-projet

1.2.1 Comité directeur

Le Comité directeur a la responsabilité d'orienter et de diriger le Bureau d'étude SRB de Québec et de Lévis. Il joue, entre autres, les rôles suivants :

- Définit le mandat du Bureau d'étude SRB de Québec et de Lévis;
- Oriente et dirige le directeur du Bureau d'étude SRB de Québec et de Lévis et la démarche;
- Approuve le budget, les échéanciers et les mandats d'appels d'offres;
- Suit l'avancement du projet du Bureau d'étude SRB de Québec et de Lévis;
- S'assure du respect des échéanciers et du budget, ainsi que du suivi de la gestion des risques;
- Approuve l'ensemble des livrables du Bureau d'étude SRB de Québec et de Lévis.

1.2.2 Comité de projet

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

- Soutient le Bureau d'étude SRB Québec-Lévis et les fournisseurs de services dans la réalisation de l'étude;
- Assure la qualité technique des analyses effectuées;
- Adresse au Comité directeur les recommandations requises sur les mandats et les livrables.

1.2.3 Groupes de travail

Des groupes de travail sont formés, lorsque requis, pour accompagner les fournisseurs de services dans la réalisation d'une partie spécifique des études d'avant-projet.

1.2.4 Fournisseurs de services

Le rôle des fournisseurs de services est de réaliser les différents livrables des études d'avant-projet. Chaque fournisseur relève du directeur du Bureau d'étude SRB de Québec et de Lévis et est responsable des livrables sous sa juridiction. Il y a trois (3) fournisseurs au projet :

- Le Groupement SRB Québec-Lévis, composé de Norda Stelo, SNC-Lavalin, Stantec et certains sous-traitants;
- L'équipe de travail Infrastructures, formée de personnel technique des villes de Québec et de Lévis;
- L'équipe de travail Réseaux, formée de personnel technique du RTC.

La collaboration entre le Groupement et les autres fournisseurs permet d'assurer l'atteinte des principaux objectifs suivants :

- Respect des objectifs du projet;
- Contrôle de la qualité et de la conformité des livrables;
- Intégration des livrables;
- Contrôle des documents.

1.3 Définition du mandat

1.3.1 Mandat de services professionnels confié au Groupement

Le dossier d'études d'avant-projet vise la définition et la caractérisation avec suffisamment de précisions d'un projet-cadre structurant en spécifiant les éléments fonctionnels, techniques (impacts environnementaux et circulation) et financiers d'un SRB en tant que système qui répond aux attentes de tous les intervenants de l'agglomération de Québec, de la Ville de Lévis, du RTC, de la STLévis et de tous les partenaires régionaux dans son ensemble et selon un échéancier de réalisation.

Le projet est divisé en deux (2) grandes étapes :

- Étape 1 – Avant-projet préliminaire;
- Étape 2 – Avant-projet définitif.

Les principaux objectifs des études d'avant-projet sont de :

- Définir et préciser les caractéristiques/critères du projet du SRB en tant que système complet (matériel roulant, infrastructures et exploitation), en évaluer les impacts et les coûts (d'immobilisation et d'exploitation) à $\pm 15\%$ de précision, en plus de définir les phases de réalisation nécessaires pour la mise en œuvre d'une solution réaliste et répondant aux besoins en déplacement jusqu'en 2041, techniquement concevable avec un minimum d'impacts et financièrement réalisable;
- Établir un consensus des organismes concernés sur les caractéristiques du projet et son calendrier de réalisation, pour obtenir une intégration harmonieuse dans le milieu et un projet optimal sur les plans technique, financier et des impacts (insertion urbaine), adressant des retombées économiques intéressantes pour la région et le Québec;
- Fournir les renseignements nécessaires et les niveaux de détails adéquats pour permettre l'obtention des différentes autorisations gouvernementales requises, dont celles en matière d'impacts environnementaux.

L'Étude d'avant-projet comporte 17 livrables qui, sous la gouverne et la responsabilité du Bureau d'étude SRB Québec-Lévis qui assume la maîtrise d'œuvre et la gestion, nécessitent la collaboration de trois (3) principaux fournisseurs, soit le Groupement SRB Québec-Lévis, l'équipe de travail Infrastructures et l'équipe de travail Réseaux.

1.3.2 Liste des livrables de l'étude d'avant-projet préliminaire

N°	TITRES DES LIVRABLES ET SOUS-LIVRABLES
1	Projet de référence
1.1	Description du projet de référence
1.2	Alimentation du système
1.3	Matériel roulant
1.4	Rapport d'étape
2	Critères de conception
2.1	Description générale des critères de conception du SRB
2.2	Équipements requis
2.3	Description spécifique des critères pour la plateforme
2.4	Rapport d'étape
3	Conception préliminaire des infrastructures
3.1	Inventaire des données de base
3.2	Optimisation des infrastructures souterraines
3.3	Conception des stations
3.4	Insertion du SRB
3.4.1	Structures et ouvrages d'art
3.4.2	Validation de la plateforme
3.4.3	Insertion détaillée des stations
3.5	Conception des pôles d'échanges
3.6	Rapport d'étape
4	Exploitation et entretien du système
4.1	Exploitation du système
4.2	Entretien du système
4.3	Maintenance et dépôt : centre d'entretien et d'exploitation (CEE)
4.4	Rapport d'étape
5	Coûts d'immobilisation et d'exploitation préliminaires SRB
5.1	Coûts d'immobilisation préliminaires
5.2	Coûts d'exploitation préliminaires
5.3	Rapport d'étape
6	Développement des réseaux de transport en commun RTC, STLévis et SRB
6.1	Diagnostic
6.2	Refonte des réseaux de transport en commun et arrimage au SRB
6.3	Rapport préliminaire
7	Évaluation des impacts sur l'environnement

N°	TITRES DES LIVRABLES ET SOUS-LIVRABLES
7.1	Étude d'impact sur l'environnement
7.2	Audience publique et dépôt du rapport du Bureau d'audience publique sur l'environnement
8	Évaluation des impacts sur la circulation
8.1	Analyse des impacts sur la circulation
8.2	Analyse fonctionnelle de circulation au pourtour des pôles d'échanges
8.3	Mesures de mitigation
8.4	Rapport d'étape

1.3.3 Liste des livrables de l'étude d'avant-projet définitif

N°	TITRES DES LIVRABLES ET SOUS-LIVRABLES
9	Ajustement de l'analyse des impacts sur l'environnement
10	Conception définitive des infrastructures
10.1	Insertion définitive du SRB
10.2	Concepts finaux des pôles d'échanges et terminus de ligne
10.2.1	Plans fonctionnels et techniques des pôles d'échanges et terminus de ligne
10.2.2	Conception définitive des équipements de surface et du potentiel de développement immobilier
11	Phasage et échancier de construction du projet de SRB
11.1	Phasage du projet de SRB
11.2	Échancier de construction du projet de SRB
11.3	Rapport d'étape
12	Phasage des réseaux de transport en commun
13	Coûts d'immobilisation et d'exploitation SRB
13.1	Coûts d'immobilisation
13.2	Coûts d'exploitation
13.3	Rapport d'étape consolidé SRB, RTC et STLévis
14	Évaluation économique et financière
14.1	Analyse financière
14.2	Analyse avantages/coûts
14.3	Évaluation des retombées économiques
14.4	Rapport d'étape
15	Rapport final du développement des réseaux de transport en commun
16	Application du concept général d'image de marque
17	Rapport final de l'étude d'avant-projet définitif

2 PRÉSENTATION DU LIVRABLE

Ce livrable présente les hypothèses et critères de conception établis pour la réalisation des avant-projets préliminaire et définitif du SRB de Québec et de Lévis, pour ce qui touche à l'insertion de la plateforme de roulement du SRB.

Les critères décrits ci-après ont été établis sur la base des besoins connus au moment de sa production et en ayant pour référence les études de faisabilité pour le service SRB en question et le livrable 1 « projet de référence » produit pour cette étape d'avant-projet. Ces critères visent la conception d'un service SRB performant et une exploitation sécuritaire. Dans ce sens, il est proposé que les critères les plus exigeants soient privilégiés lorsque des alternatives sont disponibles, sans quoi les performances d'exploitation pourraient être compromises.

Les hypothèses et critères présentés sont à appliquer par l'ensemble des équipes de conception impliquées dans le projet, selon une approche participative et avec une validation mutuelle de leur application. Lorsque des ajustements seront requis, les équipes responsables des infrastructures, de l'exploitation et de la circulation devront coordonner les besoins mutuels afin d'arriver au meilleur concept final.

Il est important de noter que des analyses plus avancées au cours des étapes ultérieures, notamment l'intégration des besoins d'exploitation dans un schéma spécifique au SRB ainsi que les besoins de maintenance et d'entretien des infrastructures, pourront ajouter de nouveaux besoins et venir compléter les conclusions du présent document.

DOCUMENT DE TRAVAIL

3 NORMES APPLICABLES

3.1 Généralités

Ce chapitre définit l'ensemble des normes, réglementations et principales bonnes pratiques (qu'elles soient de natures internationales, nationales, provinciales ou locales) nécessaires à la conception d'un système SRB performant.

3.1.1 Normes québécoises

Références normatives principales - Routes et ouvrages d'art

- MTMDET, Tomes I à VIII, Collection Normes - Ouvrages routiers
- Règlement sur les normes de charges et de dimensions applicables aux véhicules routiers et aux ensembles de véhicules routiers (C-24.2, r. 31);
- MDDELCC, Loi sur la qualité de l'environnement (LQE).

Références normatives principales - Alimentation électrique

Générales

Les principales références pour établir les critères de conception sont tirées des trois différents livres d'Hydro-Québec, soient les livres bleu, vert et rouge. Ils contiennent des dessins types pour la plupart des configurations.

- CAN/CSA-C22.10-10 : Code de construction du Québec : Chapitre V Électricité
- HQ C.25-01 – Exigences techniques relatives à l'émission d'harmoniques par les installations de client raccordées au réseau de distribution Hydro Québec
- HQ E.21-10 – Service électrique en basse tension – Livre bleu Hydro Québec
- HQ E.21-11 – Service électrique en basse tension à partir des postes distributeurs – Livre vert Hydro Québec
- HQ E.21-12 - Service d'électricité en moyenne tension – Livre rouge Hydro Québec
- HQ E.21-13 – Exigences techniques relatives à la protection et à l'émission de perturbations des installations de clients raccordées au réseau de distribution d'Hydro Québec
- HQ E.22-03 – Exigences relatives au raccordement des charges fluctuantes au réseau de distribution d'Hydro-Québec
- HQ F.22-01 – Mesurage de l'électricité en moyenne et haute tension
- HQ B.41.11 – Normes de construction du réseau aérien - Instructions générales relatives aux distances - D1000
- HQ B.41.11 – Normes de construction du réseau aérien – Dégagements verticaux minimaux au-dessus du sol – D1700

- HQ B.41.11 – Normes de construction du réseau aérien – Dégagements minimaux au croisement d'une ligne de transport avec une ligne de distribution – D1730

3.1.2 Normes canadiennes

Références normatives principales - Routes et ouvrages d'art

- Association des transports du Canada, Guide canadien de conception géométrique des routes, 1999
- Supplément urbain au Guide canadien de conception géométrique des routes (TAC)
- Code canadien sur le calcul des ponts routiers, CAN/CSA – S6
- Norme relative aux gabarits ferroviaires, Transport Canada

Références normatives principales - Alimentation électrique

Générales

- CAN/CSA-C22.3 n° 1 : Réseaux aériens
- CAN/CSA-C22.3 n° 7 : Underground Systems
- CAN/CSA-Z462 : Sécurité en matière d'électricité au travail
- CAN/CSA-E62660-2 : Éléments d'accumulateurs lithium ion pour la propulsion des véhicules routiers électriques – Partie 2 : Essais de fiabilité et de traitement abusif
- CAN/CSA-C22.2 n° 280 : Norme visant le matériel d'alimentation électrique pour véhicules électriques
- CAN/CSA-C22.2 n° 282 : Norme visant les fiches, les prises de courant et les coupleurs pour véhicules électriques
- ULC CAN/ULC-S2580 : Norme sur les batteries pour véhicules électriques - Première édition; y compris la modification n° 1
- ULC CAN/ULC-S2271 : Norme sur les batteries électriques pour véhicules électriques légers - Première édition
- Association des transports du Canada, Guide de conception des systèmes d'éclairage routier, dernière édition

3.1.3 Normes étrangères

Références normatives principales - Routes et ouvrages d'art

- AASHTO, Guide for Geometric Design of Transit Facilities on Highways and Streets, Juillet 2014.
- AASHTO – A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th edition, 2011 (with 2012 and 2013 Errata)
- AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

Références normatives principales - Service rapide par bus (SRB)

- APTA : APTA-BTS-BRT-RP-001-10, Bus Rapid Transit Branding, Imaging and Marketing, Mars 2010
- APTA : APTA-BTS-BRT-RP-002-10, Bus Rapid Transit Stations and Stops, Octobre 2010
- APTA : APTA-BTS-BRT-RP-003-10, Designing Bus Rapid Transit Running Ways, Octobre 2010
- APTA : APTA-BTS-BRT-RP-004-10, Bus Rapid Transit Service Design, Octobre 2010
- APTA : APTA-BTS-BRT-RP-005-10, Implementing BRT Intelligent Transportation Systems, Octobre 2010
- APTA : APTA-BTS-BRT-RP-007-10, Operating a Bus Rapid Transit System, Octobre 2010
- International Electrotechnical Commission, IEC 62278 : Railway applications - Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS), 2002

Références normatives principales - Alimentation électrique

Générales

- Norme EN 50 119 : Installations fixes – Lignes aériennes de contact pour la traction électrique
- Norme EN 50 163 : Tensions d'alimentation des réseaux de traction
- Norme EN 50122-1 : Installations fixes – Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour – Partie 1 : Mesure de protection contre les chocs électriques
- Norme EN 50122-2 Installations fixes – Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour – Partie 2 : Mesure de protection contre les effets des courants vagabonds issus de la traction électrique à courant continu
- BSI BS EN 1821-1 Electrically Propelled Road Vehicles - Measurement of Road Operating Ability Part 1: Pure Electric Vehicles
- Normes Électrique - Service rapide par bus (SRB)
- IEC 61851-21 Electric vehicle conductive charging system - Part 21: Electric Vehicle Requirements for Conductive Connection to an A.C./D.C. Supply
- IEC 61851-24 Electric vehicle conductive charging system – Part 24: Digital communication between a D.C. EV charging station and an electric vehicle for control of D.C. charging
- IEC 61982 Secondary batteries (except lithium) for the propulsion of electric road vehicles – Performance and endurance tests
- IEC 61982-4 Secondary batteries (except lithium) for the propulsion of electric road vehicles - Part 4: Safety requirements of nickel-metal hydride cells and modules
- IEC 62196-1 Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 1: General requirements

- IEC 62196-2 Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for A.C. pin and contact-tube accessories
- IEC 62196-3 Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for D.C. and A.C. / D.C. pin and contact-tube vehicle couplers
- ISO 6469-1 Véhicules routiers électriques - Spécifications de sécurité - Partie 1 : Système de stockage d'énergie rechargeable à bord du véhicule (RESS)
- ISO 6469-2 Electrically propelled road vehicles - Safety specifications Part 2: Vehicle operational safety means and protection against failures
- ISO TR 8713 Electrically propelled road vehicles - Vocabulary - First Edition
- UL 2594 UL Standard for Safety Electric Vehicle Supply Equipment
- BCIS (Battery Council International) 14: Determination of Capacity of Lead-Acid Industrial Storage Batteries for Motive Power Service
- BCIS (Battery Council International) 16: Standard for Deep Cycle Battery Chargers
- CEC-400-2014-009 California Energy Commission Appliance Efficiency Regulations
- ECOS and EPRI Solutions Energy Efficiency Battery Charger System Test Procedure

3.1.4 Autres références et guides utilisés

Références générales

- Lois, codes et règlements municipaux, provinciaux et fédéraux applicables
- Principaux guides de référence routière et d'ouvrages d'art
- Manuel de conception des structures 2016, MTMDET
- Manuel d'évaluation de la capacité portante des ponts 2015, MTMDET
- Manuel d'inspection des structures 2012, MTMDET
- Manuel d'inventaire des structures 2013, MTMDET
- Ville de Québec, Guide de conception géométrique des rues de la Ville de Québec, janvier 2008
- Ville de Québec, Avis patrimonial sur le pont Laviguer, novembre 2013.
- Ville de Québec, Devis des clauses techniques générales – Volume 1 – Conduites d'eau potable, égouts et voirie Service de l'ingénierie

- Ville de Lévis, Normes et procédures pour travaux d'ingénierie, Travaux de construction, réfection et prolongement de réseau de conduite d'eau potable, d'égouts, de voirie, d'éclairage public et d'utilités publiques , 2013
- The American Railway Engineering and Maintenance of Way Association (AREMA), Manual for Railway Engineering, 2016
- Florida department of Transportation , Integrating transit into traditional neighborhood design policies – The influence of lane width on bus safety – Final report, juin 2010
- Florida department of Transportation , Typical sections for exclusive transit running ways – June 2013
- SETRA, Aménagement des routes principales (sauf les autoroutes et routes express à deux chaussées), Août 1994
- SETRA, Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes, Janvier 2006
- SETRA, Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides interurbaines (ICTAVRI), 2002

Principaux guides de référence - SRB

- Institute for Transportation & Development Policy (ITDP): Bus Rapid Transit Planning Guide, June 2007
- Institute for Transportation & Development Policy (ITDP): The BRT Standard, 2016
- Transit Cooperative Research Program (TCRP) : REPORT 90, Bus Rapid Transit, Volume 1: Case Studies in Bus Rapid Transit, October 2002
- Transit Cooperative Research Program (TCRP) : REPORT 90, Bus Rapid Transit, Volume 2: Implementation Guidelines, June 2003
- Transit Cooperative Research Program, Bus Rapid Transit – Volume 2 : Implementation Guidelines, 2003
- Groupement SRB Québec-Lévis, Études d'avant-projet préliminaire et définitif du SRB de Québec et de Lévis, Livrable 1 - Projet de référence révision PA, 2016
- Consortium Tramway Québec-Lévis, Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis, Livrable 1.10 - Projet de référence SRB, variantes et enjeux, révision 03, 2014
- Consortium Tramway Québec-Lévis, Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis, 3e. Sous-livrable 1,2 (B) Note technique finale – Plateforme voie ferrée, révision 00, 2013
- K2 Research Centre, Guidelines for Attractive Public Transport with a Focus on BRT, SWEDEN, Janvier 2015
- CERTU, Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU), Mars 2009

- CEREMA (anciennement SETRA) – Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison (ICTAAL), 2015

Références principales - alimentation électrique

- Rapport DOT-HS-811-526 « Incidence Rates of Pedestrian and Bicyclist Crashes by Hybrid Electric Passenger Vehicles – An Update », Octobre 2011
- Gouvernement du Canada - Véhicules hybrides et électriques : Feuille de route technologique du Canada sur les véhicules électriques
- U.S. Standardization Roadmap for Electric Vehicles - http://www.ansi.org/news_publications

DOCUMENT DE TRAVAIL

4 MATÉRIEL ROULANT ET SYSTÈMES DE RECHARGE

Les critères de conception ci-après sont basés sur les caractéristiques du matériel roulant et des systèmes de recharge retenues au Livrable 1 « Projet de référence », dans lequel un autobus d'approximativement 24 mètres de longueur à double articulation et à plancher bas est recommandé. Le système de propulsion recommandé est électrique à batteries compatibles avec un système de recharge lente, rapide et ultra-rapide de type Flash. Deux essieux moteurs sont recommandés pour faciliter la conduite dans les fortes pentes et maintenir la stabilité du véhicule en tout temps.

4.1 Configuration des autobus

Comme le choix exact de la marque et du modèle de véhicule ne va pas être fait à cette étape du projet, il est convenu d'utiliser les caractéristiques les plus contraignantes des différents véhicules identifiés dans le livrable 1 comme compatibles avec le besoin, afin de déterminer les critères de conception du système SRB. Ces caractéristiques sont tirées de la gamme de véhicules analysés et sont utilisées pour la configuration d'un véhicule type qui servira de référence pour la conception du projet. Les caractéristiques utilisées sont décrites aux tableaux suivants.

Tableau 4.1 Sommaire des caractéristiques des véhicules retenus

Caractéristique technique	Spécification
1. Aperçu général	
Motorisation	Électrique (batteries)
Longueur maximale (mètres)	24,7
Nombre wagons	3
Nombre de places	150 ou plus
Nombre d'essieux à traction	2
2. Dimensions du bus	
Largeur, sans miroir (mètres)	2,60 max
Largeur, avec miroirs (mètres)	3,05 max
Hauteur total (mètres)	3,60 max
Hauteur du plancher (mètres)	0,380
Angle d'approche/départ	6 à 7°
Rayon de braquage (mètres)	12,40 max
Garde au sol minimum	0,20
Distance du centre de la porte avant au nez de l'autobus (mètres)	3,00 min
Distance du centre de la porte arrière au pare-chocs arrière de l'autobus (mètres)	3,00 min
3. Poids du bus	
Poids à vide (PV) (kg)	25 500 max

Caractéristique technique

Spécification

Poids nominal brut du véhicule (PNBV) (kg)

36 500 max

La figure ci-dessous montre en exemple les dimensions et le poids par essieu des SRB de modèle Exquicity, du fabricant Van Hool (voir tableau 3.5 du Livrable 1).

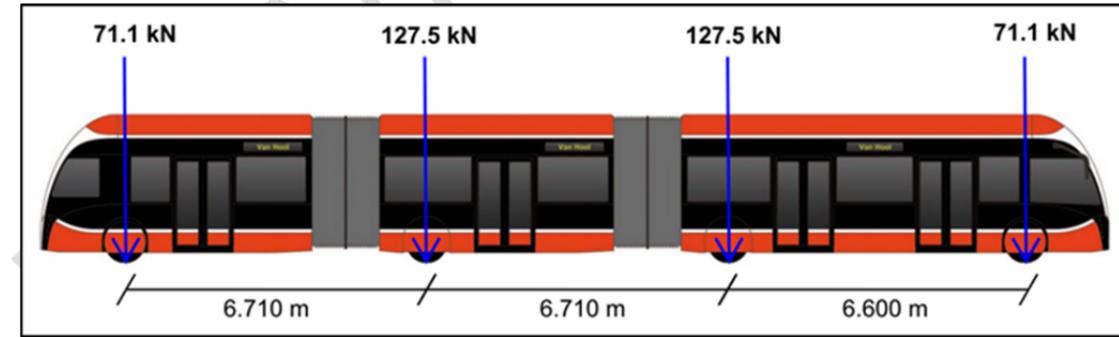


Figure 4.1 Poids et distances des essieux d'un SRB

4.2 Motorisation des autobus

Le système de propulsion recommandé est électrique à batteries compatibles avec un système de recharge rapide et ultra-rapide de type Flash .

Tableau 4.2 Sommaire des recommandations relatives à la motorisation des véhicules

Spécifications	De base
Chimie des batteries	NMC
Énergie stockée par les batteries (kWh)	150-170
Autonomie minimale avec une charge pleine (km)	30
Garantie des batteries (années)	10-12
Vitesses d'opération (km/h)	
- Alignement plat	60
- En pente de 8 %	30
- En pente de 12 %	20
Localisation des essieux de traction (1, 2, 3, 4)	2 et 3

Tableau 4.3 Sommaire des recommandations relatives au système de recharge

4.3 Systèmes de recharge

Trois systèmes de recharge sont retenus pour alimenter les autobus électriques, soient les systèmes de recharge lent, rapide et ultra-rapide de type Flash.

- Le système de recharge lent est prévu dans les CEE (recharge nocturne).
- La recharge rapide est implantée aux terminus (400 kW en 6 minutes).
- La recharge ultra-rapide (Flash) se fait en station (600kW, 20 secondes), à tous les 1,2 km environ (soit à tous les 2 ou 3 arrêts selon le parcours). La localisation des équipements pour la recharge ultra-rapide en station, compte tenu de sa flexibilité, seront localisés selon les besoins de la conception et du phasage anticipé pour l'implantation du service.

Les caractéristiques de ces systèmes sont décrites au tableau suivant.

Spécifications	De base
Recharge ultra-rapide en stations	
Interface de recharge	Contacteurs sur pantographes TOSA
Nombre de pantographes	1 par poste de recharge (maximum de 4 par station)
Dimension des pantographes par station - Hauteur (mm) - Largeur (mm) - Profondeur (mm)	4500 Selon design 4200
Modules de stockage de l'énergie en station	Batteries au LTO ou NMC
Nombre de modules de stockage de l'énergie par station équipée	1 par poste de recharge
Dimension des modules de stockage de l'énergie (par poste de recharge) - Hauteur (mm) - Largeur (mm) - Profondeur (mm)	2400 600 1400
Spécifications électriques - Puissance requise à l'entrée (kVA) - Tension requise à l'entrée - Puissance à la sortie (kW) - Tension à la sortie (VDC)	50 400 VAC ou 22 kV 600 500
Recharge rapide en terminus	
Interface de recharge	Contacteurs sur pantographes fixes
Nombre de pantographes	10
Nombre de terminaux équipés de recharge	4
Dimension des pantographes - Hauteur (mm) - Largeur (mm) - Profondeur (mm)	4500 Selon design 4200
Dimension des modules de stockage de l'énergie (par poste de recharge) ^{*Erreur ! Signet non défini.}	3000 1000 2400
Spécifications électriques - Puissance requise à l'entrée (kVA) - Tension requise à l'entrée - Puissance à la sortie (kW) - Tension à la sortie (VDC)	200 ou plus (*) 400 à 2200 (*) 400 500

(*) Le fournisseur dit pouvoir s'accommoder de toutes les tensions et puissances disponibles aux sites choisis.

DOCUMENT DE TRAVAIL

5 CRITÈRES DE CONCEPTION DES INFRASTRUCTURES

5.1 Généralités

La présente section énonce les critères et hypothèses qui seront utilisés pour la conception des infrastructures requises pour l'implantation du corridor SRB de Québec et de Lévis. Ces critères concernent les requis minimaux pour l'ensemble des disciplines ayant un impact sur l'implantation des infrastructures dans leur milieu récepteur.

Cette section consiste donc en l'essentiel des critères de conception nécessaires à l'exécution des avant-projets préliminaire et définitif. Si d'autres besoins venaient à être identifiés, des critères particuliers pourraient être définis lors de l'étape 3 du projet par chacune des disciplines et devraient être documentés dès le début des activités de conception dans des notes techniques.

5.2 Géométrie de la plateforme SRB et de son alignement

Les critères géométriques tiennent compte des contraintes d'implantation caractérisant le corridor SRB spécifique de Québec et de Lévis, soit un milieu bâti de densité variable avec un réseau routier comprenant des configurations diverses.

Pour respecter les requis de performance (vitesses, gains de temps de parcours, confort des usagers, etc.) d'un service d'autobus à haut niveau de service ainsi que pour assurer une implantation cohérente avec les contraintes du milieu d'insertion, il est proposé de considérer des configurations géométriques variables selon les besoins locaux.

Dans cette approche, il est important de considérer l'objectif principal de l'implantation d'un SRB, qui est d'assurer la performance et l'attractivité du transport collectif de personnes afin d'offrir un service compétitif à l'automobile et pouvant attirer des usagers autrement non partisans du transport en commun. L'utilisation de voies en site propre doit donc être privilégiée lorsque des contraintes d'implantation sont surmontables à des coûts raisonnables.

5.2.1 Vitesse de base

La vitesse de base utilisée pour la conception des éléments géométriques correspond à la vitesse affichée plus 10 km/h.

Afin d'assurer la sécurité des usagers de la route, la vitesse affichée pour le corridor SRB ne doit pas dépasser la vitesse de roulement affichée aux voies automobiles adjacentes.

La vitesse de base à utiliser pour la conception du SRB doit être la même que pour la conception de la voirie adjacente.

5.2.2 Tracé en plan

Tableau 5.1 Critères de conception en plan

Critère	SRB		
	Vitesses de base (affichée + 10 km/h)	40 km/h	60 km/h
Alignement droit			
Longueur minimale entre courbes en sens inverse	Doit permettre la transition du bord extérieur de la voie selon une pente de 1 : 400		
Longueur en station (1 bus)	43,95 m		
Longueur en station (2 bus)	63,40 m		
Courbe et rayon			
Rayon minimal en voie courante	$R_{MIN} = 45 \text{ m}$	$R_{MIN} = 130 \text{ m}$	$R_{MIN} = 250 \text{ m}$ Au dévers minimum : $R_{DM} = 355 \text{ m}$ Au bombement normal : $R_{BN} = 2130 \text{ m}$
Rayon minimal en voie de dépôt ou CEE	120 m	120 m Cette vitesse ne devrait pas être pratiquée dans les CEE	120 m Cette vitesse ne devrait pas être pratiquée dans les CEE
Rayon minimal aux intersections¹	15 m	15 m	15 m
Dévers			
Maximal admissible	Aucun dévers	Aucun dévers	$EMAX = +4\%$
Dévers minimal	Aucun dévers	Aucun dévers	$DM = +3\%$
Bombement normal	$BN = 3\%$	$BN = 3\%$	$BN = 3\%$
Distance de visibilité d'arrêt	$DVA_{MIN} = 45 \text{ m}$	$DVA_{MIN} = 120 \text{ m}$	$DVA_{MIN} = 170 \text{ m}$
Distance de visibilité d'anticipation	125 m	205 m	295 m

¹ La largeur requise ainsi que le dégagement des îlots, des divers équipements et des lignes d'arrêts devront être validés à l'aide d'un logiciel de vérification de déplacement véhiculaire.

L'application du dévers doit se faire selon l'article 6.3.4 Gradation du dévers du tome I des normes du MTMDET.

5.2.3 Profil en long

Tableau 5.2 Critères de conception en profil

Critère	SRB		
	Vitesses de base (affichée + 10 km/h)	40 km/h	60 km/h
Courbe verticale			
Courbe saillante minimale²	$K_{MIN} = 4$	$K_{MIN} = 20$	$K_{MIN} = 40$
Courbe rentrante minimale	$K_{MIN} = 7$	$K_{MIN} = 27$	$K_{MIN} = 40$
Longueur minimale	Égale à la vitesse de base (en km/h)	Égale à la vitesse de base (en km/h)	Égale à la vitesse de base (en km/h)
Pentes			
Maximale³	6%	6%	6%
Minimale	0,7 %	0,7 %	0,7 %
Souhaitable⁴	3 %	3 %	3 %

5.2.4 Profil en travers

Lors des études de faisabilité pour l'implantation d'un SRB, le concept de transition vers l'implantation du mode tramway était une orientation importante et impérative. Il fallait imaginer une plateforme dont les caractéristiques seraient, entre autres, d'assurer une certaine infranchissabilité (pour assurer la performance du système, notamment pour un tramway qui ne peut dévier de sa route et dont les capacités d'évitement sont moins flexibles qu'un autobus pour des obstacles apparaissant soudainement), de faciliter une transition vers un tramway à terme, de simplifier au maximum l'entretien (notamment au niveau du déneigement et du drainage), et de dégager une image de marque reconnaissable (notamment par les usagers de la route).

À l'époque, les parties prenantes participant à l'établissement des concepts avaient convenu, pour l'étude de faisabilité, d'aller vers un concept novateur consistant en une plateforme surélevée de 150 mm bordée de bordures de granite

permettant au corridor de se distinguer dans le réseau routier local des villes, tout en répondant aux critères minimaux requis pour l'exploitation et l'entretien.

Pour la conception des avant-projets préliminaire et définitif, la nouvelle orientation du projet est de ne plus considérer de prédisposition pour un tramway. Cependant, il demeure important de limiter au maximum la possibilité que des véhicules non souhaités circulent sur la plateforme (notion d'infranchissabilité), de considérer l'entretien (et particulièrement le déneigement), et de retrouver une image de marque pouvant faire éventuellement penser à un tramway, ou du moins être reconnaissable par les usagers de la route.

Selon une revue d'autres systèmes SRB dans le monde, la configuration usuelle pour des voies en site propre dans la circulation routière consiste en des voies avec un marquage spécifique, au même niveau que les voies adjacentes, bordées d'éléments permettant de répondre au besoin d'infranchissabilité (bollards, bordures surélevées, etc.). Le drainage de ces voies se fait généralement sur le même principe que les voies adjacentes.

Il a cependant été convenu avec le Bureau d'étude d'essayer de conserver autant que possible le concept novateur prévu au moment de l'étude de faisabilité, soit la surélévation de l'entièreté de la plateforme. De ce fait, la configuration usuelle indiquée précédemment (nommée « configuration type A » ci-après), bien qu'elle puisse s'appliquer au présent projet, ne répond pas à ces critères (novateur, surélévation de l'entièreté de la plateforme). Deux options additionnelles de configuration avec des voies surélevées sont donc proposées (configurations type B et C). En mode étude d'avant-projet, il est possible de considérer les configurations types A et B ainsi que la configuration type C avec une hauteur de plateforme de 50 mm sur la prémisses d'une analyse sommaire des risques, faite avec le Bureau d'étude, qui n'a pas révélé de risque majeur (technique ou d'exploitation). Par contre, pour l'implantation éventuelle de la configuration type C avec une hauteur de plateforme de 100 mm, il faudra faire une analyse de risque détaillée et un audit de sécurité, qui tiennent notamment compte de la configuration de l'environnement d'implantation.

Il est important de noter que les deux options de configurations, avec voies surélevées, sont plutôt rares dans le monde pour des SRB, et même inexistantes dans des conditions climatiques similaires à celles du Québec. Il n'y a donc pas de retour d'expérience ni sur l'exploitation ni sur l'entretien de ce type de configuration. Dans un contexte d'avant-projet préliminaire, pour des fins de conception pour estimation, il est acceptable de les considérer, sachant qu'il sera tout-à-fait possible d'implanter des voies non-surélevées (configuration type A) dans l'avant-projet définitif, si nécessaire, moyennant une reprise de plusieurs éléments comme les profils et le système de drainage.

Les configurations types A, B et C sont présentées ci-après. Afin de tenir compte des contraintes d'implantation locales selon les choix du concepteur, des variations de ces configurations à une voie de roulement sont présentées à l'annexe 1.

² $L=KA$ où L équivaut à la longueur de la courbe et A représente la différence algébrique des pentes (%).

³ En zone de forte pente, les valeurs pour le SRB peuvent être dépassées de 2 %, sans toutefois excéder une longueur de 150 m.

⁴ Selon l'importance de la rue, une réduction de la déclivité aux approches des intersections est requise conformément au guide de conception géométrique de la ville de Québec

Configuration type A

Configuration infranchissable portant sur une voie à niveau par rapport à la voirie adjacente avec bordure de séparation surélevée de 100 mm. Là où l'infranchissabilité de la plateforme ne peut être considérée, notamment dans une configuration dite banale ou lorsque les voies adjacentes font moins de 5,5 m, les bordures doivent être mises à niveau par rapport aux voies adjacentes (bordures entièrement noyées dans le pavage).

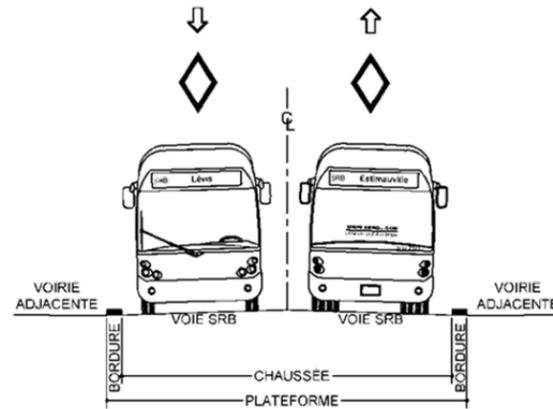


Figure 5.1 Configuration type A – Coupe-type

Configuration type B

Configuration infranchissable avec voie surélevée de 100 mm ou plus par rapport à la voirie adjacente, incluant obligatoirement deux terre-pleins (minimum 2 m de largeur) de chaque côté des voies du SRB. Cette configuration ne peut pas être appliquée si les voiries adjacentes font moins de 5,5 m.

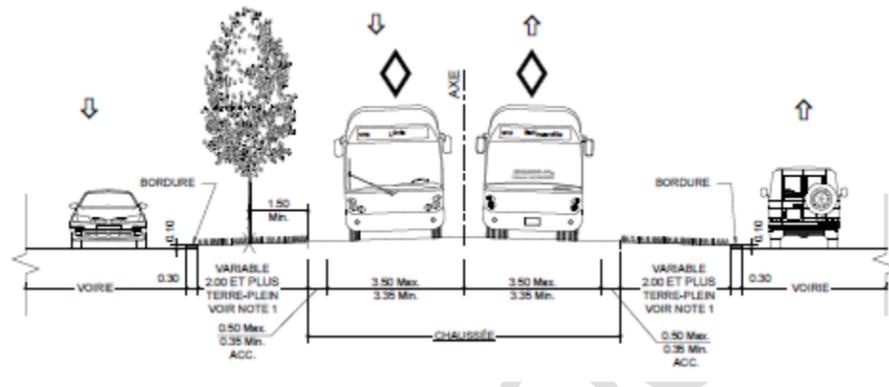


Figure 5.2 Plateforme du SRB surélevée de 100 m infranchissable (configuration type B) – Coupe-type

Configuration type C (hauteur de 50 mm)

Configuration semi-franchissable avec voie surélevée de 50 mm par rapport à la voirie adjacente. Là où la semi-franchissabilité de la plateforme ne peut être considérée, notamment dans une configuration dite banale ou lorsque les voies adjacentes font moins de 4,0 m, les bordures devraient être mises à niveau par rapport aux voies adjacentes (bordures entièrement noyées dans le pavage) afin d'éviter des problèmes de déneigement.

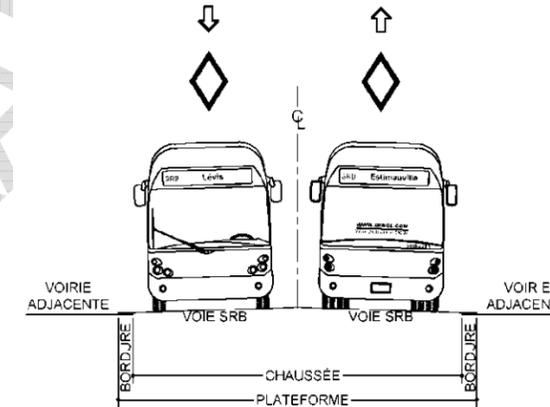


Figure 5.3 Plateforme du SRB surélevée de 50 mm semi-franchissable (configuration type C) – Coupe-type

Configuration type C (hauteur de 100 mm)

Configuration infranchissable, basée sur celle adoptée lors des études de faisabilité, avec voie surélevée de 100 mm par rapport à la voirie adjacente. Cette configuration doit faire l'objet d'une analyse de sécurité là où il est souhaité qu'elle soit implantée. Là où l'infranchissabilité de la plateforme ne peut être considérée, notamment dans une configuration dite banale ou lorsque les voies adjacentes font moins de 4,0 m, les bordures devraient être mises à niveau par rapport aux voies adjacentes (bordures entièrement noyées dans le pavage) afin d'éviter des problèmes de déneigement.

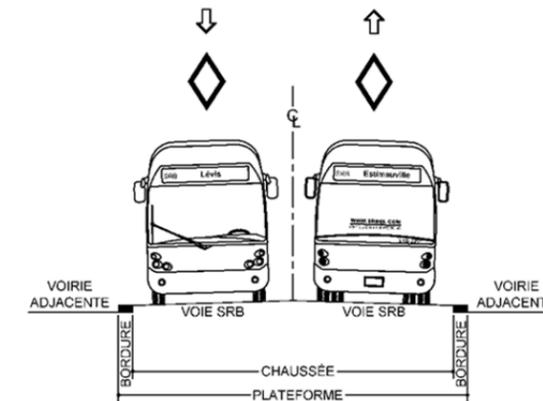


Figure 5.4 Coupe-type – Plateforme du SRB surélevée de 100 mm infranchissable (configuration type C)

En complément, les éléments présentés ci-dessous ont été établis sur la base de plusieurs standards internationaux utilisés lors de la conception de corridors SRB, tout en considérant les requis particuliers et les standards courants des villes de Québec et Lévis. L'annexe 4 présente le résumé des normes et des recommandations en conception routière relatives à la largeur des voies pour un matériel roulant non guidé.

Largeurs de voie et vitesses recommandées

Bien qu'aucune norme reliant la vitesse de roulement à la largeur de voie n'ait été répertoriée lors de nos recherches, il est tout de même recommandé, pour des questions de confort de roulement et de sécurité, d'adopter les largeurs suivantes, selon le cas rencontré :

- Vitesse de base de 40 km/h (vitesse affichée de 30 km/h) = plateforme portant sur des voies de roulement autobus entre 3,35 et 3,50 m sans accotement;
- Vitesse de base de 60 km/h et 80 km/h (vitesse affichée de 50 km/h et 70 km/h) = plateforme portant sur des voies de roulement autobus de 3,35 m ou plus avec accotement minimal de 0,35 m;

Ces recommandations ne sont présentées que pour guider le concepteur dans les meilleures pratiques rencontrées dans les études énumérées dans la liste de références du chapitre 3. Le choix de vitesse de base à considérer pour les différents tronçons d'implantation revient au concepteur, dans la mesure où les minimums ci-dessous soient respectés :

- vitesse de base limitée à 40 km/h dans le cas de voies entre 3,35 m à 3,50 m sans accotements;
- vitesses de base de 60 km/h ou 80 km/h pour tous les autres cas-type (largeur de plateforme incluant bordures de 8,0 m ou plus), à condition que tous les éléments géométriques reliés à la vitesse de conception soient respectés.

Position de la plateforme dans les corridors routiers

Deux configurations sont possibles :

- Positionnement axial;
- Positionnement latéral (note : lorsqu'utilisée sur une rue à sens unique, cette configuration est à utiliser du côté gauche, entre autres pour faciliter le déneigement qui se fait normalement vers la droite. Éviter la position latérale du côté droit).

À l'étude de faisabilité, le positionnement de la plateforme a été défini le long du parcours. Il appartient cependant à l'équipe qui va faire l'insertion d'établir la configuration optimale selon les contraintes du milieu d'insertion (utilités publiques, circulation locale, accès riverains, etc.).

Franchissabilité de la plateforme

Lors de la réalisation des études de faisabilité, la question de la protection du corridor prioritaire du SRB (site propre) face à la possibilité d'intrusion par les automobilistes circulant dans les voies adjacentes a mené à la définition du concept de franchissabilité du corridor, caractérisé par le niveau de difficulté à accéder à ce corridor exclusif.

Trois concepts ont alors été établis, et repris dans les présentes études d'avant-projets avec les ajustements requis à leur configuration pour tenir compte des nouvelles hypothèses de base expliquées au début de la présente section. Ces concepts sont définis ci-après.

- Site propre franchissable : Le site propre est délimité par un dispositif matériellement franchissable, soit une bordure démarquant le corridor mais à la même élévation de la chaussée, permettant à l'automobiliste, en cas de besoin, d'accéder au corridor SRB. Il s'agit d'un site propre protégé accessible.
- Site propre semi-franchissable : Le site propre est délimité par un séparateur franchissable, mais provoquant un certain inconfort à l'automobiliste lors du franchissement, avertissant ainsi le conducteur de l'intrusion dans une zone à accès restreint aux autobus. Typiquement, une bordure surélevée de 50mm est utilisée. Il s'agit d'un site propre protégé accessible avec restriction.
- Site propre infranchissable : Le site propre est délimité par un séparateur infranchissable pour tous les autres usagers de la voirie, soit une bordure surélevée de 100 mm entre les corridors SRB et automobile ou une surélévation de la plateforme SRB de 100mm. Il s'agit d'un site propre intégral.

Bordure

Les bordures sont en granite de chaque côté de la plateforme. Elles doivent être ancrées selon le détail type de la Ville de Québec, lorsqu'applicable. Pour des raisons d'homogénéité et d'image de marque, la largeur des bordures de granite est fixée à 300 mm. Les bordures ne doivent pas être utilisées pour le roulement des autobus.

- Infranchissable hauteur = 100 mm ;
- Semi-franchissable hauteur = 50 mm ;
- Franchissable hauteur = 0 mm ;

Surlargeur de voie en courbe

Afin de tenir compte de l'augmentation de l'empreinte des véhicules lorsqu'ils effectuent des virages, des surlargeurs permettant de maintenir la sécurité et le confort des usagers du SRB sont indiqués dans l'annexe 3. En site contraint où le critère de confort est écarté, des surlargeurs plus faibles doivent être justifiées avec l'utilisation d'un logiciel de simulation de déplacement véhiculaire.

Largeur des voiries adjacentes

- Lorsqu'il est requis d'assurer l'infranchissabilité, il est recommandé d'avoir une chaussée adjacente à la plateforme de 5,5 m minimum, afin de permettre une certaine liberté aux automobiles qui pourraient avoir à dépasser un autre véhicule à l'arrêt (livraison, panne, etc.);
- Lorsqu'il est requis d'assurer une semi-franchissabilité, il est recommandé de viser un minimum de 4,0 m pour la chaussée adjacente à la plateforme, afin de faciliter les opérations de déneigement.

5.3 Voirie

5.3.1 Dimensionnement

Le dimensionnement des structures de chaussée de la plateforme et des stations devra répondre à différents critères de conception.

Tableau 5.3 Critères de conception de la structure de chaussée

Critère	Description
Critères véhiculaires	Type de véhicule prévu dans le corridor (court, moyen et long terme); Configuration des véhicules (nombre d'essieux, nombre de roues, espacement entre les essieux, espacement entre les roues, poids total, poids axial, poids par roue, dimension des pneus); Présence de véhicules d'urgence, d'entretien, etc. (type, fréquence, poids et configuration axiale).
Critères d'achalandage	Nombre de véhicules prévus (fréquence quotidienne, heures d'opération)
Critères géotechniques	Sols d'infrastructure (nature, capacité portante, gélivité, conductivité hydraulique, niveau de la nappe phréatique, uniformité des sols le long du tracé)

5.3.2 Charges, efforts et contraintes

Surface

Les poids totaux et axiaux des équipements roulants projetés sont supérieurs aux charges légales en vigueur et ne sont donc pas homologués dans la province de Québec. Selon l'équipement retenu, le poids nominal brut par essieu simple pourrait varier de 6 750 kg sur l'essieu avant directionnel à 13 000 kg sur les essieux arrière.

La plateforme, incluant le revêtement de surface et les fondations granulaires, devra être conçue de façon à pouvoir supporter ces importantes charges axiales pendant la durée de vie escomptée de l'ouvrage.

Infrastructure

Les structures de chaussée proposées pour la plateforme devront permettre de répartir les charges routières de surface à un niveau que les sols d'infrastructure pourront supporter. Par conséquent, elles devront être adaptées à la capacité de support des sols en place, qui varieront inévitablement le long du tracé proposé.

À cet effet, une revue exhaustive des données géotechniques disponibles devra être effectuée et les informations manquantes devront être obtenues au moyen d'études complémentaires. La nature, les modules de résilience et de réaction de même que la gélivité des sols d'infrastructure en place devront être déterminés. Les secteurs problématiques, soient les sols de très faible portance, sols de très forte gélivité, sols organiques compressibles, remblais hétérogènes lâches et autres, devront être clairement identifiés et localisés.

Revêtement de surface

Deux options s'avèrent possibles pour la composition de la surface de roulement de la plateforme du SRB : le béton de ciment (appelé communément béton) et l'enrobé bitumineux (appelé communément asphalte ou pavage). Ces deux matériaux ont chacun leurs avantages et inconvénients et peuvent avoir une durabilité de 30 ans (ou plus), moyennant des entretiens périodiques. Une analyse sommaire de ces deux types de matériau est présentée à l'annexe 2.

Pour chacune de ces options, les avantages identifiés lors de l'analyse sont les suivants :

Béton de ciment :

- Meilleure perception des intrusions en situation de faible éclairage (ex. : piéton sur la plateforme plus facile à voir par le chauffeur si la surface est en béton);
- Durabilité (entretien moins fréquent);
- Besoins en éclairage légèrement moins importants (surface plus claire);
- Moins susceptible à l'orniérage;
- Coûts de coloration de la masse plus faibles;
- Faible propension à générer des îlots de chaleur en été.

Béton bitumineux :

- Meilleure adhérence;
- Moins bruyant;
- Meilleure performance environnementale globale (analyse du cycle de vie);
- Bonne lisibilité (facilité de voir le marquage);
- Meilleur confort de roulement;
- Facilité et rapidité pour la mise en œuvre et la mise en service;
- Marché plus compétitif (meilleurs prix).

Par ailleurs, il est important de mentionner que, peu importe le matériau choisi, la plateforme aux stations et à leurs approches de même que les sections du corridor en pente devront obligatoirement être construites en béton. Ceci se justifie par les risques d'orniérage qui sont plus importants dans ces sections, et compte tenu que l'enrobé bitumineux, un matériau viscoélastique influencé par la température et le temps de chargement, est mal adapté aux secteurs où les autobus sont stationnaires.

À l'étape actuelle des analyses, il est estimé que la longueur du tracé requérant cette solution est d'environ 7 km pour l'ensemble des stations (25 m + 65 m + 25 m = 115 m par station), longueur à laquelle il faut ajouter les sections en forte pente.

Cette obligation conduirait, dans l'option où le béton bitumineux serait retenu par le Bureau d'étude, à une plateforme qui serait constituée de deux matériaux différents, donc moins adapté au caractère distinctif et à l'image de marque unique recherchés.

Pour ces raisons, et en considérant que les différences de coûts à long terme des deux types de chaussée sont similaires, malgré les coûts initiaux plus importants pour la chaussée en béton, il est suggéré d'utiliser ce type de chaussée dans l'ensemble du tracé afin de garder l'uniformité du corridor.

Structure de chaussée

Les structures de chaussée de la plateforme du SRB devront être conçues pour supporter une fréquence élevée d'autobus. Le dimensionnement de la plateforme devra également prendre en considération le comportement hivernal de celle-ci. Tel que mentionné dans la norme *Structures de chaussée* du Tome II du MTMDET, la conception d'une structure de chaussée doit aussi satisfaire aux critères de protection contre le gel. Cette protection doit empêcher l'apparition de soulèvements aux gels majeurs ou différentiels, de façon à limiter l'apparition de lézardes et l'altération de l'uni. Elle a aussi comme effet d'éloigner de la surface les horizons de sol qui subissent des pertes de capacité de support au moment du dégel. Cette protection est généralement assurée par une épaisseur minimale de matériaux granulaires non gélifs au-dessus de la ligne d'infrastructure. Il faut ainsi vérifier un critère d'épaisseur minimale de protection partielle et limiter l'amplitude des soulèvements prévisibles.

La conception des structures de chaussée de la plateforme devra être effectuée au moyen d'une méthode éprouvée, comme celle proposée par l'AASHTO dans le *Guide for Design of Pavement Structures* (1993). Cette méthode est largement utilisée au Québec et est à la base de la norme *Structures de chaussée* et du logiciel de conception de chaussée (*Chaussée 2*) du MTMDET.

Compte tenu du fort volume de trafic, un autobus aux 3 à 6 minutes, et de l'impact d'une mauvaise performance des structures de chaussée de la plateforme, les critères de conception retenus devront être ceux généralement applicables aux rues collectrices. Les tableaux suivants présentent les critères de conception à utiliser avec la méthode AASHTO 1993 pour obtenir un comportement hivernal satisfaisant.

Tableau 5.4 Critères de conception de la structure de chaussée (méthode AASHTO, 1993)

Critère	Chaussée flexible	Chaussée rigide
Durée de vie	30 ans	30 ans
Niveau de confiance ou de fiabilité (R)	80 %	80 %
Déviations normale associée au risque de calcul (Z_R)	-0,841	-0,841
Erreur standard de l'estimation incluant la dispersion de toutes les données (S_0)	0,45	0,35
Indice de viabilité initiale (P_0)	4,00	4,00
Indice de viabilité finale (P_f)	2,00	2,00
Coefficient structural des différentes couches	Selon Chaussée 2	-
Module de rupture du béton (MR)	-	5.0 MPa
Module d'élasticité du béton (E)	-	30 000 MPa
Coefficient de transfert de charge (J)	-	3,2 ⁽¹⁾
Coefficient de drainage des couches granulaires (m)	0,8	0,9
Module de résilience effectif du sol de support (M_r)	Selon la nature des sols et les études géotechniques	-
Module de réaction du sol de support (k)	-	Selon la nature des sols et les études géotechniques

(1) Dalles courtes goujonnées considérées

Tableau 5.5 Critères de conception thermique de la structure de chaussée

Critère	Chaussée flexible	Chaussée rigide
Soulèvement hivernal maximal	60 mm	60 mm
Épaisseur totale minimale selon les sols d'infrastructure		
GM, GC	685 mm	685 mm
SM _{grossier} , SC	805 mm	805 mm
ML, CL, MH, CH, SM _{fin}	925 mm	925 mm

5.3.3 Drainage de la plateforme

Le tracé du SRB, qui passe sur le territoire des villes de Québec et Lévis, doit tenir compte des spécificités de gestion des eaux pluviales de chacune des villes. De façon usuelle, à la ville de Québec, une pluie de récurrence 1 : 2 ans sert à dimensionner les conduites pluviales d'une artère secondaire, alors qu'une pluie de récurrence 1 : 5 ans sert à dimensionner les conduites d'une artère principale. Les pluies proviennent de courbes intensité-durée-fréquence qui incluent les prévisions des changements climatiques (nommées courbe IDF du climat futur).

À la ville de Lévis, une pluie de récurrence 1 : 2 ans sert généralement à dimensionner les nouvelles conduites pluviales. La prise en compte des changements climatiques est effectuée par la majoration des intensités de précipitation obtenue d'une courbe intensité-durée-fréquence (IDF) standard par un facteur de 20 %.

Dans les deux cas, il importe de prendre en compte les deux réseaux, soit le réseau dit mineur (écoulement en conduite) et le réseau majeur (écoulement en bordure de la chaussée). L'écoulement à l'intérieur du réseau majeur est validé pour une pluie de récurrence 1 : 100 ans, provenant des courbes IDF climat futur à la ville de Québec alors qu'à la ville de Lévis, l'intensité est extraite des courbes IDF standard avec l'application d'un facteur de majoration de 10 %. Le captage de l'eau en chaussée s'effectue à l'aide de grille de puisard. Le type de grille et l'espacement de ces dernières sont évalués afin que le débit qui entre dans le réseau soit le débit de dimensionnement des conduites à la pluie 1 : 100 ans. Aussi, il importe que le filet d'eau, soit l'eau qui chemine le long de la bordure de rue, soit d'une largeur adéquate pour ne pas compromettre la sécurité des usagers de la route.

Les présents critères sont discutés et entérinés en début de projet avec les intervenants des Services de Génie des villes de Québec et Lévis. Aussi, lors de ces rencontres, il est possible de faire des liens sur les bassins de drainage des villes où les collecteurs ont des niveaux de service limités et les secteurs où des capacités résiduelles sont disponibles. Les nouveaux réseaux de conduites pluviales requis pour capter les eaux de ruissellement du corridor emprunté par le SRB se rejettent ultimement vers des conduites existantes des villes. Il faut s'assurer que les niveaux de services des conduites existantes et des collecteurs pluviaux associés seront conservés à la suite des travaux visant l'ajout de voies pour mettre en place le SRB. Tant à la ville de Québec qu'à la ville de Lévis, la bonne pratique en cas d'ajout de

superficiers imperméables est qu'il est requis de mettre en place des mécanismes (ex. : bassin de stockage) afin de limiter le rejet d'eau pluvial vers les réseaux de conduites existantes en limitant le débit de rejet à 50 l/s.ha. Pour certains secteurs plus à risque, ce critère de rejet est moindre.

Le tracé du SRB empruntera également des artères du MTMDET. La récurrence de conception à considérer dans ce cas pour dimensionner les conduites pluviales est mentionnée au tableau 3.3-1 du Tome II *Construction Routière* de la collection Ouvrages routiers du MTMDET. La récurrence à considérer dépend de la classification de la route. Les débits de conception sont également majorés afin de tenir compte de l'impact des changements climatiques par un facteur de 20 %. Quant au captage des eaux de ruissellement en chaussée, une largeur de filet d'eau admissible est fournie selon la classe de route. Le type de puisards de même que l'espacement de ces derniers sont évalués afin de respecter la largeur de filet d'eau admissible.

Pour ce qui est de la mise en place à proprement dite des conduites, les critères de pente minimale visée sont généralement de l'ordre de 0,5 % et visent à garantir l'atteinte de vitesse permettant un autocurage des conduites, lorsque cette dernière est sollicitée en partie. Les conduites sont installées au minimum à la profondeur de gel, laquelle fait consensus entre la Ville de Québec et la Ville de Lévis (2,15 m). Pour ce qui est des pentes maximales d'installation, celles-ci sont contrôlées par le souhait de ne pas atteindre de vitesse excessive à l'intérieur des conduites en maintenant cette dernière à au plus 4,5 m/s. L'écoulement visé est de façon gravitaire le plus possible et, si dans des cas spécifiques il n'est pas possible d'évacuer les eaux pluviales de façon gravitaire, une chambre de stockage et un poste de relèvement doivent être mis en place.

Outre les exigences spécifiques propres aux normes et procédures des villes de Québec et Lévis de même que du MTMDET, il est requis de respecter les clauses techniques générales – Conduites d'eau potable et d'égout (BNQ 1809-300).

Spécifique au présent projet, il n'est pas recommandé que les éléments de captage des eaux de ruissellement (ex. : des puisards) soient présents à l'intérieur de la plateforme du SRB. Suivant les différentes configurations possibles de la plateforme de même que l'emplacement de cette dernière par rapport aux voies de circulation routière et aux terrains adjacents, plusieurs cas de figure seront présents et devront faire l'objet d'une analyse plus approfondie à l'étape de conception. L'analyse portera également sur la prise en compte des réseaux de conduites pluviales existants et des possibilités de se raccorder à ces dernières. Aux stations du SRB, il est souhaité qu'il n'y ait pas d'éléments de captage des eaux de ruissellement sis en bordure de ces dernières. Il sera donc requis de positionner les stations à des points hauts du profil longitudinal de la plateforme du SRB et également de s'assurer que les voies de circulation adjacentes à la plateforme suivent un profil longitudinal similaire. L'autre option est d'adapter les devers des voies de circulation adjacentes afin que l'eau qui ruisselle en surface soit dirigée vers le côté opposé à la plateforme du SRB.

Aussi, le MDDELCC s'est doté d'un cadre réglementaire portant sur la gestion des eaux pluviales. Le respect de ce cadre réglementaire doit être démontré afin d'obtenir un certificat d'autorisation en vertu de l'article 32 de la *Loi sur la qualité de l'environnement (LQE)* et ainsi être en mesure de réaliser les travaux.

Des exigences spécifiques sont fournies afin de s'assurer qu'un contrôle quantitatif sera prévu lorsqu'il y a possibilité d'augmenter les débits de rejet vers des réseaux de conduites pluviales existantes et, nécessairement, des cours d'eau récepteur. Le tout, afin de garantir que les travaux prévus ne créeront pas de problématique d'inondation ou encore n'accroîtront pas des problématiques d'inondation déjà présentes. Cette exigence abonde dans le même sens que les critères de rejet admissibles (au moins 50 l/s.ha) présents dans les réglementations municipales. Le respect de ces exigences peut mener à devoir prévoir des bassins de rétention à ciel ouvert, lorsque l'espace est disponible, ou encore sous forme de chambre de stockage.

Des exigences portent également sur la gestion qualitative des eaux pluviales, ces dernières étant à même de contenir des taux importants de matières en suspension. Lorsque l'impact des travaux est à même de rejeter des matières en suspension vers le milieu récepteur, des unités de traitement sont à prévoir afin de capter ces dernières. Les fonctions de contrôle qualitatif peuvent être intégrées aux ouvrages mis en place pour effectuer un contrôle quantitatif.

Une rencontre d'orientation est à prévoir avec le MDDELCC afin de présenter le projet et, également, de recevoir une pré-approbation, si le schéma proposé d'écoulement des eaux de même que les ouvrages spécifiques visant à assurer un contrôle quantitatif et qualitatif permettent le respect de leurs exigences.

5.3.4 Trottoir

Les paramètres de conception au niveau des trottoirs (sous la responsabilité de l'équipe infrastructures) doivent respecter le *Guide de conception géométrique des rues* de la ville de Québec et les normes et procédures de la ville de Lévis.

Tableau 5.6 Critères de conception des trottoirs

Description	Dimensions (en mètres)
Trottoir en béton (ville de Québec)	2,0 m souhaité, mais à ajuster selon les emprises disponibles
Trottoir en béton (ville de Lévis)	1,5 m et 1,8 m en banquette

5.3.5 Piste cyclable

Les principaux paramètres de conception géométrique au niveau de la prise en compte des pistes cyclables dans le projet d'insertion du SRB doivent respecter le *Guide de conception géométrique des rues* de la ville de Québec. Le tableau suivant résume la largeur des pistes cyclables.

Tableau 5.7 Critères de conception des pistes cyclables

Description	Dimensions (en mètres)
Bande cyclable unidirectionnelle sur voirie	1,5 m
Piste cyclable unidirectionnelle hors-rue éloignée du pavage	2,0 m
Piste cyclable bidirectionnelle hors-rue éloignée du pavage	3,0 m
Piste cyclo-piétonne unidirectionnelle	3,0 m
Piste cyclo-piétonne bidirectionnelle	4,5 m

5.3.6 Réseaux techniques urbains (RTU)

Le SRB sera considéré, lorsqu'il sera en fonction, comme un service essentiel. Par le fait même, il doit demeurer fonctionnel, ce qui entraîne des critères de conception, hors du commun. Les critères de conception à respecter pour les réseaux techniques urbains (RTU) sont :

- Limiter au maximum la présence de RTU sous la zone d'influence qui comprend la plateforme et la zone de travail requises pour intervenir sur les RTU de part et d'autre des voies de circulation du SRB. Le but de ce critère est de minimiser les travaux de réfection sur ces services, travaux qui entraîneraient un ralentissement de la circulation des véhicules, une diminution de l'efficacité et de la performance du SRB.
- Il est évident qu'il ne sera pas possible d'éliminer l'ensemble des traverses de services sous la zone d'influence. Cependant, les propriétaires des services devront modifier leurs réseaux afin de regrouper le passage de celles-ci vers des points spécifiques.

- Lignes directrices :

Généralités

- Les réseaux dans l'emprise, longeant l'axe de la plateforme doivent être déplacés.
- Le dimensionnement de nouveaux RTU demeurant dans la zone d'influence ou traversant le corridor SRB doit être réalisé en fonction d'une durée de vie de 30 ans tels que la plateforme du SRB.
- Toutes les conduites existantes doivent être remplacées.
- On assume que tout conduit qui restera sous la plateforme pourra être réparé ou réhabilité sans tranchée en se positionnant à l'extérieure de la zone d'influence.
- Les traverses pour des fins de branchements de services ne sont pas autorisées.
- Les conduites des réseaux majeurs qui ne peuvent subir d'interruption doivent être doublées.
- Dans le cas de regroupement de plusieurs services à des points stratégiques, il peut être avantageux d'aménager des galeries techniques.

Égouts

- Toutes les conduites d'égouts doivent avoir des regards de part et d'autres de la zone d'influence.
- Pour toutes les conduites d'égouts demeurant dans la zone d'influence ou traversant le corridor SRB, une validation structurale doit être faite et la classe de la conduite doit être augmentée d'une classe.
- Les conduites d'égout sous pression doivent respecter les mêmes critères de conception qu'une conduite d'eau potable (Voir devis général de la Ville de Québec).

Eau potable

- Pour les conduites d'eau potable, une vanne ancrée sur une longueur adéquate (selon le devis général de la Ville de Québec), deux manchons et deux sections d'un mètre de conduite doivent être installés de part et d'autre de la zone d'influence.
- De plus, les conduites d'eau potable qui se situent à moins de 2,15 mètres de profondeur doivent être installées dans des gaines de protection et isolées, selon les règles de l'art.
- L'isolant doit être installé avec des transitions pour éviter le soulèvement différentiel entre la plateforme et la conduite.

Électricité et communication

- Hydro-Québec est l'intégrateur de ces réseaux. Ainsi, il a la responsabilité d'évaluer les besoins afin de s'assurer de prévoir le bon nombre de conduits.
- Tous les conduits doivent être dans des massifs de béton avec des puits d'accès (ou autre infrastructure permettant d'intervenir de les réseaux) de part et d'autres de la zone d'influence de ces réseaux.
- Respecter les critères du devis général de la Ville de Québec.
- Pour chaque conduit utilisé dans les massifs, ajouter un conduit supplémentaire, par mesure de sécurité.

Gaz

- Pour les conduites de gaz, suivre les critères de conception des compagnies.
- Toutes les conduites de gaz doivent être dans une gaine.
- En plus de minimiser le nombre de traverses, d'autres solutions sont envisageables pour réduire les impacts à long terme pour certains cas particuliers de réseaux techniques urbains sous la plateforme du SRB :
 - Utilisation de gaine et de caissons;
 - Bétonnage des conduites et construction de massif avec conduit;

L'utilisation de gaine ou de caissons sous les voies de circulation incluant des puits de chaque côté permet d'exécuter les travaux de réfection sans obstruer la circulation.

Le bétonnage des conduites sous les voies de circulation permet de donner une forte résistance aux conduites.

L'avantage est que le béton empêche tout joint de s'ouvrir et d'engendrer une fuite.

5.4 Alimentation électrique

Généralités

Les postes de recharges du véhicule roulant et les infrastructures doivent être alimentés en électricité et les différentes tensions d'alimentation usuelles sont :

- Basse tension alternative (600 V/347 V, 3φ, 4f; 208 V/120 V, 3φ, 4f et 240 V/120 V, 1φ, 3f);
- Moyenne tension alternative (4,16 kV 3φ, 3f), si requis pour des cas particuliers;
- Les raccordements prévus au distributeur seront à une tension de 600/347 V, 3φ, 4f ou 240/120 V, 1φ, 3f, selon la disponibilité du réseau et la charge requise.

Des branchements électriques à 347/600 V, provenant du réseau d'Hydro-Québec, sont recommandés dans les Centres d'exploitation et d'entretien (CEE), les terminus, les pôles et les stations ayant des postes de recharge. Les postes de transformation ne devraient pas être la propriété de l'exploitation SRB. Cette solution ne doit être envisagée qu'en dernier recours, car elle implique un parc important de composantes électriques et mécaniques de remplacement. Aucun branchement et poste de transformation propriétaire à moyenne tension n'est recommandé pour les mêmes raisons. De plus, une distribution complètement propriétaire engendre un plus grand nombre d'infrastructures et d'équipements tout au long du parcours.

Plusieurs points de branchements du distributeur sur toute la longueur du tracé permettent d'assurer l'opération du SRB, même s'il y a une panne sectorielle du réseau d'Hydro-Québec. De plus, l'installation de groupes électrogènes aux terminus pour la recharge rapide et à certains points stratégiques du parcours permettrait d'assurer la fiabilité d'opération. Des points de raccordement pour groupes électrogènes mobiles seraient à envisager pour certaines stations sur le parcours.

Les éléments à électrifier pour permettre le fonctionnement du matériel roulant ainsi que son exploitation répartie sur le trajet sont:

- Les centres d'exploitation et d'entretien (CEE);
- Les stations, les pôles d'échange et terminus, incluant leurs aménagements (éclairage, chauffage, ventilation, climatisation, services, etc.), ainsi que les bornes de recharge rapide et ultra-rapide;
- Les installations le long du trajet, incluant les armoires de contrôleurs des feux de circulations, vidéosurveillance, transmission, signalisation, etc.

Les besoins en énergie électrique pour l'exploitation d'un centre d'entretien incluent principalement:

- L'énergie pour la recharge en dehors des périodes d'exploitation;

- L'énergie pour les équipements d'entretien du matériel roulant;
- L'énergie auxiliaire pour les locaux et les bâtiments d'exploitation.

Les besoins en énergie électrique pour l'exploitation des pôles et des stations incluent principalement:

- Les bornes de recharge rapide et ultra-rapide
- Le chauffage des stations;
- L'éclairage des quais;
- L'alimentation des équipements installés en stations et pôles (billetterie, signalisation, sonorisation, etc.);
- Les services particuliers pour les pôles, machines distributrices, aires de restauration, etc.

5.4.1 Infrastructures souterraines

Autant que possible, tous les services seront alimentés de façon souterraine. Un multitubulaire installé sous la voie dédiée au SRB permettra la distribution électrique partout où c'est requis sur le parcours.

Afin de minimiser le nombre de branchement du distributeur, une distribution sectorielle avec la multitubulaire serait à envisager. Cette solution implique qu'à partir d'un pôle ou d'une station connectée au distributeur, on alimente de 2 à 4 stations de part et d'autre à l'aide de la multitubulaire.

Le multitubulaire sera installé directement au centre de la plateforme sous les voies de circulation du SRB et les puits de raccordement et de tirage seront placés dessous ou au bout des quais des stations du SRB, selon les conditions locales des emprises. Cette recommandation s'appuie principalement sur les éléments suivants, qui montrent que ce type d'installation est fiable :

- Il est établi dans le domaine qu'une installation souterraine procure une immunité face aux conditions météo et leurs conséquences;
- Le taux de défaillance d'un câble installé sous conduit est très faible et en cas de problème, les câbles sont accessibles à partir des chambres de tirage qui sont localisées sous les quais des stations;
- L'installation du multitubulaire en site propre permet une meilleure immunité contre les impacts de bris de réseaux municipaux tels aqueduc et égouts.

Il est possible que des puits de tirage soient requis entre les stations éloignées dû à la capacité de tirage des conducteurs et câbles dans le multitubulaire. Ceux-ci seront placés en bordure des voies de circulation.

Une collaboration entre les différents intervenants techniques sera nécessaire pour assurer l'intégration des infrastructures de la distribution électrique avec les autres disciplines du projet.

Incidences

L'insertion de nouvelles infrastructures électriques souterraines peut s'avérer complexe dans les secteurs densément bâtis (vieux quartiers de Québec et de Lévis). Pour ces secteurs, un portrait précis des points de branchement du distributeur versus les réseaux et installations souterraines existantes sera nécessaire pour permettre l'intégration de nouvelles infrastructures souterraines.

Une distribution sectorielle est proposée pour permettre une adaptation plus harmonieuse dans ces différents secteurs.

Structures souterraines

Selon les données sur les systèmes de recharge (section 4), un nombre important de stations de recharge ultra-rapide est requis sur le parcours et s'ajoute aux charges des stations et pôles. Ces alimentations électriques requièrent plusieurs branchements distincts à partir du réseau du distributeur via des conduits souterrains jusqu'au point de branchement du client.

Deux types de branchement du distributeur sont à prévoir :

- Les branchements d'une puissance de 500 kVA et moins nécessitent une liaison aéro-souterraine avec deux (2) conduits de 53 mm de diamètre minimum jusqu'à 116 mm dans un massif de béton;
- Les branchements d'une puissance supérieure de 500kVA nécessitent l'implantation d'un transformateur sur un socle de béton. Ce type de transformateurs serait probablement requis dans les CEE et possiblement dans certains pôles d'échange. Des conduits de 53 mm de diamètre minimum jusqu'à 116 mm, au nombre de 4 à 8 dans un massif de béton, seront requis à partir du transformateur jusqu'au point de branchement du client.

À noter que d'autres conduits souterrains transversaux, de dimensions variables, seront requis entre les stations de chacune des directions sous la voie du SRB pour l'alimentation électrique, la signalisation et d'autres services spécifiques.

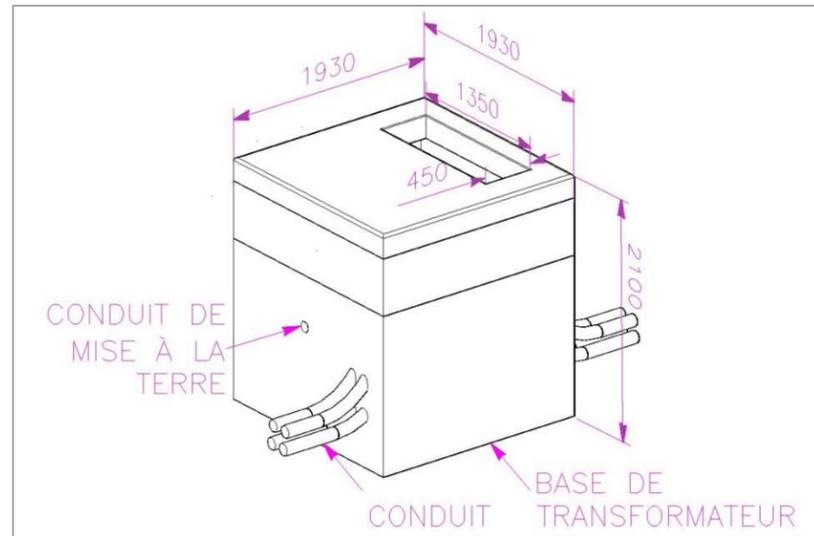


Figure 5.5 Socle typique pour un transformateur sur socle – Vue isométrique

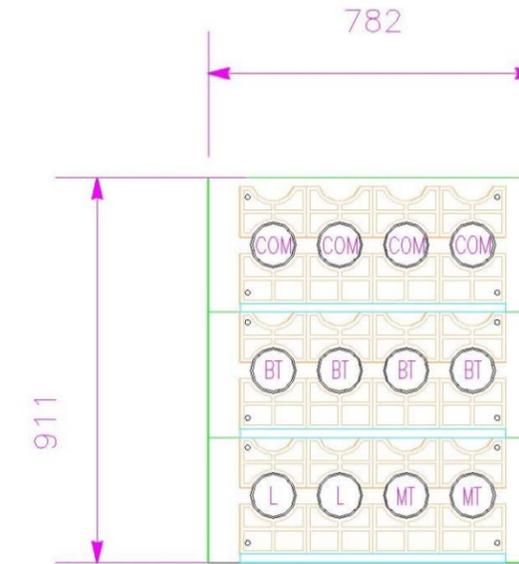


Figure 5.6 Multitubulaire – Vue de coupe

Multitubulaires et chambre de raccordement

Dimensionnement

Le dimensionnement du multitubulaire dépend directement de la puissance requise par les infrastructures (stations, pôles d'échange, terminus, etc.) et de tous les autres besoins requis pour les autres systèmes (billettique, voix, vidéosurveillance, système d'aide à l'exploitation, information aux voyageurs, système pour le contrôle et priorisation du SRB, etc.).

Pour le moment, le dimensionnement est préliminaire et typique. Il demeure possible pour l'instant que la taille, la disposition et le nombre de conduits varient pour l'adapter à d'éventuels changements ou à des conditions au site d'implantation. À cet effet, si des conduites de réseaux municipaux doivent être conservées et traversent la plateforme du SRB perpendiculairement, la disposition du massif pourrait s'élargir en certains points et prendre moins de hauteur.

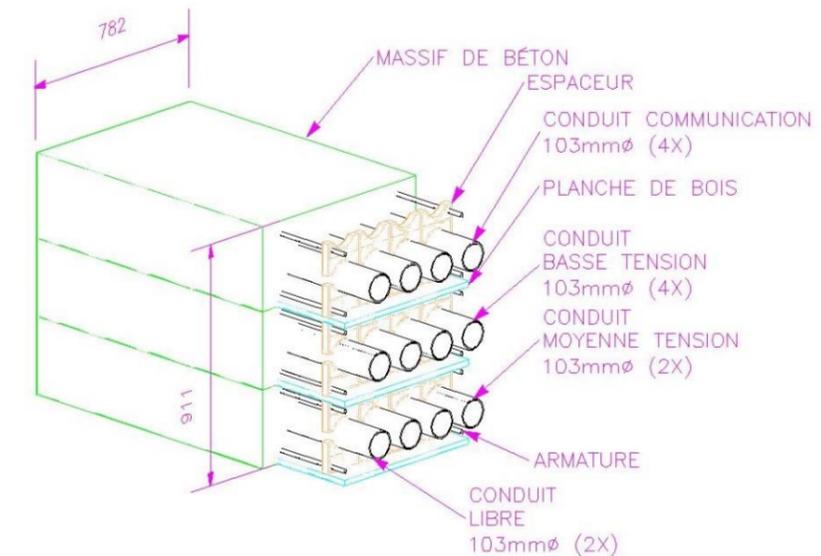


Figure 5.7 Multitubulaire, dimensionnement typique – Vue isométrique

La figure précédente présente une coupe typique d'un massif multitubulaire. La nappe du bas est réservée à la moyenne tension (MT), celle du centre réservé à la basse tension (BT) et la dernière section pour la communication (COM) et autres systèmes. La profondeur d'enfouissement au-dessus dépend des facteurs indiqués à l'article 12-012 et au tableau 53 du Code de construction C22.10.10.

Le dimensionnement des chambres de tirage et/ou raccordement, selon l'article 12-3036 du Code de construction C22.10.10, indique les dimensions minimales selon la taille des conduits et la tension des câbles. Le couvercle rond montré aux croquis est à titre indicatif et pourrait être remplacé par un couvercle carré pouvant être harmonisé à l'architecture. De plus, ces chambres de tirage pourraient être intégrées à la fondation du quai de la station en utilisant le vide technique sous la dalle et compartimenté selon les besoins

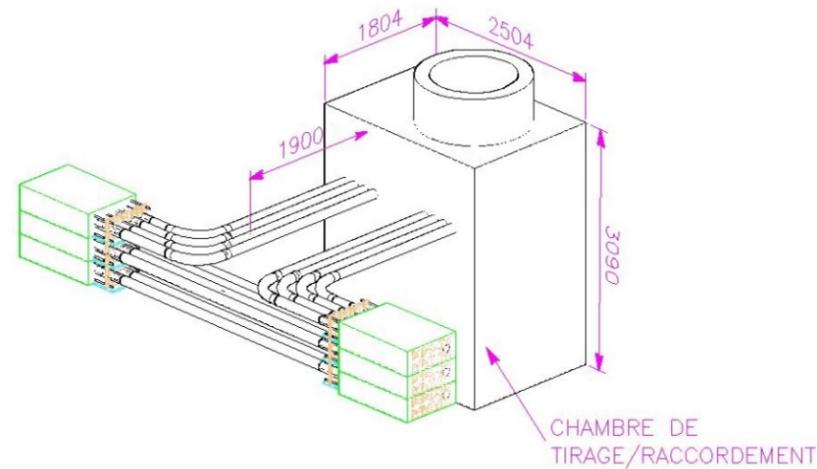


Figure 5.8 Chambre de tirage et/ou raccordement BT, dimensionnement typique – Vue isométrique

Positionnement

Comme mentionné précédemment, il est recommandé d'installer le multitubulaire directement en dessous des voies utilisées par le SRB, au centre de la plateforme, à une profondeur minimum de 900mm à partir du dessus du massif, et ce pour permettre le passage de conduits électriques transversaux reliant la station d'une direction à celle en sens inverse. Les chambres de tirage et/ou raccordement seront localisés sous la partie non chauffée de la station ou au bout, selon les acquisitions nécessaires, pour permettre les interventions d'entretien ou de réparation sans interruption du service SRB et minimiser les travaux d'installations.

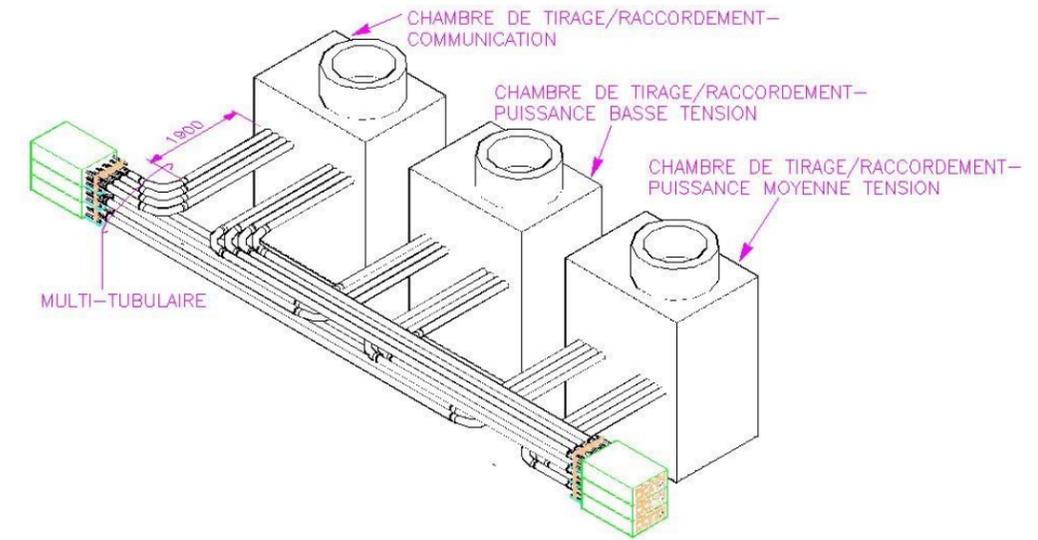


Figure 5.9 Chambres de tirage et/ou raccordement typiques avec le multitubulaire – Vue isométrique

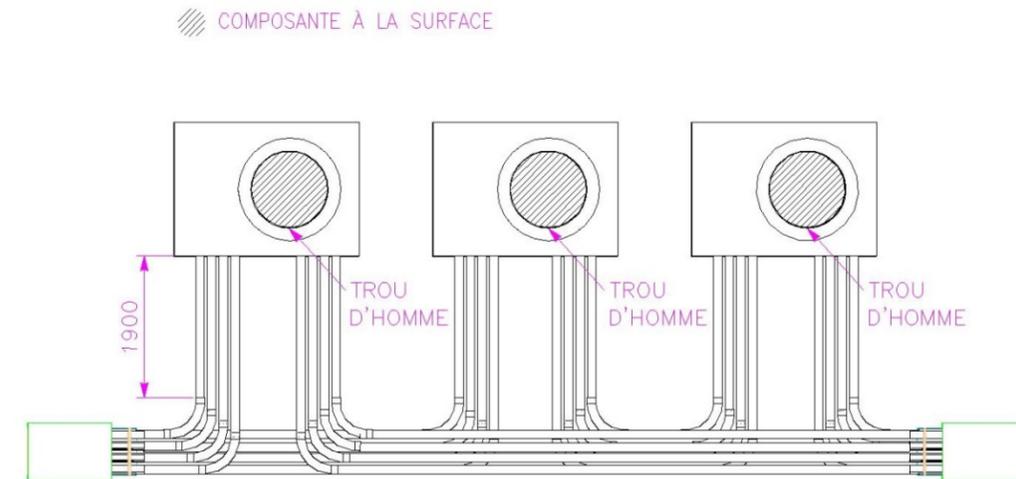


Figure 5.10 Chambres de tirage et/ou raccordement typiques avec le multitubulaire – Vue en plan

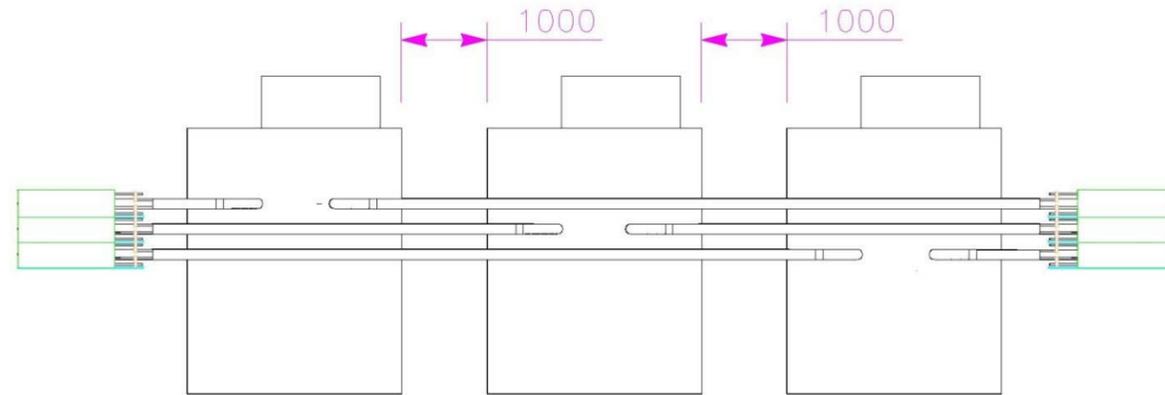


Figure 5.11 Chambres de tirage et/ou raccordement typiques avec le multitubulaire – Vue en élévation vers les chambres

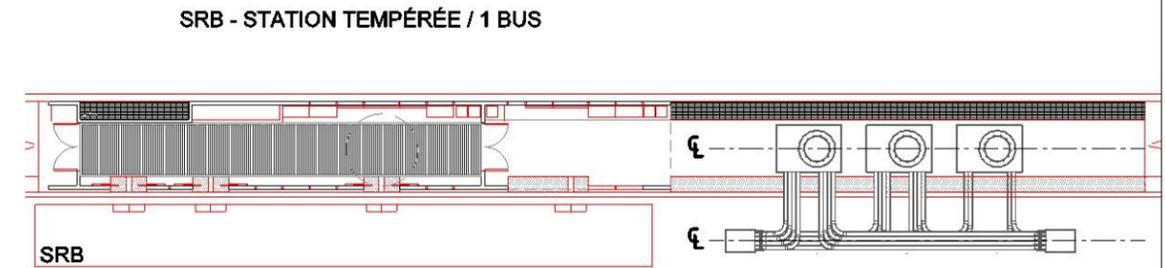


Figure 5.13 Vue des chambres de tirage dans une station type

Capacité de tirage des conducteurs

Le tableau 5.10 montre les distances de tirage linéaires en fonction de la taille des conducteurs. Si la distance entre deux stations excède la distance de tirage, incluant les changements de direction, des chambres de tirage intermédiaires seront nécessaires. Celles-ci pourront être installées sous la voie publique.

Tableau 5.8 Distances de tirage en fonction de la taille du câble - Câbles d'un conducteur en tirage linéaire

Calibre des conducteurs	T	C	F	P	L _{MAX} (PI)	L _{MAX} (M)	Touret (M)
500 MCM	10000	1,1	0,5	3,254	3991	1216	304,8
250 MCM	6000	1,1	0,5	0,850	10695	3260	304,8
4/0 AWG	5078	1,1	0,5	0,717	12877	3925	304,8
6 AWG	630	1,1	0,5	0,095	12057	3617	304,8
10 AWG	249	1,1	0,5	0,038	11914	3631	762
14 AWG	99	1,1	0,5	0,016	11250	3429	762
FO	600	1,1	0,5	0,049	22263	6786	762

Source : Cable Installation Manual for Power and Control Cables, ninth edition, General Cable

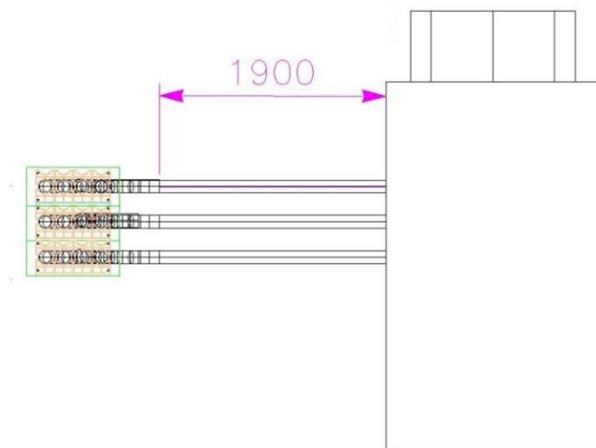


Figure 5.12 Chambre de tirage et/ou raccordement typique avec le multitubulaire – Vue en élévation de coté

Où :

La tension T en [LBS] est la tension de tirage maximum applicable sur le câble.

Le facteur de correction C du poids est un facteur attribué par le fournisseur pour le calcul.

Le coefficient de friction F est la friction du câble par rapport au conduit.

Le poids P en [LBS] est le poids linéaire du câble selon sa taille.

La longueur L [Pi et m] est la longueur maximum du câble pouvant être tiré linéairement

Fibre optique = FO

$$\text{Équation: } L_{max} = T / (C \times P \times F)$$

La seconde contrainte apparaît lorsque les conduits doivent être placés à angle pour accommoder un changement de niveau ou de direction. Ces variations de trajectoire augmentent la friction et diminuent rapidement la distance sur laquelle un câble peut être tiré.

Le calcul permettant de déterminer les longueurs de tirage réelles dépend du trajet, car les changements de direction (en élévation ou en plan) auront une influence considérable. Approximativement après plus de 360° de variation, il faut considérer placer une boîte de tirage. À titre informatif, les chambres de tirage et raccordement installées sous les quais imposent deux angles de 90° pour entrer et sortir, soit 180° de variation.

Franchissement des ouvrages d'art

Un système de conduits métalliques regroupés hors sol pourra être utilisé pour franchir les sections hors-sol par exemple la partie supportée par le pont de Québec ou autre(s) structure(s) ne permettant pas l'enfouissement dans sa périphérie. Des boîtes de jonction pourraient être nécessaires aux extrémités pour effectuer les transitions.

Conduits de services pour les signaux communication

Une section du multitubulaire est prévue pour les signaux de communications et de contrôle. cependant, des limitations sont à prévoir, telles que :

- La présence de certaines infrastructures existantes comme des bâtiments historiques dans le périmètre nécessaire aux nouvelles installations;
- La nécessité de déplacer certaines structures souterraines, qui pourrait être très coûteuse à déplacer;
- Des limitations sévères pour le déploiement de la distribution souterraine dans certains secteurs du parcours.

La partie souterraine du projet est donc un enjeu critique et sera un facteur important dans les coûts et l'envergure des travaux. Ce point sera traité en priorité dans les prochaines étapes du projet.

5.4.2 Infrastructures aériennes

Généralités

Il n'est pas actuellement prévu d'installer une distribution aérienne pour le SRB. Les installations aériennes seront réservées aux connexions avec le distributeur et à une éventuelle alimentation pour un service, lorsque requise.

Éclairage

Pour ce qui est de l'éclairage routier de la plateforme, puisque celle-ci s'intègre aux voies de circulations existantes (au centre ou latéralement), son niveau d'éclairage doit s'harmoniser avec l'éclairage des voies avoisinantes. Puisque l'implantation de la plateforme aura un effet sur les niveaux de circulation et d'achalandage piéton, une approche d'analyse sectorielle des milieux environnants devra prendre place en collaboration avec les villes afin de déterminer la classification d'achalandage piétonne. L'analyse devra prendre en considération les nouveaux aménagements, la trame urbaine existante et visée, le tout dans une optique de développement futur. Les critères de conception seront basés sur les documents ci-dessous:

Association des transports du Canada (ATC)

- Guide de conception des systèmes d'éclairage routier, dernière édition.

Ville de Québec

- « Prescriptions pour l'éclairage public et les signaux lumineux », Service de l'ingénierie D2-008, dernière édition.
- « Devis des clauses techniques générales » Volume 2, Éclairage public et signaux lumineux, Service de l'ingénierie D2-002-6B, dernière édition.
- « Devis des clauses techniques particulières » Éclairage public et signaux lumineux, Service de l'ingénierie D2-009/7, dernière édition.

Ville de Lévis

- Manuel des normes et procédures, Chapitre 3, Section D, « Éclairage de rue », dernière édition.

Naturellement, puisque les standards de lampadaires et de luminaires sont différents dans les deux villes, le concepteur devra tenir compte des standards dans l'élaboration de sa solution. Cependant, les niveaux d'éclairage et l'uniformité requis seront basés sur le document publié par l'ATC.

Niveaux d'éclairage requis pour la plateforme

La méthode en luminance doit être utilisée pour les calculs photométriques des tronçons routiers. Celle-ci doit respecter les critères de luminance du tableau 5.11. Pour les tronçons routiers ayant un rayon de courbure inférieur à 600 m, l'utilisation de la méthode basée sur l'éclairement est permise (tableau 5.12).

Tableau 5.9 Critères de luminance

Classification du tronçon routier	Niveau d'activité piétonne	Luminance moyenne (cd/m ²)	Rapport d'uniformité Moy/Min	Rapport d'uniformité Max/Min	Rapport d'éblouissement
Artère	Haut	≥ 1,2	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 0,3
	Moyen	≥ 0,9	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 0,3
	Bas	≥ 0,6	≤ 3,5	≤ 6,0	≤ 0,3

Tableau 5.10 Critères de luminance (rayon inférieur à 600 m)

Classification du tronçon routier	Niveau d'activité piétonne	Classification du pavage		Rapport d'uniformité Moy/Min	Rapport d'éblouissement
		R1 (béton) (lux)	R3 (asphalte) (lux)		
Artère	Haut	≥ 12,0	≤ 17,0	≤ 3,0	≤ 0,3
	Moyen	≥ 9,0	≤ 13,0	≤ 3,0	≤ 0,3
	Bas	≥ 6,0	≤ 9,0	≤ 3,0	≤ 0,3

DOCUMENT DE TRAVAIL

5.5 Ouvrages d'art

5.5.1 Charges

La présente section définit les charges qui seront considérées pour l'estimation de la capacité de chargement des différents ouvrages d'art.

Autobus

Afin de permettre la plus grande flexibilité quant au choix de matériel roulant, en ce qui concerne la répartition du poids des autobus sur les essieux ainsi que l'espacement entre ceux-ci, tous les modèles bi-articulés mentionnés à la section 3.4.1 du Livrable 1 seront considérés dans les analyses de chargement.

Multitubulaire

Le poids final de la multitubulaire devra également être considéré comme charge permanente additionnelle aux ouvrages d'art empruntés par le tracé du SRB. Le poids à considérer aux fins d'analyse est à déterminer lors des livrables subséquents, tout dépendamment de la configuration de la multitubulaire dans chaque tronçon du corridor traversant un ouvrage d'art.

Surcharges routières

Les surcharges routières qui peuvent être considérées comme surcharges admissibles sont celles ayant été utilisées par les concepteurs au fil du temps, soit les CL-625, QS-660, MS-250, H25-S20, H20-S16, etc. Les caractéristiques de ces différentes surcharges sont indiquées à la section 1.5 du *Manuel d'évaluation de la capacité portante des ponts 2015* (MÉCPP) du MTMDET.

Majoration dynamique

Pour les ouvrages d'art existants, les coefficients de majorations dynamiques (CMD) spécifiés par les versions antérieures de la norme CSA-S6 seront considérés selon l'année de construction des ouvrages.

5.5.2 Capacité de chargement

Ponts et ponceaux

L'évaluation de la capacité de chargement des ponts et ponceaux est fondée sur la comparaison entre les surcharges admises sur le pont et les charges projetés pour le SRB. Les surcharges admises peuvent être connues précisément par une évaluation de capacité portante déjà disponible ou estimées selon la charge de conception.

Pour procéder à cette évaluation, les ouvrages seront modélisés en 2D à l'aide d'un logiciel d'analyse structurale, tels que SAFI ou Advance Design America (ADA). Des analyses de charges mobiles seront effectuées dans ces modèles pour les différents types de SRB possibles et la surcharge admissible.

Murs

Les murs de soutènement existants recensés sur le tracé (voir section 2.5.6 du livrable 1) ne supportent pas un remblai sur lequel se trouvent les voies routières du tracé. Aucune analyse de capacité de chargement n'est nécessaire pour ces ouvrages. Dans le cas des murs de soutènement à construire ou reconstruire pour satisfaire d'autres critères de conception, leur conception préliminaire sera effectuée selon les chargements spécifiés par la norme CSA-S6 et le chapitre 5 du Tome III des normes du MTMDET.

Ouvrages souterrains

Les ouvrages souterrains sont généralement de faible dimension relativement à l'espacement longitudinal entre les essieux des véhicules routiers, de sorte qu'ils sont influencés par un seul essieu ou groupe d'essieux rapprochés. Le tableau ci-dessous présente les charges d'essieu maximales des véhicules pouvant circuler sur les ouvrages souterrains.

Tableau 5.11 Charges d'essieu maximales

Véhicule	Charge d'essieu maximale (kg)
SRB ⁵	13 500
Camion respectant les charges légales ⁶	10 000

On constate que les poids d'essieu des équipements roulants projetés sont supérieurs aux charges légales. L'aptitude des ouvrages souterrains à supporter les charges d'essieu des équipements roulants sera considérée acceptable si l'augmentation des charges d'essieu s'avère peut significative, c'est-à-dire moins de 5 %, par rapport à la charge totale supportée par l'ouvrage en tenant compte des matériaux de remblai et de chaussée supportés par celui-ci. Dans le cas contraire, une évaluation spécifique devra être effectuée.

5.5.3 Gabarit

Gabarit vertical

Le tableau suivant indique le gabarit vertical des différents véhicules à l'étude pour le passage sous un ouvrage.

Tableau 5.12 Gabarit vertical des véhicules

Véhicule	Gabarit vertical (m)	Commentaires
----------	----------------------	--------------

⁵ Un groupe de travail du MTMDET a récemment recommandé l'adoption d'une charge maximale par essieu de 13 500 kg par essieu pour les autobus de transport collectif;

⁶ Règlement sur les normes de charges et de dimensions applicables aux véhicules routiers et aux ensembles de véhicules routiers (C-24.2, r. 31).

Camion	4,5	Selon l'article 3.2 de C-24.2, r. 31
Autobus SRB	3,60	Voir Livrable 1 – Projet de référence

Le gabarit vertical de l'autobus SRB, soit 3,60 m (voir tableau précédent), doit être inférieur au dégagement vertical sous les ouvrages, qui est généralement de l'ordre de 4 m et plus. Cependant, ce dégagement doit également permettre le passage de véhicules de déneigement dont la hauteur est de 4,10 m. Dans les cas où une plateforme surélevée de 50 mm ou 100 mm (voir section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) serait insérée, les ouvrages dont le dégagement est inférieur à 4.25 m (camion de 4.15 m et plateforme de 100 mm) auraient un dégagement vertical insuffisant.

S'il s'avère qu'un pont doit être remplacé, le nouvel ouvrage doit avoir un dégagement vertical minimal de 5 m, tel que spécifié à l'article 2.1.4.2-B.a) du tome III des normes du MTMDET ainsi dans le Guide canadien de conception géométrique des routes de Transport Canada.

Gabarit horizontal

La section 5.2.4 et l'annexe 1 indiquent les gabarits horizontaux des plateformes de SRB pour différents types d'insertion. La vérification du gabarit horizontal des ouvrages d'art dépend de la largeur de plateforme requise pour le SRB ainsi que :

- Le nombre et la largeur des voies routières à conserver sur/sous l'ouvrage;
- La largeur requise pour les trottoirs, voies cyclables, glissières, garde-corps, etc.

Murs

Tous les murs de soutènement, talus ou dénivelés existants qui entrent en conflit avec l'emprise projetée du SRB nécessiteront la construction d'un nouveau mur de soutènement.

Ouvrages souterrains

Le gabarit du SRB n'a pas d'impact sur les ouvrages souterrains lorsque ceux-ci ne sont pas apparents à proximité de la chaussée.

5.5.4 Durée de vie

Ponts et ponceaux routiers

Les ponts routiers construits après l'an 2000 ont une durée de vie prévue d'au moins 75 ans. Avant l'an 2000, on fait l'hypothèse que la durée de vie prévue était de 50 ans (voir section 6.4.3 du Livrable 1). Les ouvrages construits avant 1975 pourraient atteindre la fin de leur vie utile avant l'année 2041, soit après 15 ans d'utilisation du SRB. Cependant, il est préférable d'adopter une approche basée sur l'état des matériaux et la cote de comportement des éléments constituant les ouvrages afin de cibler ceux sur lesquels des travaux seraient nécessaires.

Pour les structures sous sa responsabilité, le MTMDET cible les « Éléments retenant l'attention », c'est-à-dire les éléments répondant à la description suivante (voir *Manuel d'inspection des structures* du MTMDET) :

- Cote CEC de 2 ou moins;
- Dégradation de matériau de niveau C sur 20 % et plus;
- Dégradation de matériau de niveau D sur 1 % et plus;

Dans le cadre de cette étude, les « Éléments retenant l'attention » devraient être ciblés pour une intervention.

Pour les structures sous sa responsabilité, la Ville de Québec caractérise l'état de ses ouvrages par une cote de priorité de 1 à 6. Lorsque le niveau de priorité d'un élément est de 3 ou moins, celui-ci devra être ciblé pour une intervention dans le cadre de cette étude. Une démarche similaire peut également être faite pour les structures sous la responsabilité de la Ville de Lévis.

Dans le cas où le tracé du SRB rencontre des ponceaux en TTOG ou en PEHD, le remplacement de ceux-ci par des ponceaux en béton armé avec un radier devrait être automatiquement prescrit étant donné leur faible durée de vie.

Ponts et ponceaux ferroviaires

Les ponts ferroviaires sont normalement conçus pour une période de 80 ans selon l'AREMA. Alors, les ouvrages construits avant 1945 pourraient atteindre la fin de leur vie utile avant la mise en service partielle du SRB, prévue en 2022. Comme il revient au chemin de fer pour lequel l'ouvrage est exploité de planifier l'entretien de celui-ci, les chemins de fer propriétaires d'ouvrages situés sur le tracé du SRB (identifiés au Livrable 1 – Projet de référence) devront être consultés par le Bureau d'Étude afin de vérifier si des travaux sont à prévoir sur ceux-ci.

Murs

La durée de vie nominale spécifiée par le MTMDET pour ses murs de soutènement est de 40 à 75 ans (Voir chapitre 5 du Tome III des normes du MTMDET). Pour les murs de soutènement sous d'autres responsabilités de gestion, aucune

spécification sur la durée de vie n'est connue à ce stade-ci. L'évaluation de la durée de vie résiduelle de ceux-ci devrait donc être basée sur leur état et leur comportement général ainsi que sur les critères établis par les propriétaires de ces ouvrages.

Ouvrages souterrains

Aucune spécification sur la durée de vie des ouvrages souterrains existants n'est connue à ce stade-ci. L'évaluation de la durée de vie résiduelle de ceux-ci devra donc être basée sur leur état et leur comportement général ainsi que sur les critères établis par les propriétaires de ces ouvrages.

5.6 Stations

5.6.1 Généralités

Les sections suivantes présentent les hypothèses et critères de conception établis pour la conception d'avant-projet du volet architectural des infrastructures des stations, pôles d'échange et des CEE.

5.6.2 Hypothèses et critères de conception

Les hypothèses et critères de conception liés au dimensionnement sont :

- ❖ Dimensionnement des quais :
 - Largeur totale de 4 m de largeur :
 - ◆ Chasse-roue : 300 mm
 - ◆ Zone aménageable (circulation + mobilier + structure) : 2890 mm
 - ◆ Bande de sécurité : 810 mm
 - Bande podotactile : 610 mm (empiètement sur la zone aménageable)
 - Nez de quai : 200 mm
 - Hauteur des quais : 380 mm.
 - Longueur
 - ◆ Stations | tempérée et non-tempérée | 1 bus : 43,95 m d'emprise
 - Quai : ± 28,8 m
 - 2 rampes PMR : 7,6 m x 2 = 15,2 m
 - 2 paliers – traverses piétons : 2,4 m x 2 = 4,8 m
 - Aménagement : ± 19,4 m
 - ◆ Stations | tempérée et non-tempérée | 2 bus : 63,40 m d'emprise
 - Quai : 48,2 m
 - 2 rampe PMR : 7,6 m x 2 = 15,2 m
 - 2 paliers – traverses piétons : 2,4 m x 2 = 4,8 m
 - ◆ Stations majeures | 2 bus : 68,2 m + espace variable en fonction du service en dehors de l'emprise
 - Quai : 48,2 m
 - 2 rampe PMR : 7,6 m x 2 = 15,2 m
 - 2 paliers – traverses piétons : 2,4 m x 2 = 4,8 m

❖ Dimensionnement des stations

- Hauteur intérieur libre minimale dans les stations : 2800 mm ;
- Largeur intérieur libre minimale dans les stations : 2200 mm ;
- Largeur maximale extérieur : 3400 mm ;
- Prévoir dégagement suffisant pour manœuvre d'un triporteur (manœuvre en 3 points) ;
- Station | 1 bus :
 - ◆ Section tempérée : $\pm 42 \text{ m}^2$
 - ◆ Section couverte : $\pm 28,5 \text{ m}^2$
 - ◆ Section ouverte : $\pm 14 \text{ m}^2$
- Station | 2 bus :
 - ◆ Section tempérée : $\pm 44 \text{ m}^2$
 - ◆ Section couverte : $\pm 35 \text{ m}^2$
 - ◆ Section ouverte : $\pm 21 \text{ m}^2$
- Station majeure | 2 bus :
 - ◆ Section tempérée : $\pm 44 \text{ m}^2$
 - ◆ Section couverte : $\pm 35 \text{ m}^2$
 - ◆ Section ouverte : $\pm 21 \text{ m}^2$
 - ◆ Section service : variable
- Accès à la section tempérée : Portes doubles | coulissantes – ouverture automatique;
- Accès au SRB : 4 portes coulissantes automatiques – ouverture par l'intérieur avec éléments protecteurs ;
- Mur technique :
 - ◆ Dimensions : 600 mm de profondeur X ± 3500 mm de largeur
 - ◆ Équipements intégrés :
 - Mécanique du bâtiment (chauffage, ventilation, électricité)
 - TI
 - Borne de recharge
 - Billettique
 - Écran / carte réseau
 - Autres par ingénierie

5.6.3 Insertion

Dans l'Étude de faisabilité du tramway-SRB, les stations du SRB ont été prévues dans chacune des directions, en position latérale de la plateforme et face à face. L'objectif est de créer un ensemble d'aménagements concis et bien identifiable tout en profitant du principe de priorité absolue du SRB aux intersections.

Toutefois, en fonction de certaines considérations de circulation, d'achalandage piéton et d'emprise restreinte, le positionnement des quais d'une station pourrait se faire en décalé, en aval de l'intersection.

Piétons et usagers

Que les quais d'une station soit face à face ou décalés, il y aura généralement des piétons de chaque côté de l'intersection, qu'il y ait un quai ou non. S'il est nécessaire d'y faire traverser les piétons en deux temps, il faudra aménager des refuges piétons des deux côtés de la plateforme et de l'intersection.

Station avec quais face à face

Le contrôleur (de priorité) du feu de circulation doit recevoir à un temps prédéfini en fonction de la distance, le signal que l'autobus est en approche de l'intersection. Dans le cas où les stations sont placées du même côté, pour celle en amont de l'intersection, le temps de montée et de descente des usagers doit être fixe et ne pas varier en fonction de l'achalandage sinon, il ne sera pas possible de lui donner une priorité efficace.

Il ne doit pas y avoir d'élément qui influence le temps de parcours de l'autobus entre la détection et l'intersection, et la distance doit être suffisamment grande pour que l'appel au contrôleur se fasse dans un temps plus long que la durée de la phase piétonne perpendiculaire au SRB, car cette phase pour piétons ne peut pas être diminuée pour des raisons de sécurité.

Il faut prévoir les espaces pour insérer les futs des feux de circulation des véhicules et du SRB des deux côtés de l'intersection.

Station avec quais décalés

Aux endroits où l'achalandage piéton est important, le positionnement des quais en aval de l'intersection permet une meilleure distribution de l'affluence additionnelle des usagers du SRB. Si les aires de refuge pour les piétons y sont limitées, il est alors avantageux d'y distribuer les usagers et piétons des deux côtés de l'intersection.

Les quais des deux côtés de l'intersection permettent d'avoir l'espace pour insérer les futs pour les feux de circulation des véhicules, du SRB et des piétons.

Distance de l'intersection

Selon l'Institut de Développement de Politiques pour le Transport (ITDP), il est recommandé qu'une station respecte une certaine distance d'une intersection dans le but précis d'y minimiser le temps de traverse des autobus, permettant ainsi plus de temps de traverse aux séquences des feux de circulation des autres usagers.

Afin d'éviter les délais ou retards prolongeant les temps de parcours, les quais d'une station devraient se situer idéalement à 40 mètres d'une intersection, sinon à un minimum de 26 mètres.

Lorsque qu'un quai est situé trop près de l'intersection et compte tenu du besoin de décélération ou d'accélération du bus dans l'intersection, du temps de parcours additionnel s'ajoute à chaque traverse, lequel se soustrait aussi aux temps des séquences de feux des autres usagers.

Si le quai est situé juste avant une intersection, le feu de circulation peut retarder le départ d'un autobus de la station et donc ne pas permettre à d'autres autobus d'y accoster. Le risque de conflit devient aiguë en particulier plus la fréquence augmente (soit que l'intervalle diminue ou que le nombre d'autobus augmente). Éloigner les quais des intersections est essentiel pour atténuer ces problèmes.

La distance de l'intersection est définie comme suit :

- À partir du nez de l'autobus accosté le plus près de l'intersection devant lui, jusqu'à la ligne d'arrêt à l'intersection;
- À partir du derrière de l'autobus accosté le plus près de l'intersection derrière lui, et le bord le plus éloigné du passage pour piétons.

Il est recommandé d'équilibrer le nombre de quais avant et après les intersections, afin d'obtenir un temps de parcours similaire dans chaque sens.



Figure 5.14 Distance du quai avant l'intersection



Figure 5.15 Distance du quai après l'intersection

5.7 Signalisation

5.7.1 Généralités

Les chauffeurs des autobus du SRB ainsi que la plateforme où ils circulent sont soumis au Code de sécurité routière du Québec.

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

- de la sécurité, par rapport aux autres SRB;
- de la sécurité par rapport à d'éventuels obstacles sur le corridor (piétons, véhicules divers, etc.);
- de la sécurité lors du franchissement des croisements avec le réseau routier;
- de l'adaptation de la marche par rapport au profil du corridor et de ce fait :
 - du confort et de la sécurité des voyageurs dans le véhicule;
 - de la sécurité du SRB.

Pour ce faire, un certain nombre de dispositifs et de systèmes lui permettant de conduire son véhicule en sécurité se doivent d'être mis en place. Un de ces ensembles constitue la « signalisation SRB » qui se décompose comme suit :

- Signalisation lumineuse (feux de circulation);
- Signalisation statique (panneaux de signalisation latérale spécifique au SRB);
- Signalisation horizontale (marquage de la chaussée sur la plateforme SRB).

La présente section traite des éléments de signalisation routière situés sur le parcours du SRB de Québec et de Lévis. Les équipements de signalisation en question concernent exclusivement la signalisation destinée aux conducteurs du SRB et aux équipements associés.

5.7.2 Situation actuelle

Il y a actuellement une multitude de carrefours munis de feux de circulation qui seront traversés par le tracé du SRB et ce, autant sur le territoire de la ville de Québec que sur le territoire de la ville de Lévis. Certains feux existants devront être modifiés afin d'intégrer le projet du SRB alors que d'autres devront être démantelés. Des feux devront aussi être installés à d'autres intersections qui ne sont actuellement pas munies de feux.

Détection des véhicules

Plusieurs intersections avec feux de circulation sont munies de boucles de détection enfouies dans la chaussée, de radars ou de caméras installées sur des fûts pour la détection véhiculaire.

Des systèmes de priorité pour les véhicules d'urgence sont également en fonction sur certains axes stratégiques sur lesquels le SRB circulera et devront demeurer fonctionnels.

Contrôleurs

Sur le territoire de la ville de Québec, les contrôleurs existants sont tous de type 170 du distributeur Logisig avec le protocole Wapiti. Du côté de la ville de Lévis, on retrouve plusieurs types de contrôleurs, dont les types 170, KFT-2400 et quelques ASC-2 et ASC-8000.

Signaux lumineux

Sur l'ensemble du tracé, on retrouve divers types d'équipement de signaux lumineux aux carrefours. Dans certains cas, les signaux lumineux des mouvements principaux et secondaires (virages à gauche et à droite) sont horizontaux, verticaux ou une combinaison des deux types.

La majorité des intersections touchées par le projet du SRB comporte également des feux pour piétons à décompte numérique et, dans quelques cas, des signaux sonores pour personnes ayant une déficience visuelle.

Il est à noter que le type de fûts et potences varie d'un secteur à l'autre. On retrouve du mobilier du MTMDET, mais aussi différents types de mobilier décoratif.

5.7.3 Aspects fonctionnels de la signalisation lumineuse

Pour que le système de SRB soit attractif, il est nécessaire que sa vitesse commerciale soit élevée. Pour cela, le système SRB doit bénéficier de la priorité absolue de passage aux intersections routières gérées par signalisation lumineuse.

Les avantages de la priorité absolue pour le SRB sont les suivants :

- Augmentation de la vitesse commerciale, d'où minimisation du parc de matériel roulant pour un même débit;
- Amélioration de la régularité des horaires de passage aux arrêts et constance des temps de parcours;
- Amélioration de l'attractivité du système de transport collectif;
- Amélioration du confort des passagers, car moins de séquences arrêt / démarrage;
- Réduction de la consommation d'énergie des véhicules;

- Facilité de conduite pour les conducteurs;
- Économies en heures d'exploitation (heures de service, nombre de conducteurs, fiabilité permettant d'économiser sur les heures de temps supplémentaires induites, etc.).

La mise en œuvre de la priorité du SRB aux intersections routières oblige à repenser les stratégies de régulation des flux automobiles le long du corridor du SRB. Avec un système de priorité performant, la perturbation sur la circulation routière est limitée car le système accorde au SRB le temps de passage minimum.

Le temps de franchissement d'une intersection par un SRB est plus faible s'il peut la franchir lancé, par rapport à un redémarrage en pied de feu (ce qui est le cas lorsque la priorité n'est pas accordée). Compte tenu que les stations se situent du même côté, la station est en amont du carrefour dans une direction alors qu'elle est en aval dans l'autre direction.

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 tous les SRB bénéficient d'une priorité absolue. En d'autres termes, un SRB se présentant à un carrefour dans des conditions normales de fonctionnement et d'exploitation 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 aux aléas de progression des SRB (temps d'arrêt en station, distribution de vitesse (écarts de vitesse de circulation en un point donné entre les différents conducteurs), incident de parcours, etc.) et aux pannes de certains capteurs mis en jeu;
- Les appels de préemption pour les véhicules d'urgence et les phases pour piétons en cours dans l'axe perpendiculaire au SRB, particulièrement lorsque le temps alloué pour la traverse est élevé, sont des cas où le SRB ne pourra pas avoir la priorité absolue;
- Dans les cas où la station est en amont du carrefour, le temps d'arrêt du SRB en station doit être constant pour permettre la priorité au carrefour du SRB au départ de la station.

Traitement des demandes de priorité

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

- Traitement centralisé par un poste de régulation centralisé de gestion du trafic routier;
- Traitement local par les contrôleurs de carrefours.

Principes de fonctionnement du traitement centralisé

Dans la configuration centralisée, les contrôleurs de carrefours sont reliés à des calculateurs centraux. Les contrôleurs reçoivent à un instant précis, de la part des calculateurs centraux, les informations relatives aux changements de phase (vert/jaune/rouge) pour chaque feu. Les calculateurs centraux possèdent les données des tables de sécurité de tous les contrôleurs. Ces tables de sécurité sont également gérées localement par chaque contrôleur pour garantir la sécurité.

En cas de défaillance de la transmission entre le contrôleur et le calculateur, le contrôleur « reprend la main » en exécutant des cycles de feux prédéterminés, mais sans lien avec les contrôleurs des autres carrefours.

Les calculateurs sont généralement installés dans un centre de supervision « circulation routière ville », indépendant du Poste de Commande Centralisé SRB, qui lui, est placé dans les locaux de l'exploitant SRB.

Les opérateurs du centre de supervision « circulation routière ville » peuvent réagir rapidement en cas d'incident pour débloquer la situation. Ils sont généralement en contact avec des équipes d'intervention terrains.

Principes de fonctionnement du traitement local

Chaque contrôleur carrefour est autonome. Il peut néanmoins recevoir des informations provenant des contrôleurs de carrefour encadrant (points de détection autobus, par exemple).

Dans cette configuration, il peut être pertinent de prévoir un poste de supervision (remontées d'alarmes) dans le PCC autobus, afin d'avoir un retour en temps réel de l'état des équipements et pouvoir déclencher rapidement une intervention, si nécessaire.

Choix de la configuration

Les deux configurations sont mises en œuvre avec succès dans le cadre de l'exploitation de différents systèmes existants. Le choix entre les deux configurations dépend généralement des principes de gestion du trafic routier existant avant les travaux de construction du SRB. Le choix de la technologie doit être compatible avec les systèmes déjà en opération sur le territoire des villes de Québec et Lévis.

Dans le cadre du projet du SRB de Québec et Lévis, l'implantation d'un système centralisé est recommandée.

5.7.4 Équipements pour le contrôle et la priorité du SRB

Détection des véhicules du SRB

Pour que le système de priorité du SRB soit performant, il est nécessaire de connaître avec précision les positions et temps de parcours des véhicules du SRB tout au long du corridor.

Pour assurer une détection fine des SRB, il est nécessaire de mettre en œuvre de nombreux points de détection tout au long du corridor.

Pour une interstation, le principe de détection est décomposé de la façon suivante :

- Point de détection (PD)

Les bus sont détectés en ce point qui est suffisamment éloigné de l'intersection pour permettre l'établissement d'une phase prioritaire SRB en respectant les contraintes des phases routières et piétons antagonistes.

- Point d'intersection (PI)

Juste avant l'intersection, un détecteur permet de refaire une demande de priorité de passage, en cas d'imprévu entre PD et PI.

- Point d'annulation (PA)

En sortie d'intersection, un détecteur permet de vérifier que le bus a franchi l'intersection, et ce pour autoriser au plus tôt les phases routières et piétonnes antagonistes.

- Point de confirmation (PC) - optionnel

Pour les intersections où la vitesse d'approche du bus est importante (PD éloigné), il peut être pertinent d'introduire un point intermédiaire ; point de confirmation PC. Il sert à confirmer au contrôleur de carrefour l'instant de passage du bus.

Ce principe est décliné pour chaque intersection. Pour les intersections de faibles dimensions, le point PI peut également agir comme point d'annulation (PA).

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

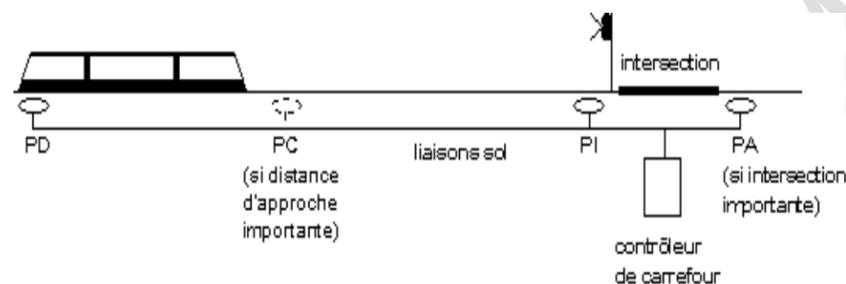


Figure 5.16 Principe des points de détection

Un point de détection peut servir à plusieurs fonctions pour des intersections différentes. Par exemple, un PA peut servir comme PD pour une autre intersection.

Pour les stations positionnées juste en amont d'une intersection, le principe de détection est similaire, mais le positionnement physique des points de détection est adapté. Le PD est positionné pour détecter l'arrivée du bus en station. Une anticipation de la demande de priorité est alors lancée sous forme d'une temporisation définie sur le temps d'arrêt à la station. Un point de détection intermédiaire (PC) est positionné à la sortie de la station pour détecter le départ du véhicule et affiner la demande.

Équipements embarqués

Les véhicules sont équipés d'émetteurs de demande de priorité. Un émetteur est composé d'une antenne fixée sur le véhicule, généralement associée à un boîtier électronique installé dans le véhicule.

Détection des véhicules routiers

Aux intersections avec risque de congestion routière sur le corridor SRB, en plus de la détection conventionnelle dans les voies de virage et les rues transversales, il peut être pertinent d'installer un système de détection des véhicules routiers bloqués à proximité ou sur le corridor SRB.

De plus, aux approches du pont de Québec, les véhicules routiers devront être détectés pour donner priorité au SRB et vider la voie en avant de lui pour éviter qu'il soit pris dans la congestion. Le ministère semble cependant peu enclin à installer un feu de circulation à l'approche du pont puisque la congestion pourrait y être augmentée.

Ces informations sont utilisées pour agir sur la signalisation routière des intersections :

- En aval, afin de fluidifier le flux de circulation qui risque de bloquer le passage du prochain bus;
- En amont, afin de faire de la rétention avant le passage du bus et relâcher le flux routier juste après son passage.

Comparativement à la détection par boucle de détection, la détection non-intrusive (telle que les radars et les caméras) offre une plus grande flexibilité du point de vue gestion de la circulation. Au fil de l'évolution du volume de la circulation, les zones de détection des files d'attente peuvent être ajustées sans la nécessité d'une réfection des infrastructures existantes.

Le système de détection non-intrusif, qui offre aussi une redondance au système de priorité du SRB en cas de défaillance ou d'entretien de ces systèmes, est le mode de détection privilégié pour le projet de SRB de Québec et Lévis. Le mode de détection non-intrusif, qui fait une couverture par zone, pourra aussi être utilisé pour détecter les véhicules routiers bloqués à proximité ou sur la plateforme SRB, tel que mentionné précédemment.

Contrôleurs

Actuellement, sur l'ensemble des tracés du projet, différents types de contrôleurs existent. La majorité sont des 2070 avec logiciel Wapiti qui peuvent comporter des composantes variées et parfois désuètes. La dimension des coffrets existants est également restreinte, ce qui donne peu de flexibilité pour l'intégration des fonctionnalités TSP et de communication. Ces contrôleurs existants ne sont pas adaptés pour intégrer la priorité du SRB.

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, tous ces équipements doivent être remplacés. Les nouveaux contrôleurs de feux de circulation devront avoir suffisamment de flexibilité et de fonctionnalités pour assurer une intégration dans le milieu environnant. Les nouveaux contrôleurs devront être en mesure d'intégrer les caractéristiques suivantes :

- Contrôle

Pour les intersections plus complexes où il y a présence de plusieurs phases pour piétons, de baies de virage à gauche et de voies de virage à droite, il est requis que les cabinets soient en mesure d'accommoder de 16 à 24 phases.

- Préemption et « Transit Signal Priority » (TSP)

Les cabinets devront avoir la capacité de gérer deux systèmes de gestion de la priorité en parallèle soit celui existant du service incendie et celui du futur SRB. Pour le SRB, la troncation du rouge ou prolongement du vert est le mode de fonctionnement de base du TSP.

- Communication

Les nouveaux contrôleurs devront avoir la capacité de s'intégrer dans les réseaux de communication actuels ainsi qu'au nouveau réseau de communication du centre de contrôle du SRB. Les réseaux de coordination actuels pour certains tronçons devront être revus.

Pour une communication par fibre optique, le cabinet devra être équipé d'un convertisseur de média (fibre optique à Ethernet) et le contrôleur devra être équipé d'un port de communication Ethernet et permettre une communication via le protocole TCP/IP. Une dorsale de communication est déjà prévue pour les systèmes SAE, SIV, billettique, communication et vidéosurveillance.

- Coordination des intersections

Les contrôleurs de marques différentes ne peuvent communiquer ensemble que ce soit de contrôleur à contrôleur ou via un contrôleur maître. Afin d'assurer une coordination entre les différents systèmes, tous les contrôleurs doivent avoir une heure synchronisée. Pour les contrôleurs existants qui n'ont pas de lien de communication constant avec le centre de contrôle et dont le SRB aura un impact sur leur niveau de service, un système d'horloge GPS devra être installé et raccordé au contrôleur existant.

- Traverse pour piétons et couloir pour personnes ayant une déficience visuelle

Les boutons pour piétons devront avoir une confirmation sonore et visuelle lorsqu'un appel est logé au contrôleur.

Pour les intersections identifiées comme étant un couloir utilisé par les personnes ayant une déficience visuelle, les nouveaux contrôleurs devront être en mesure de gérer les systèmes de signaux sonores. Étant donné que les piétons traversent le corridor du SRB aux intersections ou traverses piétonnes sans qu'il y ait de barrières, une texture spéciale et propre au SRB pourrait être appliquée au sol, indiquant la présence du couloir du SRB à ces usagers.

- Priorité pour les véhicules d'urgence

La priorité pour les véhicules d'urgence devra être maintenue aux endroits où elle est en place actuellement.

Signaux lumineux aux carrefours

Aux intersections munies de feux de circulation, les signaux lumineux des autobus circulant sur la plateforme du SRB doivent être disposés sur une tête de feu distincte des signaux lumineux des autres véhicules circulant sur le réseau routier. Tel que proposé par le MTMDET dans le cadre de la consultation sur les modifications proposées au Tome V – Signalisation routière, les signaux lumineux pour le SRB doivent être différents des feux de circulation standards. Ainsi, les caractéristiques suivantes sont utilisées :

- Toujours disposés verticalement;
- Bande horizontale correspondant au feu rouge;
- Triangle correspondant au feu jaune;
- Bande verticale ou inclinée correspondant aux flèches des mouvements tout droit ou de virage.

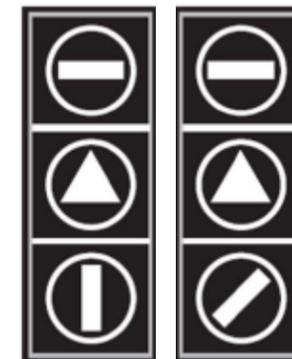


Figure 5.17 Signaux lumineux pour le SRB

Les têtes de feu pour le SRB devront être disposées en aval de l'intersection, au-dessus de la surface de roulement du SRB. Les signaux lumineux se trouveront sur un fût installé sur un mail en béton dont la largeur sera de 1,5 m. Cette largeur pourrait être abaissée à 1,2 m aux endroits où il y a des problématiques d'acquisition. Cette largeur donnera un dégagement de part et d'autre du fût et de la signalisation d'une largeur de 600 mm, ce qui permettra de diminuer les risques que celui-ci soit accroché par des véhicules. Les hauteurs et distances d'éloignement des têtes de feu de circulation devront être respectées selon les spécifications du dessin normalisé 013 du Tome V des normes de signalisation routière. Il est à noter qu'une normalisation de la signalisation de ce type devra faire partie du tome V - Signalisation du MTMDET.

5.7.5 Signaux lumineux standards

Actuellement, les signaux lumineux existants aux carrefours situés le long du corridor du SRB sont différents les uns des autres. Ils devront être uniformisés sur l'ensemble du corridor afin d'assurer la fluidité du SRB, de transmettre un message homogène aux usagers du réseau routier et de s'harmoniser avec la signalisation lumineuse destinée aux opérateurs du SRB. Certains feux de circulation devront être modifiés et certains autres démantelés.

5.7.6 Traverses pour piétons sur le réseau routier

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 devront être ajoutées.

5.7.7 Signalisation routière du SRB

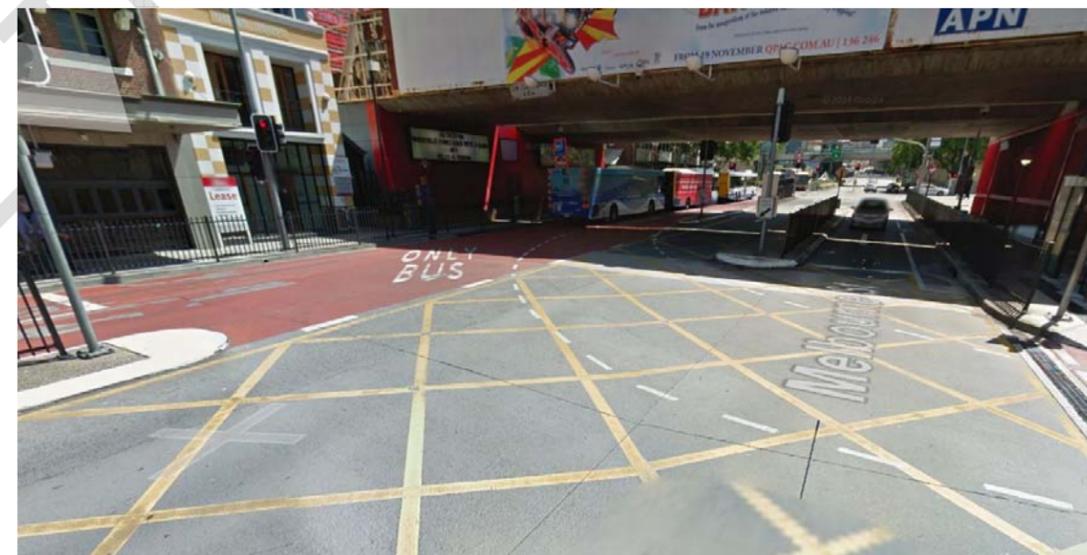
Des panneaux de signalisation statiques seront nécessaires le long du corridor du SRB afin d'assurer la sécurité des conducteurs, des usagers du SRB et des usagers qui croiseront le corridor du SRB. Les panneaux de signalisation consisteront à informer les conducteurs des potentiels dangers situés en aval et des possibles travaux. Parmi ceux-ci, les limites de vitesse de même que la signalisation des obstacles et des traverses pour piétons / cyclistes devront être visibles et conformes aux normes du Tome V – Signalisation. De plus, la signalisation statique permettra de maintenir certaines informations aux conducteurs d'autobus s'il y a une défaillance du STI. Ces panneaux de signalisation se retrouveront aux approches des intersections et des stations du SRB.

5.7.8 Marquage de la chaussée du SRB

Le corridor du SRB se devra d'être clairement défini aux carrefours afin d'éviter que des véhicules non autorisés accèdent au corridor en site propre du SRB. Une aire hachurée indiquant une zone de dégagement pour le passage du

SRB et une couleur différente pour les voies du SRB, selon l'Association des transports du Canada (ATC), s'avèrent des éléments efficaces pour limiter les violations par les usagers de la route.

La figure 5.18 illustre un marquage de la chaussée utilisé pour le SRB de Brisbane en Australie et est suggéré. Le corridor SRB illustré est en site propre standard et en position latérale, un aménagement commun au tracé du SRB. On aperçoit une zone hachurée à l'intersection pour empêcher les véhicules de bloquer celle-ci lorsque les autobus traversent l'intersection. Ceci améliore le rendement du SRB lors de congestion routière qui peut mener les usagers à bloquer les voies du SRB aux intersections. De plus, les voies du SRB sont de couleur rouge pour bien différencier le corridor du SRB des voies routières. Également, on aperçoit le terme « BUS ONLY » sur la chaussée qui ajoute au marquage de la chaussée spécifique du SRB.

Figure 5.18 Marquage de la chaussée d'un SRB en position latérale à Brisbane en Australie⁷

Le marquage spécifique au transport en commun, soit une macle (losange allongé) blanche, peut également être utilisée pour définir les voies du SRB, tel que présenté à la figure 5.19 au croisement du Rapibus de Gatineau avec le réseau routier. En site banal, un marquage indiquant l'insertion du SRB et le partage de la route entre le SRB et les usagers est recommandé.

La figure 5.20 illustre un aménagement suggéré pour l'insertion du SRB en site banal aux approches du pont de Québec. Avec les macles blanches et les lignes de continuité, l'insertion du SRB peut se faire plus facilement en informant les

⁷ Source : Google Maps 2014, Brisbane, Australie

usagers de la route de l'insertion du SRB. Aux endroits où les piétons et cyclistes peuvent traverser un tronçon en site propre du corridor SRB, un marquage tel que sur le réseau routier est à prévoir (figure 5.21).



Figure 5.19 Marquage de la chaussée aux croisements - Rapibus de Gatineau



Figure 5.21 Marquage de la chaussée, traverse pour piétons – Rapibus de Gatineau

5.7.9 Choix de la configuration

La figure suivante présente l'aménagement typique pour un feu SRB seul ou un feu combinant la signalisation SRB et les feux de circulation standards. L'implantation d'un signal lumineux pour le SRB au-dessus de la plateforme maximise la lisibilité de la signalisation pour l'ensemble des usagers.

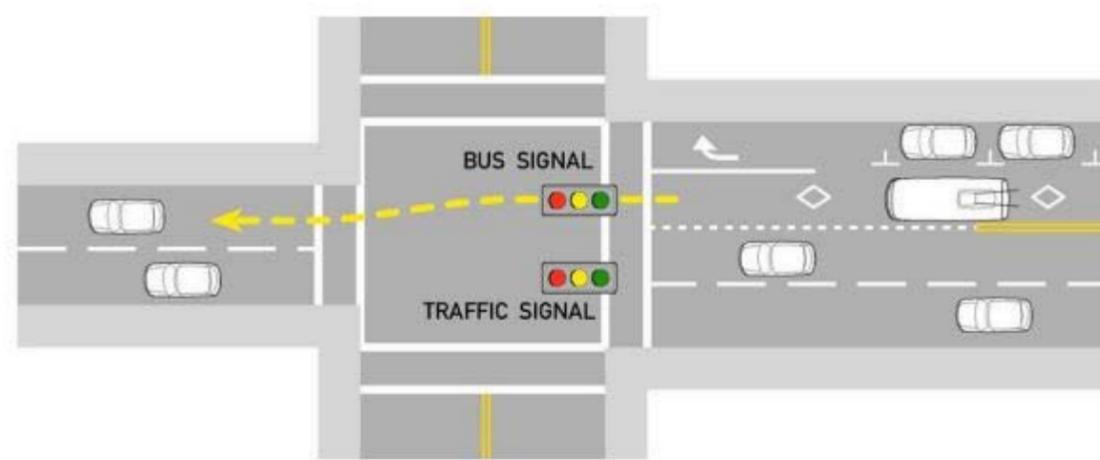


Figure 5.20 Marquage de la chaussée d'un SRB lors de l'insertion en site banal⁸

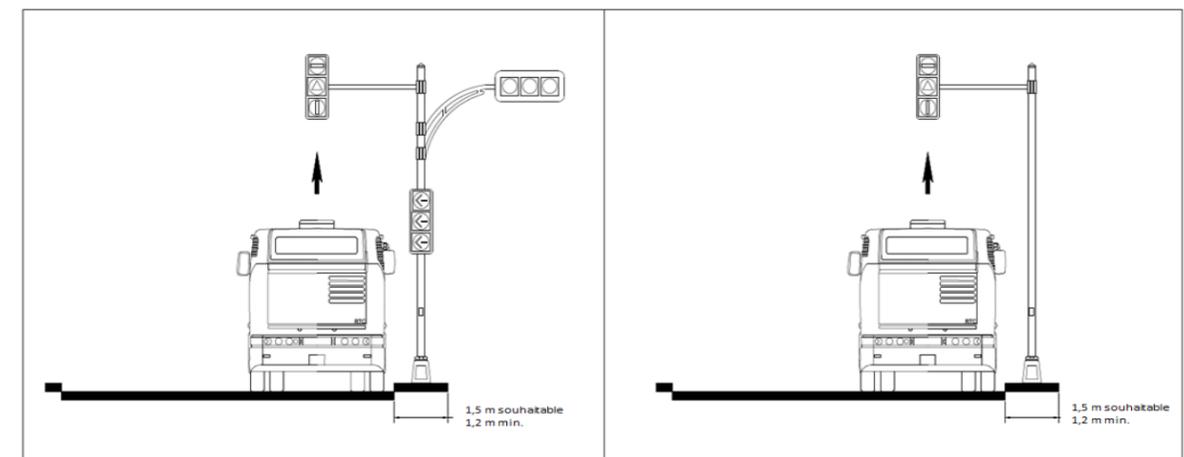


Figure 5.22 Combinaison feux standard et feux SRB (gauche) et Feux SRB (droite)

Selon le tracé SRB, on trouve trois variantes de disposition des têtes de feu de circulation aux carrefours :

⁸ Source : http://nacto.org/docs/usdg/effective_bus_only_lanes_kiesling.pdf

- 1) SRB en position axiale avec terre-plein central et voies de virage à gauche;
- 2) SRB en position axiale sans terre-plein central;
- 3) SRB en position latérale.

Les figures suivantes présentent la disposition des différents signaux lumineux pour tenir compte des besoins du SRB et de la circulation véhiculaire. Ces cas types devront être adaptés en fonction de la présence de stations et de l'espace requis pour les refuges piétons de chaque intersection. Ces cas s'appliquent qu'il y ait une ou deux voies de circulation SRB.

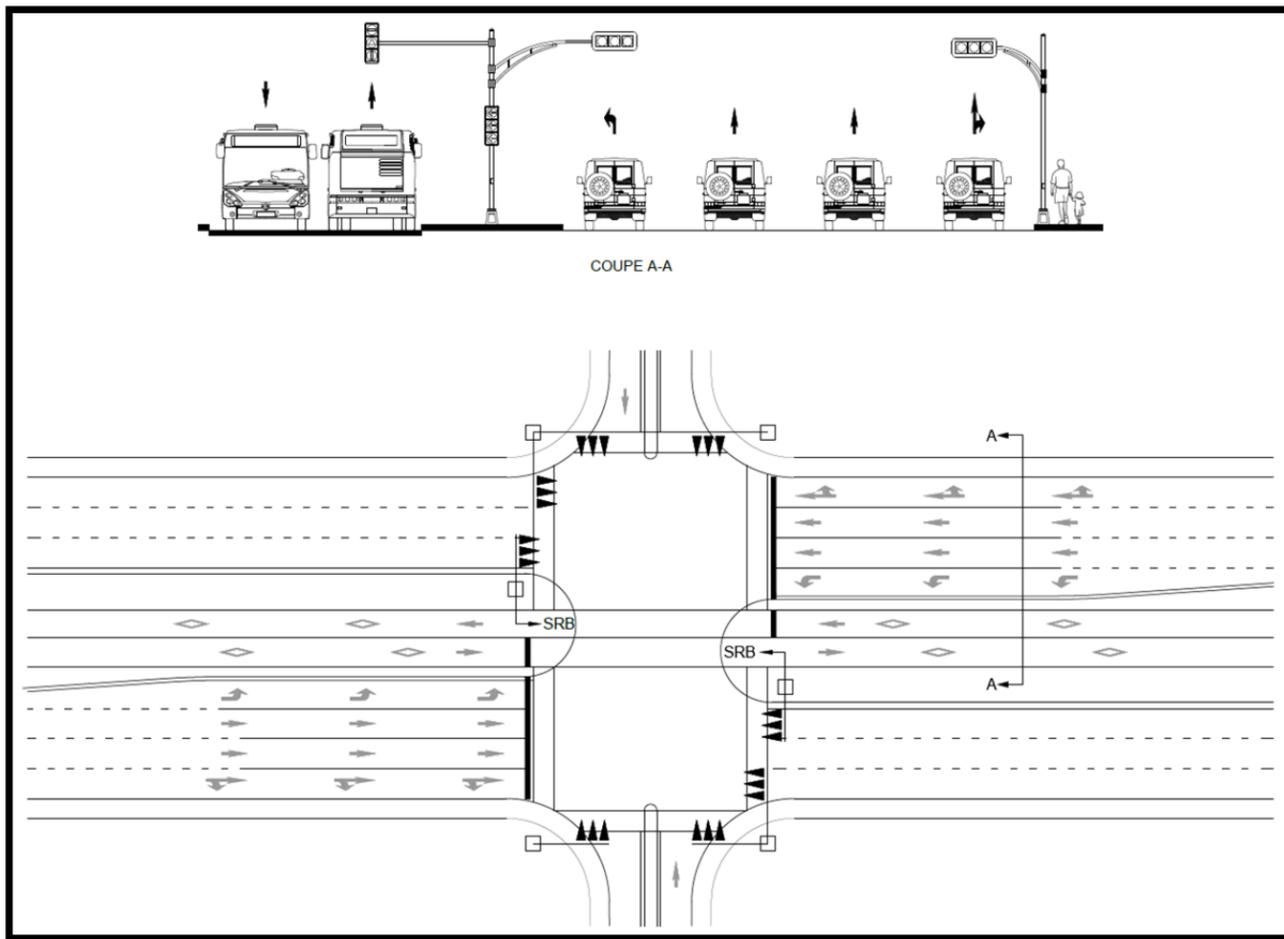


Figure 5.23 SRB en position axiale avec terre-plein central et voies de virage à gauche

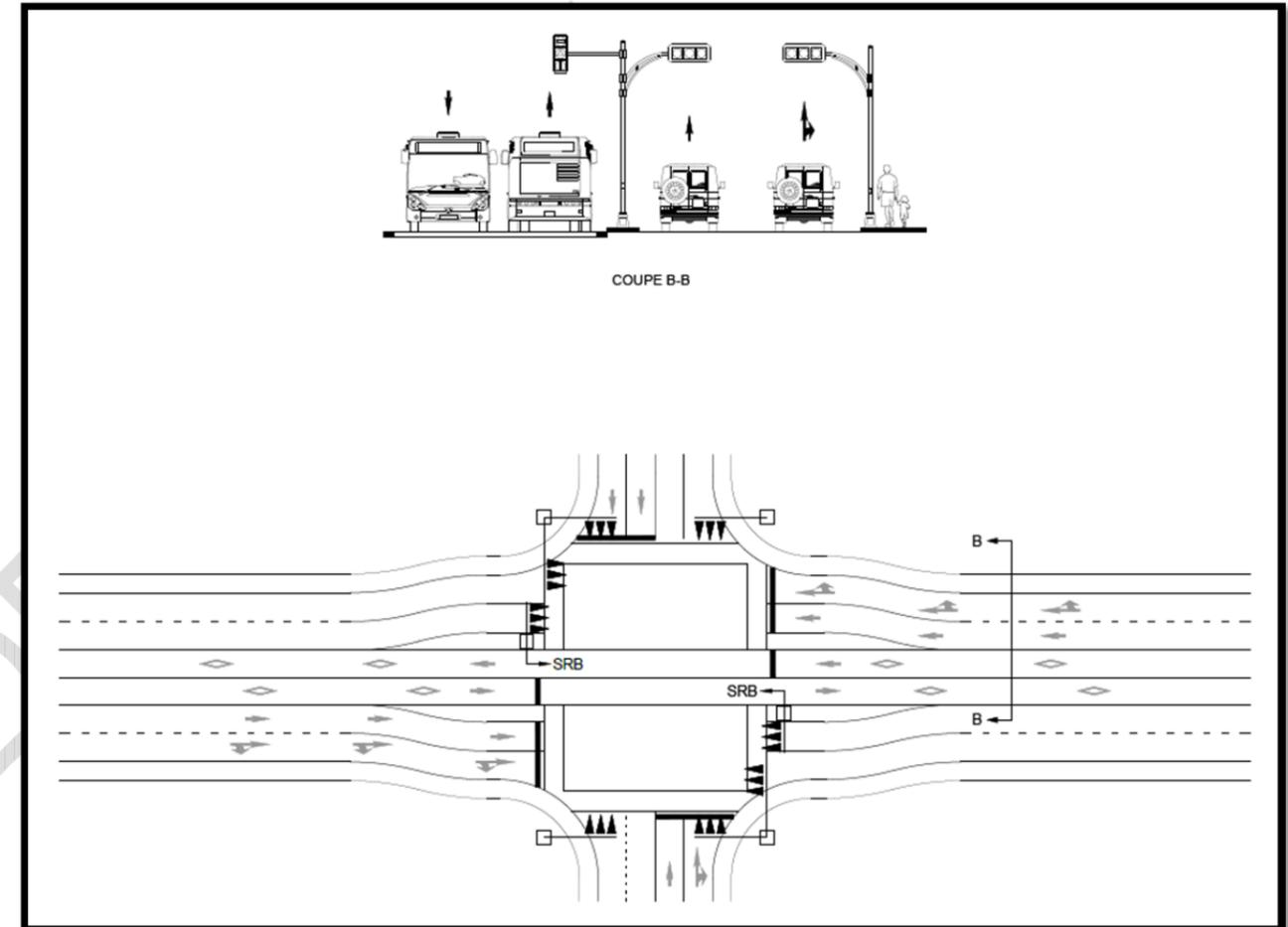


Figure 5.24 SRB en position axiale sans terre-plein central

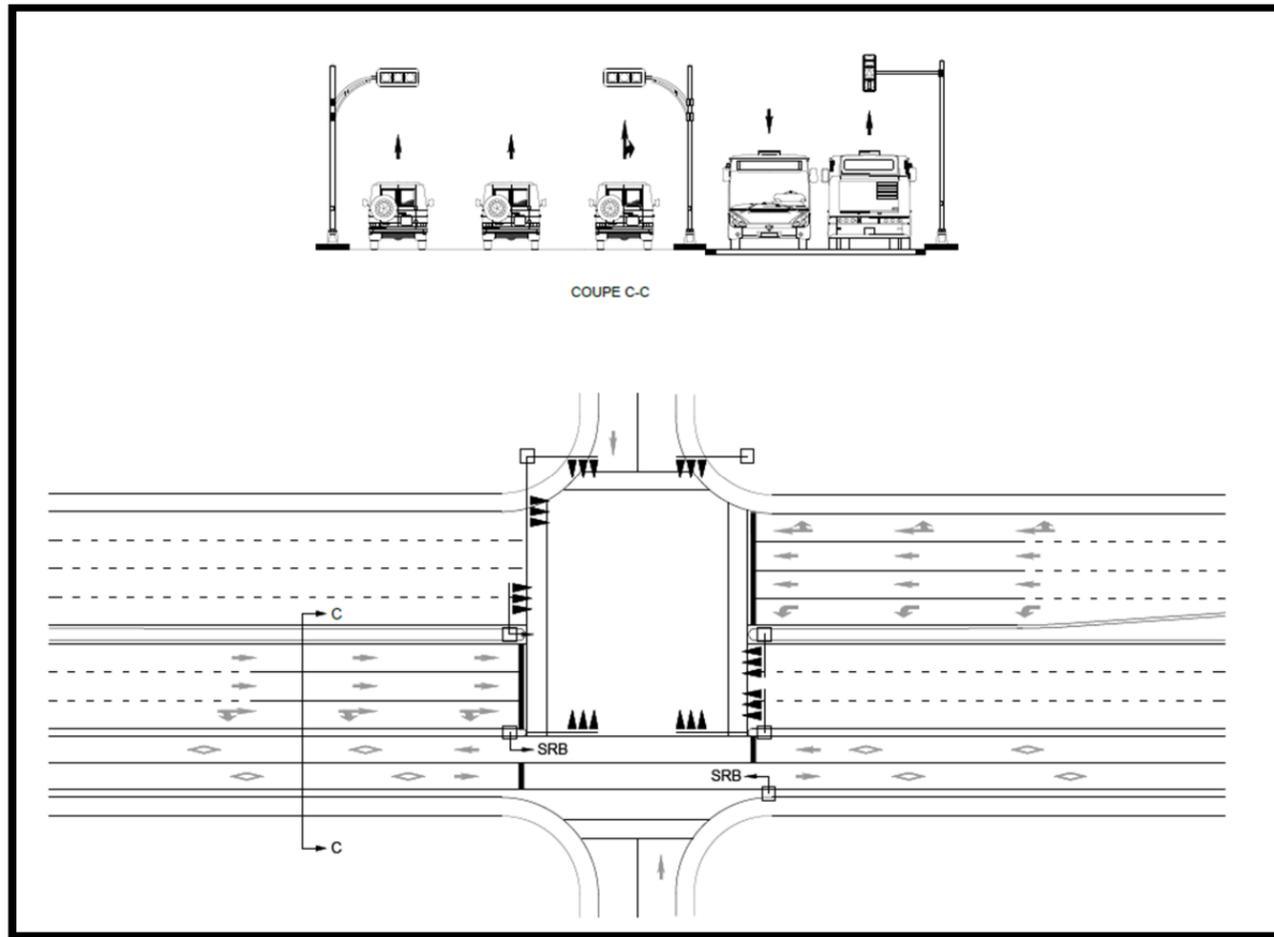
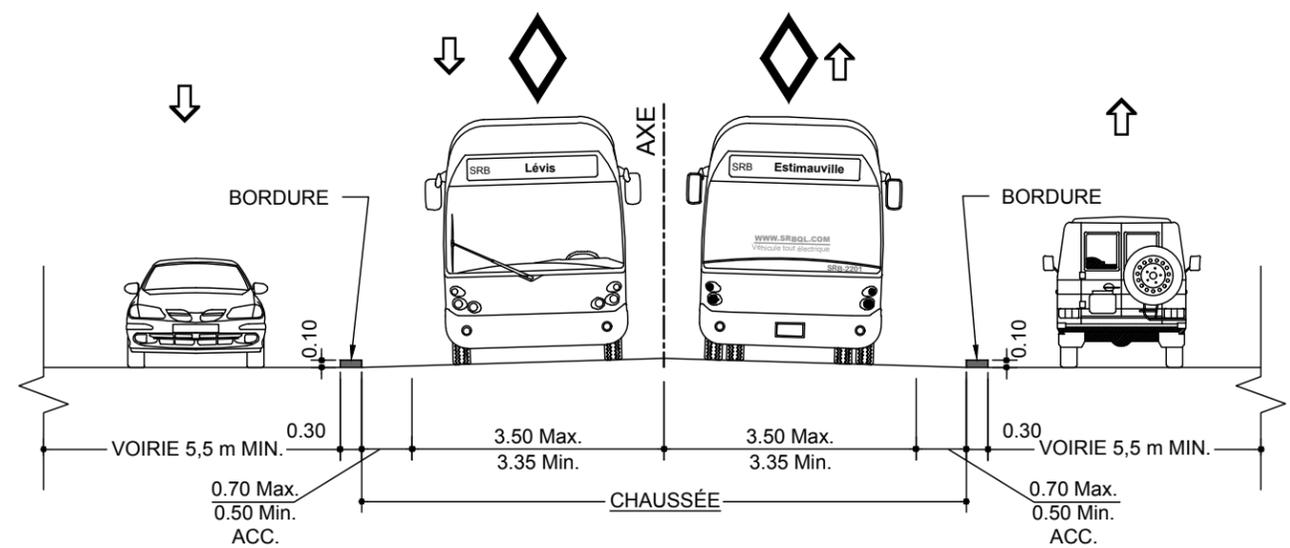


Figure 5.25 SRB en position latérale

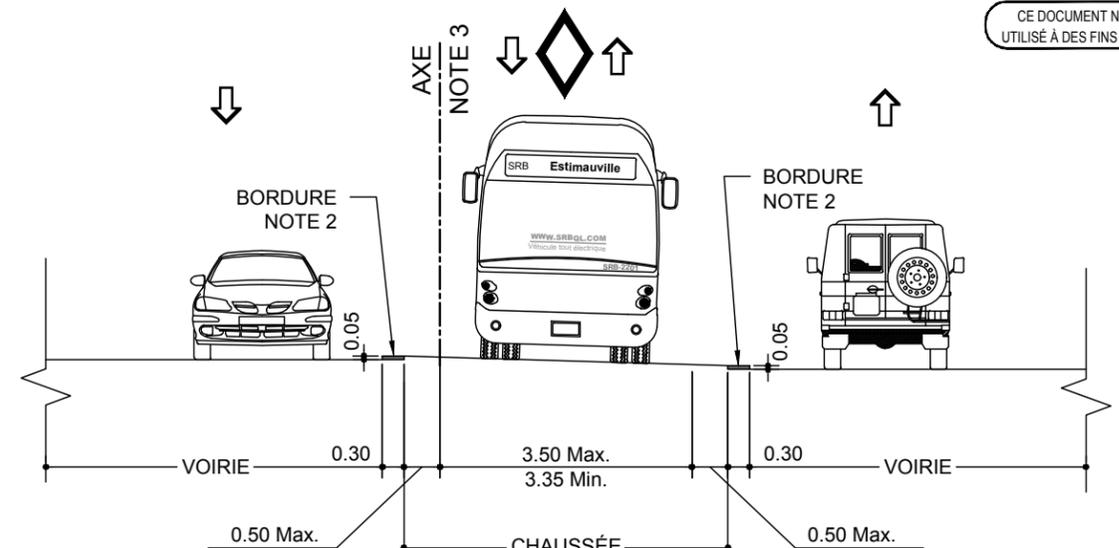
DOCUMENT DE TRAVAIL

Annexe 1

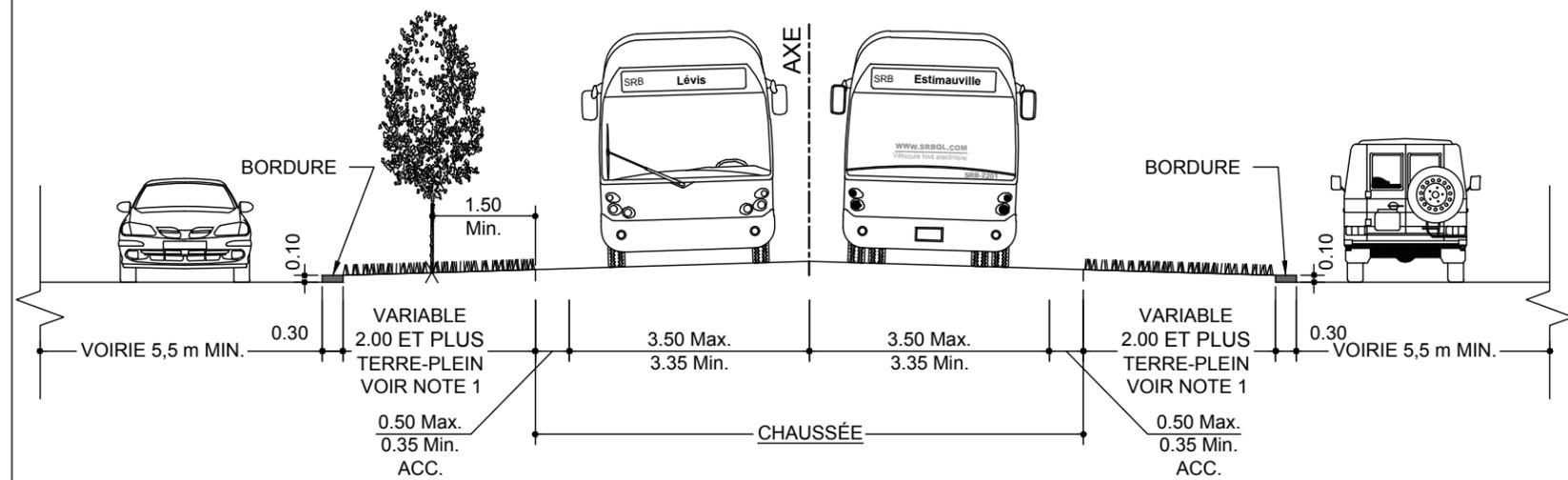
Plateformes types pour implantation



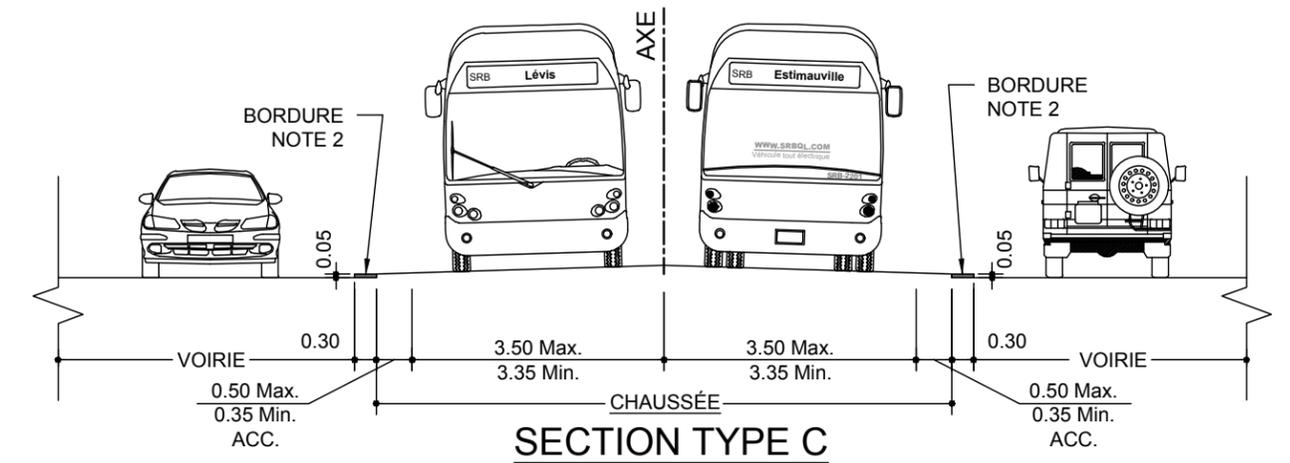
SECTION TYPE A



SECTION TYPE D



SECTION TYPE B



SECTION TYPE C

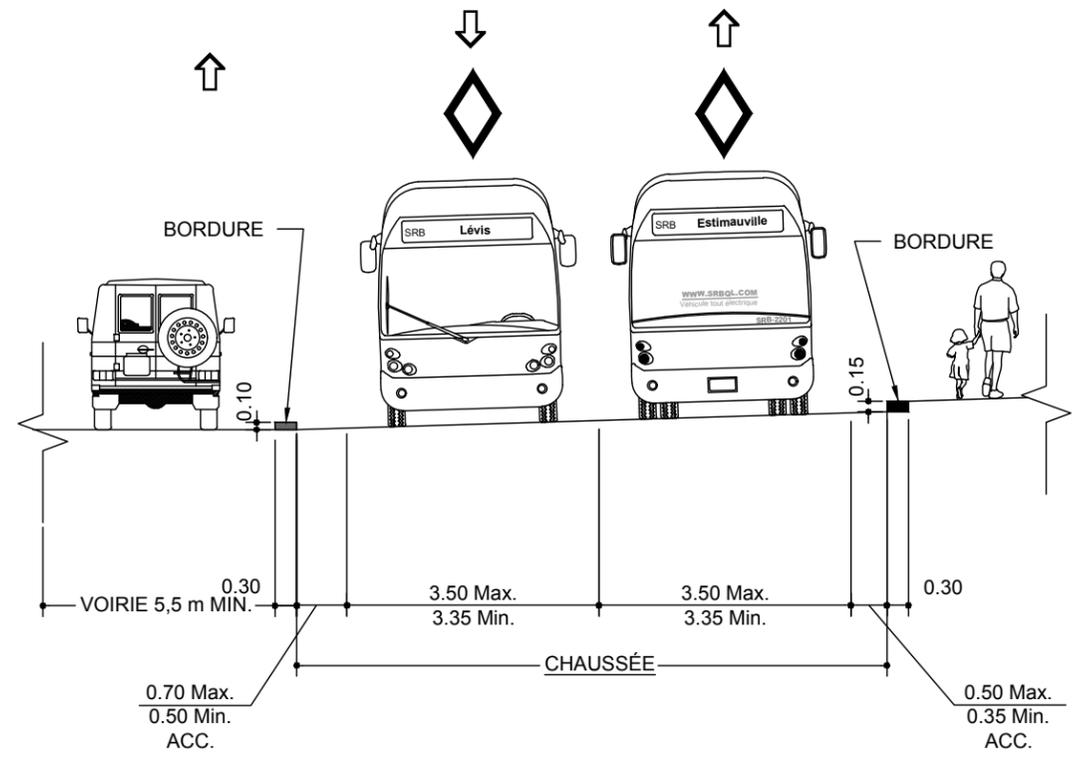
NOTE 1 :
 UN TERRE-PLEIN DOIT AVOIR AU MOINS 3 m DE LARGEUR POUR Y PLANTER DES ARBRES. CEUX-CI DOIVENT ÊTRE À UN MINIMUM DE 1,5 m DE LA PLATEFORME. DANS LE CAS OÙ UN ARBRE EST À L'INTÉRIEUR DU DÉGAGEMENT LATÉRAL, LES RÈGLES SUIVANTES S'APPLIQUENT :

- UN ARBRE DONT LE DIAMÈTRE À MATURITÉ EST SUPÉRIEUR À 150 mm DOIT ÊTRE CONSIDÉRÉ COMME UN OBJET FIXE;
- SI PLUSIEURS ARBRES TRÈS RAPPROCHÉS (DANS UN RAYON DE 1 m) OU UN ARBRE AVEC PLUSIEURS TRONCS SONT PRÉSENTS DANS LA ZONE DE DÉGAGEMENT LATÉRAL, IL FAUT LES CONSIDÉRER COMME UN SEUL ARBRE DONT LE DIAMÈTRE EST ÉGAL À L'AIRE OCCUPÉE PAR CEUX-CI.
- LES BOSQUETS ET LES ARBUSTES D'UN FAIBLE DIAMÈTRE INDIVIDUEL NE SONT PAS CONSIDÉRÉS COMME DES OBJETS FIXES, MÊME SI LEUR DIAMÈTRE CUMULATIF EST DE PLUS DE 150 mm.

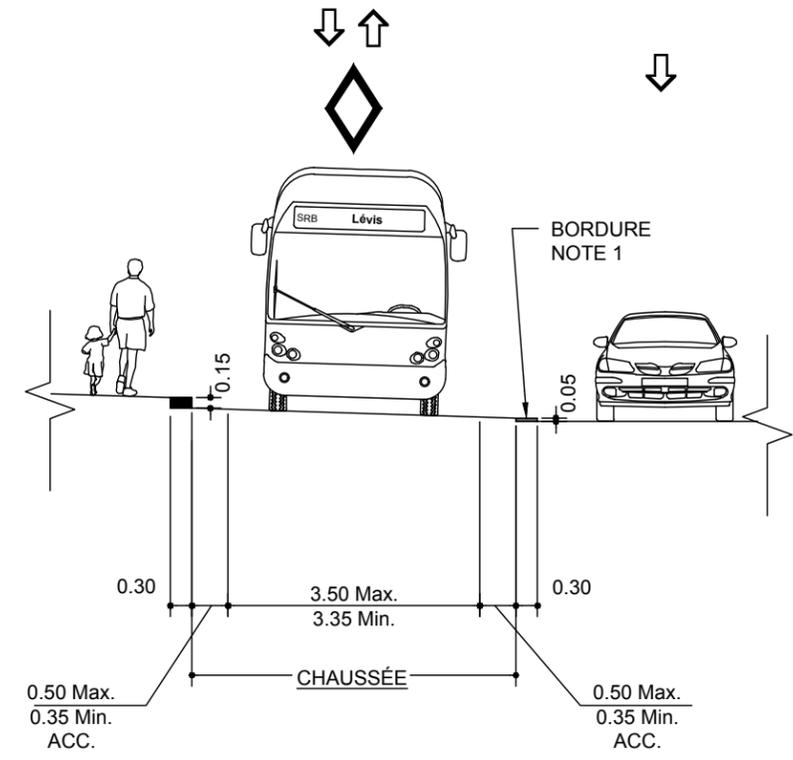
NOTE 2 :
 LORSQUE LA VOIRIE ADJACENTE EST INFÉRIEURE À 4,0 m, UNE BORDURE NOYÉE DANS LE PAVAGE DOIT ÊTRE UTILISÉE. LA HAUTEUR DE LA PLATEFORME PEUT ÊTRE AUGMENTÉE À 100 mm LORSQUE RECOMMANDÉE À LA SUITE D'UNE ANALYSE DE RISQUES, MAIS DANS CE CAS LA VOIRIE ADJACENTE DOIT AVOIR UNE LARGEUR MINIMALE DE 5,5 m.

NOTE 3 :
 EN PRÉSENCE D'UNE SEULE VOIE SRB, L'AXE PEUT ÊTRE SITUÉ À GAUCHE OU À DROITE DE LA CHAUSSÉE SRB, EN FONCTION DES BESOINS DU SITE.

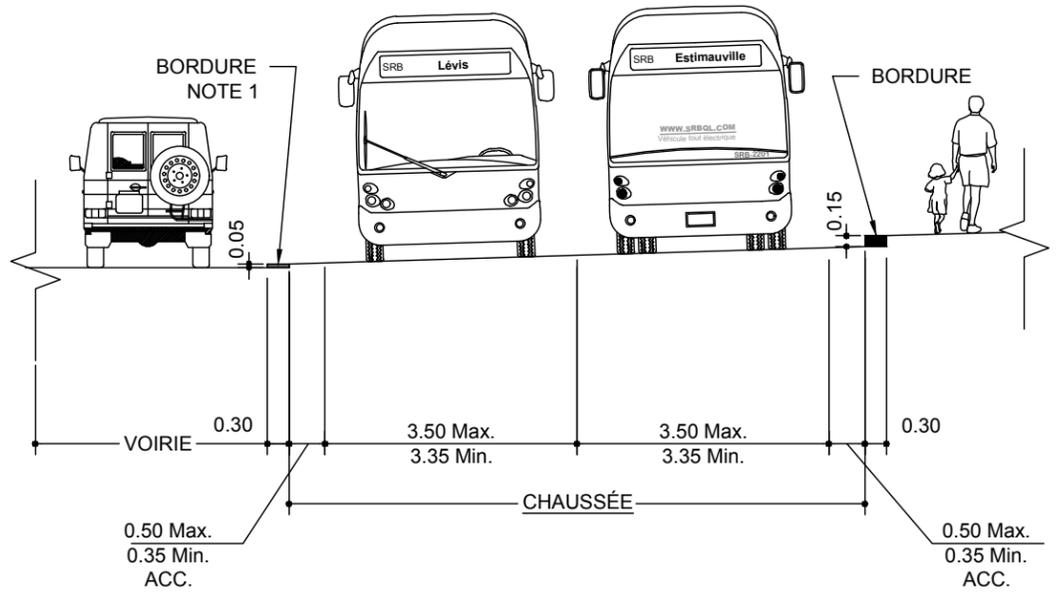
CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT : GROUPEMENT SRB QUÉBEC-LÉVIS 	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	CODIFICATION :
	PB	2016-09-XX	Édition préliminaire pour commentaires RTC	J.C.	A.L.	M.H.		LIVRABLE 2.3 - DESCRIPTION SPÉCIFIQUE DES CRITÈRES POUR LA PLATEFORME	
	PC	2016-11-02	Émission finale	JMS	D.G.	C.L.		INTITULÉ DU PLAN :	ÉCHELLE :
Dossier : P-16-900-04	PD	2016-11-18	Émission définitive	JMS	D.G.	C.L.	PROJET : Études d'avant-projet préliminaire et définitif du SRB de Québec et de Lévis	PLATEFORMES TYPES SITE PROPRE INSERTION AXIALE	1:100
								1	REV.
							4	PD	



SECTION TYPE E



SECTION TYPE G

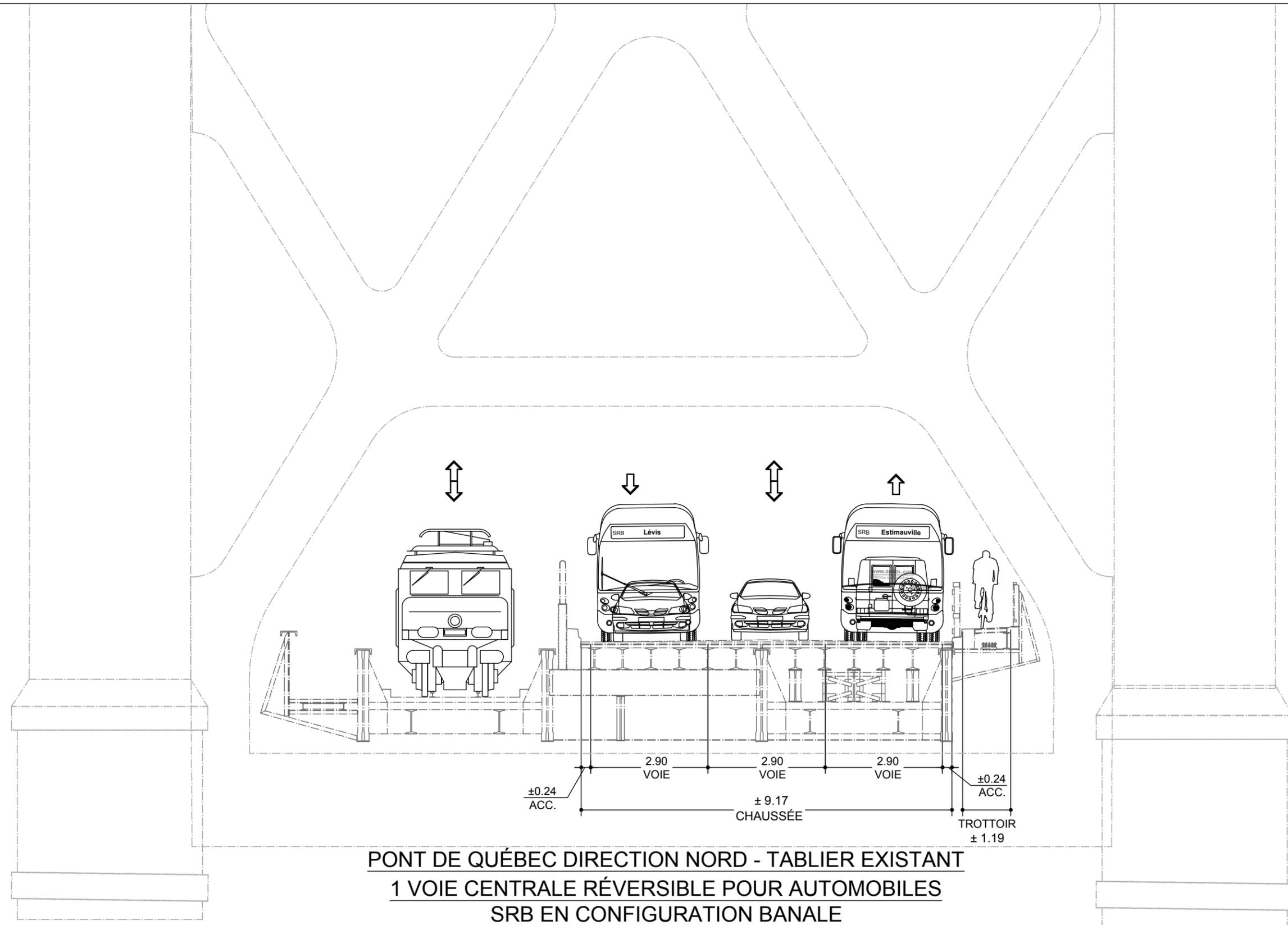


SECTION TYPE F

NOTE 1 :
LORSQUE LA VOIRIE ADJACENTE EST INFÉRIEURE À 4,0 m, UNE BORDURE NOYÉE DANS LE PAVAGE DOIT ÊTRE UTILISÉE. LA HAUTEUR DE LA PLATEFORME PEUT ÊTRE AUGMENTÉE À 100 mm LORSQUE RECOMMANDÉE À LA SUITE D'UNE ANALYSE DE RISQUES, MAIS DANS CE CAS LA VOIRIE ADJACENTE DOIT AVOIR UNE LARGEUR MINIMALE DE 5,5 m.

NOTE 2 :
EN PRÉSENCE D'UNE SEULE VOIE SRB, L'AXE PEUT ÊTRE SITUÉ À GAUCHE OU À DROITE DE LA CHAUSSÉE, EN FONCTION DES BESOINS DU SITE.

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT : GRUPEMENT SRB QUÉBEC-LÉVIS NORDA STELO SNC-LAVALIN Stantec	INTITULÉ DE L'ÉTAPE : LIVRABLE 2.3 - DESCRIPTION SPÉCIFIQUE DES CRITÈRES POUR LA PLATEFORME	CODIFICATION :			
	PB	2016-09-XX	Édition préliminaire pour commentaires RTC	J.C.	A.L.	M.H.			INTITULÉ DU PLAN : PLATEFORMES TYPES SITE PROPRE INSERTION LATÉRALE	ÉCHELLE : 1:100		
	PC	2016-11-02	Émission finale	JMS	D.G.	C.L.				REV. 2 / 4 PD		
Dossier : P-16-900-04	PD	2016-11-18	Émission définitive	JMS	D.G.	C.L.	PROJET : Études d'avant-projet préliminaire et définitif du SRB de Québec et de Lévis Réseau de transport de la Capitale					



PONT DE QUÉBEC DIRECTION NORD - TABLIER EXISTANT
1 VOIE CENTRALE RÉVERSIBLE POUR AUTOMOBILES
SRB EN CONFIGURATION BANALE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT : GROUPEMENT SRB QUÉBEC-LÉVIS 	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	CODIFICATION :	
	PB	2016-09-XX	Édition préliminaire pour commentaires RTC	J.C.	A.L.	M.H.		LIVRABLE 2.3 - DESCRIPTION SPÉCIFIQUE DES CRITÈRES POUR LA PLATEFORME		
	PC	2016-11-02	Émission finale	JMS	D.G.	C.L.		INTITULÉ DU PLAN :		
Dossier :							PROJET :	PLATEFORMES TYPES	ÉCHELLE : 1:100	
P-16-900-04							Études d'avant-projet préliminaire et définitif du SRB de Québec et de Lévis	SITES BANALS		
								INSERTIONS LATÉRALES	3	REV.
									4	PD

DOCUMENT DE TRAVAIL

Annexe 2

Analyse comparative béton de ciment et béton bitumineux

INTRODUCTION

En complément à la liste des avantages associés aux chaussées rigides et flexibles transmise précédemment, cette note technique présente une analyse économique sommaire visant à comparer le coût d'une structure de chaussée flexible et d'une structure de chaussée rigide pour la plateforme du SRB Québec-Lévis.

Pour cette analyse comparative, il a été requis de concevoir 2 structures de chaussée, l'une flexible et l'autre rigide. Bien qu'elles puissent être adaptées à la future plateforme, ces structures de chaussée ont été déterminées aux seules fins de la présente analyse. Tel que mentionné au tableau 5.14 du Livrable 2, la conception des chaussées doit prendre en compte des critères véhiculaires, des critères d'achalandage et des critères géotechniques.

Plusieurs de ces critères ne sont pas connus ou entièrement définis pour le moment. Plusieurs hypothèses ont donc été formulées pour concevoir ces 2 structures de chaussée. Puisqu'il est possible que les hypothèses retenues ne soient pas conséquentes avec les conditions futures, les structures présentées dans cette note technique ne doivent pas être utilisées pour la conception et la construction de la plateforme.

DESTINATAIRE : Antonio Rodrigo Lins, Ing.
Responsable de la conception, ingénierie des transports
Transports collectifs et ferroviaires

COPIE : Mehdi Hizaoui, Ing., PMP
Directeur de projet
Transports collectifs et ferroviaires

EXPÉDITEUR : André Contant, ing., M.Sc.A.
Réf. : 639057

DATE : Le 31 octobre 2016

OBJET : Analyse économique sommaire
Structures de chaussée flexibles et rigides
SRB Québec-Lévis

HYPOTHÈSES

Plusieurs des critères et intrants requis pour concevoir les structures de chaussée n'étaient pas connus ni fixés au moment de la rédaction de la présente note, les hypothèses suivantes ont par conséquent été retenues.

Critères véhiculaires

La conception d'une chaussée, qu'elle soit flexible ou rigide, repose avant tout sur les sollicitations qu'elle devra subir au cours de sa durée de vie utile. Les tableaux 3.4 et 3.5 du Livrable 1 présentent les spécifications des différents autobus envisagés pour le SRB Québec-Lévis. On note que la longueur des autobus sera comprise entre 23,0 et 27,1 m et qu'ils comprendront 2 à 3 unités. La masse des autobus sera transmise à la chaussée au moyen de 4 essieux comportant de 12 à 14 roues. Les autobus pourront transporter plus de 150 passagers. Le poids à vide des autobus et le poids nominal par essieux sont présentés au tableau 3.5 du Livrable 1. Sans passager, la masse des autobus pourrait excéder 24 300 kg. Avec un plein de passagers, la masse pourrait atteindre 44 550 kg.

Pour les fins de la présente analyse, des valeurs moyennes ont été considérées pour caractériser le futur autobus. Les valeurs retenues sont présentées au tableau 1.

Tableau 1 Masse des autobus retenue pour l'analyse comparative

Autobus	Passagers		
	0	± 100	± 150
Masse à vide du véhicule	25 000 kg	35 000 kg	40 000 kg
Masse nominale brute sur l'essieu			
Essieu 1 (pilotage)	4 700 kg	6 500 kg	7 500 kg
Essieu 2	7 800 kg	11 000 kg	12 500 kg
Essieu 3	7 800 kg	11 000 kg	12 500 kg
Essieu 4	4 700 kg	6 500 kg	7 500 kg

Critère d'achalandage

Bien que la fréquence définitive des autobus ne soit pas connue avec précision et qu'elle pourra varier selon les secteurs, il est certain qu'elle sera élevée pour assurer un niveau de service optimal aux usagers du service SRB.

Pour les fins de la présente analyse, un intervalle de 3 minutes, soit 20 autobus par heure par direction, a été retenu. Considérant que le service SRB pourrait être en opération 20 heures par jour, la plateforme du SRB pourrait devoir supporter quotidiennement 400 passages d'autobus par direction.

La conception des structures de chaussée de la plateforme doit être effectuée au moyen d'une méthode éprouvée, comme celle proposée par l'AASHTO dans le *Guide for Design of Pavement Structures (1993)*. Selon cette méthode, les charges routières doivent être converties en Équivalent de Charge Axiale Simple (ÉCAS). L'ÉCAS de chaque véhicule, les autobus dans le cas du SRB, est calculé en comparant la masse de chaque essieu à la masse de l'essieu de référence de 80 kN.

$$\text{ÉCAS} = \sum \left(\frac{\text{masse de l'essieu (kg)}}{8165 \text{ kg}} \right)^4$$

Le SRB sera en opération 20 heures par jour, mais l'achalandage variera au cours de la journée. Les autobus devraient être bondés aux heures de pointe alors que des sièges pourraient être vides en dehors de celles-ci. Pour les fins de la présente analyse comparative, il a été considéré que 5 % des autobus circuleraient presque vides (25 000 kg), 55 % circuleraient avec une centaine de passagers (35 000 kg) et que 40 % des mouvements se feraient à pleine capacité (40 000 kg). Tel que montré au tableau 2, le coefficient d'agressivité moyen (CAM) des autobus serait d'environ 9,13, c'est-à-dire que chacun des 400 passages quotidiens d'autobus causerait autant de dommage à la plateforme que 9,13 passages de l'essieu de référence de 80 kN.

Tableau 2 Coefficient d'agressivité moyen des autobus

Autobus	Passagers		
	0	± 100	± 150
Masse totale	25 000 kg	35 000 kg	40 000 kg

Autobus	Passagers		
	0	± 100	± 150
Essieu 1	4 700 kg	6 500 kg	7 500 kg
Essieu 2	7 800 kg	11 000 kg	12 500 kg
Essieu 3	7 800 kg	11 000 kg	12 500 kg
Essieu 4	4 700 kg	6 500 kg	7 500 kg
ÉCAS	1,89	7,39	12,41
Répartition considérée	5 %	55 %	40 %
Coefficient d'agressivité moyen	9,13		

Ainsi, sur une période de 30 ans, les passages d'autobus sur la plateforme du SRB pourraient générer près de 40 millions d'ÉCAS.

$$400 \frac{\text{bus}}{\text{jour}} \times 9,13 \frac{\text{ÉCAS}}{\text{bus}} \times 365 \frac{\text{jour}}{\text{an}} \times 30 \text{ ans} = 39,99\text{M ÉCAS}$$

Critères géotechniques

La nature des sols d'infrastructure est le second critère qui influence largement la conception des chaussées, et ce, qu'elles soient flexibles ou rigides. La capacité des sols à supporter les charges routières influence la nature et l'épaisseur des couches de la plateforme. De plus, compte tenu du climat québécois, la susceptibilité thermique des sols d'infrastructure ne doit pas être négligée. La structure de chaussée doit être suffisamment épaisse afin de limiter la pénétration du gel dans les sols gélifs, pour limiter les soulèvements hivernaux et l'apparition de déficiences dans le revêtement de surface. Cette épaisseur minimale a aussi comme effet d'éloigner de la surface les horizons de sol qui subissent des pertes de capacité de support au moment du dégel.

Pour les fins de la présente analyse, il a été considéré que la plateforme du SRB reposera sur une infrastructure constituée de sable silteux contenant plus de 30 % de particules inférieures à 80 µm (SM_{fin}). Dans la réalité, les sols d'infrastructure ne seront pas uniformes sur la totalité des 43 km du tracé. L'épaisseur totale de la plateforme devra être ajustée selon les sols rencontrés.

Selon le logiciel *Chaussée2*, produit par le MTMDET et basé sur la méthode de conception des chaussées de l'AASHTO modifiée pour tenir compte du contexte québécois, une chaussée collectrice construite sur une infrastructure composée d'un sol classifié « SM_{fin} » et située dans une région où l'indice de gel est d'environ 1 240 °C - jours, comme à Québec, devrait être constituée d'au moins 925 mm de matériaux non gélifs pour assurer une protection partielle de l'infrastructure contre le gel et pour limiter les effets du gel sur l'ouverture des fissures et sur l'uni de la chaussée. Cette épaisseur est requise pour limiter les soulèvements hivernaux anticipés à moins de 60 mm, tel que prescrit par la norme *Structures de chaussée* du Tome II - Construction routière des Normes pour Ouvrages routiers du MTMDET. Une aire revêtue, enrobé ou béton, comprenant une épaisseur totale moindre que celle recommandée pourrait se dégrader plus rapidement suite aux cycles de gel et dégel et aux gonflements hivernaux de la chaussée.

STRUCTURES DE CHAUSSÉE PRÉLIMINAIRES

Tel que mentionné dans le Livrable 2, la conception des structures de chaussée de la plateforme devra être effectuée au moyen d'une méthode éprouvée. La méthode de l'AASHTO et différents critères de conception sont proposés à la section Voirie de ce livrable.

Ceux-ci, de même que les différentes hypothèses présentées précédemment, ont été utilisés pour concevoir les 2 structures de chaussée montrées au tableau 3. Il est important de rappeler qu'elles ont été établies de façon à effectuer une analyse économique sommaire entre les 2 types de chaussée. Ces structures de chaussée ne doivent pas être utilisées pour la conception et la construction de la plateforme du SRB puisqu'elles sont basées sur plusieurs hypothèses qui devront être validées par l'équipe de conception.

Ces 2 structures pourraient supporter 40M d'ÉCAS et sont suffisamment épaisses pour limiter la pénétration du gel dans la couche de sable silteux et pour limiter les soulèvements hivernaux à moins de 60 mm.

Tableau 3 Structures de chaussée retenues pour l'analyse comparative

Élément de la chaussée	Matériau	Épaisseur (mm)	
		Chaussée flexible	Chaussée rigide
Enrobé bitumineux ¹	ESG-10 (1 couche)	50	-
	GB-20 (2 couches)	175	-
Dalle de béton ²	Béton Type IIIA	-	300
Fondation	MG 20	300	225
Sous-fondation	MG 112 ³	400	400
Épaisseur totale		925	925

1 : Avec un bitume modifié aux polymères pour une meilleure résistance à l'orniérage (PG 70-34 en surface et PG 64-34 en base).

2 : Dalles courtes goujonnées, espacement des joints : 5 m. Une surépaisseur de 20 mm a été considérée pour tenir compte d'une opération de meulage durant la durée de vie de la plateforme.

3 : MG 112 constitué d'au moins 30 % de particules retenues sur le tamis de 5 mm (matériaux recyclés MR-1 à MR-5 envisageables).

ESTIMATION DES COÛTS

Les coûts de construction d'un projet comme le SRB Québec-Lévis seront sujets à différentes variables. Pour les fins de la présente analyse, les coûts unitaires retenus sont présentés au tableau 4. Les coûts réels pourraient être différents.

Tableau 4 Coûts unitaires retenus pour l'analyse comparative (\$ 2016)

Travaux / Matériaux	t/m ³	\$/m	\$/m ²	\$/m ³	\$/t
Construction					
Déblai	-	-	-	15	-
MG 112	2,2	-	-	-	15
MG 20	2,3	-	-	-	22
GB-20	2,4	-	-	-	100
ESG-10	2,4	-	-	-	110
Béton Type IIIA	-	-	-	300	-
Scellement des joints	-	15	-	-	-
Réhabilitation					
Scellement des fissures	-	5	-	-	-
Planage à froid	-	-	3	-	-
ESG-14	2,4	-	-	-	105
Meulage du béton	-	-	10	-	-
Réparation de la dalle	-	-	-	500	-

En fonction de ces coûts unitaires et d'une largeur de plateforme de 8 m, le coût de construction des 2 structures de chaussée montrées au tableau 3 serait de 1 010 \$/m pour la chaussée flexible et de 1 307 \$/m pour la chaussée rigide. Une ventilation de ces montants est présentée aux tableaux 5 et 6.

Tableau 5 Estimation du coût de construction de la chaussée flexible

Composante	Largeur (m)	Épaisseur (m)	m ³ /m ²	t/m ³	\$/m ³	\$/t	\$/m
Déblai	8,0	0,925	0,925	-	15	-	111 \$
MG 112	8,0	0,400	0,400	2,2	-	15	106 \$
MG 20	8,0	0,300	0,300	2,3	-	22	121 \$
GB-20	8,0	0,175	0,175	2,4	-	100	336 \$
ESG-10	8,0	0,050	0,050	2,4	-	350	336 \$
Total							1 010 \$

Quoi qu'il en soit, cette première estimation semble indiquer que la chaussée flexible serait environ 23 % plus économique que la chaussée rigide, du moins à la construction.

$$\frac{\left(1\,307 \frac{\$}{\text{m}} - 1\,010 \frac{\$}{\text{m}}\right)}{1\,307 \frac{\$}{\text{m}}} = 23 \%$$

Tableau 6 Estimation du coût de construction de la chaussée rigide

Composante	Largeur (m)	Épaisseur (m)	Joint (m)	m ³ /m ²	t/m ³	\$/m ³	\$/t	\$/m	\$/m
Déblai	8,0	0,925	-	0,925	-	15	-	-	111 \$
MG 112	8,0	0,400	-	0,400	2,2	-	15	-	106 \$
MG 20	8,0	0,225	-	0,225	2,3	-	22	-	91 \$
Dalle	8,0	0,300	-	0,300	-	400	-	-	960 \$
Joints	8,0	-	2,6 ¹	-	-	-	-	15	39 \$
Total									1 307 \$

1 : Joints transversaux espacés de 5 m (joint transversal : 0,2 m/m x 8 m + joint longitudinal 1 m/m).

Il est bien entendu que ces montants sont loin de comprendre la totalité des coûts de construction de la plateforme. Les bordures, la signalisation verticale et longitudinale, le déplacement des utilités publiques, les honoraires professionnels, etc. représentent des coûts communs aux 2 options et n'ont pas été considérés dans les coûts de construction établis pour la présente analyse comparative. La gestion de la circulation sera un autre montant significatif à prévoir lors de la construction et de l'entretien, et ce, quelque soit la solution retenue.

ANALYSE ÉCONOMIQUE

L'analyse comparative a été poussée un peu plus loin pour tenir compte des coûts d'entretien des 2 types de plateforme. Seuls les coûts liés au maintien de la bonne condition de la chaussée ont été considérés. Les travaux d'entretien estivaux comme le balayage de la surface, hivernaux comme le déneigement et l'épandage d'abrasifs de même que l'entretien du marquage n'ont pas été considérés. Ils ont été considérés similaires pour les 2 options.

Afin de garantir un bon uni de surface et un bon confort aux usagers, une opération de planage sur 50 mm suivi d'un resurfaçage de même épaisseur est anticipée après une dizaine d'années de mise en service de la chaussée flexible. Une intervention similaire, mais sur une épaisseur de 100 mm, devrait être prévue après une vingtaine d'années. Chacune de ces interventions, de même que la construction initiale, devrait être suivie de travaux de scellement de fissures, quelques années après la pose du nouveau revêtement. Le tableau 7 présente un résumé des travaux requis sur une période de 30 ans.

Tableau 7 Programme d'entretien de la chaussée flexible

Année	Construction	Planage revêtement	Scellement de fissures
0	X		
3			X
10		X (50 mm)	
12			X
20		X (100 mm)	
22			X

Selon les coûts unitaires du tableau 4, ces différentes interventions sont estimées à 362 \$/m, 418 \$/m et 8 \$/m, tel que décrit au tableau 8.

Tableau 8 Coût d'entretien de la chaussée flexible

Composante	Largeur	Épaisseur	m ³ /m ²	t/m ³	\$/m ²	\$/t	\$/m
------------	---------	-----------	--------------------------------	------------------	-------------------	------	------

	(m)	(m)					
Planage	8,0	0,05	-	-	3	-	24 \$
Liant	8,0	-	-	-	0,3 \$	-	2 \$
ESG-10	8,0	0,05	0,05	2,4	-	350	336 \$
total							362 \$
Composante	Largeur (m)	Épaisseur (m)	m ³ /m ²	t/m ³	\$/m ²	\$/t	\$/m
Planage	8,0	0,10	-	-	3	-	24 \$
Liant	8,0	-	-	-	0,3 \$	-	2 \$
ESG-14	8,0	0,06	0,06	2,4	-	105	121 \$
Liant	8,0	-	-	-	0,2 \$	-	2 \$
ESG-10	8,0	0,04	0,04	2,4	-	350	269 \$
total							418 \$
Composante	Largeur (m)	m/m ²		\$/m	\$/m		
Scellement de fissures	8,00	0,2		5	8 \$		
total							8 \$

Dans le cas d'une chaussée rigide, les travaux requis sur une période de 30 ans seraient différents. Dans un premier temps, la garniture des joints devrait être refaite partiellement (50 %) après une douzaine d'années et entièrement après une vingtaine d'années. Lors de ces travaux, la dalle de béton pourrait faire l'objet de réparations ponctuelles pour corriger des bris localisés. Pour fins d'estimation, on prévoit que des travaux seraient requis sur 1 % de la surface après 12 ans et sur 10 % de la surface après 20 ans. Une opération de meulage a également été prévue après 20 ans pour restaurer la surface de roulement et lui redonner un bon uni et une surface adhérente. Le tableau 9 présente un résumé des travaux requis sur une période de 30 ans alors que le tableau 10 en présente les coûts.

Tableau 9 Programme d'entretien de la chaussée rigide

Année	Construction	Meulage	Réparations	Scellement joints
0	X			



12			X (1 %)	X (50 %)
20		X	X (10 %)	X (100 %)

$$\frac{(1\,429 \text{ \$/m} - 1\,404 \text{ \$/m})}{1\,429 \text{ \$/m}} = 2 \%$$

Tableau 10 Coût d'entretien de la chaussée rigide

Composante	Largeur (m)			\$/m ²	\$/m
Meulage	8,0			10	80 \$
total					80 \$
Composante	Largeur (m)	Longueur (m)			\$/m
Scellement des joints	8,0	2,6			15
total					39 \$
Composante	Largeur (m)	Épaisseur (m)	m ³ /m ²	\$/m ³	\$/m
Réparation de la dalle	8,00	0,320	0,320	600	1 536 \$
total					1 536 \$

Différents coûts, services professionnels, gestion de la circulation, location de voies, etc., seront associés de ces différents travaux d'entretien. Pour les fins du présent exercice, ils n'ont pas été considérés. Les coûts estimés, en dollars 2016, sont limités à l'intervention proprement dite.

La dernière étape a consisté à actualiser en dollars 2016 ces montants à investir au courant des 30 prochaines années et à les ajouter aux coûts de construction. Un taux d'actualisation de 5 % a été retenu pour la présente analyse.

Les tableaux 11 et 12 présentent les valeurs actualisées nettes des 2 options étudiées. Il est à noter qu'aucune valeur résiduelle n'a été considérée pour les 2 options. La valeur actualisée nette indique que la chaussée flexible serait environ 2 % plus économique que la chaussée rigide si on inclut des travaux d'entretien programmés sur une période de 30 ans.

Tableau 11 Valeur actualisée nette de la chaussée flexible

Année	Construction	Planage revêtement	Scellement fissures	Facteur d'actualisation (5 %)	Valeur actualisée
0	1010 \$			1,000	1010 \$
1				1,050	- \$
2				1,103	- \$
3			8 \$	1,158	7 \$
4				1,216	- \$
5				1,276	- \$
6				1,340	- \$
7				1,407	- \$
8				1,477	- \$
9				1,551	- \$
10		362 \$		1,629	222 \$
11				1,710	- \$
12			8 \$	1,796	4 \$
13				1,886	- \$
14				1,980	- \$
15				2,079	- \$
16				2,183	- \$
17				2,292	- \$
18				2,407	- \$
19				2,527	- \$

Année	Construction	Planage revêtement	Scellement fissures	Facteur d'actualisation (5 %)	Valeur actualisée
20		418 \$		2,653	157 \$
21				2,786	- \$
22			8 \$	2,925	3 \$
23				3,072	- \$
24				3,225	- \$
25				3,386	- \$
26				3,556	- \$
27				3,733	- \$
28				3,920	- \$
29				4,116	- \$
30				4,322	- \$
				VAN	1 404 \$

Tableau 12 Valeur actualisée nette de la chaussée rigide

Année	Construction	Meulage	Réparations	Scellement joints	Facteur d'actualisation (5 %)	Valeur actualisée
0	1 307 \$				1,000	1 0307 \$
1					1,050	- \$
2					1,103	- \$
3					1,158	- \$
4					1,216	- \$
5					1,276	- \$
6					1,340	- \$
7					1,407	- \$
8					1,477	- \$
9					1,551	- \$
10					1,629	- \$
11					1,710	- \$
12			13 \$ (1536 \$ x 1%)	20 \$ (39 \$ x 50%)	1,796	19 \$
13					1,886	- \$
14					1,980	- \$
15					2,079	- \$
16					2,183	- \$
17					2,292	- \$
18					2,407	- \$
19					2,527	- \$
20		80 \$	154 \$ (1536 \$ x 10%)	39 \$ (39 \$ x 100%)	2,653	103 \$
21					2,786	- \$

Année	Construction	Meulage	Réparations	Scellement joints	Facteur d'actualisation (5 %)	Valeur actualisée
22					2,925	- \$
23					3,072	- \$
24					3,225	- \$
25					3,386	- \$
26					3,556	- \$
27					3,733	- \$
28					3,920	- \$
29					4,116	- \$
30					4,322	- \$
					VAN	1 429 \$

DOCUMENT DE TRAVAIL

CONCLUSION

Le choix final entre une chaussée rigide et une chaussée flexible ne peut être effectué tant que le choix de l'autobus n'est pas fixé, que les études géotechniques ne sont pas complétées et que des conceptions de chaussée, du moins préliminaires, n'ont pas été complétées. Ces conceptions préliminaires permettront d'estimer et de comparer les coûts de construction et d'entretien sur la durée de vie visée.

Quoi qu'il en soit, les hypothèses retenues pour la présente analyse sommaire indiquent qu'une plateforme flexible serait plus économique à la construction qu'une plateforme rigide. Toutefois, en considérant les travaux d'entretien sur une période de 30 ans, le coût des deux plateformes est similaire. Le coût de construction de la chaussée flexible est plus faible que celui de la chaussée rigide ($\pm 23\%$) mais les coûts d'entretien sur une période de 30 ans seront plus importants. En considérant ces derniers sur une période de 30 ans, la plateforme flexible serait plus économique que la plateforme rigide d'environ 2 %.

Bien que légèrement plus coûteuse, nous sommes d'avis qu'une plateforme rigide devra tout de même être retenue dans les pôles d'échange et dans les stations. À ces endroits spécifiques, les autobus seront stationnaires, du moins pour quelques minutes, ce qui causera des efforts accrus sur un matériau visco-élastique comme les enrobés bitumineux. Une problématique d'orniérage serait alors à prévoir.

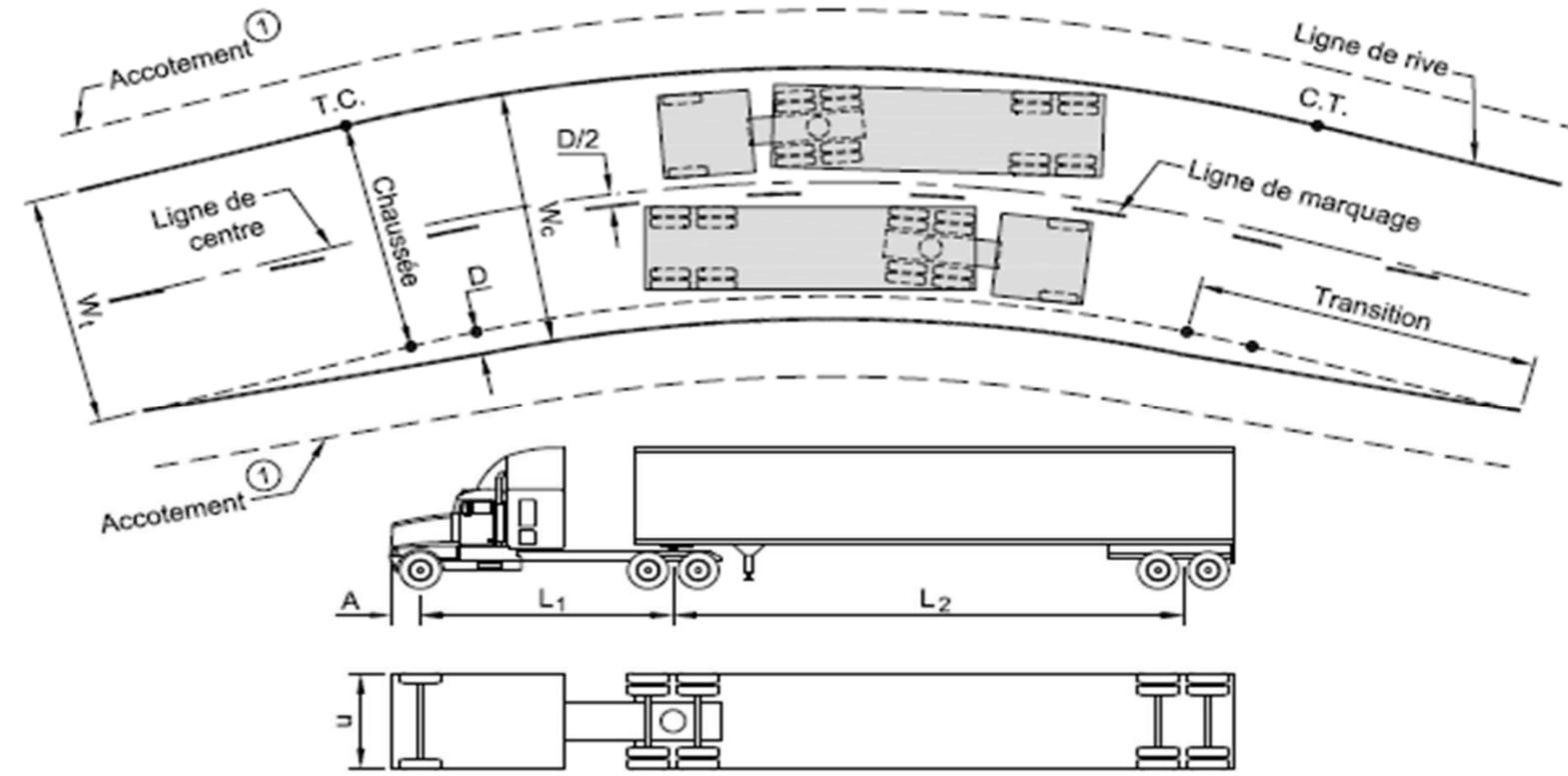
DOCUMENT DE TRAVAIL

DOCUMENT DE TRAVAIL

Annexe 3

Élargissement de la chaussée dans une courbe en fonction d'un SRB

Élargissement de la chaussée dans une courbe en fonction d'un SRB*										
Rayon		Vitesse de base			Rayon		Vitesse de base			
		40	60	80			40	60	80	
45 m	≤ R < 50 m	4,7	N/A	N/A	245 m	≤ R < 250 m	0,8	0,9	N/A	
50 m	≤ R < 55 m	4,2	N/A	N/A	250 m	≤ R < 255 m	0,8	0,9	1,0	
55 m	≤ R < 60 m	3,8	N/A	N/A	255 m	≤ R < 260 m	0,7	0,9	1,0	
60 m	≤ R < 65 m	3,5	N/A	N/A	260 m	≤ R < 265 m	0,7	0,8	1,0	
65 m	≤ R < 70 m	3,2	N/A	N/A	265 m	≤ R < 270 m	0,7	0,8	1,0	
70 m	≤ R < 75 m	3,0	N/A	N/A	270 m	≤ R < 275 m	0,7	0,8	0,9	
75 m	≤ R < 80 m	2,8	N/A	N/A	275 m	≤ R < 280 m	0,7	0,8	0,9	
80 m	≤ R < 85 m	2,6	N/A	N/A	280 m	≤ R < 285 m	0,7	0,8	0,9	
85 m	≤ R < 90 m	2,4	N/A	N/A	285 m	≤ R < 290 m	0,6	0,8	0,9	
90 m	≤ R < 95 m	2,3	N/A	N/A	290 m	≤ R < 295 m	0,6	0,7	0,9	
95 m	≤ R < 100 m	2,2	N/A	N/A	295 m	≤ R < 300 m	0,6	0,7	0,9	
100 m	≤ R < 105 m	2,1	N/A	N/A	300 m	≤ R < 305 m	0,6	0,7	0,8	
105 m	≤ R < 110 m	2,0	N/A	N/A	305 m	≤ R < 310 m	0,6	0,7	0,8	
110 m	≤ R < 115 m	1,9	N/A	N/A	310 m	≤ R < 315 m	0,6	0,7	0,8	
115 m	≤ R < 120 m	1,8	N/A	N/A	315 m	≤ R < 320 m	0,6	0,7	0,8	
120 m	≤ R < 125 m	1,7	N/A	N/A	320 m	≤ R < 325 m	0,6	0,7	0,8	
125 m	≤ R < 130 m	1,6	N/A	N/A	325 m	≤ R < 330 m	N/A	0,7	0,8	
130 m	≤ R < 135 m	1,6	1,7	N/A	330 m	≤ R < 335 m	N/A	0,6	0,8	
135 m	≤ R < 140 m	1,5	1,7	N/A	335 m	≤ R < 340 m	N/A	0,6	0,7	
140 m	≤ R < 145 m	1,4	1,6	N/A	340 m	≤ R < 345 m	N/A	0,6	0,7	
145 m	≤ R < 150 m	1,4	1,6	N/A	345 m	≤ R < 350 m	N/A	0,6	0,7	
150 m	≤ R < 155 m	1,3	1,5	N/A	350 m	≤ R < 355 m	N/A	0,6	0,7	
155 m	≤ R < 160 m	1,3	1,5	N/A	355 m	≤ R < 360 m	N/A	0,6	0,7	
160 m	≤ R < 165 m	1,2	1,4	N/A	360 m	≤ R < 365 m	N/A	0,6	0,7	
165 m	≤ R < 170 m	1,2	1,4	N/A	365 m	≤ R < 370 m	N/A	0,6	0,7	
170 m	≤ R < 175 m	1,2	1,3	N/A	370 m	≤ R < 375 m	N/A	0,6	0,7	
175 m	≤ R < 180 m	1,1	1,3	N/A	375 m	≤ R < 380 m	N/A	0,6	0,7	
180 m	≤ R < 185 m	1,1	1,3	N/A	380 m	≤ R < 385 m	N/A	N/A	0,7	
185 m	≤ R < 190 m	1,1	1,2	N/A	385 m	≤ R < 390 m	N/A	N/A	0,6	
190 m	≤ R < 195 m	1,0	1,2	N/A	390 m	≤ R < 395 m	N/A	N/A	0,6	
195 m	≤ R < 200 m	1,0	1,2	N/A	395 m	≤ R < 400 m	N/A	N/A	0,6	
200 m	≤ R < 205 m	1,0	1,1	N/A	400 m	≤ R < 405 m	N/A	N/A	0,6	
205 m	≤ R < 210 m	0,9	1,1	N/A	405 m	≤ R < 410 m	N/A	N/A	0,6	
210 m	≤ R < 215 m	0,9	1,1	N/A	410 m	≤ R < 415 m	N/A	N/A	0,6	
215 m	≤ R < 220 m	0,9	1,0	N/A	415 m	≤ R < 420 m	N/A	N/A	0,6	
220 m	≤ R < 225 m	0,9	1,0	N/A	420 m	≤ R < 425 m	N/A	N/A	0,6	
225 m	≤ R < 230 m	0,9	1,0	N/A	425 m	≤ R < 430 m	N/A	N/A	0,6	
230 m	≤ R < 235 m	0,8	1,0	N/A	430 m	≤ R < 435 m	N/A	N/A	0,6	
235 m	≤ R < 240 m	0,8	0,9	N/A	435 m	≤ R < 440 m	N/A	N/A	0,6	
240 m	≤ R < 245 m	0,8	0,9	N/A	440 m	≤ R < 445 m	N/A	N/A	0,6	



① L'accotement doit conserver la même largeur dans une courbe où les voies ont été élargies.

$D = W_c - W_t$
où
D : élargissement de la chaussée (m)
 W_c : largeur de la chaussée dans la courbe (m)
 W_t : largeur de la chaussée en alignement droit (m)

$W_c = 2(U + C) + F_A + Z$
où
U : largeur de piste requise pour le passage d'un véhicule dans une courbe (m)
C : dégagement latéral pour chaque véhicule
0,46 m sur les revêtements de 6,0 m de largeur
0,61 m sur les revêtements de 6,6 m de largeur
0,76 m sur les revêtements de 7,0 m de largeur
0,91 m sur les revêtements de 7,4 m de largeur

$U = u + R - \sqrt{R^2 - \Sigma L^2}$
où
R : rayon de la courbe (m)
u : largeur de roulement du véhicule en alignement droit (m)
 L_2 : empattements du véhicule (m)

$F_A = \sqrt{R^2 + A(2L_1 + A)} - R$
où
 F_A : surplomb latéral (m)
 L_1 : empattement du tracteur (m)
A : porte-à-faux avant (m)

$Z = \frac{0,1046V}{\sqrt{R}}$
où
V : vitesse de base de la route (km/h)
Z : dégagement additionnel pour compenser la conduite plus difficile dans une courbe (m)

* Pour une chaussée à 2 voies d'une largeur optimale de 3,5 m par voie. Pour une largeur de voie moindre, se référer à la figure ci-contre extraite du tome I du MTMDET.

DOCUMENT DE TRAVAIL

Annexe 4

Résumé des normes et des recommandations en conception
routière relatives à la largeur des voies pour un matériel roulant non guidé

Résumé des normes et recommandations en conception routière relatives à la largeur des voies (non guidée)											Largeur de la chaussée pour 2 voies à sens inverses excluant les bordures	
	Largeur voie standard		Largeur voie usage exclusif		Largeur accotement		Espace médian		Largeur voie en station (m)	Largeur de baie d'arrêt en station (m)	Optimale (m)	Minimale (m)
	Optimale (m)	Minimale (m)	Optimale (m)	Minimale (m)	Optimale (m)	Minimale (m)	Optimale (m)	Minimale (m)				
AASHTO	3.6	3.3	3.5	3.3	0.6, 0.9 d'un mur ou 1.5 sur structure	0.6	0	0	3.5	3	8.2	7.8
APTA	N/A	N/A	3.65	3.35	1.2***	0.6***	0	0	N/D	3	9.7	7.9
CERTU	3.5	3.25	N/D	N/D	1	0.5	0	0	N/D	N/D	9	7.5
Étude de faisabilité technique de Québec	N/A	N/A	3.5	3.425	0.5	0	0	0	N/D	N/D	8	6.85
Florida Department of Transportation	N/D	N/D	3.65	3.35	0.6	0.6	0	0	N/D	N/D	8.5	7.9
Guidelines for Attractive Public Transport with a Focus on BRT	N/A	N/A	3.5	3.25	0	0	0	0	3	N/D	7	6.5
Institute for Transportation & Development Policy	N/A	N/A	3.5	3	0	0	N/D	0.5	3	N/D	7.5	6.5
MTQ	3.5	3.5	N/D	N/D	1	0.5, 0.7 w/ puisard	0	0	N/D	N/D	9	8
SETRA	3.5	3*****	N/D	N/D	2.5	1	0	0	N/D	N/D	12	8
TAC	3.7	3.3	3.7	3.5	0.5	0.25	0	0	N/D	3	8.4	7.5
TCRP	N/A	N/A	3.65	3.35	2.4	0.6	0.9	0.6	N/D	N/D	13	8.5
Ville de Lévis	5	4.5	N/D	N/D	0	0	0	0	N/D	N/D	10	9
Ville de Québec*****	3.5	3.25	4	3.5	0	0	0	0	N/D	N/D	8	7

*Largeur de l'autobus sans les miroirs = 2,6 m

**Largeur de l'autobus hors tout = 3,05 m

***Suggère de prévoir des accotements plus larges pour l'accumulation de la neige

****Toutes les largeurs dans ce tableau sont en fonction d'une chaussée à niveau avec les voies adjacentes, séparée ou non par un élément infranchissable

*****Lorsque le trafic lourd est jugé peu important

*****La largeur pavée entre bordure n'est jamais inférieure à 9 m.