

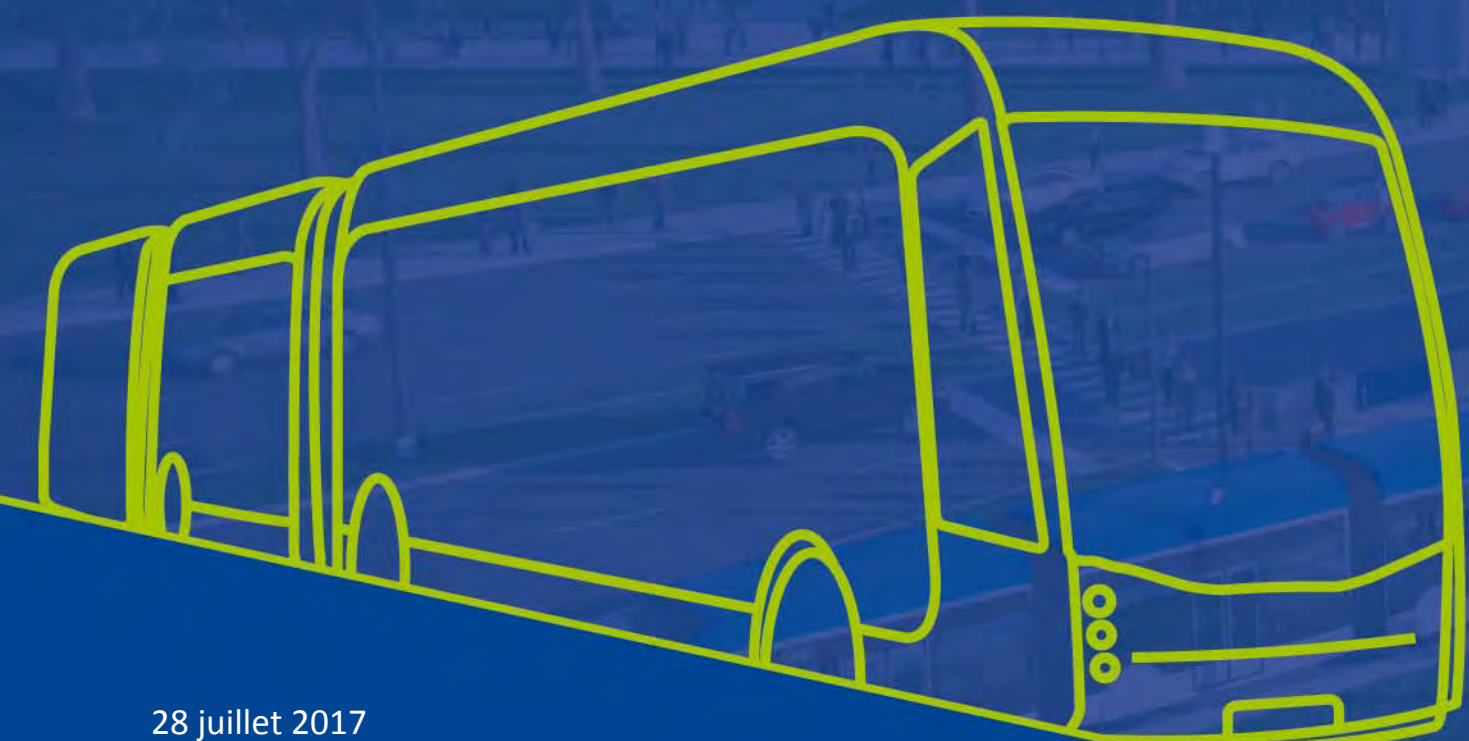
BUREAU D'ÉTUDE SRB DE QUÉBEC ET LÉVIS

Dossier Bureau d'étude : P-16-900-04



Livrable 1

PROJET DE RÉFÉRENCE



28 juillet 2017

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

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



Numéro du document

Révision

639057-01-0A00-40ER-0001

PD

GROUPEMENT SRB QUÉBEC-LÉVIS



Dossier Groupement : 639057

PRINCIPAUX COLLABORATEURS AU RAPPORT

Alain Arsenault

Pierre Ducharme (MARCON)

Mehdi Hizaoui

Michel Inkel

Antonio Rodrigo Lins

François St-Pierre

Gabriel Thériault-Tanguay

Émilie Voyer

DOSSIER NORDA STELO : 112898.001

DOSSIER SNC-LAVALIN : 0639057

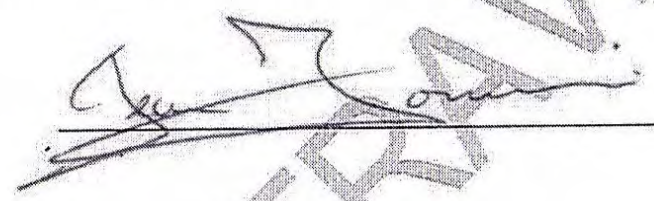
DOSSIER STANTEC : 159 100 252

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.

Note B: 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**.

VÉRIFIÉ PAR : Jean Fournier, ing., adjoint au chargé de projet



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



NUMÉRO DU DOCUMENT :		639057-01-0A00-40ER-0001
REV.	DATE	TYPE DE RELÂCHE
Révision : PA	2016-08-08	Version pour commentaires internes
Révision : PB	2016-09-09	Version préliminaire pour commentaires client
Révision : PC	2016-10-24	Version préliminaire pour commentaires client
Révision : PD	2017-07-28	Version préliminaire finale intégrant commentaires du BDE (CCR 0012)

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	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	DESCRIPTION DU PROJET DE RÉFÉRENCE	7			
2.1	Paramètres du projet	7			
2.1.1	Définition du projet de SRB	7			
2.1.2	Échéanciers (études et construction)	7			
2.2	Description des tracés	8			
2.2.1	Tracé Est-Ouest	8			
2.2.2	Tracé Nord-Sud	10			
2.3	Localisation des stations.....	11			
2.4	Objectifs du matériel roulant et du système d'alimentation	13			
2.4.1	Orientation	13			
2.4.2	Technologies	13			
2.4.3	Système d'alimentation	14			
2.5	Plateforme, tracé et insertion.....	15			
2.5.1	Plateforme	15			
2.5.2	Tracé en plan et en profil et emprise.....	15			
2.5.3	Infrastructures.....	15			
2.5.4	Espace requis pour l'insertion SRB.....	15			
2.5.5	Carrefours.....	15			
2.5.6	Ouvrages d'art	16			
2.5.7	Multitubulaire.....	19			
2.5.8	Pistes cyclables	19			
2.5.9	Insertion urbaine	19			
2.6	Stations.....	19			
2.6.1	Quais.....	20			
2.6.2	Équipements en station	20			
2.7	Pôles d'échanges et terminus	20			
2.7.1	Pôles d'échanges.....	20			
2.7.2	Terminus	20			
2.8	Signalisation	21			
2.8.1	Signaux lumineux et aide à la conduite pour les SRB.....	21			
2.8.2	Signaux lumineux aux intersections	21			
2.8.3	Signalisation statique et piétonne	22			
2.8.4	Marquage de la chaussée.....	22			
3	MATÉRIEL ROULANT	25			
3.1	Critères de sélection du matériel roulant.....	25			
3.2	Besoins inhérents à l'achalandage prévu	25			
3.3	Contexte d'implantation.....	26			
3.3.1	Au Québec, l'électricité est de mise.....	26			
3.3.2	Positionnement fédéral en matière de transport collectif.....	26			
3.3.3	Ville de Québec, site d'implantation à caractère particulier.....	27			
3.3.4	Offre commerciale mondiale	27			
3.3.5	Développement des technologies.....	30			
3.3.6	Environnement technologique anticipé entre 2026 et 2041	31			
3.4	Caractéristiques du matériel roulant	32			
3.4.1	Le véhicule	32			
3.4.2	Systèmes de stockage de l'énergie	38			
3.4.3	Systèmes de recharge des batteries	39			
3.4.4	Recharge lente.....	39			
3.4.5	Recharge rapide	39			
3.4.6	Recharge ultrarapide (Flash)	40			
3.4.7	Recharge ultrarapide par supercondensateurs	42			
3.4.8	Sommaire des technologies de recharge	42			

3.5	Conclusions.....	44	4.5.1	Multitubulaire.....	57
3.5.1	Configuration des autobus.....	44	4.5.2	Postes de recharge rapide connectés à Hydro-Québec avec compteur.....	57
3.5.2	Motorisation/Propulsion.....	44	4.5.3	Postes de transformation.....	57
3.5.3	Type de recharge.....	44	4.6	Synthèse et recommandations.....	58
3.5.4	Généralités.....	45	5	EXPLOITATION DU RÉSEAU.....	59
3.6	Spécifications du scénario théorique (de référence).....	45	5.1	Schéma d'exploitation.....	59
3.7	Recommandations.....	47	5.1.1	Zones de terminus.....	59
3.7.1	Configuration des autobus.....	48	5.1.2	Offre et demande.....	60
3.7.2	Motorisation des autobus.....	48	5.1.3	Dimensionnement du parc de véhicules.....	60
3.7.3	Recommandations concernant le système de recharge.....	49	5.2	Centre d'entretien et d'exploitation (CEE).....	61
3.7.4	Solutions alternatives.....	52	5.3	Conditions climatiques.....	64
4	ALIMENTATION DU SYSTÈME.....	53	6	APPROCHE DE RÉALISATION DE L'ÉTUDE D'AVANT-PROJET.....	65
4.1	Général.....	53	6.1	Hypothèses de travail et niveau de conception.....	65
4.1.1	Approche pour l'alimentation et la distribution électrique.....	53	6.2	Objectifs de performance.....	66
4.1.2	Critères de conception.....	53	6.3	Qualification du projet.....	67
4.2	Alimentation du système.....	54	6.4	Approche spécifique concernant les ouvrages d'art.....	69
4.2.1	Alimentation électrique des systèmes de recharge rapide.....	54	6.4.1	Capacité de chargement.....	69
4.2.2	Identification des enjeux majeurs.....	54	6.4.2	Gabarit.....	69
4.2.3	Solution sécuritaire.....	54	6.4.3	Durée de vie.....	70
4.2.4	Critères de conception des ouvrages et des équipements des postes.....	54	7	CONCLUSION.....	71
4.2.5	Identification des contraintes.....	54	7.1	Conclusion générale.....	71
4.2.6	Identification des enjeux liés aux conditions climatiques et impacts sur l'exploitation et maintenance.....	55	7.2	Résumé des recommandations.....	71
4.3	Définition des sous-systèmes fonctionnels.....	55	7.2.1	Matériel roulant.....	71
4.3.1	Alimentation électrique des stations.....	55	7.2.2	Alimentation du système.....	72
4.3.2	Alimentation électrique des terminus et/ou bouts de lignes.....	55	7.2.3	Plateforme.....	72
4.3.3	Équipements à bord des véhicules.....	55	7.2.4	Signalisation.....	72
4.3.4	Alimentation électrique du CEE.....	55	7.2.5	Localisation des CEE.....	72
4.3.5	Équipement de recharge lente au CEE.....	55	7.2.6	Principes généraux d'exploitation.....	72
4.3.6	Équipements d'entretien au CEE.....	56	7.2.7	Performance SRB.....	72
4.3.7	Fonctionnement en mode dégradé.....	56	7.3	Risques, opportunités et enjeux.....	73
4.4	Localisation et dimensionnement des stations de recharge électrique.....	56	7.3.1	Matériel roulant.....	73
4.4.1	Description de la technologie.....	56	7.3.2	Système de recharge.....	73
4.4.2	Paramètres d'exploitation.....	56	7.3.3	Insertion des tracés.....	73
4.5	Configuration d'alimentation au réseau de distribution électrique.....	57	7.3.4	Ouvrages d'art.....	74



7.3.5	Signalisation	74	Tableau 3.14	Sommaire des recommandations relatives aux systèmes de recharge	51
7.3.6	Acquisitions.....	74	Tableau 5.1	Description des lignes du système SRB	59
7.3.7	Circulation routière	74	Tableau 5.2	Caractéristiques sommaires et capacités par matériel roulant	60
7.3.8	Coordination avec des projets connexes	74	Tableau 5.3	Capacité en fonction des intervalles et de l'achalandage – Pointe AM	60
7.3.9	Environnement	74	Tableau 5.4	Capacité en fonction des intervalles et de l'achalandage – Pointe PM	60
7.3.10	Achalandage.....	74	Tableau 5.5	Capacité en fonction des intervalles et des temps de parcours.....	61
8	BIBLIOGRAPHIE	77	Tableau 6.1	Éléments évalués dans la grille d'évaluation de l'ITDP	66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	Principales dates de l'échéancier des travaux.....	8	Tableau 8.1	Scénario de recharge n° 1.....	93
Tableau 2.2	Configuration préliminaire du tracé Est-Ouest et Des Rivières	9	Tableau 8.2	Scénario de recharge n° 2.....	94
Tableau 2.3	Configuration préliminaire du tracé Nord-Sud	10	Tableau 8.3	Scénario de recharge n° 3.....	94
Tableau 2.4	Configuration des stations sur le tracé Est-Ouest à Lévis	11	Tableau 8.4	Scénario de recharge n° 4.....	96
Tableau 2.5	Configuration des stations sur le tracé Est-Ouest à Québec.....	12	Tableau 8.5	Distances, pentes, intervalles et nombre de bus à l'heure entre les stations pour chaque ligne	97
Tableau 2.6	Configuration des stations sur le tracé Nord-Sud	12	Tableau 8.6	Résumé de l'analyse des systèmes de recharge.....	99
Tableau 2.7	Ouvrages d'art existants sur les tracés Est-Ouest et Des Rivières	16			
Tableau 2.8	Ouvrages d'art existants sur le tracé Nord-Sud	17			
Tableau 2.9	Nouveaux ouvrages d'art à réaliser sur les tracés SRB	17			
Tableau 2.10	Intégration de services de transport	20			
Tableau 3.1	Dimensions intérieures	33			
Tableau 3.2	Caractéristiques de véhicules conçus pour SRB.....	33			
Tableau 3.3	Dimensions extérieures	33			
Tableau 3.4	Poids des véhicules	34			
Tableau 3.5	Angles et rayons d'opération	34			
Tableau 3.6	Décélération/Accélération	34			
Tableau 3.7	Avantages et inconvénients des carrosseries à l'étude.....	37			
Tableau 3.9	Avantages et inconvénients des modes de propulsion à l'étude.....	37			
Tableau 3.8	Avantages et inconvénients des technologies de recharge	43			
Tableau 3.9	Caractéristiques des technologies de recharge.....	43			
Tableau 3.10	Gamme des spécifications	45			
Tableau 3.11	Sommaire des caractéristiques des véhicules retenus pour la suite du projet.....	48			
Tableau 3.12	Sommaire des recommandations relatives à la motorisation des véhicules	49			
Tableau 3.13	Nombre et localisation des postes de recharge rapide	49			

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Structure de gouvernance des études d'avant-projet	4
Figure 2.1 Types de matériel roulant.....	13
Figure 2.2 Modes d'alimentation	14
Figure 2.3 Système de signaux lumineux routier	22
Figure 2.4 Système de signaux lumineux SRB.....	22
Figure 2.5 Marquage de la chaussée d'un SRB lors de l'insertion en site banal.....	23
Figure 3.1 Achalandage prévu en période de pointe, 2041	26
Figure 3.2 Ventes d'autobus de transport urbain par fabricant, 2012.....	30
Figure 3.3 Coût des batteries au Lithium-Ion, 2010-2030.....	30
Figure 3.4 Prévisions de ventes d'autobus de transport urbain, 2020.....	31
Figure 3.5 Avantages comparatifs de diverses chimies de batteries à base de Lithium	38
Figure 3.6 Chargeur par induction de Bombardier (Primove)	40
Figure 3.7 Statut de la charge des batteries avec recharges Flash sur un trajet fictif	41
Figure 3.8 Illustration d'une station de recharge TOSA	41
Figure 4.1 Schéma de principe du positionnement de la multitubulaire sous la plateforme	57
Figure 5.1 Synoptique du scénario d'exploitation proposé (en heure de pointe).....	59
Figure 6.1 Fiche d'évaluation des normes SRB (ITDP)	68
Figure 6.2 Largeur carrossable d'une chaussée sur un pont.....	69
Figure 6.3 Hauteur libre et ouverture nette sous une structure.....	70

LISTE DES PHOTOS

Photo 3.1 Autobus 24 mètres Exquicity (Van Hool)	27
Photo 3.2 Autobus 24 mètres Bus Tram et Bus Trains (Hess)	28
Photo 3.3 Autobus 24 mètres Super Artic (BYD)	29
Photo 3.4 Autobus 21 mètres CapaCity L (Daimler)	29
Photo 3.2 Bordures d'aide à l'accostage	37
Photo 3.3 Station de recharge de BYD	39
Photo 3.4 Illustration de deux types de pantographes – Fixe et mobile (ou inversé)	40
Photo 3.5 Station de recharge PVI.....	42
Photo 3.9 Station de recharge TOSA.....	50
Photo 5.1 Divers modes de transports l'hiver.....	64
Photo 5.2 Entretien d'une station SRB à Markham, Ontario.....	64

LISTE DES CARTES

Carte 1.1 Plan général du tracé et des stations	3
Carte 2.1 Localisation des ouvrages d'art.....	18
Carte 5.1 Localisation des sites potentiels des CEE.....	63

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 Fiche d'évaluation des normes SRB (ITDP) vierge
Annexe 2 BRT Standards (ITDP)
Annexe 3 MANDAT COMPLÉMENTAIRE MC-01 Choix du projet de SRB approprié à réaliser Analyses multicritères pour le choix du projet de SRB
Annexe 4 MANDAT COMPLÉMENTAIRE MC-02 Choix des sites des CEE (grille multicritère)
Annexe 5 Prospectus Technologie TOSA (Anglais)
Annexe 6 Analyse des systèmes de recharge
Annexe 7 Localisation des centres d'entretien et d'exploitation (CEE)

GLOSSAIRE

APS	Alimentation par le sol
APTA	American Public Transportation Association
APU	Auxiliaire de puissance électrique
CA	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
PNBE	Poids nominal brut sur l'essieu total
PNBV	Poids nominal brut du véhicule : poids maximal de l'autobus chargé d'essence et de passagers, entièrement équipé
PPHPS	Passagers par heure et par sens
RTC	Réseau de transport de la Capitale
RTL	Réseau de transport de Longueuil
RTU	Réseau technique urbain
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 système SRB avec le réseau d'autobus ou avec tout autre mode de transport; le centre d'échanges peut être un terminus d'autobus, un stationnement incitatif pour automobiles, un stationnement pour un système d'autopartage, un stationnement pour vélos 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.
Temps masqué :	Qui n'implique aucun temps supplémentaire.
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

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 guidés 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 Ouest, en passant par l'axe du boulevard Charest, un secteur particulièrement ciblé par l'objectif de requalification urbaine;
- À Lévis, il joint les pôles Du Sault/Concorde 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. Il passe par la rue de la Pointe-aux-Lièvres pour se terminer au pôle d'échanges de la 41^e Rue.

Stations et pôles d'échanges

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 Ouest (Lavigerie) 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, Du Sault/Desjardins, et Cégep Lévis-Lauzon 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.



Carte 1.1 Plan général du tracé et des stations

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.

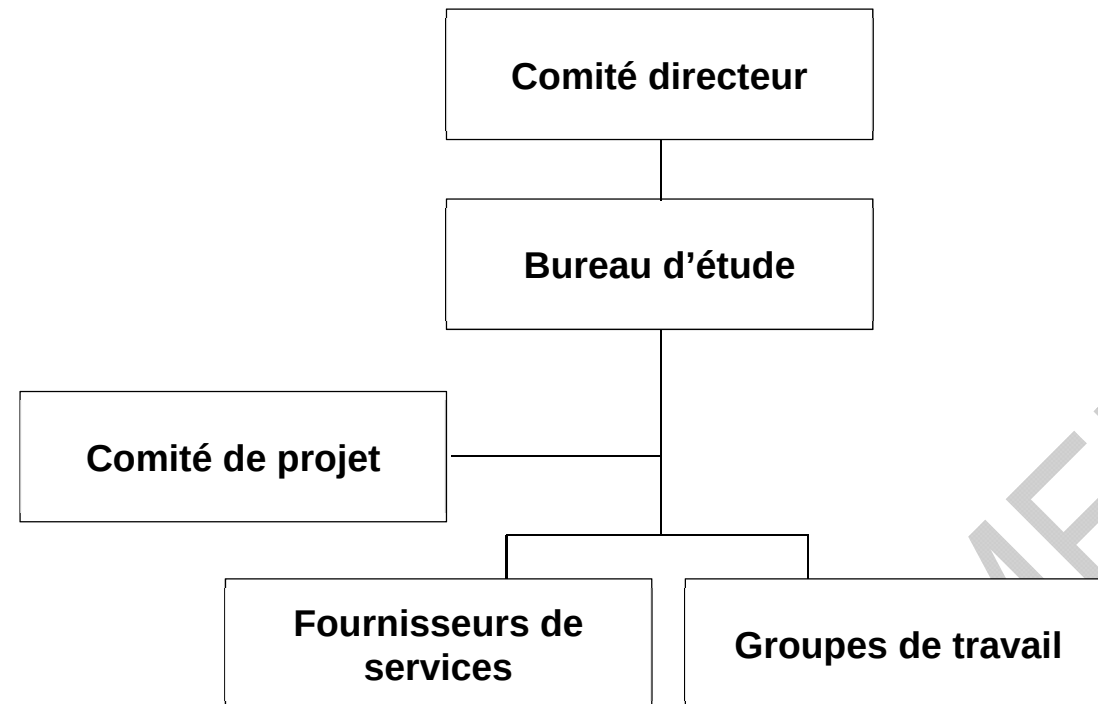


Figure 1.1 Structure de gouvernance des études d'avant-projet

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 :

- Soutiens 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 ± 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
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

N°	TITRES DES LIVRABLES ET SOUS-LIVRABLES
16	Application du concept général d'image de marque
17	Rapport final de l'étude d'avant-projet définitif

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 échéancier de construction du projet de SRB
11.1	Phasage du projet de SRB
11.2	Échéancier 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

2 DESCRIPTION DU PROJET DE RÉFÉRENCE

Le projet de référence pour cet avant-projet est issu de l'Étude de faisabilité, qui lui a précédé, et des évolutions qui ont été apportées entre temps. La présente section vise à présenter le projet tel qu'il devrait être compris de tous au démarrage de cette étape d'avant-projet. Il est normal que lors de l'initiation de cette phase d'étude, certains paramètres ne soient pas encore fixés. Il convient alors, lors de l'établissement de ce livrable 1, de lister les paramètres qui sont définis et ceux qui ne le sont pas, en précisant quand ils seront clarifiés au cours de l'étude, et/ou les hypothèses prises jusqu'à présent, permettant de ne pas bloquer la conception.

2.1 Paramètres du projet

L'élaboration des paramètres de l'Étude d'avant-projet se base sur les conclusions de l'Étude de faisabilité du tramway-SRB, de certains prolongements de tracés à Lévis et de certaines analyses complémentaires¹² afin de réaliser un réseau structurant pour les systèmes de transport en commun de la région.

Initialement, il avait été déterminé à l'Étude d'avant-projet de procéder à la réalisation du projet de SRB, avec la vision d'une transition vers un tramway lorsque la planification des besoins en achalandage le déterminerait. En août 2016, l'orientation de l'Étude d'avant-projet a été modifiée pour que soit réalisé seulement un projet SRB, sans tenir compte d'une éventuelle transition vers un tramway.

2.1.1 Définition du projet de SRB

Le projet de SRB souhaité faisant l'objet de la présente Étude d'avant-projet repose sur les hypothèses fondamentales suivantes :

- Un aménagement urbain complet de l'emprise;
- Tous les travaux des tracés Est-Ouest, Des Rivières et Nord-Sud font partie du même projet ($\pm$ 43 km), ce qui n'exclut pas l'implantation du SRB en plusieurs phases;
- Seuls les véhicules les plus capacitaires sont considérés, soit des véhicules biarticulés d'environ 24 mètres de long et 2,60 mètres de large, offrant une capacité d'environ 150 passagers et plus;

- Le type de matériel roulant privilégié est un autobus à motorisation électrique à recharge rapide sans fil, devant assurer un service de qualité tout en minimisant les impacts sur l'efficacité du système. Si ce n'est pas possible, alors une motorisation hybride sera proposée;
- La plateforme du SRB est mise en place sur l'ensemble du tracé et est conçue pour répondre aux besoins du SRB par une chaussée de type routière;
- Sur la majorité de tous les tracés, le SRB est conçu en site propre;
- Sur le Pont de Québec et ses approches sud et nord, le SRB est conçu en site banal. En attendant les travaux de modification du tablier du Pont de Québec à être effectués par le MTMDT, le SRB s'insère sur le tablier existant;
- Le système SRB utilise l'emprise prévue à l'Étude de faisabilité tramway-SRB, qui est ajustée en fonction des besoins identifiés aux études d'avant-projet;
- La plateforme est à l'usage exclusif du SRB (incluant les véhicules pour son entretien et certains véhicules d'urgence, lorsque requis);
- Les réseaux souterrains et les utilités publiques sont tous relocalisés de manière à n'avoir aucun service longitudinalement sous la plateforme et à réduire au minimum ceux la traversant de manière à limiter l'impact sur la plateforme de toute intervention future sur ces réseaux déplacés. Les traverses souterraines aux carrefours ou ailleurs sont réalisées à l'intérieur de gaines;
- Les stations sont localisées aux mêmes points kilométriques (P.K.) que celles identifiées à l'Étude de faisabilité tramway-SRB;
- La durée de vie utile visée des éléments au sol (plateforme, ouvrages d'art, quais, etc.) est de 30 ans.

2.1.2 Échéanciers (études et construction)

Lors de l'Étude de faisabilité du SRB, un premier échéancier des travaux a été produit, les cadences utilisées étant préliminaires et sujettes à des ajustements lors de la présente phase d'études.

L'échéancier élaboré dans le cadre de cette étude de faisabilité donne toutefois un premier aperçu de l'échéancier global, tout en considérant les connaissances actuelles des requis et enjeux en rapport avec la réalisation du projet de SRB.

Le tableau ci-dessous présente les principales dates de l'échéancier global pour l'implantation du SRB. La seule mise à jour par rapport à l'échéancier proposé lors des études de faisabilité est le décalage pour aligner la date de début des études préliminaires à juin 2016.

¹ Mandat complémentaire, Note technique, MC-01 Choix du projet de SRB approprié à réaliser – Analyses multicritères pour le choix du projet de SRB, juin 2016.

² Mandat complémentaire, Note technique, MC-02 Mise à jour et révision du schéma d'exploitation et de la localisation des CEE, septembre 2016.

Tableau 2.1 Principales dates de l'échéancier des travaux

Étapes	Dates
Études préliminaires (début)	Juin 2016
Études d'impacts (début)	Juin 2016
Plans et de devis (début)	Juin 2018
Acquisition foncière et traitement des sols (début)	Juin 2018
Appel d'offres matériel roulant	Avril 2019
Premiers appels d'offres travaux	Août 2019
Début de travaux	Octobre 2020
Réception du 1 ^{er} véhicule, début des essais dynamiques et marche à blanc	Février 2022
Réception des véhicules et mise en service commerciale – Phase 1	Novembre 2022
Réception des véhicules et mise en service commerciale de l'ensemble du tracé – Phase 2	Novembre 2025

2.2 Description des tracés

Le tracé ci-après décrit fait l'objet d'une conception intégrant des caractéristiques géométriques permettant une vitesse d'opération optimale (de 30 à 70 km/h) selon le type d'insertion et en fonction du milieu traversé.

Dans les cas où des mesures particulières sont requises, le traitement inclut une évaluation conjointe des moyens de mitigation avec le Bureau d'étude, ses différents fournisseurs ainsi que les autres partenaires externes du projet.

De façon générale, les insertions se font soit en site propre en position axiale avec terre-pleins, en axial sans terre-plein, en latéral, en bilatéral, soit en site banal en position bilatérale.

2.2.1 Tracé Est-Ouest

Sur le tracé Est-Ouest, allant de la rue Monseigneur-Bourget à Lévis au carrefour boulevard Sainte-Anne/avenue D'Estimauville à Québec, les principaux aménagements du SRB proposés sont en site propre, à l'exception des approches et du pont de Québec où ils sont en site banal. La plateforme est généralement placée en position axiale, sinon latérale, ou aux approches et au sud du pont Québec en position bilatérale.

Lévis

Le nouveau tracé du corridor Est-Ouest dans le territoire de Lévis s'initie face au Cégep Lévis-Lauzon près du carrefour du boulevard Guillaume-Couture et de la rue Monseigneur-Bourget, pour ensuite poursuivre vers l'ouest par le boulevard Guillaume-Couture et rejoindre le tracé étudié lors des études de faisabilité, au pôle d'échanges Desjardins (boulevard Guillaume-Couture/boulevard Alphonse-Desjardins). Le type d'insertion dans ce nouveau tronçon sera déterminé lors de la conception d'avant-projet, au livrable 3.

Du boulevard Alphonse-Desjardins, le corridor suit le boulevard Guillaume-Couture en site propre et en position axiale jusqu'au sud du pont Dominion.

Le tronçon compris entre le pont Dominion et le Pont de Québec comprend le seul tronçon sur le territoire de Lévis où l'insertion est en position bilatérale et est faite en site banal sur une certaine partie. Ce tronçon est donc partagé avec les automobiles en empruntant les ponts Dominion et de Québec.

Des Rivières – Lévis

Suite à la réalisation des études de faisabilité, un nouveau tronçon a été ajouté pour desservir le secteur Chaudière-Ouest (Saint-Nicolas). Un corridor préliminaire suivant le tracé des routes Marie-Victorin (route 132) et des

Rivières (route 116) jusqu'au Pont de Québec a été proposé. Le type d'insertion dans ce nouveau tronçon sera déterminé lors de la conception d'avant-projet, au livrable 3.

Pont de Québec

Étant donné la largeur restreinte du tablier du Pont de Québec, il est prévu de faire l'insertion en mode banal. La chaussée du tablier, comme celle en amont et en aval du pont, est constituée de deux (2) voies banales en position bilatérale avec une voie automobile réversible au centre.

Il existe présentement un projet au MTMDET visant la réfection du tablier du Pont de Québec. Une option étudiée propose l'abaissement du tablier ainsi que l'ajout d'un passage piétonnier en porte-à-faux du côté aval. Ces travaux permettront d'augmenter la largeur totale des trois (3) voies carrossables sur le pont de 9,17 mètres présentement à 10,26 mètres. La date de début et de fin de ces travaux n'est pas encore connue, mais il appert que leur aboutissement ne sera pas avant la date prévue pour la mise en place de la première phase du SRB. Le type d'insertion finale dans le tronçon sera déterminé lors de la conception d'avant-projet, au livrable 3.

Québec

Le tracé Est-Ouest à Québec débute au nord du Pont de Québec et se poursuit vers D'Estimauville. Par la suite, aux environs du chemin Saint-Louis, le tracé poursuit en site propre vers l'avenue des Hôtels en position latérale pour joindre l'axe central du boulevard Laurier jusqu'à l'autoroute Robert-Bourassa.

Il joint le site de l'Université Laval pour finalement se connecter au chemin des Quatre-Bourgeois. L'alternative privilégiée vise à faire passer le SRB à l'est de l'autoroute Robert-Bourassa (A-73) et tourner directement du boulevard Laurier vers le nord pour rejoindre directement l'axe de la rue de la Médecine. Le type d'insertion dans cette alternative sera déterminé lors de la conception d'avant-projet, au livrable 3.

À partir du chemin des Quatre-Bourgeois, le tracé tourne vers le nord croisant le chemin Sainte-Foy pour rejoindre la rue Nicolas-Pinel, en passant à l'ouest de la Pyramide pour ensuite suivre la rue Jean-Durand jusqu'à l'avenue Nérée-Tremblay. Un tronçon hors rue connecte le parcours entre l'avenue Nérée-Tremblay et la rue Frank-Carrel, en traversant la partie nord du cimetière Notre-Dame-de-Belmont. La plateforme s'insère en position latérale sur la rue Frank-Carrel. À partir de la rue de Semple, le tracé s'insère sur le boulevard Charest dans une position axiale jusqu'à la Gare du Palais.

Sur le boulevard Jean-Lesage, jusqu'à la 4^e Rue, il passe à une position latérale. Le long du boulevard des Capucins jusqu'au chemin de la Canardière, la plateforme se retrouve complètement hors rue.

Par la suite, la plateforme s'insère en position axiale sur le chemin de la Canardière jusqu'à la hauteur du boulevard Henri-Bourassa. De cette intersection jusqu'à l'entrée du boulevard Sainte-Anne, le type d'insertion est en réévaluation et sera déterminé lors de la conception d'avant-projet, au livrable 3. Enfin, une insertion en position axiale est envisagée sur le boulevard Sainte-Anne jusqu'au croisement de l'avenue D'Estimauville, à partir de laquelle la dernière portion du tracé s'insère en position latérale pour permettre l'implantation du pôle d'échanges et terminus D'Estimauville.

Le tableau suivant présente un bref résumé des configurations de chaque portion du tracé en accord avec la conception réalisée lors des études de faisabilité.

Tableau 2.2 Configuration préliminaire du tracé Est-Ouest et Des Rivières

Secteur	Position	Site
LÉVIS		
Boul. Guillaume-Couture (entre la rue Mgr-Bourget et le boul. Alphonse-Desjardins)	À déterminer	À déterminer
Boul. Guillaume-Couture (entre le boul. Alphonse-Desjardins et la 4 ^e Avenue)	Axiale	Propre
Boul. Guillaume-Couture (entre la 4 ^e Avenue et le chemin du Sault)	Axiale	Propre
Boul. Guillaume-Couture (entre le chemin du Sault et le Pont Dominion)	Axiale	Propre
Boul. Guillaume-Couture (entre le pont Dominion et le Pont de Québec)	Bilatérale	Mixte ³
DES RIVIÈRES	À déterminer	À déterminer
PONT DE QUÉBEC	Bilatérale	Banal
QUÉBEC		
Route 132 (entre le pont de Québec et la sortie 132)	Bilatérale	Banal
Route 132 (entre la sortie 132 et le chemin Saint-Louis)	Bilatérale	Mixte
Route 132 (entre le chemin Saint-Louis et le chemin Chambalon)	Axiale	Propre
Avenue des Hôtels (entre le chemin Chambalon et l'avenue Lavigerie)	Latérale	Propre
Boul. Laurier (entre l'avenue Lavigerie et l'autoroute Henri-Bourassa)	Axiale	Propre
Rue de la Médecine (entre le boul. Laurier et le chemin des Quatre-Bourgeois)	À déterminer	Propre
Chemin des Quatre-Bourgeois (entre la rue de la Médecine et le chemin Ste-Foy)	Latérale	Propre

³ Voir section « Définitions ».

Secteur	Position	Site
Nouveau tronçon Pyramide (entre le chemin Ste-Foy et la rue Nicolas-Pinel)	Axiale (hors rue)	Propre
Rue Nicolas-Pinel et rue Jean-Durand (entre le nouveau tronçon Pyramide et l'avenue Nérée-Tremblay)	Latérale	Propre
Nouveau tronçon Cimetière (entre l'avenue Nérée-Tremblay et la rue Frank-Carrel)	Hors rue	Propre
Rue Frank-Carrel (entre le nouveau tronçon Cimetière et la rue Semple)	Latérale	Propre
Boul. Charest (entre la rue Semple et le boul. Jean-Lesage)	Axiale	Propre
Boul. Jean-Lesage (entre le boulevard Charest et le boul. des Capucins)	Latérale	Propre
Boul. des Capucins (entre le boul. Jean-Lesage et le chemin de la Canardière)	Hors rue	Propre
Chemin de la Canardière (entre le boul. des Capucins et le boul. Sainte-Anne)	Axiale	Propre
Boul. Sainte-Anne (entre le chemin de la Canardière et l'avenue D'Estimauville)	Axiale	Propre
Boul. Sainte-Anne (entre l'avenue D'Estimauville et l'avenue Jean-de-Clermont)	Latérale	Propre

2.2.2 Tracé Nord-Sud

Le tracé Nord-Sud débute au boulevard René-Lévesque, à la hauteur du Grand Théâtre de Québec. Une boucle de retournement d'une voie simple en site propre est d'ailleurs prévue au quadrilatère autour du Grand Théâtre. L'insertion sur le boulevard René-Lévesque et l'avenue Honoré-Mercier devrait être en position axiale alors que le type d'insertion sera confirmé lors de la conception d'avant-projet, au livrable 3.

Le tracé emprunte ensuite la Côte d'Abraham, jusqu'aux rues de la Couronne (voie en direction nord) et Dorchester (voie en direction sud). La configuration de ce tronçon, jusqu'au pôle Saint-Roch, est à définir.

Les deux (2) voies SRB se rencontrent à la hauteur de la rue des Embarcations pour accéder à la rue de la Pointe-aux-Lièvres. La plateforme se poursuit en position axiale jusqu'au boulevard Wilfrid-Hamel. De cet endroit jusqu'à la 1^{re} Avenue, certaines alternatives seront analysées lors de la conception d'avant-projet, au livrable 3. Sur la 1^{re} Avenue, le tracé se poursuit en position axiale vers le nord jusqu'à la 41^e Rue, où il tourne à droite en position latérale pour joindre le pôle d'échange et terminus en face des Galeries Charlesbourg.

Tableau 2.3 Configuration préliminaire du tracé Nord-Sud

Secteur	Position	Site
Boul. René-Lévesque Est (entre la rue de Claire-Fontaine et l'avenue Honoré-Mercier)	Axiale	Propre
Avenue Honoré-Mercier (entre le boul. René-Lévesque Est et la Côte d'Abraham)	Axiale	Propre
Côte d'Abraham	Axiale	Franchissable
Rues de la Couronne et Dorchester (entre la Côte d'Abraham et la rue des Embarcations)	Latérale	Propre
Rue de la Pointe-aux-Lièvres (entre la rue des Embarcations et le boul. Wilfrid-Hamel)	Axiale	Propre
Boul. Wilfrid-Hamel et Eugène-Lamontagne (entre la rue de la Pointe-aux-Lièvres et la 1 ^{re} Avenue)	Axiale	Propre
1 ^{re} Avenue (entre l'avenue Eugène-Lamontagne et la 41 ^e Rue)	Axiale	Propre
41 ^e Rue (entre la 1 ^{re} Avenue et le terminus)	Latérale	Propre

2.3 Localisation des stations

Cinquante-huit (58) stations sont prévues sur l'ensemble du tracé.

Il y a sept (7) principaux pôles d'échanges sur les tracés Est-Ouest et des Rivières, soit :

- Lévis :
 - o Station terminale / pôle d'échanges Cégep Lévis-Lauzon;
 - o Station / pôle d'échanges Desjardins;
 - o Station / pôle d'échanges Du Sault/Concorde;
 - o Station terminale / pôle d'échanges Des Rivières;
- Québec :
 - o Station / pôle d'échanges Lavigerie (autre mandataire)
 - o Station / pôle d'échanges Université Laval;
 - o Station terminale / pôle d'échanges D'Estimauville.

Sur le tracé Nord-Sud, on retrouve trois (3) pôles d'échanges importants en plus des stations de correspondance Charest/Couronne et Dorchester mentionnés ci-devant, soit :

- Québec :
 - o Station terminale / pôle d'échanges Grand Théâtre;
 - o Station terminale (partielle) / pôle d'échanges Saint-Roch;
 - o Station terminale / pôle d'échanges de la 41^e. Rue.

Les tableaux suivants présentent les stations, les localisent et indiquent les configurations de quais envisagées :

Tableau 2.4 Configuration des stations sur le tracé Est-Ouest à Lévis

N ^o	Nom	P.K. ⁴	Localisation	Type de station	Type de quai
TRACÉ EST-OUEST					
1	CÉGEP Lévis-Lauzon (terminus)	57 +050	À déterminer	Pôle d'échanges/Terminus	Latéraux
2	Edmond-J-Massicotte	57 +610	À déterminer	Standard	Latéraux
3	Marcelle-Ferron	58 +250	À déterminer	Standard	Latéraux
4	Saint-Omer	58 +950	À déterminer	Standard	Latéraux
5	Desjardins	59 +450	450 m à l'est du boul. Alphonse-Desjardins	Pôle d'échanges	Latéraux
6	Dorval	60 +170	Ouest rue Dorval	Standard	Latéraux
7	Président-Kennedy	60 +560	Ouest route du Président-Kennedy	Majeure	Latéraux
8	Lamartine	61+010	Ouest rue Lamartine/rue du Bel-Air	Standard	Latéraux
9	Thomas-Chapais	62 +540	Ouest rue Thomas-Chapais	Standard	Latéraux
10	Des Îles	63 +880	Est chemin des Îles	Majeure	Latéraux
11	Saint-Laurent	65 +980	Est rue Saint-Laurent/rue du Vieux-Moulin	Standard	Latéraux
12	Du Fleuve	66 +660	Ouest rue du Fleuve/rue Genest	Standard	Latéraux
13	De Saint-Romuald	67 +180	Est rue de l'Église	Standard	Latéraux
14	Taniata	67 +590	Est 4 ^e Avenue/rue Montfort	Majeure	Latéraux
15	1 ^{re} Avenue	68 +320	Est rue Des Neiges	Standard	Latéraux
16	Ernest-Lacasse	70 +500	Ouest boul. Ernest-Lacasse	Standard	Latéraux
17	Du Sault/Concorde	70 +960	Chemin de la Concorde	Pôle d'échanges	Latéraux
TRACÉ DES RIVIÈRES					
18	Terminus Des Rivières	0+000	À déterminer	Pôle d'échanges/Terminus	Latéraux
19	De l'Aquifère	1+020	À déterminer	Standard	Latéraux

⁴ Les P.K. 1 à 4 sont approximatifs. Les P.K. 5 à 21 proviennent de l'Étude de faisabilité tramway – SRB de Québec et Lévis, 2015.

N ^o	Nom	P.K. ⁴	Localisation	Type de station	Type de quai
20	Cayer	1 +570	À déterminer	Standard	Latéraux
21	Marie-Victorin	2 +600	À déterminer	Standard	Latéraux

Tableau 2.5 Configuration des stations sur le tracé Est-Ouest à Québec

N ^o	Nom	P.K.	Localisation	Type de station	Type de quai
1	Saint-Louis	20 +760	Sud chemin Saint-Louis	Majeure	Latéraux
2	Ste-Foy Ouest	21 +730	Ouest avenue Lavigerie	Pôle d'échanges	Latéraux
3	De L'Église	22 +340	Est rue de L'Église	Majeure	Latéraux
4	CHU/Laurier	22 +780	Ouest boulevard Jean-De Quen	Majeure	Latéraux
5	SSQ	23 +410	Ouest autoroute Robert-Bourassa	Majeure	Latéraux
6	Université Laval	24 +350	Rue de la Médecine	Pôle d'échanges	À déterminer
7	PEPS	25+020	Sud chemin des Quatre -Bourgeois	Standard	Latéraux
8	Pyramide	25 +480	Nord chemin Sainte-Foy	Majeure	Latéraux
9	Future station	À localiser	Entre avenue Nérée-Tremblay et rue Frank-Carrel	Standard	Latéraux
10	Frank-Carrel	26 +780	Est du dépôt à neige	Standard	Central
11	Semple	27 +640	Boulevard Charest, à l'est de la rue Semple	Standard	Latéraux
12	Saint-Sacrement	28 +530	Est rue Saint-Sacrement	Majeure	Latéraux
13	Joffre/Lescarbot	29+010	Ouest rue Lescarbot	Standard	Latéraux
14	Marie-de-l'Incarnation	29 +850	Est rue Marie-de-l'Incarnation	Majeure	Latéraux
15	De l'Aqueduc	30 +250	Entre les rues Saint-Luc et Saint-Germain	Standard	Latéraux
16	Langelier	30 +870	Ouest boulevard Langelier	Standard	Latéraux
17	Dorchester	31 +290 31 +400	Ouest rue Dorchester Est/rue Dorchester	Majeure	Latéraux/ décalés
18	Du Pont	31 +890	Est rue du Pont	Standard	Central
19	Gare du Palais	32 +280	Sud rue de la Gare-du-Palais	Majeure	Latéraux
20	Capucins	33 +230	Sud 4 ^e Avenue	Standard	Latéraux
21	CEGEP Limoilou	33 +850	Est chemin de la Canardière	Majeure	Latéraux

N ^o	Nom	P.K.	Localisation	Type de station	Type de quai
22	Henri-Bourassa	34 +690	Nord avenue de Villebon	Majeure	Latéraux
23	Bardy	35+050	Sud avenue Bardy	Standard	Latéraux
24	De Niverville	35 +570	Nord avenue de Niverville	Standard	Latéraux
25	D'Estimauville (terminus)	36+050	Sur boulevard Sainte-Anne à l'est de l'avenue D'Estimauville	Pôle d'échanges/ Terminus	Latéraux

Tableau 2.6 Configuration des stations sur le tracé Nord-Sud

N ^o	Nom	P.K.	Localisation	Type de station	Type de quai
1	Grand Théâtre	40 +170	Ouest de Claire-Fontaine	Pôle d'échanges/ Terminus	Latéraux
2	Centre des Congrès	40 +710	Est des Parlementaires	Majeure	Latéraux
3	Honoré-Mercier	41 +210	Nord d'Honoré-Mercier	Majeure	Latéraux
4	Dorchester-Référence	41 +960 42 +150	Sud de Charest sur Couronne Nord de Charest sur Dorchester	Majeure	Latéraux
5	Saint-Roch (terminus partiel)	42 +800	Est rue de la Croix-Rouge	Pôle d'échanges/ Terminus partiel	Latéraux
6	Lee	43 +260	Est rue Lee	Standard	Latéraux
7	Bibaud	43 +760	Est rue Julien	Standard	Latéraux
8	Amphithéâtre	44 +450	Sud avenue Eugène-Lamontagne	Majeure	Latéraux
9	Eugène-Lamontagne Scénarios latéral et axial	45+010	Est avenue D'Assise	Standard	Latéraux ou central
10	Patro Roc-Amadour	45 +570	Entre 22 ^e Rue et 24 ^e Rue	Standard	Latéraux
11	Peupliers	46+050	Entre les rues des Peupliers et des Frênes	Standard	Latéraux
12	41 ^e Rue (terminus)	46 +710	Au sud de la 41 ^e Rue, à l'Est de 1 ^{re} Avenue	Pôle d'échanges/ Terminus	Latéraux

2.4 Objectifs du matériel roulant et du système d'alimentation

2.4.1 Orientation

La préparation du projet de référence permet aussi d'évaluer toutes les options possibles et disponibles de matériel roulant et de système de recharge, tel que prévu au mandat de l'Étude d'avant-projet.

2.4.2 Technologies

Lors de l'Étude de faisabilité tramway-SRB, divers types de matériel roulant et de systèmes d'alimentation ont été identifiés et analysés pour le projet de SRB. Deux (2) familles de technologies pour le matériel roulant se sont démarquées des autres pour une mise en service à brève échéance et ce sont ces mêmes technologies qui sont à l'étude dans le présent mandat, soit les autobus à propulsion électrique (à recharge rapide sans fil) et hybride (diesel-électrique).

Quatre (4) types d'autobus pourraient être accessibles à l'opérateur quand il sera prêt à lancer son appel d'offres pour le matériel roulant dédié au SRB, soit :

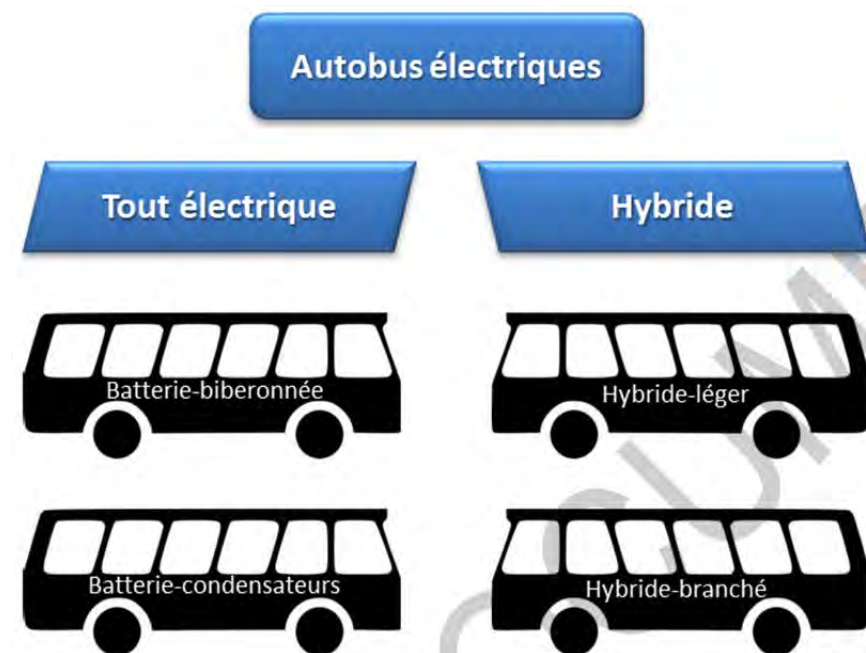


Figure 2.1 Types de matériel roulant

Parmi les autobus hybrides (diesel-électrique), on retrouve les hybrides légers (déjà en circulation au Québec) et les hybrides branchés (en recharge lente ou rapide), ce qui peut correspondre aux besoins à court et moyen termes du projet SRB. Parmi la catégorie tout électrique, on retrouve les véhicules qui n'ont que des batteries embarquées (chargées lentement ou rapidement, avec diverses chimies disponibles) et les autobus qui ont deux (2) systèmes de stockage de l'électricité (les supercondensateurs et les batteries chimiques plus conventionnelles), ce qui correspond aux besoins à long terme du projet SRB.

L'autobus tout électrique est le véhicule qui fait l'objet du principal intérêt pour ce projet de SRB. Si la technologie n'est pas à maturité et éprouvée de manière satisfaisante, l'option d'autobus hybride (diesel-électrique) sera retenue pour les premiers véhicules à mettre en fonction. Toutefois, un suivi continu des technologies sera réalisé afin de compléter ou d'éventuellement convertir la flotte avec des autobus tout électriques, ce qui devra faire l'objet d'une analyse plus approfondie au moment opportun.

L'analyse de la demande à satisfaire par le SRB conclut qu'il faut retenir les autobus qui offrent la plus grande capacité possible, soit des autobus biarticulés d'une longueur approximative de 24 mètres. Ces véhicules ont une capacité maximale de 150 passagers. Avec de tels véhicules, l'analyse démontre qu'aux trois (3) points les plus chargés du réseau (Pont de Québec, Côte d'Abraham et secteur Lavigerie), il est possible de satisfaire la demande jusqu'en 2041, dans la mesure où ils peuvent offrir une fréquence plus élevée ainsi que des mesures complémentaires pour réduire la pression à ces points critiques, ce qui devra faire l'objet d'analyses plus approfondies.

Avantages connus

- Il est possible de motoriser plus d'un essieu pour de meilleures performances de traction en format biarticulé;
- Lorsqu'une motorisation en série est utilisée, il est possible de motoriser plus d'un essieu pour améliorer les performances dans les pentes, plus particulièrement avec la présence de neige. Ainsi, les autobus de 24 mètres peuvent avoir la même performance dans les pentes que ceux de 12 mètres;
- Les autobus électriques ou hybrides sont disponibles dans les mêmes formats que les autobus diesel et avec environ les mêmes capacités de voyageurs;
- Les motorisations électriques sont disponibles auprès de quelques fabricants d'autobus biarticulés;
- Les essais réalisés sur des autobus hybrides en série permettent de conclure à une réduction de la consommation et par conséquent, des émissions de 30 %;
- Les autobus hybrides sont disponibles chez un grand nombre de fabricants. Tous les principaux fabricants d'autobus diesel offrent une option de motorisation hybride.

Contraintes connues

- Les autobus électriques nécessitent l'implantation de systèmes de recharge en nombre et en quantité stratégiques;
- Les autobus hybrides ont le même comportement d'exploitation que les autobus diesel;
- Les autobus électriques ou hybrides sont légèrement plus hauts que les autobus diesel en raison du plus grand nombre d'équipements en toiture. Cela n'a habituellement pas d'impact sur les tracés;
- Les équipements supplémentaires requis pour l'hybridation ajoutent du poids aux autobus;
- La technologie hybride est relativement jeune, par contre elle fait l'objet d'un grand déploiement qui donne un retour d'expérience important;
- L'autonomie des autobus tout électriques est réduite par les équipements électroniques, le chauffage ainsi que la climatisation;
- Les autobus hybrides étant plus instrumentés que leur équivalent diesel, une plus grande quantité de bris électroniques est à anticiper.

2.4.3 Système d'alimentation

Le SRB est conçu avec l'objectif d'une électrification par recharge en CEE, en terminus et/ou station. Aucune ligne de contact (caténaire) n'est prévue. Comme le nombre de modes de propulsion du matériel roulant est limité, les types de systèmes d'alimentation qui sont mis à l'étude le sont aussi et se résument à ceux décrits à la figure suivante.

Le mandat de l'Étude d'avant-projet est spécifique quant au recours à des technologies d'alimentation électrique à recharge rapide sans fil en temps masqué disponible, mais aussi à des équipements de recharge lente pour les CEE. Ceux-ci peuvent être utilisés en symbiose avec un système de recharge rapide sans fil en ligne. Les différentes littératures actuelles et les progrès rapides effectués par les fabricants de batteries permettent de croire qu'un système de batterie offrira une autonomie de plus de 350 km d'ici le moment où l'opérateur sera disposé à procéder à l'acquisition de ses véhicules⁵. Une telle autonomie favoriserait l'utilisation combinée de postes de recharge ultrarapides avec une recharge lente en période d'arrêt nocturne ou hors pointe, et ce, à un coût concurrentiel par rapport aux autres options. Cette alternative est donc également considérée, du moins dans le cadre des recherches des matériels roulants du présent livrable, afin de ne pas écarter une solution qui pourrait être à la fois efficace, productive et économique.

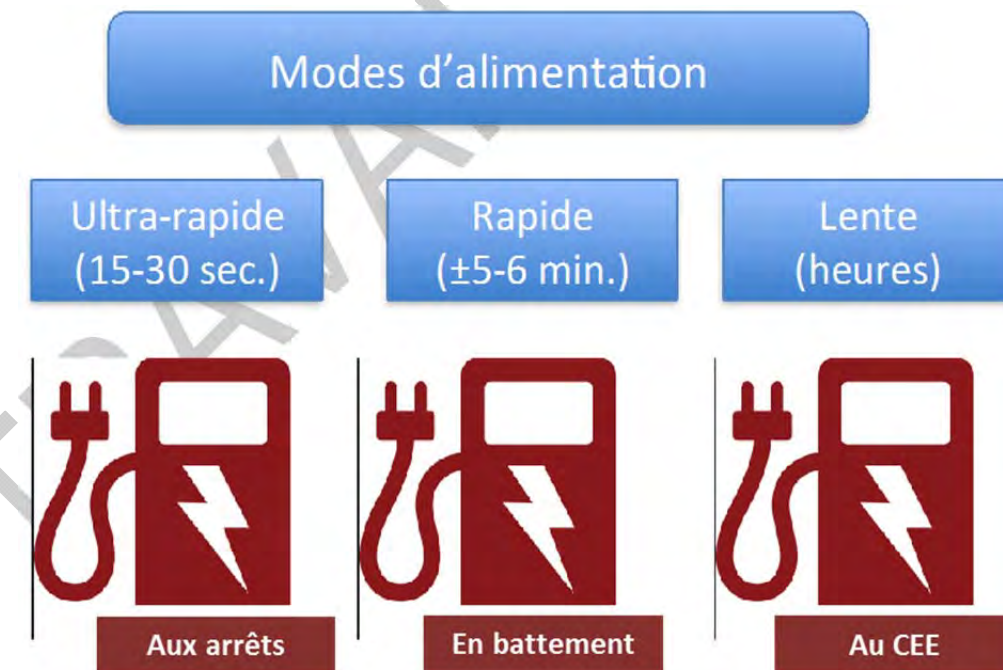


Figure 2.2 Modes d'alimentation

Au chapitre des systèmes d'alimentation, les technologies d'induction (sans contact) et celles de conduction (avec contact) sont aussi considérées. Chacune de celles-ci est disponible avec quelques variantes.

La conception de l'alimentation électrique se doit d'être une approche conservatrice. Le système doit tenir compte des performances offertes actuellement. Les systèmes seront ajustés ensuite dans le temps en fonction des performances des futures batteries.

⁵ En guise d'exemple, la compagnie Proterra a dévoilé récemment son dernier modèle d'autobus de 12 m. Selon Proterra, ses autobus de série E2 peuvent déjà atteindre des distances de plus de 550 km entre chaque recharge d'une durée de moins 5,5 heures.

2.5 Plateforme, tracé et insertion

2.5.1 Plateforme

Comme indiqué dans les études de faisabilité, considérant que l'autobus biarticulé de 24 mètres respecte les charges par essieu admises sur le réseau routier du Québec, la plateforme du SRB est une chaussée standard de type routière conçue pour recevoir uniquement des véhicules lourds (autobus biarticulés, véhicules d'entretien, service incendie, etc.). Elle est adaptée à un matériel roulant non guidé et pour une exploitation sécuritaire (tant pour le personnel d'exploitation que pour les usagers et les gens qui se trouvent près du SRB). La conception de la plateforme est établie pour une durée de vie de 30 années additionnelles à la mise en service commerciale des tracés de 2022 à 2026.

Elle est constituée des mêmes éléments standards de structure de chaussée que ceux des voiries adjacentes, comme la structure de chaussée et le plan de roulement, et délimitée par des bordures, trottoirs, terre-pleins de béton ou engazonnés, selon la coupe type d'insertion retenue pour chaque tronçon.

La structure de chaussée, y compris tous les accessoires de drainage requis et la multitubulaire, sont construits et mis en place de manière finale dès le début des travaux.

La configuration des plateformes est prévue pour répondre aux besoins de chaque site d'implantation selon les performances attendues et selon l'espace disponible. Pour ce faire, des coupes types seront préparées au livrable 2 et incluront des dimensions minimales adaptées à des corridors routiers ne pouvant fournir qu'un espace restreint à l'implantation des voies SRB.

Indépendamment de sa largeur, le plan de roulement du SRB peut se retrouver à différentes élévations par rapport à la voirie adjacente le long du tracé, tel que défini à l'étape de faisabilité.

2.5.2 Tracé en plan et en profil et emprise

Lors de la définition du scénario du SRB, il a été posé comme hypothèse de base qu'il utilise l'emprise prévue à l'Étude de faisabilité tramway-SRB et que, si requis, cette emprise soit élargie et/ou ajustée localement pour tenir compte du niveau de précision requis aux études d'avant-projet pour le système de SRB (rayon de giration, largeur de la plateforme en station, etc.).

La géométrie en plan et en profil se doit d'être en mesure de permettre une adaptation concevable avec les voiries adjacentes.

2.5.3 Infrastructures

Les réseaux souterrains seront tous déviés dès le début de la construction pour l'ensemble des besoins de dégagement du SRB. Si des cas particuliers avec des conflits pouvant empêcher l'atteinte de dégagements souhaitables surviennent, leur traitement doit inclure une évaluation conjointe des moyens de mitigation des conflits avec le Bureau d'étude.

2.5.4 Espace requis pour l'insertion SRB

Bien que le tracé soit généralement le même, l'emprise requise pour insérer le SRB peut différer de celle déterminée à l'Étude de faisabilité tramway-SRB de Québec et Lévis.

Le matériel roulant prévu pour l'Étude d'avant-projet du SRB est un autobus biarticulé de 24 mètres. Ce véhicule n'étant pas guidé, une emprise routière de largeur standard est requise afin d'être sécuritaire et pour obtenir, par la même occasion, un niveau de service (vitesse commerciale) d'exploitation optimale. Dans cette optique, des insertions dites en site « standard » ont été définies dans l'Étude de faisabilité tramway-SRB de Québec et Lévis et doivent être revues au cours de l'Étude d'avant-projet.

Toutefois, étant donné que l'espace disponible pour l'insertion varie le long du tracé, en comparant les boulevards Guillaume-Couture à Lévis et Charest dans le quartier Saint-Roch par exemple, et qu'une insertion de type standard n'y est pas toujours possible, les largeurs de certains éléments (accotement, voies SRB, etc.) sont définies avec des maximums et des minimums requis.

Donc, là où surviennent des impacts trop importants pour une insertion en site propre d'une largeur standard, soit des modifications trop importantes à des structures ou infrastructures existantes, ou des acquisitions supplémentaires trop onéreuses, des concepts d'insertion moins large en site, soit propre, semi-franchissable ou franchissable ont été développés pour insérer la plateforme du SRB. Ces insertions ont toutefois un impact négatif sur la qualité du service offert. Des coupes détaillées et collées aux réalités du terrain seront conçues au prochain livrable 2 « Critères de conception ».

2.5.5 Carrefours

Les carrefours existants entre le corridor du SRB, le réseau routier et les autres usagers sont traités de façon à donner la priorité absolue au SRB, soit par la fermeture de certains carrefours au passage automobile, soit par la mise en place de mesures préférentielles et phasage de feux de circulation.

Les carrefours sont conçus afin d'assurer le maximum de sécurité des piétons, vélos et personnes à mobilité réduite, autant au niveau de la visibilité que des aires de refuge, conformément aux achalandages attendus.

2.5.6 Ouvrages d'art

Dans le cadre de la présente Étude d'avant-projet, l'objectif est de minimiser les interventions et les délais au moment de la réalisation du projet de SRB. L'approche d'intervention vise donc à adapter seulement les ouvrages d'art requis pour l'implantation du projet du SRB. À plusieurs endroits, le SRB est inséré en site espace restreint, ce qui ne nécessite pas de surlargeur sur certains ponts. Des travaux sur les structures doivent tout de même être prévus pour y accrocher la multitubulaire. La figure suivante illustre la localisation d'ouvrages d'art.

Ouvrages d'art existants

Les ouvrages d'art interceptés par le tracé du SRB doivent répondre à des critères de capacité de chargement, de dimension et de durabilité en lien avec le projet. Le critère de capacité de chargement n'a pas d'impact sur le choix d'une intervention sur les ouvrages dont la capacité satisfait les normes actuelles du MTMDET si aucune augmentation significative de la charge permanente ne leur est imposée, ainsi que sur les ouvrages enjambant le tracé du SRB. Le poids et les dimensions de la multitubulaire requise pour le fonctionnement du SRB sont aussi tenus en compte. Les critères de gabarit ont par contre une forte influence sur le choix d'intervention, puisque l'insertion du SRB nécessite des largeurs d'emprise et de dégagement qui peuvent être supérieures à celles disponibles à la rencontre des ouvrages d'art. Les critères de gabarit devront aussi être validés en fonction des caractéristiques du matériel roulant choisi. Dans le cas de la durabilité, c'est l'état actuel ou l'année de construction des ouvrages qui dicte le choix d'une intervention.

Les analyses consistent, entre autres, à la rencontre de leur propriétaire et à la revue des plans de référence, rapports d'inspection et autres intrants reçus, ainsi que des visites terrain de ces ouvrages d'art.

En plus du Pont de Québec, on dénombre vingt-quatre (24) ponts et ponceaux d'importance existants sur les tracés du SRB. Un peu plus de la moitié des ouvrages sont franchis par le SRB, les autres l'enjambent. En plus de ces ouvrages, certains murs de soutènement sont touchés et des tunnels piétonniers et de mécanique/électrique sont franchis par le tracé du SRB dans le secteur de l'Université Laval. Ces ouvrages seront reconstruits, modifiés et/ou renforcés, si requis.

Tableau 2.7 Ouvrages d'art existants sur les tracés Est-Ouest et Des Rivières

Tronçon	Identification de l'OA	Niveau p/r au tracé
LÉVIS		
Boul. Guillaume-Couture (route 175)	Pont route 175 (même que celui du tracé des Rivières)	En dessous
Boul. Guillaume-Couture (rte 132/175)	Pont Dominion	En dessous
Boul. Guillaume-Couture (route 132)	Ponceau ruisseau Cantin	En dessous

Tronçon	Identification de l'OA	Niveau p/r au tracé
Boul. Guillaume-Couture (route 132)	Pont rivière Etchemin	En dessous
Boul. Guillaume-Couture (route 132)	Tunnel piste cyclable (ancienne voie ferrée CN)	En dessous
Boul. Guillaume-Couture (route 132)	Pont rivière à la Scie	En dessous
Boul. Guillaume-Couture (route 132)	Pont rivière Rouge	En dessous
TRACÉ DES RIVIÈRES - LÉVIS		
Route 132	Pont route 175 (même que celui du tracé Est-Ouest Lévis)	Au-dessus
Route 132	Pont CN	Au-dessus
Route 132	Pont autoroute 73 Robert-Cliche	Au-dessus
PONT DE QUÉBEC		
Route 175 (et voie ferrée CN)	Pont de Québec (CN)	En dessous
QUÉBEC		
Route 175 (et voie ferrée CN)	Pont boul. Champlain/Route 136 (ou bretelle avenue des Hôtels)	Au-dessus
Route 175	Pont bretelle Charles-M-Monsarrat et voie ferrée CN	En dessous
Route 175	Pont chemin St-Louis	Au-dessus
Boulevard Charest	Mur de soutènement, près de la rue Lescarbot	Côté sud
Boulevard Charest	Pont voie ferrée CPR	En dessous
Boulevard Charest	Mur de soutènement approches pont voie ferrée CPR	Chaque côté
Boulevard Charest	Pont bretelle sortie 21 autoroute 440 Dufferin-Montmorency	Au-dessus
Boulevard Charest	Pont autoroute 440 Dufferin-Montmorency	Au-dessus
Boulevard Charest	Pont bretelle entrée 21 autoroute 440 Dufferin-Montmorency	Au-dessus
Boulevard Jean-Lesage (route 136)	Tunnel Joseph-Samson	Côté ouest
Boulevard Jean-Lesage (route 136)	Pont Joseph-Samson (au-dessus de la rivière St-Charles)	En dessous
Boulevard Jean-Lesage (route 136)	Pont bretelle sortie 22 autoroute 440 Dufferin-Montmorency (vers boulevard des Capucins)	Au-dessus
Boulevard Jean-Lesage (route 136)	Pont bretelle entrée 23 autoroute 440 Dufferin-Montmorency (de 1 ^{re} Rue)	Au-dessus
Boulevard Jean-Lesage (route 136)	Pont autoroute 440 Dufferin-Montmorency	Au-dessus
Boulevard Jean-Lesage (route 136)	Pont bretelle sortie 23 autoroute 440 Dufferin-Montmorency (vers 1 ^{re} Rue)	Au-dessus

Tronçon	Identification de l'OA	Niveau p/r au tracé
Chemin de la Canardière	Pont CN et murs de soutènement	Au-dessus

Tableau 2.8 Ouvrages d'art existants sur le tracé Nord-Sud

Tronçon	Identification de l'OA	Niveau p/r au tracé
TRACÉ NORD-SUD - QUÉBEC		
Côte d'Abraham	Mur de soutènement Côte d'Abraham	Côte nord
Rue de la Pointe-aux-Lièvres	Pont Lavigueur	En dessous
1 ^{re} Avenue	Pont du CN et murs de soutènement	Au-dessus

Nouveaux ouvrages d'art

Sont aussi à considérer certains nouveaux ouvrages d'art prévus être réalisés dans le cadre des travaux et aménagements urbains complets de l'emprise.

Tableau 2.9 Nouveaux ouvrages d'art à réaliser sur les tracés SRB

Tronçon	Identification de l'OA	Niveau p/r au tracé
TRACÉ EST-OUEST QUÉBEC		
Route 175	Pont d'égagement pour le SRB, de la route 175 vers l'avenue des Hôtels	n.d.
Avenue des Hôtels	Murs de soutènement entre la bretelle et l'avenue des Hôtels vers le boulevard Laurier	n.d.
Chemin des Quatre-Bourgeois	Murs de soutènement	Côté sud
À l'est de l'avenue Nérée-Tremblay	Murs de soutènement	Côté sud
TRACÉ NORD-SUD - QUÉBEC		
Rue de la Couronne	Murs de soutènement entre la Côte d'Abraham et la rue Sainte-Hélène	Côtés est et ouest

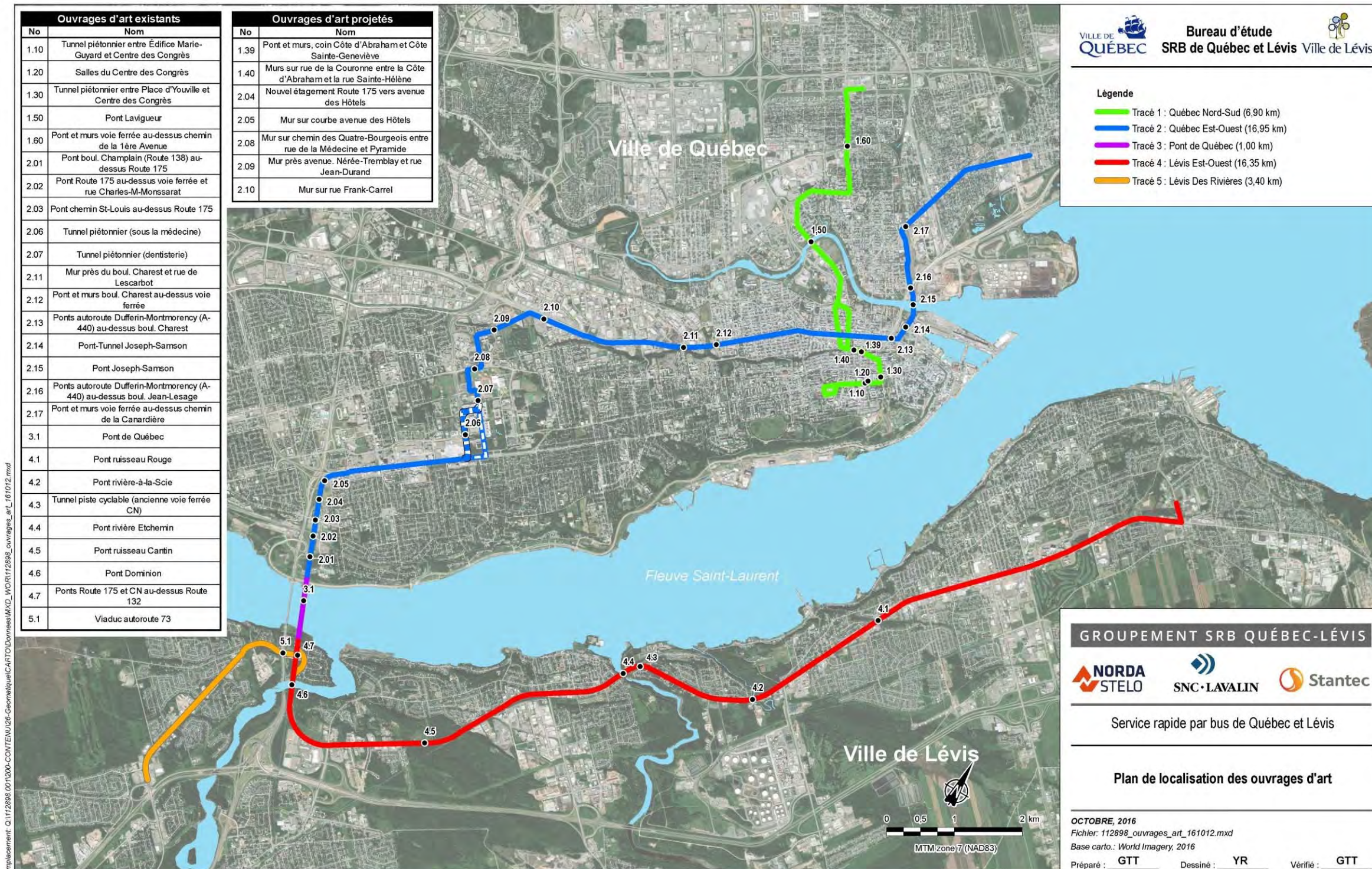
Pont de Québec

Il existe présentement un projet au MTMDDET visant l'abaissement du tablier du Pont de Québec ainsi que l'ajout d'un passage piétonnier en porte-à-faux du côté aval. Ces travaux permettront d'augmenter la largeur totale des trois (3) voies

carrossables sur le pont de 9,17 mètres présentement à 10,26 mètres. Le CN a donné son accord de principe pour les travaux, pourvu que l'étude sur la capacité portante du pont en démontre la faisabilité.

Toutefois, ce projet est toujours à l'étape du montage du dossier d'opportunité au MTMDDET. Ce dernier investit plusieurs millions de dollars actuellement pour étirer la vie de l'actuel tablier jusqu'à sa réfection ultime. Par la suite, le MTMDDET devra élaborer un dossier d'affaires pour obtenir les fonds du Conseil du trésor. La date de début et de fin de ces travaux n'est donc pas encore connue, mais il appert que leur aboutissement ne sera pas avant 2022, année prévue de la mise en place de la première phase du SRB.

Pour les besoins de la présente Étude d'avant-projet, il faut donc prévoir faire circuler le SRB sur le tablier actuel au début de l'exploitation et jusqu'à la réalisation des travaux d'abaissement du tablier.



Carte 2.1 Localisation des ouvrages d'art

2.5.7 Multitubulaire

Une multitubulaire spécifique aux besoins du SRB est mise en place tout au long des tracés selon les nécessités des divers systèmes de communication, de la basse tension et peut-être de la moyenne tension. La multitubulaire est positionnée sous la plateforme, à l'abri du gel, de manière à ce que seuls les accès aux chambres souterraines soient à l'extérieur de la plateforme, soit dans l'espace des quais, soit dans les terre-pleins adjacents, sinon dans les voiries adjacentes.

2.5.8 Pistes cyclables

En 2008, la Ville de Québec, au travers de son Service de l'aménagement du territoire, s'est dotée d'un Plan directeur du réseau cyclable en vue de répondre aux constats et enjeux identifiés dans le Plan directeur d'aménagement et de développement (PDAD) quant aux besoins d'agrandir la part modale de ce mode de transport.

Ce Plan directeur porte notamment sur les bienfaits de la pratique du cyclisme pour la santé, l'environnement et l'économie, mais tout aussi sur la pertinence d'une planification intégrée des transports en considérant ce mode actif pour compléter l'offre à la population.

Dans ce sens, le corridor du SRB offre l'opportunité de consolider l'interface entre le mode autobus et le mode actif par le maintien des pistes cyclables existantes, mais aussi par l'intégration, dès le début, de la conception des pistes cyclables planifiées par les villes de Québec et de Lévis le long du corridor SRB.

Les pistes cyclables, lorsqu'elles sont existantes, sont conservées. Là où il n'y en a pas, mais que les plans directeurs des villes en prévoient, c'est l'occasion de les inclure dans la conception des aménagements.

2.5.9 Insertion urbaine

Considérant le souhait des villes d'implanter un service SRB dans une trame urbaine existante, il est considéré pour les besoins de la présente étude que la plateforme du SRB soit implantée de façon à s'ajuster le plus possible à la disponibilité d'espace dans les corridors routiers locaux existants. Ce choix peut cependant présenter des impacts sur la qualité du service offert pendant la période d'opération du mode SRB (restrictions de vitesse dues à la largeur de plateforme disponible et partage de voies avec la circulation automobile, par exemple).

Plusieurs configurations sont établies, lesquelles ont toutefois des variations possibles pour tenir compte des restrictions d'espace disponible localement dans certains tronçons et de configurations particulières (position d'insertion latérale et banale, franchissement de ponts, etc.).

2.6 Stations

Pour la réalisation de l'avant-projet du SRB, cinq (5) types de stations ont été établis et sont appliqués tout au long des tracés et selon les besoins d'achalandage :

- Station type A : station standard accueillant un (1) véhicule de 24 mètres (non tempérée);
- Station type B : station standard accueillant un (1) véhicule de 24 mètres (tempérée);
- Station type C : station standard accueillant deux (2) véhicules de 24 mètres (non tempérée);
- Station type D : station standard accueillant deux (2) véhicules de 24 mètres (tempérée);
- Station type E : station majeure accueillant deux (2) véhicules de 24 mètres (tempérée).

Les types de stations ci-dessus indiqués sont aussi adaptés selon les besoins d'insertion applicables aux sites d'implantation, selon les configurations suivantes :

- Station à deux (2) quais latéraux, face à face, dans le cas d'une insertion axiale;
- Station à deux (2) quais latéraux décalés, dans le cas d'une insertion axiale dans une emprise restreinte.

Finalement, les stations concernant les pôles d'échanges sont conçues avec une attention particulière à promouvoir les meilleures conditions d'intégration entre les divers services, permettant ainsi aux usagers de faire des transferts sécuritaires et confortables.

2.6.1 Quais

Les caractéristiques des quais sont les suivantes :

- Les quais sont conçus pour recevoir un (1) ou deux (2) autobus biarticulés de 24 m;
- Largeur des quais latéraux : 4,00 mètres chacun ou plus large si l'achalandage le nécessite;
- Élévation au-dessus du plan de roulement : environ 35,0 centimètres, en fonction d'une lacune verticale d'au maximum 50 mm;
- Rampes d'accès à chaque extrémité des quais pour personnes à mobilité réduite (PMR);
- Pente maximale des rampes d'accès : 5 %.

2.6.2 Équipements en station

Afin de permettre une exploitation optimale du réseau, autant pour les aspects de fluidité que de sécurité, toutes les stations sont munies de divers équipements, notamment :

- Distributrice automatique de titres de voyage (DAT) pour les usagers permettant, entre autres, de recharger sa carte OPUS;
- Borne de validation des titres de voyage permettant à l'usager de s'assurer qu'il possède un titre valide avant d'embarquer dans le véhicule;
- Caméras de surveillance en station pour veiller à la sécurité des lieux;
- Un téléphone d'urgence;
- Borne d'information pour diffuser de l'information aux voyageurs sous forme d'affichage écrit;
- Équipements de diffusion vocale (décodeur, amplificateur, haut-parleurs, etc.) pour diffuser de l'information aux voyageurs par voie sonore.

En station se retrouve(nt) également un ou plusieurs blocs techniques incluant l'ensemble des équipements techniques nécessaires au bon fonctionnement de la station et de ses équipements, ainsi que des éléments de mobilier urbain.

Dans le cas de stations majeures ou de pôles intermodaux/d'échanges, des distributrices automatiques de titres et des bornes larges d'information sont prévues.

2.7 Pôles d'échanges et terminus

2.7.1 Pôles d'échanges

Les pôles d'échanges prévus dans le cadre du projet SRB comportent d'importantes infrastructures d'intégration du réseau de transport en commun. Le tableau ci-dessous montre les besoins d'intégration de chacun des pôles quant aux divers réseaux.

Tableau 2.10 Intégration de services de transport

Pôle d'échanges	Réseau structurant	Haute-fréquence	Express	Régulier
D'Estimauville	X	X	X	X
Université Laval	X	X	X	X
Lavigerie (conçu par un tiers)	X	X	X	X
41 ^e . Avenue	X	X	X	X
Saint-Roch	X	X	X	X
Grand Théâtre	X	X	X	X
Des Rivières	X			X
Du Sault/Concorde	X			X
CÉGEP Lévis-Lauzon	X			X
Desjardins	X			X

2.7.2 Terminus

Les deux (2) corridors composant le réseau structurant présentent en bout de ligne cinq (5) stations terminales devant compter sur des stations de recharge rapide et des installations de retournement permettant aux véhicules de repartir dans la direction opposée après le débarquement des passagers de façon sécuritaire et en minimisant l'impact sur l'exploitation (temps d'attente).

Selon le cas, ces infrastructures comprennent des boucles de retournement spécifiquement conçues pour les autobus (terminus Galeries Charlesbourg, par exemple) ou des voies de retournement installées dans le réseau routier existant (terminus Grand Théâtre, par exemple) ou encore, nécessitent une acquisition de terrain qui leur est propre. Ces boucles de retournement pour les autobus sont aménagées en bout de ligne ainsi qu'aux extrémités des services renforcés.

En plus de ces infrastructures de bout de ligne, des infrastructures additionnelles sont prévues telles que des terminus partiels aux stations Saint-Roch (Québec) et Concorde (Lévis). Les terminus partiels servent à renforcer l'offre de transport aux heures de pointe entre les stations Taniata et D'Estimauville sur la ligne Est-Ouest, et entre les stations Saint-Roch et Grand Théâtre sur la ligne Nord-Sud.

2.8 Signalisation

Tous les éléments de signalisation et délimitation au sol des différents usages dans l'emprise doivent être étudiés et définis au cours des études d'avant-projet afin d'assurer la sécurité des usagers du système SRB et de ceux qui le croisent.

2.8.1 Signaux lumineux et aide à la conduite pour les SRB

Pour que le système SRB soit attractif, il est primordial que sa vitesse commerciale soit maximisée. Il est donc également prévu que le SRB bénéficie de la priorité de passage absolue aux intersections routières gérées par signalisation lumineuse de trafic.

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

- En fonctionnement normal (hors mode dégradé), tous les autobus SRB bénéficient d'une priorité absolue;
- Le paramétrage des divers délais d'approche mis en jeu est facile (réglages initiaux et mises à jour);
- La solution est robuste aux aléas de progression des autobus 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 peut avoir la priorité absolue.

2.8.2 Signaux lumineux aux intersections

Les signaux lumineux affectés au corridor du SRB aux intersections des divers types (réseau routier, cyclable et passages piétonniers) doivent être différents et distincts de ceux du réseau routier et traverses piétonnières afin de ne pas créer de confusion entre les divers usagers.

Il est prévu d'utiliser des feux de priorité du même modèle que ceux spécifiques aux véhicules de transport en commun utilisés dans des systèmes de voies réservées avec préemption et communément utilisés en France.

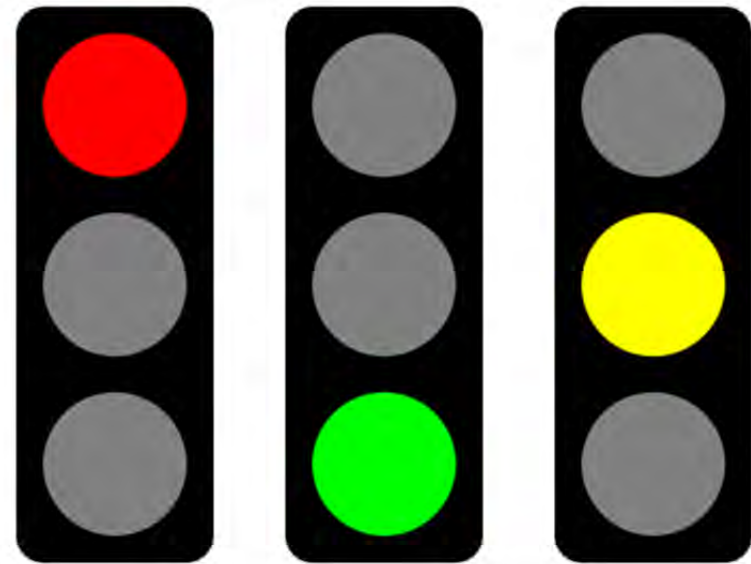


Figure 2.3 Système de signaux lumineux routier

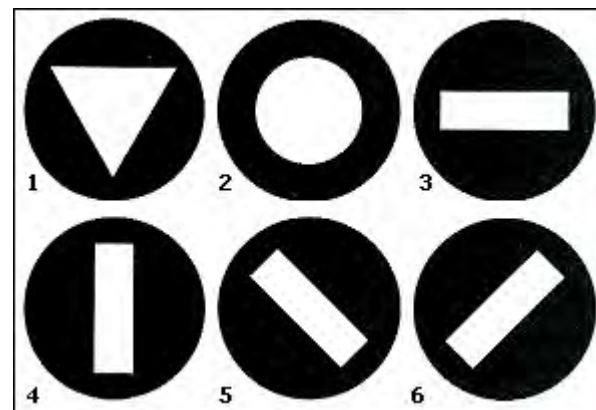


Figure 2.4 Système de signaux lumineux SRB

2.8.3 Signalisation statique et piétonne

De la signalisation statique est également nécessaire le long du corridor des SRB afin d'assurer la sécurité de leurs conducteurs et usagers. Les panneaux de signalisation consistent à informer les conducteurs des dangers en aval et de possibles travaux. Parmi ceux-ci, les limites de vitesse de même que les avertissements de traverses piétonnes/cyclistes doivent être visibles et conformes aux normes du Tome V – Signalisation du MTMDET. De plus, la signalisation statique permet d'offrir certaines informations aux conducteurs d'autobus s'il y a une défaillance du STI. Ces panneaux de signalisation se retrouvent aux approches des intersections et des stations SRB.

De la signalisation statique et des feux lumineux sont prévus aux traverses de piétons sur la plateforme SRB situées au niveau des stations ou entre celles-ci.

2.8.4 Marquage de la chaussée

Le marquage de la chaussée constitue à la fois un outil de sécurité et de gestion de circulation, en plus de donner une image de marque distinctive dans le cadre de l'implantation d'un corridor exclusif de transport collectif.

Le marquage permet de séparer le trafic automobile des autobus, permettant de donner la priorité à ces derniers. Il évite aussi le risque de perte de visibilité lorsqu'une automobile est cachée derrière un autobus dans des passages piétonniers et carrefours. De plus, il permet d'éviter le blocage de carrefours et l'occupation indue de voies de retournement et d'arrêts d'autobus.

Pour ce faire, le marquage considéré dans le cadre des présentes études d'avant-projet (tel que suggéré dans les études de faisabilité) compte sur une identification claire de la zone de circulation du SRB en site propre, avec une couleur distinctive pour la chaussée. Dans le cas de voies banales, qui sont des chaussées partagées avec des automobilistes, un marquage indicatif de ce partage est appliqué, par l'apposition de marquage spécifique à l'indication de transport en commun.

La figure suivante illustre un aménagement suggéré pour l'insertion des SRB en site banal aux approches du pont de Québec. Avec les losanges blancs et les lignes de continuité, l'insertion des SRB peut se faire plus facilement en informant les usagers de la route de l'insertion des SRB.

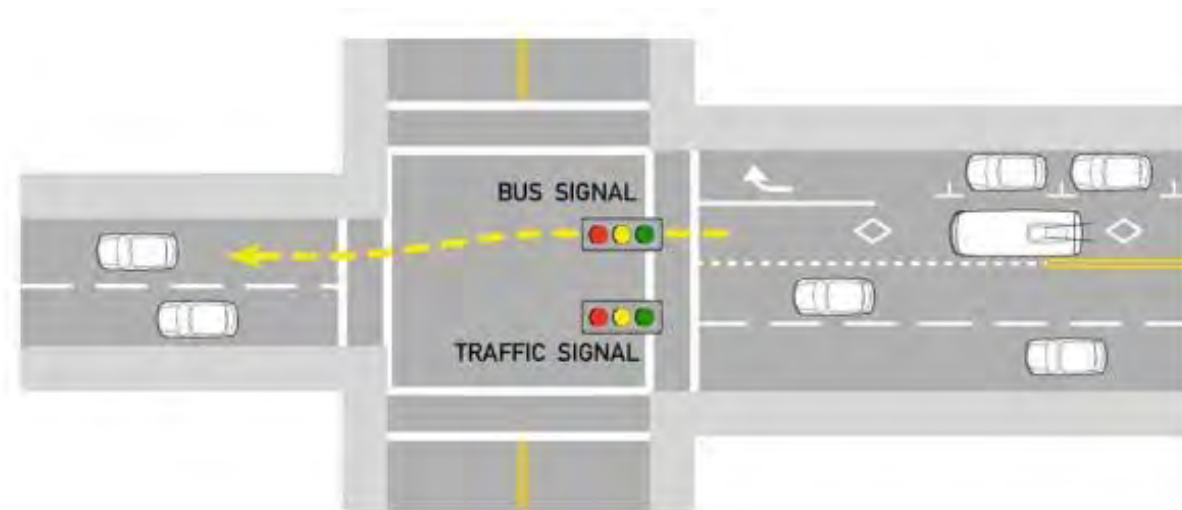


Figure 2.5 Marquage de la chaussée d'un SRB lors de l'insertion en site banal

Lorsque le corridor SRB croise le réseau routier existant, la zone d'intersection est peinte avec une hachure indicative de la zone à dégager en tout temps. Cela permet d'empêcher la circulation automobile de bloquer les carrefours, assurant la fluidité du service même lors des périodes de pointe de la circulation.

3 MATÉRIEL ROULANT

Le but de ce chapitre est d'identifier et de détailler le matériel roulant sur pneus d'environ 24 mètres en propulsion hybride (carburant-batterie) et électrique (à recharge rapide sans-fil) qui pourrait être utilisé afin d'en déterminer les critères de conception pour la plateforme et les ouvrages d'art, et éventuellement d'évaluer les coûts d'immobilisation et d'exploitation.

Le document de référence ayant servi à déterminer les requis d'opération est principalement l'Étude de faisabilité du tramway/SRB (RTC, 2015). Ces renseignements ont été complétés par l'équipe du Bureau d'étude SRB Québec-Lévis lors de rencontres, d'échanges de messages électroniques et de conversations téléphoniques.

3.1 Critères de sélection du matériel roulant

Sur la base de l'Étude de faisabilité concernant la mise en service d'un SRB, le projet SRB de Québec et Lévis a énoncé les critères minimaux de sélection du matériel roulant pour le SRB de Québec et Lévis :

- 150 passagers ou plus par véhicule;
- Motorisation sans fil (de préférence électrique, à batterie ou hybride électrique);
- Technologie de motorisation éprouvée;
- Motorisation identique pour tous les autobus du SRB;
- Motorisation qui respecte (ou peut respecter) les règlements fédéraux et provinciaux;
- Véhicule à plancher bas;
- Capable de négocier des pentes de 13 % en toutes saisons;
- Système d'information pour les passagers à bord qui indique le nom du prochain arrêt de façon visuelle et auditive;
- Caméras de sécurité intérieures;
- Caméras extérieures en remplacement des miroirs;
- Système d'aide à l'arrimage aux quais;
- Embarquement par toutes les portes;
- Sièges ergonomiques et confortables;
- Aires pour personnes à mobilité réduite;
- Système Wi-Fi ouvert;

- Système de communication avec les feux de circulation;
- Cabine fermée pour l'opérateur;
- Chauffage et climatisation;
- Modifications possibles à la carrosserie.

3.2 Besoins inhérents à l'achalandage prévu

Le choix du matériel roulant doit évidemment suffire à la demande en période de pointe telle qu'anticipée par les prévisions présentées dans la figure suivante.

Selon les prévisions⁶ de l'Étude de faisabilité, l'achalandage prévu prévoit atteindre donc presque 4 000 passagers en période de pointe d'après-midi. Cette donnée permettra de déterminer le nombre maximal de véhicules requis étant donné la capacité des véhicules.

⁶ Le plan de service complet n'était pas disponible au moment de la rédaction de ce rapport.

3.3 Contexte d'implantation

3.3.1 Au Québec, l'électricité est de mise

L'un des axes d'intervention du Plan d'électrification du transport du Québec 2015-2020 (Gouvernement du Québec, Ministère des Transports du Québec, 2015) est de « soutenir financièrement les projets permettant d'évaluer des véhicules ou des technologies électriques en transport collectif en conditions réelles d'utilisation et ainsi de contribuer à accélérer l'innovation et son intégration dans les services de transport collectif en suscitant un maximum de retombées économiques au Québec » et de faciliter la transition des autobus vers des modes de propulsion électrique.

Pour sa part, la Politique énergétique du Québec 2030 (Gouvernement du Québec, Politique de transition énergétique à l'horizon 2030, 2016) décrit la stratégie de décarbonisation de la province, stratégie qui cite l'électrification des autobus de transport collectif dans ses orientations visant l'efficacité énergétique, la substitution énergétique et les changements comportementaux.

Dans le cas des futurs approvisionnements en autobus de la province, le but est donc clairement de cheminer vers l'utilisation exclusive d'autobus tout électriques à terme. Jusqu'à maintenant, le coût de cette technologie, sa fiabilité et la complexité des infrastructures pour les autobus électriques ont écarté la possibilité d'une implantation massive. Plusieurs projets pilotes et essais au Québec et ailleurs au Canada ainsi que les mises en service de ces autobus ailleurs dans le monde (principalement en Asie et en Europe) démontrent que la technologie est maintenant prête. Les sociétés de transport collectif québécoises se procurent maintenant des autobus hybrides électriques (non branchables), mais un projet d'essai d'autobus tout électrique sera mis en service à Montréal en 2017 pour une période de trois (3) ans. Cet essai permettra au fabricant local, NovaBus, de perfectionner sa technologie, mais plusieurs autres fabricants ont dépassé ce stade aussi bien en Amérique qu'en Europe et en Asie.

3.3.2 Positionnement fédéral en matière de transport collectif

Depuis quelques années maintenant, le gouvernement fédéral soutient indirectement les sociétés de transport collectif par le biais du Fonds fédéral de la taxe sur l'essence, qui verse des ristournes aux municipalités (Gouvernement du Canada, Infrastructure Canada, 2016).

Plus récemment, le budget fédéral 2016 annonçait la mise en place du « Fonds pour les infrastructures du transport en commun (FITC) » (Gouvernement du Canada, Infrastructure Canada, 2016) qui réserve la somme de près d'un milliard de dollars (1 G \$) pour l'amélioration de la fiabilité, de la sécurité et de l'accessibilité des réseaux de transport en commun ou pour les grandes municipalités qui planifient l'amélioration et l'expansion future du réseau au Québec. Le SRB Québec-Lévis se qualifie clairement.

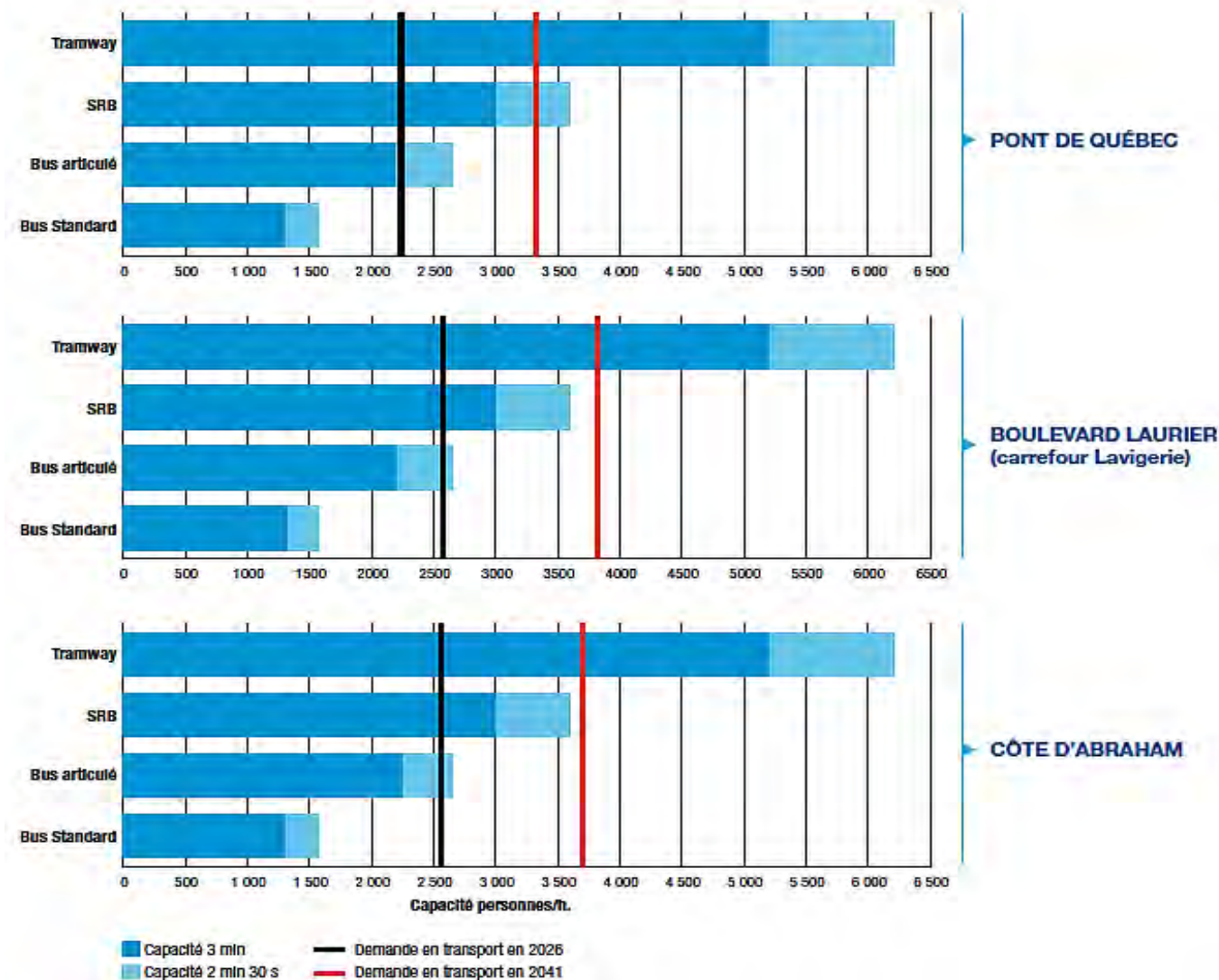


Figure 3.1 Achalandage prévu en période de pointe, 2041⁷

⁷ CONSORTIUM CIMA, AECOM, SETEC. Tramway de Québec et Lévis. Étude de faisabilité, 2014.

3.3.3 Ville de Québec, site d'implantation à caractère particulier

Site patrimonial unique en Amérique du Nord, la Ville de Québec ne peut être équipée que d'un matériel roulant qui reflète ce caractère exceptionnel. Il doit être propre, silencieux et d'apparence plaisante, en plus d'assurer le confort à ses usagers parmi lesquels on compte un bon nombre de touristes internationaux. Bref, il doit posséder un design distinctif lui permettant d'accroître son attractivité et d'améliorer l'expérience client.

3.3.4 Offre commerciale mondiale

Les critères minimaux retenus nous permettent d'emblée d'éliminer certains types d'autobus. Par exemple, les autobus standards de 12 mètres ne tiennent généralement pas plus de 80 personnes et la plupart des autobus articulés de 18 mètres sont limités à 120 passagers si on leur applique les normes nord-américaines de confort en termes d'espace réservé à chaque passager. Les autobus hybrides et certains autobus électriques sont plus lourds que les véhicules diesel conventionnels, ce qui limite davantage la capacité de ces derniers.

Pour le moment, aucun fabricant canadien n'offre de véhicules pouvant accueillir 150 passagers. Si tel est toujours le cas au moment de l'achat du matériel roulant, les autobus devront alors provenir de l'extérieur du pays, ce qui n'exclut pas un contenu canadien éventuel ou des retombées économiques au Québec. Enfin, les besoins du projet SRB concernant certains critères de sélection balisent considérablement la gamme de véhicules. En général, les fabricants d'autobus d'envergure mondiale ont déjà livré des véhicules en Amérique du Nord et en Europe et peuvent rencontrer les exigences citées dans ce document s'ils ne le font pas déjà.

Notre revue de l'offre commerciale mondiale nous amène à conclure que trois (3) types d'autobus déjà en service pourraient répondre aux exigences du projet de SRB de Québec et Lévis en termes de capacité d'usagers : les véhicules de 24 mètres à double articulation (biarticulés), ceux de 24 mètres super-articulés (simple articulation) et les trains d'autobus (deux [2] modules dont le second est non motorisé et détachable).

Les sections qui suivent présentent des exemples de matériel roulant qui répondent à la plupart des critères de sélection minimaux et aux préférences énoncées.

Van Hool

Van Hool, un fabricant belge de classe mondiale, propose une gamme étendue de véhicules de transport collectif de longueurs, de configurations et de motorisations variées. L'autobus Exquicity est spécialement conçu pour les SRB et est commercialement disponible depuis 2011.

Il est offert avec plusieurs motorisations incluant le tout électrique à recharge rapide et l'hybride (diesel et GNC) électrique, à propulsion avec moteur à l'arrière. L'entraînement au deuxième et même troisième essieu est aussi disponible. Le chauffage et la climatisation électrique et/ou au diesel sont installés au toit.

Van Hool a déjà fourni des autobus articulés au Québec et en Ontario (61 unités) et se dit intéressé au projet du SRB Québec-Lévis. En bref, ce manufacturier a une technologie de SRB éprouvée, de l'expérience au Canada, une motorisation qui rencontre les normes de l'EPA avec une option électrique et hybride. Par ailleurs, Van Hool n'a aucune présence manufacturière au Canada.



Photo 3.1 Autobus 24 mètres Exquicity (Van Hool)

Volvo

Volvo est l'un des plus grands manufacturiers d'autobus au monde. La société a déjà livré plusieurs véhicules qui satisfont les principaux critères du Bureau d'étude SRB Québec-Lévis, notamment des doubles articulés à Mexico, Bogota et Gothenburg. Ces véhicules ont une capacité de plus de 150 passagers (dépendant du poids embarqué et de la configuration interne). Ces autobus mesurent 27 mètres de long, avec plancher haut. Volvo a aussi de l'expérience avec des autobus à plancher bas en Inde et en Amérique du Nord (par sa filiale Novabus).

Bien que les modèles à haute capacité livrés à ce jour aient été motorisés au diesel, Volvo construit d'autres modèles d'autobus hybrides et électriques et affirme qu'il pourrait rencontrer les spécifications d'un appel d'offres du Bureau d'étude SRB Québec-Lévis.

Lors de discussions avec ses représentants, Volvo se dit prêt à mettre en œuvre un projet spécial pour le SRB Québec-Lévis et, grâce à son affiliation à NovaBus, peut assurer un contenu canadien substantiel et un véhicule qui rencontre les normes canadiennes.

Bref, Volvo a de l'expérience en Europe avec les SRB, il est le manufacturier européen le plus important d'autobus hybrides et électriques et il est présent au Québec. Par contre, le design des autobus Volvo commercialement disponibles ne rencontre pas tous les besoins du Bureau d'étude SRB Québec-Lévis et requiert donc une adaptation substantielle de part et d'autre.

Hess

La société suisse Hess a été le premier manufacturier à fabriquer un autobus articulé de 24 mètres à double articulation avec motorisation hybride appelé TramBus. Elle fabrique également des trains d'autobus en deux (2) sections de 12 mètres attachées mécaniquement (Bus Train).

La capacité des Bus Tram peut atteindre jusqu'à 180 passagers selon le poids et la configuration.

Le système hybride est celui du Mercedes Euro 6, avec un moteur à l'arrière qui ne rencontre pas les normes EPA et des batteries allant de 30 à 80 kWh capables de fonctionner avec le système de recharge Flash (ultrarapide) de ABB (TOSA).

La propulsion du Bus Tram peut être faite par deux (2) ou trois (3) essieux grâce aux moteurs électriques.



Photo 3.2 Autobus 24 mètres Bus Tram et Bus Trains (Hess)

Hess voit la possibilité de fournir ses véhicules au Québec avec une collaboration locale qui augmenterait son contenu canadien. La société a donc une technologie de SRB éprouvée en Europe et dans des climats nordiques en mode tout électrique ou hybride. Dans ce dernier cas, les moteurs diesels devraient être certifiés EPA ou remplacés par des moteurs qui le sont déjà.

Pour sa part, le Bus Train de Hess est muni d'une remorque non motorisée qui peut être détachée en deux (2) minutes, permettant ainsi au module avant de 12 mètres de continuer à opérer en périodes hors pointe. Ce concept est en voie d'être amélioré par Hess et les spécifications des véhicules de la deuxième génération de Bus Train ne sont pas encore disponibles. Quoi qu'il en soit, des consultations avec Transports Canada et peut-être aussi la SAAQ s'avéreraient nécessaires avant de permettre au SRB de considérer de tels véhicules dans le cadre d'un appel d'offres, mais nous précisons que ces véhicules circulent présentement en Europe.

BYD

La société BYD, d'origine chinoise, fabrique ses autobus à Lancaster (Californie) pour le marché nord-américain. BYD est un leader mondial de la fabrication de batteries électriques, d'autobus et de voitures électriques.



Photo 3.3 Autobus 24 mètres Super Artic (BYD)

Sa gamme d'autobus destinée à l'Amérique du Nord comprend un véhicule de 18 mètres à articulation simple capable d'accueillir jusqu'à 170 passagers selon BYD qui a déjà livré des véhicules de 24 mètres au Brésil en deux (2) sections de 12 mètres. Reste à vérifier si les critères de poids et le nombre de passagers par mètre carré respectent les normes canadiennes.

BYD développe présentement un train d'autobus semi-autonome dans lequel seul le premier de deux (2) autobus de 12 mètres requiert un conducteur, le second étant attaché virtuellement au premier qu'il imite en tout point.

Les systèmes de stockage de l'électricité embarqués sur les véhicules de BYD sont équipés en fonction des spécifications des clients. Ils peuvent être rechargés lorsqu'ils sont hors service. BYD collabore aussi avec la société Momentum Dynamics pour le développement d'une borne de recharge rapide à induction. Les essieux de propulsion sont choisis par les clients.

Mis à part NovaBus (probablement), la société BYD est probablement celle qui offre la plus grande possibilité en termes de livraison d'un contenu canadien important, ayant déjà une usine en Amérique du Nord et se disant prête à lancer des opérations au Canada en support d'une commande substantielle. Son leadership mondial en matière de systèmes électriques est un atout important et elle serait en mesure de livrer des véhicules semi-autonomes éprouvés en Chine lorsque le Bureau d'étude émettra son appel d'offres. Des autobus super-articulés de 24 mètres sont présentement en voie de développement pour livraison en Amérique du Sud. Selon BYD, ils pourraient accommoder plus de 150 passagers. Le rayon de braquage est pour l'instant inconnu, mais serait vraisemblablement supérieur à celui d'un autobus à double articulation. Ce sera donc un facteur à évaluer ultérieurement.

DAIMLER

Le nouvel autobus super-articulé de Mercedes-Benz CapaCity L a une capacité maximale de 124⁸ passagers (avec 45 places assises et une densité d'occupation debout de quatre [4] personnes/m²). Selon la configuration choisie, 43 à 60 personnes peuvent occuper des sièges. Le véhicule compte cinq (5) portes doubles pour l'embarquement rapide des passagers. Il mesure 20,995 mètres et ses quatre (4) essieux lui confèrent un très large rayon de braquage de presque 24,5 mètres.



Photo 3.4 Autobus 21 mètres CapaCity L (Daimler)

De plus, il n'est offert qu'avec une motorisation conventionnelle au diesel même si Daimler fabrique des autobus hybrides depuis 2009 (Citaro G BlueTec Hybride) et commercialisera des autobus électriques à batteries et à batteries à combustible en 2018. Ces véhicules ont une faible présence en Amérique du Nord. Daimler ne s'est pas portée volontaire pour aménager une propulsion électrique ou hybride pour le SRB Québec-Lévis, ce qui ne veut pas dire qu'elle ne le fera pas dans le contexte d'un appel d'offres.

Autres manufacturiers d'autobus électriques ou hybrides

Plusieurs fabricants chinois offrent des autobus hybrides et électriques et certains pourraient avoir des véhicules qui répondent aux besoins du SRB Québec-Lévis. Ces manufacturiers ne servent cependant que le marché local, sauf pour BYD, comme décrit précédemment.

⁸ 189 passagers selon le manufacturier, avec une densité d'occupation de 7,4 personnes/m².

Un appel d'offres international pourrait susciter l'intérêt de certains fabricants chinois de concert avec des assembleurs ou agents locaux, comme cela a été le cas pour les véhicules de 30 et 35 pieds Vicinity achetés par BC Transit.

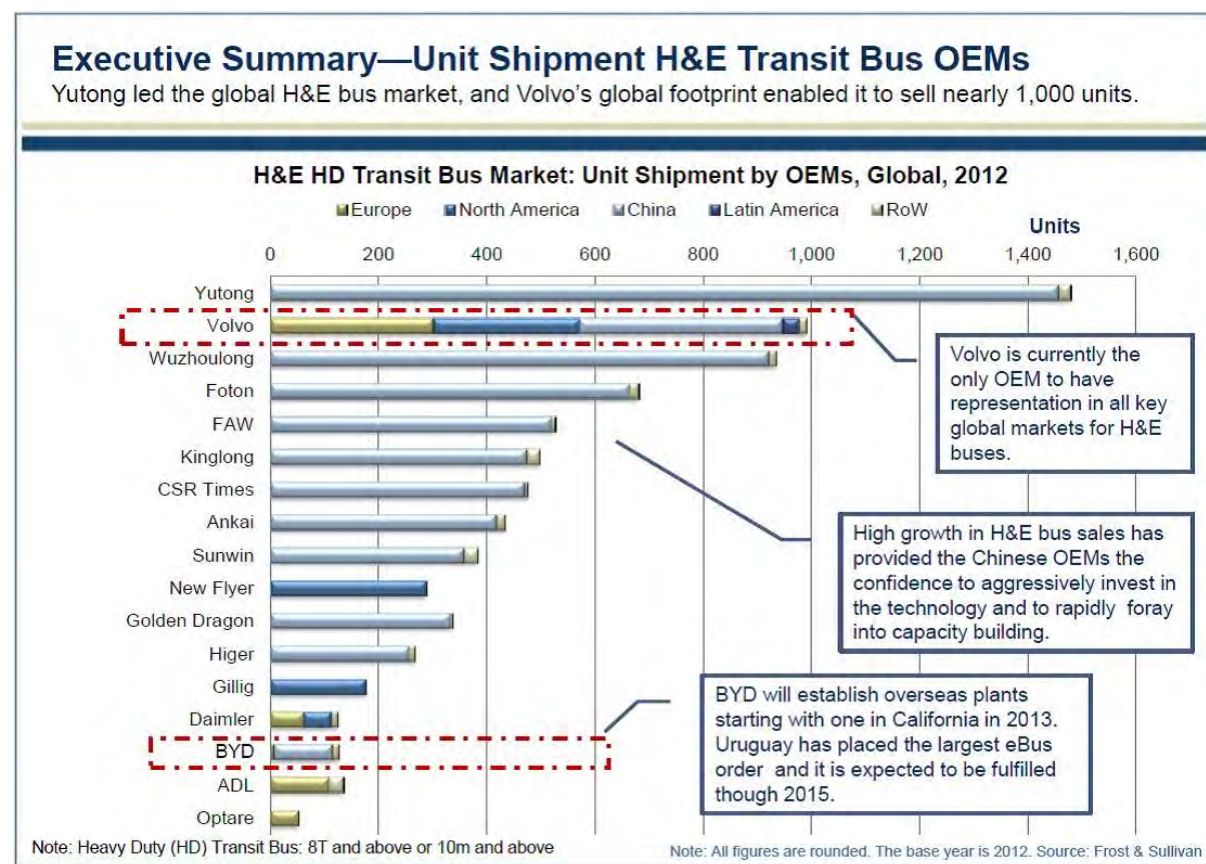


Figure 3.2 Ventes d'autobus de transport urbain par fabricant, 2012⁹

3.3.5 Développement des technologies

Pour une conception robuste, le service SRB requiert de mettre en place des stations de recharge et de batteries en fonction de ce qui est commercialement éprouvé et disponible aujourd'hui. Toutefois, le développement des batteries et de leur autonomie s'annonce très prometteur pour le futur.

En 2026, date prévue du service complet du SRB Québec-Lévis, la plupart des principaux manufacturiers, dont Volvo, Daimler et BYD, par le biais de plusieurs conférences livrées par leur personnel et que supportent les analystes tels que Frost & Sullivan et IDTechEX, affirment que les autobus électriques seront devenus les plus populaires.

⁹ "Strategic Analysis of Global Hybrid and Electric Heavy-Duty Transit Bus Market", Frost & Sullivan, Sept. 2013.

Batteries électriques

La technologie des batteries électriques progresse très rapidement. Les véhicules examinés aujourd'hui offrent une autonomie maximale de 250 km sur une seule recharge. Plusieurs fabricants de batteries, incluant Bosch (MARCON, 2016) et BYD (Wang Chuanfu, 2016), prévoient que la capacité de leurs batteries en cours de développement doublera dans les 18 à 48 mois. Certains vont jusqu'à affirmer que cela se fera sans augmentation des prix des batteries et d'autres disent que ces prix baisseront en raison des effets de courbe d'apprentissage et d'économies d'échelle. Bloomberg New Energy Finance (2015) prédit que le coût des batteries passera de 350 \$ US/kWh à moins de 120 \$ (en moyenne) d'ici 2030, alors que l'une des sommités internationales en matière des nouvelles technologies, le professeur Tony Seba de l'Université Stanford, prédit qu'à la même date, les prix seront sous la barre du USD 50 \$/kWh, comme le montre la figure suivante.



Figure 3.3 Coût des batteries au Lithium-Ion, 2010-2030¹⁰

Systèmes de recharge

Les systèmes de recharge pour autobus d'une autonomie de 500 km seront beaucoup moins complexes et coûteux. S'ils pouvaient offrir une recharge complète en quatre (4) heures, aucun système ne serait requis sur le parcours du SRB.

¹⁰ Tony Seba, Clean Disruption, 2016.

Toutefois, il serait risqué de miser sur la disponibilité de ces systèmes de stockage de l'énergie lorsque le SRB Québec-Lévis en aura besoin.

Les systèmes de recharge pour autobus électriques sont commercialement disponibles et opérationnellement fiables. La Society of Automotive Engineers (SAE) et l'International Electrotechnical Commission travaillent présentement avec les fabricants internationaux pour normaliser les divers systèmes de recharge et plusieurs fabricants européens (Siemens et ABB, parmi eux) se sont engagés dans la voie de la normalisation. Les systèmes Flash (TOSA) ne sont pas visés par cette initiative.

Véhicules autonomes

BYD travaille activement sur un système avec des modules motorisés et automatisés de 12 mètres dont seul le premier requiert un chauffeur. Daimler¹¹, pour sa part, a fait la démonstration d'autobus complètement automatisés en Europe. La division des camions de Volvo est également très active dans son segment de marché, mais la division des autobus ne semble pas encore profiter de cette technologie. L'automatisation partielle des autobus permettrait de marier l'offre (en nombre de places disponibles) à la demande (l'achalandage) en cours de journée pour éviter que des autobus fassent les parcours en étant pratiquement vides en périodes hors pointe, et ceci sans l'ennui de faire des arrêts pour rompre les liens mécaniques entre les véhicules.

Ces systèmes en cours de développement risquent de ne pas avoir franchi toutes les étapes requises à leur mise en service lorsque le programme d'acquisition du SRB Québec-Lévis sera lancé.

Évolution des mentalités

L'industrie du transport collectif développe depuis longtemps des technologies innovatrices, respectueuses de l'environnement et centrées sur les besoins de ses clients. Par contre, les opérateurs nord-américains ne sont pas aussi progressistes que ceux d'Europe et d'Asie en matière de motorisation.

Ceci s'explique par les éléments suivants :

- Un marché de taille modeste, car les autobus urbains ne représentent que 5 % des ventes de véhicules lourds;
- Les fabricants se disent sous-capitalisés et s'en remettent au soutien des gouvernements pour leurs développements technologiques;
- Les opérateurs de flottes de transport collectif sont réticents à tester de nouvelles technologies en service et;

- Les opérateurs ne relèvent pas les défis d'intégration de nouvelles technologies dans leurs systèmes d'entretien et de maintenance pour des raisons réglementaires, de sécurité, de disponibilité des bâtiments et outillages, d'opération et de relations de travail.

3.3.6 Environnement technologique anticipé entre 2026 et 2041

Dans la période prévue pour l'opération de la première génération d'autobus sur le circuit du SRB Québec-Lévis, il est raisonnable de croire que les autobus électriques deviendront ceux qui seront les plus populaires sur le marché, ayant atteint une part des ventes de 37 % dès 2020 selon Frost & Sullivan¹². L'USFTA maintient un objectif de 12 000 autobus zéro-émission en service d'ici 2030.

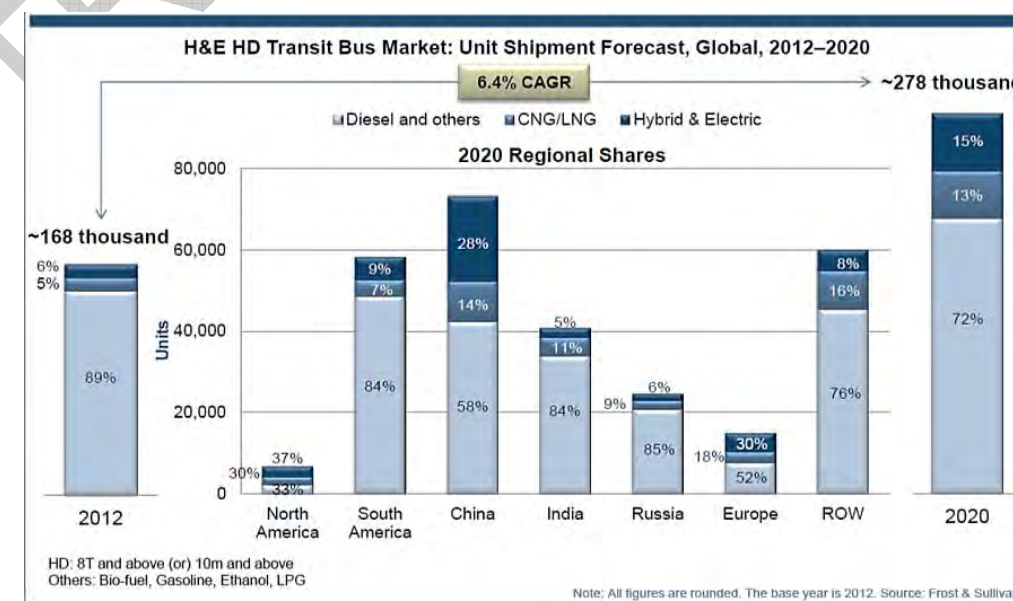


Figure 3.4 Prévisions de ventes d'autobus de transport urbain, 2020

En plus de l'électrification des véhicules, leur automatisation est inévitable pour réduire leur coût d'opération et améliorer le service à la population. Cette tendance s'inscrit dans la mouvance du marché de l'automobile en général. La disponibilité de routes dédiées aux autobus pourrait accélérer l'implantation des autobus pleinement autonomes.

Les innovations du secteur de l'électronique appliquées au transport se multiplient de façon exponentielle et contribueront à l'amélioration de l'expérience passager par le biais d'une information plus à jour et plus complète, par une meilleure synchronisation de la circulation et la réduction des temps de parcours. Elles procureront également de

¹¹ Voir <http://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/World-premiere-Daimler-Buses-presents-autonomously-driving-c.xhtml?oid=12837618>

¹² Source: Frost & Sullivan, "Strategic Analysis of Global Hybrid and Electric Heavy-Duty Transit Bus Market", Frost & Sullivan, Sept. 2013

meilleures communications aux conducteurs, assisteront la conduite et amélioreront le diagnostic des véhicules aux fins d'entretien.

Enfin, l'avènement de la Mobilité comme Service (MaaS) et le rôle que choisiront de jouer les sociétés de transport collectif dans ce nouveau modèle de transport définiront non seulement comment le service sera offert aux citoyens, mais aussi les moyens de transport qui seront favorisés.

3.4 Caractéristiques du matériel roulant

L'objectif du livrable n'est pas de sélectionner le matériel roulant qui sera effectivement acheté pour le SRB Québec-Lévis, mais bien d'en décrire les spécifications générales pour permettre la conception des infrastructures qui devront éventuellement accommoder les véhicules qui seront ultérieurement choisis par le Bureau d'étude SRB Québec-Lévis.

Ces spécifications doivent cependant reposer sur des prémisses réalistes afin de guider judicieusement la conception. Avec l'accord du Bureau d'étude SRB Québec-Lévis, l'approche retenue consiste à explorer tous les modèles d'autobus commercialement disponibles (ou sur le point de l'être) qui rencontrent les critères de sélection minimaux (voir section 5.1) afin d'en comparer les caractéristiques et d'en dériver un scénario théorique qui décrit un véhicule générique rencontrant toutes les exigences du projet. Le but n'est pas d'en arriver à un seul modèle fabriqué par un seul fabricant, bien au contraire. Cette méthode vise à établir des spécifications qui sont à la fois possibles de rencontrer pour les fabricants et conformes aux règlements existants (ou pouvant raisonnablement faire l'objet d'une dérogation) tout en procurant au SRB Québec-Lévis des performances qui répondent à leurs attentes.

En énonçant de telles spécifications, l'approche retenue écarte la possibilité qu'un véhicule soit conçu exclusivement pour les besoins du SRB Québec-Lévis à des coûts démesurés. Ainsi, elle mise sur des plateformes connues et équipées de technologies de propulsion éprouvées. Une adaptation de ces plateformes sera certes requise.

3.4.1 Le véhicule

Caractéristiques principales

Les véhicules destinés aux SRB d'Europe et d'ailleurs rencontrent déjà plusieurs des critères généraux fixés à l'Étude d'avant-projet, ce qui rend leur adaptation relativement possible pour les besoins du SRB de Québec et Lévis.

Les tableaux suivants présentent les caractéristiques principales de cinq (5) modèles provenant de quatre (4) fabricants différents et qui sont commercialement disponibles¹³. Ces caractéristiques ont été utilisées pour développer le scénario théorique puisque les fabricants pourront baser leur proposition éventuelle sur ces plateformes. Il est possible que d'autres modèles soient présentement en développement et ne soient pas présentés ici.

Le nombre de places totales possibles dans un autobus est influencé et déterminé par les critères suivants :

- Poids des batteries (en fonction de l'autonomie requise);
- Poids nominal brut du véhicule (PNBV);

¹³ Notons que l'autobus Mercedes-Benz CapaCity L de Daimler a été éliminé de la liste des véhicules potentiels parce qu'il ne rencontre pas la capacité minimale de 150 passagers (selon les normes de confort nord-américaines).

- Charges aux essieux permises;
- Nombres de places assises;
- Superficie disponible pour les places debout;
- Densité d'occupation établie pour les usagers debout.

Tableau 3.1 Dimensions intérieures

Fabricant : Modèle :	Van Hool ExquiCity	Hess BusTram	Hess BusTrain ¹⁸	BYD Super Artic	Volvo Neobus
Hauteur de plancher (m) ¹⁴	0,340	0,327	0,327	0,370	0,380
Hauteur (dégagement) intérieure (m)	2,280	2,388	2,385	2,116	2,664

Tableau 3.2 Caractéristiques de véhicules conçus pour SRB

Fabricant : Modèle ¹⁵ :	Van Hool ExquiCity	Hess BusTram	Hess BusTrain	BYD Super Artic	Volvo Neobus
Type	Double-articulé	Double-articulé	À remorque	Simple articulé	Double-articulé
Longueur approximative (m)	24,0	24,7	23,0	23,0	27,0
Nombre de wagons	3	3	2	2	3
Nombre de places assises ¹⁶	52	65	57	41	53
Nombre de places totales ¹⁷	150	180	180	150	150
Nombre d'essieux	4	4	4	3	4

Au moment des appels d'offres, une attention particulière doit être portée à la hauteur de plancher et à la garde au sol, ceux-ci pouvant varier en fonction du type de pneus utilisés ou des ajustements possibles à la suspension.

Tableau 3.3 Dimensions extérieures

Fabricant : Modèle :	Van Hool ExquiCity	Hess BusTram	Hess BusTrain ¹⁸	BYD Super Artic	Volvo Neobus
Longueur (m)	23,820	24,700		22,994	27,145
Longueur avant	10,300	10,460	(n.d.)	11,497	11,450
Longueur milieu	6,710	7,400	(n.d.)		6,990
Longueur arrière	6,810	6,845	(n.d.)	11,497	8,705
Largeur, sans miroir (m)	2,550	2,550	(n.d.)	2,550	2,600
Largeur, avec miroirs (m)	2,900	2,650 ¹⁹	(n.d.)	2,950	3,050
Hauteur du toit total (m)	3,400	3,340	(n.d.)	3,525	3,600
Garde au sol minimum ²⁰	0,200 sous carrosserie	n/d	(n.d.)	0,221	n/d
Largeur de la porte					
Porte 1 (avant)	1,200	900	(n.d.)	1,035	1,000
Porte 2	1,200	1,200	(n.d.)	1,035	1,000
Porte 3	1,200	1,200	(n.d.)	1,035	1,000
Porte 4	1,200	1,200	(n.d.)	1,035	1,000
Porte 5	-	1,200	(n.d.)	-	-
Surplomb avant (m)	1,900	2,700	(n.d.)	2,743	2,990
Surplomb arrière (m)	1,900	1,600	(n.d.)	3,649	3,705

Le poids à vide (PV) des véhicules sélectionnés pour le SRB ne pourra être déterminé qu'une fois les propositions des manufacturiers reçues. Plusieurs facteurs affectent ce dernier, notamment le type de motorisation retenu et son autonomie qui est largement tributaire du type et nombre de batteries embarquées. D'autres facteurs dont la présence de systèmes de chauffe et de climatisation ainsi que le choix des sièges influent sur le poids.

La capacité en nombre de passagers dépend des composantes sélectionnées et des calculs effectués en accord avec les réglementations canadienne et québécoise.

¹⁴ Selon APTA, la hauteur maximale de plancher est 0,394 m et varie en fonction du type de pneus utilisé.
¹⁵ Les dimensions externes des véhicules de référence seront difficiles à modifier substantiellement pour ces véhicules.
¹⁶ Le nombre de sièges et les places pour personnes handicapées peuvent être modifiés pour répondre aux besoins du SRB de Québec et Lévis.
¹⁷ La capacité annoncée par le fabricant est sujette à changement selon le poids, la réglementation en vigueur et en fonction de la densité utilisée pour les usagers debout.

¹⁸ Ce véhicule est en voie d'être redessiné (en 2016) et les nouvelles spécifications ne sont pas encore disponibles.
¹⁹ Avec caméras.
²⁰ La garde au sol minimale recommandée par l'APTA est de .254 m

Tableau 3.4 Poids des véhicules

Fabricant : Modèle :	Van Hool ExquiCity	Hess BusTram	Hess ²¹ BusTrain	BYD Super Artic	Volvo Neobus
Poids à vide (kg)	25 400 (double traction)	24 300	(n.d.)	-	24 750
Poids nominal brut du véhicule (PNBV) (kg)	36 500	39 500	(n.d.)	-	-
Poids nominal brut sur l'essieu total (PNBE)	40 490	39 825	(n.d.)	44 550 est	42 000
Essieu 1 (pilotage) ²²	7 245	7,700	(n.d.)	6 750 est	7 500
Essieu 2	13 000	11,500	(n.d.)	12 600 est	11 500
Essieu 3	13 000	12,000	(n.d.)	12 600 est	11 500
Essieu 4	7 245	8,625	(n.d.)	12 600 est	11 500

Une revue sommaire du « Règlement sur les normes de charges et de dimensions applicables aux véhicules routiers et aux ensembles de véhicules routiers » (Gouvernement du Québec, Ministère des Transports, 2013) indique que certains autobus à double articulation pourraient ne pas satisfaire toutes les normes pour les classes de véhicules standards, pour l'instant. Quelques pneus offerts en équipement de base sur les autobus européens (dimension : 275/70R22.5) pourraient également poser problème pour le poids nominal.

Tableau 3.5 Angles et rayons d'opération²³

Fabricant : Modèle :	Van Hool ExquiCity	Hess BusTram	Hess ²⁴ BusTrain	BYD Super Artic	Volvo Neobus
Angle d'approche (degrés)	7°7'	7 °	7 °	7°20' est	6 °
Angle de départ (degrés)	7°7'	7 °	13 °	7 ° est	7°7'
Rayon de braquage (m)	12,400	11,886	10,679		13,743

Performances requises

L'accélération et la décélération par le système de régénération d'énergie provenant des moteurs électriques peuvent être programmées selon les préférences des opérateurs à bord des autobus hybrides et électriques. En effet, les deux

(2) types d'autobus sont munis de moteurs électriques qui peuvent fournir une accélération/décélération excessive s'ils ne sont pas contrôlés par un logiciel conçu à cet effet.

Les manufacturiers offrent à leurs clients un choix de réglages qui assurent le confort des passagers et tiennent compte de la topographie du trajet auquel les autobus sont affectés. Les réglages sont généralement effectués par le fournisseur du système d'entraînement en collaboration avec le manufacturier. Les performances typiques sont montrées au tableau suivant.

Il faut noter que le réglage de la décélération doit être ajusté pour tenir compte des conditions de conduite hivernale. Un réglage trop agressif risque de faire dérapier les autobus lorsqu'ils circulent sur un pavé glacé ou enneigé.

Tableau 3.6 Décélération/Accélération

Fabricant : Modèle :	Van Hool ExquiCity	Hess ²⁴ BusTram	Hess ²⁴ BusTrain	BYD Super Artic	Volvo Neobus
Décélération (m/s ² et force)					
■ Normal :	1,30	(n.d.)	(n.d.)	(n.d.)	(n.d.)
■ D'urgence (maximale) :	5,00 (avec freins)	(n.d.)	(n.d.)	2,00 ²⁵	(n.d.)
Accélération (m/s ² et force)					
■ Minimum	(n.d.)	(n.d.)	(n.d.)	0,78	(n.d.)
■ Normal :	0,70	(n.d.)	(n.d.)	0,98	(n.d.)
■ D'urgence (maximale) :	1,20	(n.d.)	(n.d.)	1,96	(n.d.)

Autres caractéristiques souhaitables

Les systèmes de transport intelligents (STI) sont composés de produits d'avant-garde et d'applications qui deviennent de plus en plus communs dans les nouveaux autobus de transport collectif, et particulièrement dans les SRB. L'opérateur choisit ceux qui lui conviennent parmi ceux qui sont disponibles et peut se les procurer chez plusieurs fournisseurs.

- Esthétique des véhicules :
 - Certaines caractéristiques de l'apparence de la carrosserie visibles doivent être ajustées en fonction de l'image de marque requise par le client et des conditions hivernales de la région de Québec.

²¹ Données non disponibles du manufacturier parce que le véhicule est en voie d'être redessiné

²² Un groupe de travail du MTMDT a récemment recommandé l'adoption d'une charge maximale par essieu de 13 500 kg par essieu pour les autobus de transport collectif.

²³ Selon les lignes directrices de l'APTA pour l'Amérique du Nord, les angles d'approche/départ ne devraient pas excéder 8,5° à 9,0°.

²⁴ Données non disponibles du manufacturier qui affirment que les résultats dépendent des spécifications de l'opérateur.

²⁵ Norme de régénération maximale d'APTA

- Caméras de sécurité :
 - o Les caméras intérieures et/ou extérieures permettent de surveiller le comportement des passagers et/ou les incidents de circulation. Un système de stockage des données à bord de l'autobus enregistre les données qui peuvent être subséquemment accessibles manuellement ou par Wi-Fi. Certaines lois et conventions collectives limitent leur usage.
- Système d'alarme dissimulé :
 - o Opéré par le conducteur, ce système peut opérer de plusieurs façons. Un signal radio peut être transmis à une centrale pour signaler un incident sérieux à bord. Un signal audio ou vidéo peut être transmis aux autorités qui peuvent suivre le déroulement d'activités suspectes. Des feux extérieurs peuvent être installés afin de signaler un appel à l'aide pour les policiers sans provoquer une escalade de l'incident en cours à bord de l'autobus.
- Écrans, système de son et logiciel liés au système de géolocalisation :
 - o Système de localisation automatique des autobus;
 - o Systèmes d'information visuelle et audible pour les passagers.
- Compte-passager automatique;
- Système de collecte des tarifs;
- Système de contrôle des feux de signalisation;
- Système d'autodiagnostic et de surveillance des autobus :
 - o Suivi des performances et conditions des divers systèmes embraqués des véhicules;
 - o Enregistrement des comportements des autobus pour améliorer les habitudes de conduite.
- Système d'avertissement des passagers :
 - o Alerte les piétons lorsque l'autobus entreprend un virage.
- Systèmes d'aide à la conduite et à l'accostage.

Motorisation et système de traction

L'objectif de cette section est d'identifier les divers types de motorisation possibles pour le matériel roulant pouvant être utilisé par le SRB Québec-Lévis afin d'en déterminer le mode d'alimentation et les distances d'autonomie. Les options de motorisation sont limitées aux technologies éprouvées pouvant répondre de façon robuste aux conditions d'exploitation du SRB Québec-Lévis à haut niveau de service et tenir compte des conditions physiques et climatiques de la région de Québec.

Deux (2) types de motorisation existent : les autobus hybrides et les autobus électriques sans fil.

Hybride en série

Les modèles les plus récents d'autobus hybrides sont équipés de moteurs à combustion interne alimentés au carburant diesel ou par gaz naturel comprimé (GNC) qui agissent comme génératrices embarquées pour recharger les batteries ou comme source d'électricité pour alimenter les moteurs électriques qui fournissent la force motrice aux roues. Les fabricants européens offrent généralement ce type de motorisation (p. ex. : Siemens, BAE, etc.).

Lorsqu'ils freinent, les moteurs agissent à leur tour comme génératrices et acheminent l'énergie cinétique récupérée et transformée aux batteries où elle est emmagasinée.

Les autres composantes principales de ce système sont les convertisseurs de courant CC/CA/CC qui permettent d'alimenter les moteurs en courant alternatif à partir des batteries à courant continu et vice-versa en mode de régénération. Le courant alternatif sert également à alimenter certaines autres composantes telles que le système de climatisation et de chauffage.

Hybride en parallèle

Les systèmes parallèles disponibles de fabricants nord-américains (par ex. : Allison) sont aussi équipés de batteries et de moteurs électriques, mais le moteur à combustion interne est mécaniquement lié aux roues par la voie d'une transmission hybride et sert donc à la propulsion en plus d'agir comme génératrice d'électricité. Cette technologie est complexe et potentiellement peu efficace.

Les moteurs alimentés au carburant diesel sont les plus communs dans les autobus hybrides, mais certains fabricants utilisent le GNC pour réduire davantage leur empreinte écologique et leurs frais d'exploitation. Certains inconvénients sont associés à l'utilisation du GNC, notamment le poids additionnel des réservoirs de GNC à bord des autobus et le coût de la station de remplissage. Cette dernière peut cependant être fournie par un fournisseur d'énergie qui offre un service complet : gaz, station, entretien et même opération.

Le but principal des systèmes hybrides est de récupérer l'énergie de freinage et de la stocker temporairement afin de la réutiliser pour la propulsion, particulièrement à l'accélération. Dans ces véhicules, les batteries permettent aussi l'opération en mode électrique sur une courte distance (p. ex. : dans les tunnels). Les systèmes hybrides peuvent théoriquement réduire la consommation de carburant diesel de 30 % si les autobus sont opérés dans un mode optimal d'arrêts et de redémarrages fréquents. En pratique, nous ne connaissons aucun réseau de transport qui a utilisé des autobus hybrides ayant atteint de telles performances de façon routinière.

Autobus tout électriques

Les autobus entièrement électriques utilisent une technologie éprouvée (les moteurs électriques) jumelée à divers types de batteries dont les compositions chimiques varient. La plupart des manufacturiers de classe mondiale offrent au moins un modèle d'autobus tout électrique.

Dans ces véhicules, le courant continu (CC) contenu dans la batterie est transformé en courant alternatif (CA) pour utilisation par le moteur qui est très efficace (peu de pertes thermiques), qui requiert beaucoup moins d'entretien que les moteurs à combustion interne et qui a une durée de vie plus longue que ces derniers.

Le ratio énergie/poids des systèmes de stockage de l'énergie (SSE) est déjà très élevé dans les systèmes existants et s'améliore sans cesse alors que les prix baissent rapidement. La fiabilité de ces SSE est aussi excellente et leurs garanties de performance atteignent déjà 12 ans (ex. BYD et New Flyer), avec un pronostic qu'elles atteindront la vie utile des véhicules dans les prochaines années.

Les autobus électriques contiennent une grande partie de composantes identiques à celles des trolleybus et des autobus hybrides dont la fiabilité est démontrée (p. ex. : servodirection, compresseur à l'air, système de chauffe et climatisation, etc.). Plusieurs essais récents au Canada et ailleurs en Amérique du Nord ont démontré la fiabilité de ces autobus en climat nordique dont le plus récent a été fait à Edmonton à l'hiver 2016²⁶.

Les coûts de cycle de vie des autobus peuvent se rapprocher de ceux des autobus conventionnels au diesel dans certaines applications parce que malgré des coûts d'acquisition et d'infrastructure plus élevés, les opérateurs réalisent des économies substantielles sur les coûts d'exploitation (en énergie et en entretien).

Transmission

- Les autobus hybrides et électriques utilisent tous deux des moteurs électriques pour la propulsion. Ces moteurs sont de type moteur-roue ou sont couplés à un ou plusieurs boîtiers de différentiel. Les moteurs-roues présentent deux (2) avantages; ils peuvent procurer une traction additionnelle aux roues, ce qui est très utile sur des surfaces glissantes, et ils sont plus légers.
- Les autobus hybrides requièrent naturellement des composantes de système électrique et celles-ci sont fréquemment utilisées pour alléger la tâche du moteur à combustion interne et procurer de l'énergie aux autres composantes électriques du véhicule.
- Un logiciel complexe de gestion de la puissance est utilisé dans les deux (2) types d'autobus pour le courant CA en CC, pour régénérer l'énergie inertielle de freinage et pour assurer la sécurité du système à haut voltage.

Espérance de vie

- L'espérance de vie des autobus hybrides et entièrement électriques est semblable puisque les deux (2) types de véhicules partagent plusieurs composantes (châssis, roues, etc.).
- Les besoins d'entretien des autobus hybrides sont supérieurs à ceux des autobus électriques en raison du dédoublement de systèmes d'alimentation, avec l'ajout de composantes embarquées reliées aux systèmes d'alimentation en carburant (réservoir, canalisations, dispositifs d'arrêt et fixation, jauges, raccords, etc.) et d'échappement (catalyseur, collecteurs, raccords, résonateur, silencieux, systèmes d'échappement proprement dit, etc.), requérant du personnel spécialisé additionnel, des locaux additionnels pour les pièces de rechange et l'équipement de travail requis.
- Les deux (2) types d'autobus exigent chacun un système de stockage d'énergie de même durée de vie, s'ils sont à base de la même chimie de batteries. Malgré cela, les garanties de batteries sur les hybrides atteignent rarement celles des batteries d'autobus électriques qui peuvent aller jusqu'à 12 ans.

Approbations des agences réglementaires

- À l'exception du moteur à combustion interne d'un hybride qui doit satisfaire les normes EPA, il n'existe aucune contrainte réglementaire additionnelle pour les autobus électriques ou hybrides qui doivent se plier à toutes les exigences fédérales, provinciales et locales. En ce sens, une attention particulière doit être portée aux véhicules fabriqués à l'extérieur de l'Amérique du Nord où les normes sont légèrement différentes. Enfin, une formation additionnelle doit être prévue pour le personnel d'entretien, car les systèmes électriques de ces véhicules sont plus complexes que ceux des véhicules conventionnels actuellement en usage et des procédures doivent être mises en place en présence de haut voltage.

Automatisation

Conduite générale

Les autobus entièrement automatisés sont à l'essai en Europe et en service en Asie. Daimler et BYD ne sont que deux (2) des manufacturiers qui y travaillent présentement. Il est impossible de prévoir quand ces véhicules seront commercialement disponibles et autorisés à circuler au Canada et au Québec.

Approche des terminaux et des stations

Aucun des manufacturiers consultés n'offre spécifiquement l'automatisation de l'approche des terminaux et des stations pour leurs autobus à ce jour. Bien que des appareils électroniques pourraient aider les conducteurs à se localiser par rapport au quai et au pantographe, le coût et la complexité de ce type d'appareil risquent d'être supérieurs à une simple

²⁶ "Electric Bus Feasibility Study", MARCON & ETS, June 2016.

formation des chauffeurs. Précisons que certains pantographes embarqués sont effectivement dotés d'un système de guidage qui soulage l'exigence de précision requise du conducteur lorsqu'il se présente à un poste de recharge.

Par ailleurs, les conducteurs professionnels peuvent généralement manœuvrer l'approche des quais adéquatement à l'aide de simples guides ou indications. Certains appareils simples sont aussi disponibles; par exemple, les bordures d'aide à l'accostage sont communément utilisées, peu coûteuses et fiables.

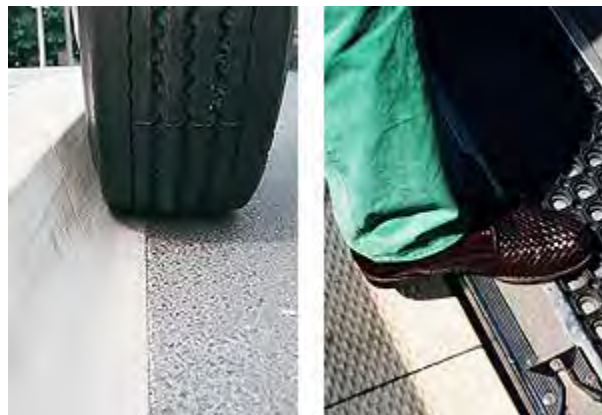


Photo 3.2 Bordures d'aide à l'accostage

Contrôle des portes

Plusieurs options de contrôle des portes pour passagers existent sur le marché. Trois (3) types existent : contrôlées par le conducteur (le plus commun), par les usagers (en partie ou en tout) ou totalement automatisées.

Autres composantes contrôlées électroniquement :

- Contrôle de l'éclairage intérieur et extérieur;
- Indicateurs et annonces d'arrêt, incluant les requêtes d'arrêt des passagers;
- Alarme du frein de sécurité relié au siège du conducteur;
- Contrôles d'agenouillage et d'action des rampes;
- Système d'alarme secret du conducteur.

Sommaire des avantages et inconvénients

Chaque technologie comporte des avantages et des inconvénients. Les principaux aspects sont décrits dans le tableau qui suit, mais généralement, les autobus hybrides sont connus comme une « technologie de transition ». Ils offrent les quelques avantages de l'autobus électrique, mais conservent plusieurs inconvénients des autobus conventionnels au carburant fossile. Pour leur part, les équipes d'entretien ne connaissent pas bien les autobus électriques et, tout naturellement, les craignent. Toutefois, selon notre connaissance du domaine, les autobus électriques gagnent en

fiabilité, évoluent rapidement et sont économiques à l'usage dans certaines conditions d'opération. Les tableaux suivants illustrent plus en détail les avantages et les inconvénients des carrosseries et des modes de propulsion à l'étude.

Tableau 3.7 Avantages et inconvénients des carrosseries à l'étude

Carrosserie	Avantages	Inconvénients
Super-articulés	Un seul joint mécanique complexe	Rayon de braquage plus grand
Autobus-trains (remorque autonome ou non)	Flexibilité d'opération	Rareté Les versions autonomes sont peu expérimentées et requièrent une motorisation additionnelle
Double articulé	Grande capacité Technologie éprouvée en Europe	Deux (2) joints mécaniques complexes Pas de références en climat nordique

Tableau 3.9 Avantages et inconvénients des modes de propulsion à l'étude

Propulsion	Avantages	Inconvénients
Propulsion hybride	Fiable et éprouvée	Plus complexe et coûteuse à entretenir que les autobus conventionnels et électriques Coûts des CEE plus élevés
Propulsion électrique	Fiable et économique à l'opération Totalement verts Éprouvé en climat nordique (Winnipeg, Edmonton et Laval) Technologie de batteries en évolution rapide (capacité↑, poids↓, coût↓)	Capacité des batteries encore restreinte Infrastructure de recharge onéreuse

Risques et considérations diverses

Aucun des manufacturiers identifiés ne possède « exactement » le véhicule *parfait* pour le SRB Québec-Lévis. Un certain degré d'adaptation est requis, quel que soit le fournisseur retenu. Une collaboration étroite doit donc être établie avec le manufacturier retenu pour mener ce projet à bon port, particulièrement au chapitre des approbations des régulateurs. Voici donc quelques aspects dont le Bureau d'étude SRB Québec-Lévis doit tenir compte :

Agences réglementaires

- La réglementation fédérale sur la sécurité des véhicules automobiles doit être respectée (Gouvernement du Canada, Transport Canada, 2016).

- Le respect du « Règlement sur les normes de charges et de dimensions applicables aux véhicules routiers et aux ensembles de véhicules routiers » (Gouvernement du Québec, Légis Québec, 2016) est critique et certaines exceptions peuvent probablement être permises pour l'opération d'un SRB.
- Si un véhicule hybride est retenu, la loi fédérale ne permet aucune déviation au point de vue de la protection de l'environnement. (Gouvernement du Canada, Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) [LCPE (1999)], 2014)
- L'équipement électrique doit rencontrer les normes CSA (Canadian Standards Association), particulièrement les normes D435-02 sur l'accessibilité des autobus urbains et Z605-03 (Mobility Aid Securement and Occupant Restraint Systems for Motor Vehicles).

Exploitation

Si un autobus fabriqué à l'extérieur de l'Amérique du Nord est choisi, les caractéristiques de sécurité pourraient différer de celles normalement utilisées au Québec et au Canada. Une attention particulière doit être portée à la programmation des systèmes de contrôle intégrés (« PLC ») qui déterminent comment les divers sous-systèmes de l'autobus interagissent.

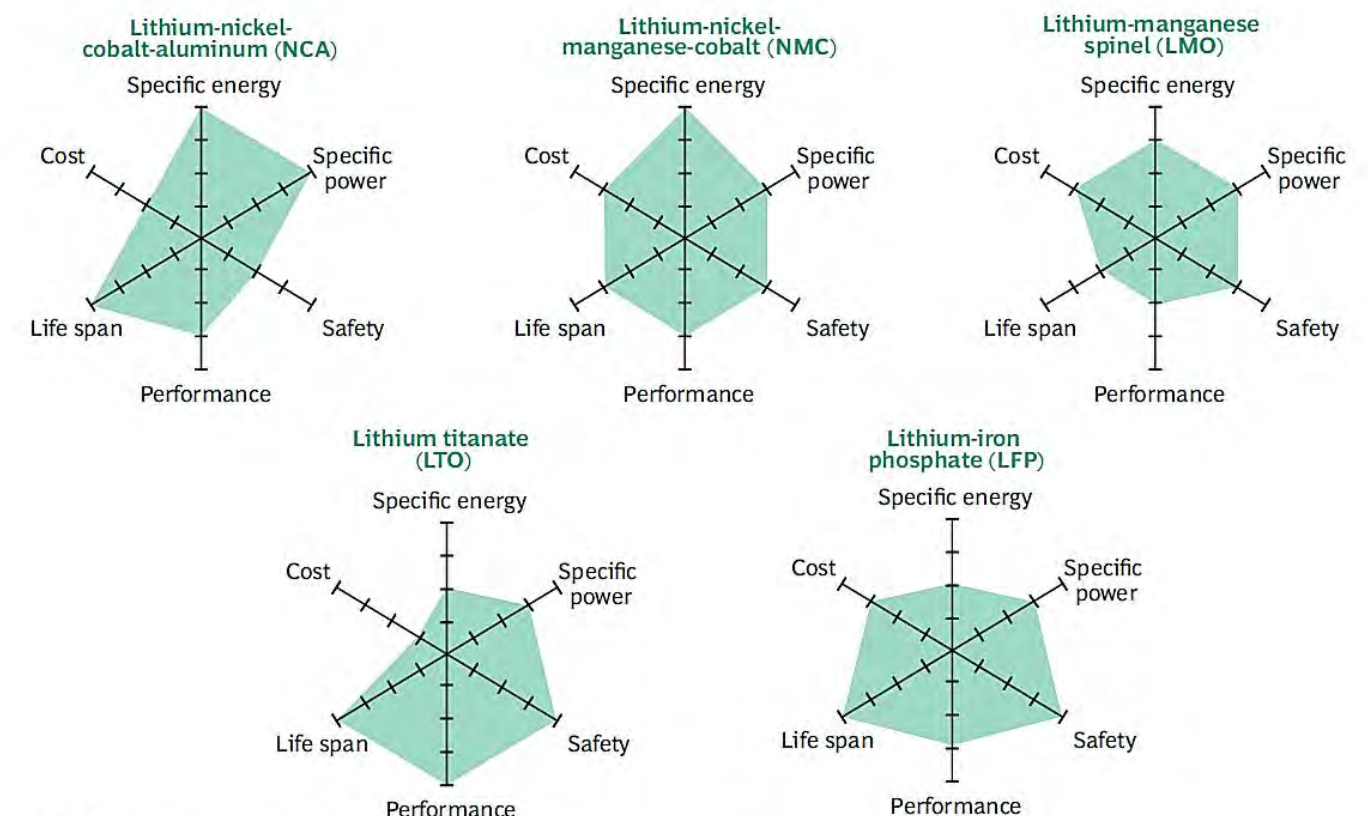
3.4.2 Systèmes de stockage de l'énergie

Les systèmes de stockage de l'énergie comprennent non seulement les batteries, mais également le système de régénération de l'énergie et de gestion de la puissance. Ces dernières composantes varient d'un fabricant à l'autre en fonction du type de batteries choisies, mais remplissent fondamentalement les mêmes fonctions, soit optimiser l'utilisation de l'énergie et la protection des batteries lors des recharges.

Les batteries à base de lithium sont de loin les plus populaires sur le marché présentement et le seront pour l'avenir prévisible, particulièrement dans les applications liées au transport à cause du ratio densité d'énergie/poids de cette technologie.

La chimie des batteries choisies par les manufacturiers d'autobus dépend en grande partie du cycle d'utilisation prévu pour les autobus. Un exemple serait les autobus de pointe qui ne parcourent qu'une faible distance quotidienne et qui utiliseraient des batteries qui leur procureront jusqu'à 250 km d'autonomie sur une seule recharge complète. La chimie LFP (Lithium Fer Phosphate) se prête bien à cette utilisation. Les autobus qui doivent parcourir de plus longues distances chaque jour ne peuvent être limités à 250 km d'autonomie. Les batteries pouvant être rechargées plus rapidement, comme celles qui utilisent le LTO (Lithium Meta titanate) ou du NMC (Lithium Nickel Manganèse Cobalt), sont souvent préférées pour des cycles d'utilisation plus longs parce qu'elles peuvent être rechargées très rapidement.

Plusieurs compositions chimiques à base de lithium font leur apparition sur le marché et chacune d'entre elles présente un compromis entre plusieurs facteurs. La figure suivante décrit les avantages relatifs de chaque chimie de batteries sur la base de six (6) facteurs.



Source: BCG research.

Note: The farther the colored shape extends along a given axis, the better the performance along that dimension.

Figure 3.5 Avantages comparatifs de diverses chimies de batteries à base de Lithium²⁷

Une très grande portion de l'énergie dépensée par un véhicule sert à vaincre l'inertie lors de l'accélération. Cette accélération est généralement de brève durée. Il est possible de bonifier la performance des batteries par l'utilisation de supercondensateurs (« ultra, supra ou super-capacitors » en anglais) qui offrent certains avantages à cet égard. Ils sont relativement légers et peuvent emmagasiner et fournir des quantités importantes d'énergie dans un temps très court. Leur coût demeure cependant élevé.

²⁷ CARB Technology Assessment : Medium and Heavy Duty Battery Electric Trucks and Buses, October 2015

Le cycle d'utilisation et le mode de recharge dictent donc le type de système de stockage qui convient le mieux à bord de l'autobus retenu, ce qui influence la sélection du système de recharge préconisé. D'autres facteurs doivent également être pris en considération.

3.4.3 Systèmes de recharge des batteries

Le but de cette section est d'identifier et préciser les systèmes requis pour exploiter le SRB à court ou moyen terme selon les modes d'électrification des véhicules décrits au chapitre précédent.

Performances

Le type et la quantité de batteries à bord des véhicules déterminent l'autonomie des autobus, le type de recharge requis et la quantité de postes de recharge nécessaire sur les parcours visés. Toutefois, la quantité et le type de batteries à bord ont une incidence directe sur le poids du véhicule et donc, sur sa capacité en termes de passagers et son autonomie.

Tous ces facteurs doivent être pris en considération dans la sélection du matériel roulant, de sa motorisation et des postes de recharge. Ce choix est également conditionné par le coût associé aux diverses combinaisons de véhicules, batteries et postes de recharge.

Stratégie de recharge

Parmi les trois (3) options disponibles sur le marché, la première peut être écartée d'emblée en raison de la distance à parcourir chaque jour par chaque véhicule. En effet, l'autonomie des meilleures batteries sur le marché est d'environ 250 km. Le segment de trajet le plus long a 30 km et, étant donné le temps de parcours le plus long prévu (66 minutes plus une pause de 6 minutes), la distance totale requise de chaque autobus est plus du double de cette capacité. Cette situation écarte la possibilité d'une seule recharge lente quotidienne d'emblée, mais n'exclut pas son utilisation combinée à un autre type de recharge.

Il existe trois (3) types de stratégies de recharge de batteries, à savoir :

- Recharge lente;
- Recharge rapide;
- Recharge ultrarapide (flash et supercondensateurs)

3.4.4 Recharge lente

Les systèmes de recharge lente sont généralement utilisés au dépôt ou au garage et mettent jusqu'à cinq (5) heures pour recharger les batteries d'autobus à une puissance de 60 à 80 kW. Le temps de charge dépend naturellement de la capacité de la batterie et de son état de charge (« state of charge » ou SoC) au début du processus.

L'équipement requis au garage varie d'un fabricant à l'autre, mais est généralement simple et peu coûteux. La SAE et l'IEC s'affairent présentement au développement de normes communes.



Photo 3.3 Station de recharge de BYD

L'unique utilisation de cette stratégie de recharge peut être écartée d'emblée en raison de la distance à parcourir chaque jour par chaque véhicule. En effet, l'autonomie des meilleures batteries sur le marché est d'environ 250 km; l'autonomie totale requise par chaque autobus sera plus du double de cette capacité. Cette situation écarte donc la possibilité d'une seule recharge lente quotidienne d'emblée, mais n'exclut pas son utilisation combinée à d'autres stratégies de recharge.

3.4.5 Recharge rapide

Les postes de recharge rapide sont typiquement localisés en bout de ligne pour des arrêts de 5 à 15 minutes ou dans certaines stations où les autobus s'attardent brièvement (5-6 minutes).

La plupart des fournisseurs de systèmes de recharge rapide utilisent des pantographes à contact, mais d'autres mécanismes sont également disponibles, notamment les systèmes par induction.

Pantographes : il existe deux (2) types de pantographes communs, soit ceux dont les plaques de contact sont fixes, ceci permettant à un mécanisme mobile situé sur le toit de l'autobus de venir s'y coller, et ceux dont le mécanisme mobile est attaché au pantographe et permet d'abaisser les contacteurs pour qu'ils touchent ceux au toit de l'autobus.

Les puissances de charge de ces appareils varient entre 200 et 450 kW.



Photo 3.4 Illustration de deux types de pantographes – Fixe et mobile (ou inversé)

Les systèmes de recharge par induction fonctionnent sans contact. Ici, les autobus qui se positionnent pour recharger s'abaissent vers le sol, restent en place ou se garent au-dessus d'une plaque d'induction mobile qui se rétracte sous le niveau du pavé après la recharge. Il est aussi possible d'avoir une plaque d'induction mobile montée sous l'autobus pour assumer les mêmes fonctions. Des capteurs guident le positionnement de l'autobus et communiquent l'ordre de charger à l'appareil. La puissance de charge de ces systèmes est typiquement de 200 kW. La figure suivante illustre l'équipement à bord de l'autobus ainsi que sous le pavé.

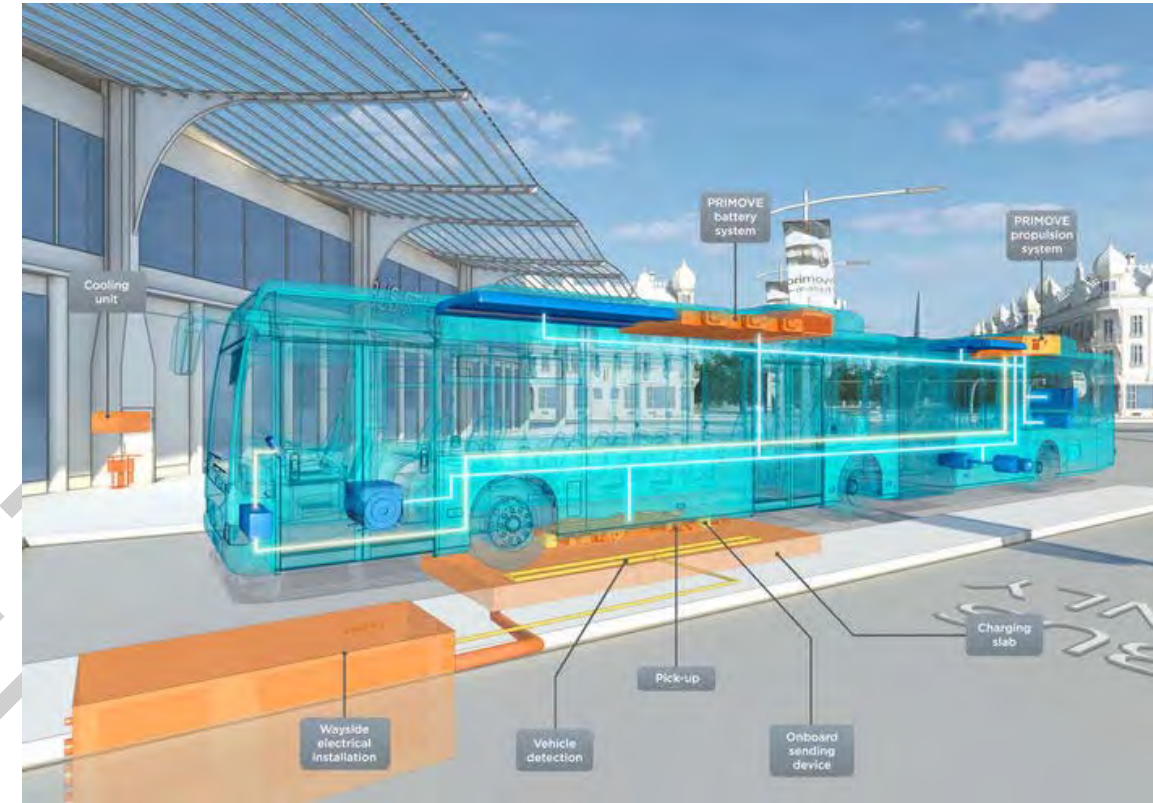


Figure 3.6 Chargeur par induction de Bombardier (Primove)

Plusieurs fabricants se penchent sur le développement de cette option technologique dont notamment ABB, Siemens, Heliox et Schunk. Bombardier, pour sa part, l'offre déjà sous la marque Primove, l'ayant développé pour les applications sur rail.

Toutefois, ce type de recharge peut influencer à la hausse le nombre de véhicules requis à cause du temps de recharge nécessaire en terminus.

3.4.6 Recharge ultrarapide (Flash)

La recharge ultrarapide se fait à des stations prédéterminées, en quelques secondes, pendant que les passagers montent à bord des autobus. L'énergie stockée dans une batterie au LTO ou au NMC de la station passe à la batterie de même chimie de l'autobus en quelques secondes. La batterie de la station est alors rechargée à même l'électricité du réseau électrique. Ce type de recharge est fait en « temps masqué » si le temps d'arrêt en station requis pour la recharge est inférieur au temps d'arrêt requis pour l'embarquement et le débarquement des passagers.

La recharge se fait à une puissance de 600 kW pendant 15 à 20 secondes grâce à un système au toit automatisé qui se branche avec contact à un pantographe fixe grâce à un bras automatisé situé au toit de l'autobus.

La recharge Flash est généralement utilisée en conjonction avec la recharge rapide en terminal et/ou au garage où les autobus s'arrêtent quelques minutes. Dans ces cas, la puissance installée aux terminus peut atteindre 400 kW. La stratégie de recharge utilisée dans ces cas consiste à mettre la plus petite quantité de batteries à bord (pour minimiser le poids embarqué) et à procurer une recharge ultrarapide à certaines stations de façon à conserver une marge de sécurité tout en assurant que le véhicule peut faire tout le trajet sans difficulté sans devoir s'arrêter trop longtemps au terminal pour combler le déficit acquis en cours de trajet. Les ingénieurs de ABB suggèrent que la marge de sécurité soit de 50 % pour assurer une vie utile de la batterie d'au moins dix ans²⁸.

L'exemple suivant décrit le statut de la charge des batteries d'un autobus qui parcourt un trajet fictif en utilisant une recharge Flash occasionnelle et une recharge rapide en terminal. Dans cet exemple, la capacité des batteries n'est que de 35 kWh et six (6) stations du trajet espacées d'environ 1,25 km sont équipées de bornes de recharge ultrarapides.

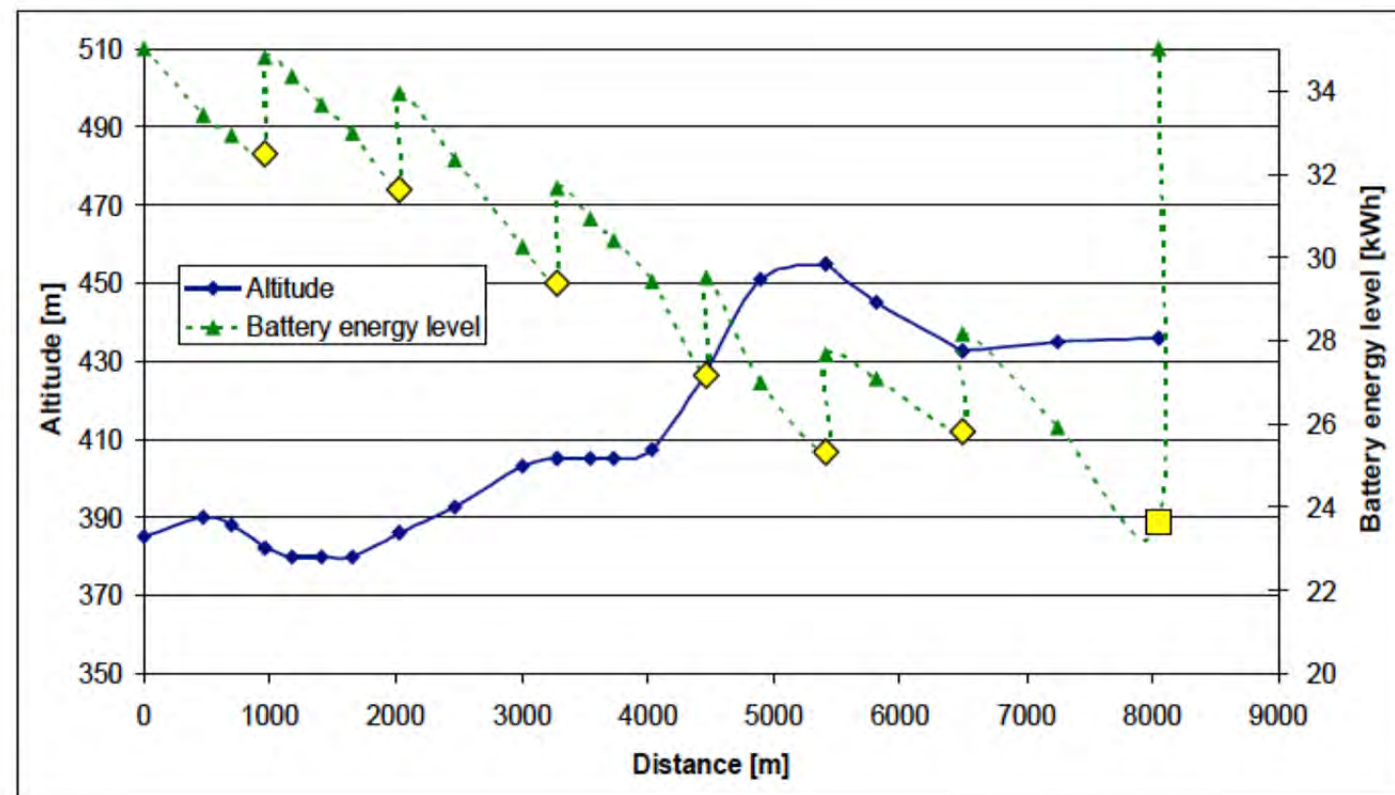


Figure 3.7 Statut de la charge des batteries avec recharges Flash sur un trajet fictif²⁹

Si les bornes de recharge flash sont plus espacées, la batterie doit être plus importante pour compenser là où le temps de recharge aux terminaux est plus long. Plusieurs calculs doivent donc être effectués pour optimiser le système en tenant compte du coût des batteries et des stations de recharge dans l'algorithme de calcul.

ABB est le seul fournisseur de la technologie Flash identifiée avec un produit commercialisé sous la marque TOSA. Le système TOSA offre plusieurs avantages comparatifs aux systèmes à recharge rapide ou lente; les temps d'arrêt sont considérablement plus courts résultant en économie des frais de main-d'œuvre (chauffeurs) et en un nombre plus restreint de véhicules en service. Les stations de recharge Flash occasionnent bien entendu des coûts d'infrastructures, mais leur modularité permet de les situer à plusieurs endroits qui permettent l'optimisation des trajets et, dans certaines circonstances, la réduction des coûts d'immobilisation (terrains et infrastructures civiles). Pour le SRB Québec-Lévis présentant quatre (4) trajets avec des profils d'exploitation différents, un système TOSA permet l'utilisation d'autobus identiques sur tous les parcours. Les coûts globaux du SRB peuvent également être minimisés en augmentant ou en diminuant la taille des systèmes de stockage d'énergie à bord des autobus en fonction du nombre (à la hausse ou à la baisse) de stations de recharge. Un exercice complexe d'optimisation doit cependant être effectué pour optimiser le système.

L'illustration qui suit démontre à quel point les postes de recharge sont compacts.



Figure 3.8 Illustration d'une station de recharge TOSA

²⁸ Daniel Simounet, ABB, 30 août 2016.

²⁹ ABB, 2016.

3.4.7 Recharge ultrarapide par supercondensateurs

Les supercondensateurs (aussi appelés supracondensateurs ou ultracondensateurs) sont des condensateurs de technique particulière permettant d'obtenir une densité de puissance et une densité d'énergie intermédiaire entre les batteries et les condensateurs électrolytiques classiques. Les supercondensateurs offrent l'avantage qu'ils peuvent être chargés et déchargés très rapidement. Cependant, ils sont généralement plus volumineux que les batteries au lithium considérant le nombre de kilowattheures par centimètre cube qui peut être emmagasiné dans les deux (2) types d'accumulateurs. En plus de pouvoir être chargés et déchargés très rapidement, ils ont une longue vie en termes de nombre de cycles charge-décharge qu'ils peuvent effectuer (15 ans en service, selon le fabricant). Leur coût est toutefois relativement élevé.



Photo 3.5 Station de recharge PVI

PVI, un constructeur français de véhicules pour le transport de personnes et marchandises spécialisé dans les véhicules à énergie alternative, offre un système de recharge appelé *Watt System* pour recharger ses propres autobus électriques appelés Gépébus. Les Gépébus sont maintenant fabriqués sur une base d'autobus HEULIEZ GX 317 de 12 mètres (aussi connu sous le nom de Citybus, soit un châssis de Irisbus Agorat).

La recharge ultrarapide s'effectue par « biberonnage » de 48 modules de 18 condensateurs de 2,7 V chacun en 10 secondes, à chaque arrêt. Un bras vient latéralement se brancher à une fiche électrique de façon automatique, fiche installée sur un pôle appelé *totem*, qui peut être dessiné selon les normes de l'utilisateur.

Le *Watt System* et le Gépébus électrique ont été mis en service à l'aéroport de Nice en janvier 2015 pour desservir les terminaux 1, 2 et les stationnements de l'aéroport. L'autobus est opéré par Transdev qui prévoit le mettre à l'essai au

Québec sous peu. Ce projet de démonstration et d'essai est effectivement réalisé sous la supervision du *Living Lab* de Transdev, un laboratoire mondial qui réunit les exploitations de bus électriques du groupe Transdev dans le monde.

Il pourrait être qualifié d'autobus hybride en ce que son système de stockage d'énergie comprend des supercondensateurs et environ 40 kWh de batteries au lithium³⁰. Cette combinaison permet le transfert rapide d'énergie au véhicule lors des arrêts à une puissance pouvant aller jusqu'à 30 kW. À bord de l'autobus, les supercondensateurs sont utilisés pour permettre au véhicule d'accélérer à sa vitesse de croisière sans avoir recours aux batteries. La batterie au lithium agit pour sa part comme stockage de sécurité et permet au véhicule de parcourir la distance entre son CEE et le circuit où il est en service. La batterie au Li est rechargée lentement la nuit et occasionnellement par l'énergie de freinage lorsque les supercondensateurs sont pleins.

Les condensateurs de la station sont rechargés à une tension de 400 V, ce qui requiert une infrastructure minimale. Cette recharge prend entre une (1) et cinq (5) minutes suivant la distance, le nombre de bus et la fréquence de passage.

3.4.8 Sommaire des technologies de recharge

Les avantages et inconvénients de chaque technologie sont présentés au tableau suivant. Aucune contre-indication n'a été soulevée par les fabricants au niveau des conditions climatiques de la région de Québec.

³⁰ Notez que certains fabricants chinois ont eux aussi expérimenté avec cette technologie.

Tableau 3.8 Avantages et inconvénients des technologies de recharge

Technologie	Avantages	Inconvénients
Recharge lente	- Coût peu élevé - Infrastructure centralisée et simple - Fiable	- Délais requis pour la recharge - Un poste de recharge par autobus au CEE - Branchement manuel par le personnel tous les jours - Si utilisée seule : - Manque d'autonomie possible des véhicules menant à une augmentation compensatoire de la taille de flotte de véhicules
Recharge rapide en terminus par pantographe aérien	Fiable	- Délais requis pour la recharge - Espace requis - Coûts d'infrastructure - Augmentation de la flotte de véhicules pour compenser les temps d'arrêt
Recharge rapide en terminus par induction	- Très discret (souterrain), car peu ou pas d'équipement visible - Exige peu des conducteurs - Peut-être dynamique³¹	- En terminus - Recharge rapide plus lente que par pantographe - Appareillage sous les autobus susceptibles aux dommages (plaque mobile) - Pas éprouvé dans un climat nordique (abrasifs, déglacants, etc.) - Moins efficace que le contact - Augmentation de la flotte de véhicules
Recharge ultra rapide (Flash)	- Très rapide - Courte escale, les coûts de pilote réduits - Plus légers, plus de passagers	- Onéreux - Limite le choix des autobus à ceux utilisant des batteries compatibles au système de recharge
Recharge Watt	Infrastructure légère	- Nombre de bus de ce type en service très restreint, aucun articulé - Fournisseurs avec expérience limitée du transport collectif

Les caractéristiques techniques des systèmes de recharge répertoriés sont résumées au tableau suivant.

³¹ La recharge dynamique se fait en mode continu pendant que le véhicule est en mouvement.

Tableau 3.9 Caractéristiques des technologies de recharge

Technologie	Recharge lente	Recharge rapide par pantographe aérien	Recharge rapide par induction	Recharge ultrarapide ^{32, 33}
Puissance (kW)	60 – 80	200 – 600	200	600
Type de batterie associée aux bornes	LFP	LFP ou LTO	LFP ou LTO	LTO ou NMC
Taille de la batterie pour autobus à très grande capacité (kWh)	30-400	250	180	128
Tension requise à l'entrée	480 V – 3 phases (100-200 A)	400 V ³⁴	22 kVA/400 VAC	55 kVA/400 VAC
Temps de charge typique	2-5 heures	5-15 minutes	5-15 minutes	15-20 secondes
Lieu typique de la recharge	CEE	Terminus	Terminus	Station

³² Le système de recharge ultra rapide Watt n'est pas pris en considération ici parce qu'il n'est pas encore disponible pour autobus à très grande capacité

³³ La recharge ultrarapide Flash est combinée avec une recharge en terminus qui nécessite 200 KVA pendant 3 à 4 minutes.

³⁴ ABB, Siemens et Heliox développent ensemble une norme commune : Ref IEC62196 & 61851

3.5 Conclusions

En fonction des renseignements en notre possession au moment de la collecte des données et de la rédaction, nous pouvons établir les conclusions suivantes :

3.5.1 Configuration des autobus

- Peu de véhicules existants et commercialement disponibles peuvent satisfaire l'ensemble des critères de sélection décrits à la section 3.4.1.
- Tous les manufacturiers susceptibles de fabriquer un véhicule qui correspond aux exigences du projet SRB Québec-Lévis sont à l'extérieur du Canada;
- Aucun des véhicules pouvant satisfaire les exigences du SRB Québec-Lévis n'est approuvé par Transports Canada, mais il est raisonnable de croire qu'ils pourront l'être dans des délais qui satisferont les exigences du projet si l'appel d'offres se fait au moment prévu;
- L'esthétique des véhicules sera influencée par les conditions climatiques de la région de Québec;
- La revue du marché montre que Van Hool (Belgique) et Hess (Suisse) assemblent des autobus qui se rapprochent de près des critères généraux établis. Volvo (global) et BYD (Chine, Californie) ont eux aussi construit des véhicules se rapprochant des caractéristiques requises par le SRBQL et pourraient s'avérer des fournisseurs potentiels, même si les modèles de véhicules ici évalués ne correspondent pas à ces requis. Le processus d'appel d'offres pourrait également intéresser des fournisseurs asiatiques qui n'ont pas encore percé le marché nord-américain.

3.5.2 Motorisation/Propulsion

- Une motorisation tout électrique peut satisfaire les exigences de performance du SRB Québec-Lévis tout en procurant le maximum de bénéfices environnementaux;
- L'utilisation de véhicules électriques, hybrides ou hybrides rechargeables occasionne des coûts d'acquisition et d'infrastructures considérablement plus élevés que ceux de véhicules au carburant diesel. Par contre, dans certaines circonstances, les coûts de cycles de vie de certains de ces couples autobus-système de recharge sont comparables ou moins élevés que ceux d'autobus au diesel conventionnels;
- Les conditions d'exploitation des véhicules telle la longueur du parcours, la topographie des tracés, le temps de battement acceptable, la localisation possible des recharges et les coûts énergétiques, dictent le meilleur choix économique entre véhicules électriques, hybrides ou hybrides rechargeables;

- Les véhicules hybrides sont plus onéreux à entretenir que les véhicules électriques en raison des coûts d'entretien du moteur à combustion interne et des coûts de l'énergie;
- Les autobus hybrides sont considérés comme véhicules de transition entre les autobus aux carburants fossiles et les véhicules électriques.
- Les autobus électriques auront possiblement atteint la maturité lorsque les véhicules requis par le SRB Québec-Lévis seront achetés.

3.5.3 Type de recharge

- Les systèmes de recharge évoluent rapidement avec un effort de normalisation en marche chez les principaux manufacturiers mondiaux;
- Le choix d'une stratégie de recharge des véhicules du SRB est complexe en raison de la longueur de certains trajets, de sa configuration et de l'avancement préliminaire du projet. De plus, les données techniques relatives aux technologies de recharge les plus prometteuses ne sont pas publiquement disponibles. Le développement d'une stratégie de recharge nécessite que des simulations soient faites et requièrent donc l'implication des manufacturiers de ces systèmes. Puisqu'elle aura encore subi quelques évolutions d'ici là, il est requis que la stratégie détaillée de recharge soit faite par les fournisseurs potentiels au moment de l'appel de propositions. Cette stratégie a été utilisée par Nantes et Genève en 2016. Dans ce contexte, les analyses présentées à l'annexe 6 et dans le complément à l'annexe 6 doivent être comprises comme étant préliminaires;
- Parmi l'offre commerciale actuelle, aucun manufacturier ne peut à la fois satisfaire les exigences du nombre de passagers et des distances quotidiennes à parcourir sur les plus longs trajets grâce à une seule recharge nocturne. Cette situation est cependant très fluide et ne caractérisera très probablement pas les conditions d'approvisionnement futures lors de l'acquisition du matériel roulant;
- En fonction de l'offre commerciale actuelle, deux (2) et possiblement trois (3) types de recharge pourraient donc devoir être utilisés, soit la recharge rapide aux terminus, la recharge Flash en route, et la recharge lente ou moins rapide aux CEE;
- Les systèmes de recharge rapide par induction sont commercialement disponibles et offrent l'avantage que leur infrastructure est très discrète. Cependant, la vitesse inférieure de recharge de ces systèmes occasionnerait un besoin pour plusieurs véhicules additionnels et/ou des temps d'arrêt plus longs à moins de multiplier le nombre de stations de recharge à un coût élevé. Il est peu probable que cette option soit, pour l'instant, acceptable dans le cadre du projet de SRB Québec-Lévis;
- Les conditions climatiques de la région de Québec et les pratiques de déneigement (utilisation du sel, sable ou calcium) posent des défis pour l'usage d'un système mobile (au sol ou sur les véhicules) de recharge par induction. Ces mêmes conditions font en sorte que le dégagement au sol des véhicules doit être relativement



important, diminuant ainsi l'efficacité d'un système fixe de recharge par induction et augmentant le temps requis pour transférer une quantité suffisante d'énergie à bord des autobus dans un court laps de temps (les données manquent pour effectuer des calculs précis pour l'instant);

3.5.4 Généralités

- Les risques associés à la réglementation canadienne et québécoise sont présents, mais les manufacturiers d'autobus ont l'habitude de les gérer;
- Plusieurs considérations opérationnelles au niveau de l'entretien et de la maintenance doivent être prises en ligne de compte dans la perspective que les véhicules risquent fort de provenir d'une source étrangère, voire hors Amérique du Nord. Ceci pose des défis particuliers au niveau de la collaboration requise en phase de mise en service.

3.6 Spécifications du scénario théorique (de référence)

Le scénario de référence est celui qui, en fonction de l'information disponible dans les délais prescrits, représente les caractéristiques du matériel roulant et du système de recharge de façon conservatrice possible en fonction des véhicules et systèmes de recharge commercialement disponibles en 2017. La gamme des spécifications disponibles pour les véhicules commercialement disponibles a procuré les indications requises au développement de recommandations.

Tableau 3.10 Gamme des spécifications

Caractéristiques techniques	Minimum	Maximum
1. Aperçu général		
o Motorisation :	Électrique (batteries)	
o Nombre de wagons :	2	3
o Nombre de places assises :	41	65
o Nombre de places totales :	150 ou plus	
2. Dimensions du bus :		
o Longueur (mètres)	23	24,7
Longueur avant	10.3	11.5
Longueur milieu	6.7	7.4
Longueur arrière	6.8	11.5
o Largeur, sans miroir (mètres)	2.55	2.60
o Largeur, avec miroirs (mètres)	2.65	3.05
o Hauteur totale du toit avec équipements (mètres)	3.34	3.6

o Hauteur du plancher (mètres)	0.33	0.38
o Hauteur (dégagement) intérieure (mètres)	2.1	2.7
o Capacité de franchir des séparateurs semi-franchissables de 150 mm	oui	oui
o Angle d'approche/départ	6, 7	7, 13
o Rayon de braquage (mètres)	12.4	13.7
o Garde au sol minimum	0.20	0.22
o Distance du centre de la porte au nez de l'autobus		
Porte 1 (avant)	3.65	
Porte 2	6.83	
Porte 3	13.47	
Porte 4	20.18	
Porte 5	-	-
o Largeur des portes		
Porte 1 (avant)	1.00	1.20
Porte 2	1.00	1.20
Porte 3	1.00	1.20
Porte 4	1.00	1.20
Porte 5	1.00	1.20
o Surplombs		
Avant (mètres)	1.60	3.00
Arrière (mètres)	1.90	3.70
o Nombre d'essieux	4	4
o Espacement entre les essieux (à partir du au nez de l'autobus)		
Essieu 1 (pilotage)	1.90	3.00
Essieu 2	8.5	10.30
Essieu 3	15.21	17.85
Essieu 4	19.35	21.92
o Espacement entre les roues (mètres)		
o Nombre de roues	12	14
Essieu 1 (pilotage)	2	2
Essieu 2	4	4
Essieu 3	4	4
Essieu 4	2	4

o Dimension des pneus		
Essieu 1 (pilotage)	275/70R22.5	305/70R22.5
Essieu 2	275/70R22.5	305/70R22.5
Essieu 3	275/70R22.5	305/70R22.5
Essieu 4	275/70R22.5	305/70R22.5
3. Poids du bus :		
o Poids à vide (PV) (kg)	24,300	26,000
o Poids nominal brut du véhicule (PNBV) (kg)	36,500	45,000
o Poids nominal brut sur l'essieu (PNBE)		
Essieu 1 (pilotage)	7,245	7,700
Essieu 2	11,500	13,000
Essieu 3	11,500	13,000
Essieu 4	7,245	11,500
4. Autobus à propulsion hybride (si applicable)		
o Moteur à combustion interne approuvé EPA	Oui	Oui
o Vitesse maximale		
Alignement plat :	60	70
En pente 8 % :	30	n/d (1)
En pente 10 % :	25	n/d (1)
En pente 12 % :	20	n/d (1)
En courbe sans devers (prévention des renversements) :	n/d (1)	n/d (1)
o Décélération (m/s ² et force)		
Normal :	1.30	2.00
D'urgence (maximale) :	5.00	-
o Accélération (m/s ² et force)		
Normal :	. 70	1.00
D'urgence (maximale) :	-	1.96
o Nombre d'essieux à traction	2	2
Localisation de(s) l'essieu(x) de traction (AV, MID1, MID2, ARR)	MID2, MID2	MID1, MID2
5. Système de bus tout électrique (si applicable)		
o Chimie de la batterie	li-Ion	Li-Ion
o Durée de vie utile des batteries	n/d	n/d
o Garantie des batteries (années)	8	12

o Taux de dégradation annuelle prévu des batteries (%)	n/d	n/d
o Poids des batteries	1,000	3,000
o Puissance des batteries	90	250
o Emplacement/répartition dans les caisses	roof	Châssis
o Hauteur supplémentaire équipement sur bus	n/d	n/d
o Autonomie maximale avec une charge pleine		
PV :	25	60
PNBV :	30	75
o Type de recharge offerte		
Lente (au garage)	oui	oui
Rapide (aux terminus)	oui	oui
Ultrarapide (aux stations/arrêts)	oui	oui
Intégration du système d'aide à l'exploitation (SAE) du client à celui du véhicule	oui	oui
o Appareillage de recharge offerte		
Pantographe fixe	oui	oui
Pantographe mobile	oui	oui
Fiche	oui	oui
Induction fixe	non	oui
Induction mobile	non	oui
o Fournisseur de l'appareillage de recharge		
Pantographe fixe	oui	oui
Pantographe mobile	oui	oui
Fiche	oui	oui
Induction	non	oui
Induction mobile	non	oui
o kWh de la station recharge offerte		
Lente (au garage)	50	80
Rapide (aux terminus)	200	450
Ultrarapide (aux stations/arrêts)	-	600
o Temps de recharge lente/rapide		
Lente (au garage)	3	6
Rapide (aux terminus)	6	20
Ultrarapide (aux stations/arrêts)	20 s	40 s



o Dégagements nécessaires au-dessus de la plateforme		
Vertical	n/d (1)	n/d (1)
Horizontal	n/d (1)	n/d (1)
o Source d'énergie pour		
Chauffage	Électrique + Diesel	Électrique + Diesel
Climatisation	Électrique	Électrique
o Consommation d'énergie au maximum (kW)		
Chauffage	50	70
Climatisation	40	60
o Vitesse maximale		
Alignement plat :	60	70
En pente 8 % :	30	n/d (1)
En pente 10 % :	25	n/d (1)
En pente 12 % :	20	n/d (1)
En courbe sans devers (prévention des renversements) :	n/d (1)	n/d (1)
o Décélération (m/s ² et force)		
Normale :	1.30	2.00
D'urgence (maximale) :	5.00	n/d (1)
o Accélération (m/s ² et force)		
Normale :	. 70	1.00
D'urgence (maximale) :	-	1.96
o Nombre d'essieux à traction		
	2	2
o Localisation de(s) l'essieu(x) de traction (AV, MID1, MID2, ARR)		
	MID2	MID1, MID2

Note (1) : Information non divulguée par les fabricants malgré les demandes répétitives faites à cet égard

3.7 Recommandations

Les recommandations ci-après sont fondées sur les critères de sélection préétablis pour le projet SRB (voir section 3.1), sur l'information disponible publiquement ou fournie par les fabricants d'équipement et de véhicules ainsi que sur notre expérience dans l'industrie du transport collectif en implantation et opération de véhicules électriques, hybrides et conventionnels.

Compte tenu :

- Des analyses faites à ce stade dans le cadre de l'avant-projet SRB;
- De l'investissement initial important nécessaire pour implanter un réseau SRB 100 % électrique :
 - Sur l'ensemble du réseau SRB tel que défini au stade du projet de référence;
 - Des inconnus qui pourraient confirmer le retour sur l'investissement.
- Du peu d'historique d'utilisation de véhicules bi-articulés 100 % électriques à recharges rapide et ultra-rapide :
 - Dans des conditions climatiques nordiques;
 - Faible retour d'expérience des exploitants.
- Des avantages environnementaux associés à l'électrification des transports tel la réduction des GES et une réduction de l'impact sonore;
- Du grand potentiel à court terme et des développements en cours dans l'électrification des transports, notamment :
 - Déploiement en cours de la technologie Flash à quelques endroits dans le monde;
 - L'évolution rapide de la performance des batteries;

Nous recommandons de procéder à l'élaboration de l'avant-projet et du développement des concepts sur la base d'autobus 100 % électrique tout en prévoyant la possibilité d'y faire circuler des véhicules hybrides. Le concept sera ainsi un concept électrifiable qui permettra au moment de l'ingénierie détaillée et de l'approvisionnement des véhicules d'opter pour les véhicules électriques ou hybrides au moment opportun.

3.7.1 Configuration des autobus

Un autobus de 24 mètres à double articulation, de préférence à motorisation électrique et à plancher bas est recommandé.

Les caractéristiques minimales requises pour ces véhicules sont présentées au tableau suivant. Ces caractéristiques sont puisées parmi les spécifications de véhicules qui sont déjà en service actif à plusieurs endroits dans le monde et qui peuvent être considérés comme étant suffisamment robustes pour répondre aux exigences d'un SRB.

Pour résumer en termes opérationnels, les besoins du projet pour un système SRB sont les suivants :

- Véhicules capables d'opérer entre 16 et 20 heures par jour;
- Vitesse moyenne de 25 km/h (30 à 70 km/h en pointe);
- Chauffé et climatisé;
- Ne doit pas être mis hors service ou retourner au dépôt pour une recharge, même en condition hivernale;
- Tenir compte de la ligne de 36,1 km afin de préserver les batteries.

Les contraintes associées à l'utilisation de tels véhicules ont été présentées en détail à la section 3.4. Parmi celles-ci, le défi principal consistera à modifier les véhicules pour les rendre conformes aux réglementations canadiennes et québécoises. Le principal risque est associé à l'utilisation probable de véhicules conçus pour être utilisés en Europe ou en Asie et vendus par des fournisseurs étrangers qui, pour l'instant, offrent peu de support technique pour ce type de véhicules en Amérique du Nord.

Les caractéristiques qui peuvent être retenues pour la suite de la conception du SRB sont indiquées au tableau suivant.

Tableau 3.11 Sommaire des caractéristiques des véhicules retenus pour la suite du projet

Caractéristique technique	Spécifications
1. Aperçu général	
o Motorisation :	Électrique (batteries)
o Longueur approximative (mètres)	24,7
o Nombre de wagons :	3
o Nombre de places	150 ou plus
o Nombre d'essieux à traction :	2
2. Dimensions du bus	
o Largeur, sans miroir (mètres)	2,60 max
o Largeur, avec miroirs (mètres)	3,05 max
o Hauteur totale (toit) (mètres)	3,60 max
o Hauteur du plancher (mètres)	0,35 ± 30 mm
o Angle d'approche/départ	6 à 7°
o Rayon de braquage (mètres)	12,40 max
o Garde au sol minimum	0,20 min
o Distance du centre de la porte avant au nez de l'autobus	3,00 min
o Distance du centre de la porte arrière au pare-chocs arrière de l'autobus	3,00 min
3. Poids du bus	
o Poids à vide (PV) (kg)	25 500 max
o Poids nominal brut du véhicule (PNBV) (kg)	36 500 max
4. Systèmes auxiliaires	
o Chauffage	Électrique et diesel
o Climatisation	Électrique

3.7.2 Motorisation des autobus

Le système de propulsion recommandé est électrique à batteries au LTO compatible avec un système de recharge rapide en terminus et ultrarapide de type Flash en station. Deux (2) essieux moteurs sont recommandés pour faciliter la conduite dans les pentes et ainsi éviter les dérapages. Selon les manufacturiers, l'essieu avant (essieu de conduite) ne peut être motorisé et le dernier module étant essentiellement une remorque, il n'est pas possible de motoriser le dernier essieu.

Les fabricants d'autobus commercialement disponibles qui rencontrent les spécifications du projet SRB Québec-Lévis se classent parmi les leaders de l'industrie. Ils ont déjà livré plusieurs véhicules électriques qui sont en service en Europe, en Asie et en Amérique du Sud. La plupart d'entre eux offrent des capacités de systèmes de stockage de l'énergie personnalisés pour répondre aux besoins de leurs clients.

Pour le projet du SRB Québec-Lévis, nous recommandons un système de stockage de l'énergie de 128 kWh, ce qui permet aux véhicules d'atteindre les stations de recharge en route à partir des CEE, d'avoir une réserve d'énergie adéquate en mode d'opération et pour toutes urgences ou besoins liés à l'entretien. Tel que recommandé, une réserve de 50 % est prévue pour contrer la dégradation progressive des batteries et éviter de devoir les remplacer prématurément pour assurer leur pleine fonctionnalité en service. Les calculs ayant mené à cette recommandation sont illustrés plus en détail à l'annexe 6 et dans le complément à l'annexe 1.6 document (639057-01-0D02-47ER-0001).

Tableau 3.12 Sommaire des recommandations relatives à la motorisation des véhicules

Spécifications	De base
Chimie des batteries	LTO
Énergie stockée par les batteries (kWh)	128
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

Les principaux défis et risques associés à la motorisation électrique alimentée par batterie portent sur la durée de vie et les coûts de remplacement des batteries. Ces risques sont contrebalancés par :

- Les garanties offertes par les fabricants (celles-ci peuvent aller jusqu'à douze [12] ans);
- Les baisses de prix appréciables prévues au cours des prochaines années et;
- Les multiples options de financement et d'acquisition des batteries incluant la possibilité de louer celles-ci pour un prix fixe pendant la durée entière de la vie des véhicules.

3.7.3 Recommandations concernant le système de recharge³⁵

Le système de recharge recommandé est composé de deux (2) technologies, soit la recharge ultrarapide (Flash) en station (600 kW, 20 secondes) environ à tous les 1,2 km (soit à tous les 2 ou 3 arrêts selon le parcours) et la recharge rapide aux terminaux (400 à 600 kW, 6 minutes). Ainsi, les chargeurs rapides seraient localisés aux cinq (5) terminus principaux (Cégep Lévis-Lauzon, Des Rivières, D'Estimauville, 41^e rue et Grand Théâtre).

Tableau 3.13 Nombre et localisation des postes de recharge rapide

Terminus		Tracé	Nombre de postes
Ligne A	41 ^e rue	Nord-Sud	2
Ligne A-B-C	Grand Théâtre	Nord-Sud	4
Ligne C	CÉGEP Lévis-Lauzon	Est-Ouest	2
Ligne D			
	Des Rivières	Des Rivières	2
	D'Estimauville	Est-Ouest	2

Il est à noter que les systèmes de recharge ultrarapide offrent une grande flexibilité. Cette flexibilité permet une implantation progressive qui peut accommoder l'achalandage croissant du SRB.

La recharge ultrarapide est recommandée parce qu'elle offre une solution efficace à long terme pour rencontrer les besoins du parc de véhicules du SRB Québec-Lévis, particulièrement :

- De brefs arrêts (20 secondes) réduisent les pertes de temps, ce qui se reflète dans des économies relatives au coût de la main-d'œuvre et au nombre de véhicules requis pour assurer le service;
- Des autobus plus légers en raison de la taille plus restreinte de systèmes de stockage de l'énergie, ce qui permet d'accueillir un plus grand nombre de passagers et d'économiser de l'énergie;
- Une certaine flexibilité pour accommoder de futurs changements de trajets;
- Un seul modèle d'autobus qui peut efficacement desservir tous les trajets et;
- Une solution modulaire de recharge qui peut évoluer avec la demande et le nombre d'autobus dans la mesure où les infrastructures civiles et électriques sont en place.

³⁵ En l'absence d'information finale sur les variations d'altitude entre les stations, ces calculs préliminaires sont basés sur l'hypothèse que l'énergie excédentaire utilisée pour gravir les pentes sera régénérée à leur descente produisant ainsi une somme nulle dans le calcul des besoins de recharge.

Les équipements peu encombrants et modulaires permettent leur mariage au mobilier urbain même là où deux (2) pantographes sont requis pour accommoder deux (2) autobus simultanément. Dans le cas de multiples pantographes en une seule location, les modules de tous les pantographes peuvent aisément être regroupés en un seul endroit ou être distribués en plusieurs endroits rapprochés ou non.



Photo 3.9 Station de recharge TOSA

Des postes de recharge aux CEE sont recommandés pour permettre une recharge nocturne complète des autobus. Le besoin exact sera évalué ultérieurement pour en déterminer le type, la puissance et le nombre lorsque le plan d'exploitation sera disponible. Typiquement, la recharge nocturne se fait grâce à des chargeurs de 50 kW de puissance auxquels quatre (4) autobus sont branchés pour une période de quatre (4) à cinq (5) heures. Nous recommandons qu'au moins un chargeur rapide (identique à ceux installés aux terminus) soit installé à chaque CEE pour les cas où des recharges rapides sont requises. Les caractéristiques de ces systèmes sont décrites au tableau suivant.

Tableau 3.14 Sommaire des recommandations relatives aux systèmes de recharge

Spécifications	De base
Recharge ultrarapide en stations	
o Interface de recharge	Contacteurs sur pantographes TOSA
o Nombre de pantographes	1 par poste de recharge (maximum de 4 par station)
o Dimension des pantographes par station ³⁶	
- Hauteur (mm)	4500
- Largeur (mm)	Selon design
- Profondeur (mm)	4200
o Modules de stockage de l'énergie en station	Batteries au LTO ou NMC
o Nombre de modules de stockage de l'énergie par station équipée	1 par poste de recharge
o Dimension des modules de stockage de l'énergie (par poste de recharge)	
- Hauteur (mm)	2400
- Largeur (mm)	600
- Profondeur (mm)	1400
o Spécifications électriques	
- Puissance requise à l'entrée (kVA)	50
- Tension requise à l'entrée	400 VAC ou 22 kV
- Puissance à la sortie (kW)	600
- Tension à la sortie (VDC)	500
Recharge rapide en terminal	
o Interface de recharge	Contacteurs sur pantographes fixes
o Nombre de pantographes	10
o Nombre de terminaux équipés de recharge	4
o Dimension des pantographes	
- Hauteur (mm)	4500
- Largeur (mm)	Selon design

³⁶ Les dimensions des pantographes dépendent largement du design retenu par le projet SRB.

Spécifications	De base
- Profondeur (mm)	4200
o Dimension des modules de stockage de l'énergie (par poste de recharge) ³⁶	
- Hauteur (mm)	3000
- Largeur (mm)	1000
- Profondeur (mm)	2400
o Spécifications électriques	
- Puissance requise à l'entrée (kVA)	200 ou plus (*)
- Tension requise à l'entrée (VAC)	400 à 2200 (*)
- Puissance à la sortie (kW)	400 à 600
- Tension à la sortie (VDC)	500

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

Les risques associés à cette approche portent surtout sur la rareté des fournisseurs. ABB est présentement le seul fournisseur de systèmes de recharge Flash (en date de la publication de ce rapport) et le type de batteries compatibles à ce type de recharge ultrarapide (LTO) n'est pas disponible chez tous les fabricants d'autobus. Un autre fournisseur d'envergure (Heliox) nous confiait cependant qu'il s'affaire présentement à développer un système de recharge ultrarapide. À titre d'information, certains fournisseurs chinois perfectionnent aussi leur système de recharge ultrarapide.

Les technologies de recharge évoluent très rapidement et des calculs complexes basés sur des simulations sont requis pour effectuer une analyse approfondie. Seule ABB détient l'ensemble des paramètres requis pour effectuer ces calculs partiellement dépendants de certains intrants qui ne sont pas encore disponibles, nommément un plan d'exploitation détaillé du réseau de bus rapides basé sur une évaluation progressive de l'achalandage du SRB au fil des 20 années de l'horizon de planification. De plus, certaines caractéristiques des trajets ne sont pas encore fixées. Bien que nous sommes confiants que la solution technologique recommandée soit adéquate, des précisions, des changements, des améliorations et des nouveautés se feront connaître d'ici la finalisation des détails de conception des infrastructures qui devront être mises en service.

Des progrès rapides et une normalisation des systèmes de recharge pour autobus urbains font en sorte que lorsque le projet de SRB lancera son processus d'approvisionnement, la plupart des systèmes auront probablement été normalisés mondialement et les systèmes de recharge auront atteint leur pleine maturité.

Un modèle de simulation de l'énergie résiduelle a été développé par MARCON pour le plus long des quatre (4) trajets prévus (CÉGEP Lévis-Lauzon à Grand Théâtre) et une analyse des quatre (4) niveaux de puissance de recharge disponibles (200 kW induction, 360 et 450 kW rapide et ultrarapide) est présentée à l'annexe 6 en soutien à la recommandation formulée précédemment. Les résultats de cette analyse sont fournis en annexe.

Selon cette analyse, la seule stratégie viable pour l'utilisation d'autobus 100 % électrique avec les données dont nous disposons en 2017 est l'utilisation de deux (2) et possiblement trois (3) types de systèmes de recharge :

- Recharge rapide aux terminus;
- Recharge ultrarapide (Flash) en station;
- Recharge lente ou moins rapide aux CEE.

Une analyse plus poussée de la solution électrique avec une combinaison de recharge a été faite en complément aux simulations faites par MARCON, et ce conformément à la demande du Bureau d'Étude SRB. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le document *Complément à l'annexe 1.6 du Livrable 1 Projet de Référence* (document 639057-01-0D02-47ER-0001).

3.7.4 Solutions alternatives

La climatisation de véhicules est également très coûteuse en termes énergétiques. Une grande portion de l'énergie embarquée des autobus doit y être consacrée pour assurer un plus grand confort aux passagers quelques jours par année. Le chauffage peut lui aussi représenter jusqu'à 25-30 % de la consommation électrique totale du SRB³⁷. Ceci se traduit par un besoin additionnel de postes de recharge additionnels et d'un système de stockage d'énergie à bord des autobus plus important, ce qui doit être tenu en compte dans les coûts pour le projet. Il serait indiqué d'étudier la possibilité de doter les véhicules d'un système de ventilation à haute performance en remplacement de la climatisation. Un système de chauffage auxiliaire au biodiésel, tel qu'utilisé à Edmonton, serait également recommandé pour les conditions hivernales de Québec.

En ce qui concerne le système de recharge, il est possible d'utiliser un réseau de recharge rapide à pantographes aériens en cours de trajet avec des arrêts plus longs à plusieurs stations sur les parcours. Ceci augmente le nombre d'autobus hors service en cours de route, mais diminue le coût des infrastructures et procure au SRB un plus grand choix de fournisseurs. Seuls les calculs économiques à venir pourront déterminer si cette option est préférable à celle recommandée.

³⁷ Source : Autobus Lion.

4 ALIMENTATION DU SYSTÈME

4.1 Général

L'approche électrique considère en tout premier lieu la flexibilité du réseau d'alimentation qui est la principale contrainte. Les infrastructures de distribution d'Hydro-Québec offrent cette flexibilité puisque la puissance requise estimée jusqu'à maintenant reste dans une plage acceptable. En effet, il est plus simple d'augmenter la puissance en remplaçant quelques équipements comme les transformateurs que d'augmenter la capacité du réseau en ajoutant des conduits à la multitubulaire.

Les intrants nécessaires pour la conception de la distribution électrique sont les suivants :

- Le type, la localisation et le nombre de stations de recharge requises pour le fonctionnement du matériel roulant;
- Le nombre de stations standards, de stations majeures et de pôles;
- Le fonctionnement type de la circulation sur la plateforme;
- La distance entre les stations;
- Le mode dégradé d'exploitation choisi;
- Les points de connexion au distributeur et leur tension;
- Les coûts du distributeur selon le nombre de branchements choisi.

Les informations requises pour établir un bilan de la puissance nécessaire au système sont les suivantes :

- La consommation électrique des bornes de recharge selon leur type (lente, rapide et ultra) tenant compte de la capacité de recharge des systèmes d'énergie d'appoint embarqué, l'énergie des systèmes de récupération de l'énergie de freinage le cas échéant, etc.;
- La consommation électrique des stations et des pôles ainsi que des CEE;
- La consommation des services connexes (signalisation, communication, etc.).

Les extrants électriques dépendent de ces informations et plusieurs éléments sont encore préliminaires. Les informations fournies dans cette section reflètent le statut du projet et s'étayeront au cours des études d'avant-projet.

4.1.1 Approche pour l'alimentation et la distribution électrique

L'approche est simplifiée par la grande disponibilité de l'énergie électrique que procure le réseau d'Hydro Québec dans des villes comme Québec et Lévis. Plusieurs configurations d'alimentation sont possibles et les principaux scénarios sont :

- Chaque poste de recharge rapide est connecté à Hydro-Québec et a son propre compteur;
- Des postes appartenant à l'exploitation du SRB, connectés au réseau d'Hydro-Québec et qui viennent alimenter un réseau interne de distribution;
- Un modèle mixte proposant des connexions locales au réseau d'Hydro-Québec lorsque la densité des infrastructures est grande, avec certaines sections du parcours alimentées par des postes de l'exploitant.

Étant donné le grand nombre de stations de recharge requises tout au long du parcours, les stations, les pôles et les CEE, la distribution électrique doit inclure plusieurs points de connexion avec le distributeur local. En plus d'imposer des restrictions dans la sélection et la disponibilité des appareillages, les estimations préliminaires montrent qu'une distribution à moyenne tension (25 kV) propriétaire n'est pas avantageuse, car elle inclut un parc d'équipements important pour l'entretien et la pérennité du réseau.

4.1.2 Critères de conception

Les critères de conception utilisés pour la distribution dans le projet sont basés sur les normes du distributeur (HQ) en majeure partie et sur le Code de construction du Québec, chapitre V – Électricité. Globalement, le concept proposé est une distribution sectorielle optimisant les différents paramètres en cause dans le projet, tels que :

- La localisation des points de raccordement en fonction du réseau d'Hydro-Québec;
- Le nombre de points de raccordement en fonction des tarifs d'Hydro-Québec selon le type et la puissance;
- La localisation des points de raccordement en fonction des charges regroupées;
- L'autonomie de la distribution sectorielle en fonction de la tension et du courant requis;
- La portée de la distribution sectorielle en fonction du relief et des éléments rencontrés sur le parcours;
- Une analyse du réseau d'Hydro-Québec pour valider le nombre de sous-réseaux présents dans la grande région de Québec (incluant la Rive-Sud) permettra de répartir les points de raccordement au distributeur et d'assurer une redondance maximale;
- La robustesse requise pour la distribution d'urgence.

4.2 Alimentation du système

4.2.1 Alimentation électrique des systèmes de recharge rapide

La technologie retenue dans le chapitre précédent pour le transfert de l'énergie est le pantographe soit de type fixe (recharge rapide), soit rétractable de type TOSA (recharge ultrarapide). La recharge ultrarapide (Flash) est prévue en station à tous les 1,2 km (approximativement), selon le parcours et la recharge rapide aux stations terminales.

La puissance transférée par la recharge ultrarapide (Flash) est de 600 kW en 15-20 secondes. La recharge ultrarapide se fait d'un supercondensateur à un autre, ce qui permet de réduire la puissance d'alimentation requise du réseau. Le supercondensateur du poste de recharge est rechargé plus lentement et il se décharge rapidement pour recharger celui de l'autobus, lors de son passage à l'arrêt.

La puissance transférée par la recharge rapide directement du réseau de distribution aux batteries du SRB à travers un contrôleur est de 600 kW en six (6) minutes.

Le système se compose donc de plusieurs charges électriques réparties tout au long du parcours. En effet, les postes de recharge ultrarapide aux stations, 10 postes de recharge rapide (en terminus) ainsi que les infrastructures des pôles et des stations constituent l'essentiel des charges électriques du système SRB. Ces charges sont regroupées autour des pôles d'échanges, des stations principales et des stations standards, le cas échéant.

La solution privilégiée (voir point 4.1.1) est une distribution incluant plusieurs points de connexion avec le distributeur. Au besoin, et si la capacité du branchement le permet, il sera possible d'effectuer une distribution sectorielle avec la multitubulaire. Cette solution implique qu'à partir d'un pôle ou d'une station connectée au distributeur, une ou des stations peuvent être alimentées de part et d'autre à l'aide de la multitubulaire.

4.2.2 Identification des enjeux majeurs

Dans le cadre de ce projet, les enjeux majeurs identifiés à ce stade sont :

- La minimisation de l'impact de l'intégration de la multitubulaire dans les secteurs plus denses;
- La robustesse des mesures de sécurité autour du SRB;
- La résilience des installations de distribution électrique;
- L'efficacité énergétique des principaux systèmes et des sous-systèmes;
- La source d'alimentation secondaire alternative et sa distribution en mode dégradé.

La distribution électrique nécessite normalement d'être implantée par voie aérienne ou souterraine. Dans le cadre de ce projet, une certaine proportion de stations sont localisées dans des secteurs où il y a une importante densité

d'infrastructures avec un encombrement important. La distribution avec de multiples points de raccordement au distributeur permet de diminuer grandement les difficultés reliées à l'implantation d'un réseau propriétaire de distribution de 25 kV.

Malgré la faible incidence des pannes électriques du réseau d'Hydro-Québec, il est pertinent de considérer l'option d'un système d'alimentation de soutien dans l'éventualité d'un SRB électrique dépendant entièrement du réseau H-Q. Les cycles de charge lente pourraient être affectés dans l'éventualité d'une panne de plus de quelques heures. Les centres d'entretien et d'exploitation doivent pouvoir garantir la recharge et la sécurité des personnes et des installations.

4.2.3 Solution sécuritaire

Pour les appareillages dédiés au SRB, des informations supplémentaires sont nécessaires pour en faire l'évaluation selon les marques et modèles retenus. Les coffrets de branchement permettant le raccordement des charges par la multitubulaire ou à un point de connexion au distributeur doivent faire l'objet d'une intégration tenant compte des aspects sécuritaires et esthétiques. L'utilisation de massifs souterrains pour la distribution et le raccordement des charges assure la sécurité des utilisateurs face aux installations électriques. Pour les équipements conventionnels en surface, une installation selon le cadre normatif assure un niveau de sécurité acceptable. Une interprétation architecturale est à prévoir pour dissimuler les équipements électriques.

4.2.4 Critères de conception des ouvrages et des équipements des postes

Les critères de conception des ouvrages et des équipements des postes sont développés plus amplement dans le livrable 2 « Critères de conception ». D'emblée, il est possible d'identifier quelques documents normatifs principaux qui permettent de guider la conception de la distribution électrique, soit HQ E.21-10 *Service électrique en basse tension*, HQ E.21-11 *Service électrique en basse tension à partir des postes distributeurs* et HQ E.21-12 *Service d'électricité en moyenne tension* si une distribution moyenne tension est envisagée.

Étant donné qu'il n'y a aucun précédent de SRB au Québec et que le cadre normatif entourant ce type de système n'est pas clairement établi, les normes canadiennes suivantes s'appliquent concernant les véhicules électriques : 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* et ULC CAN/ULC-S2580 *Norme sur les batteries pour véhicules électriques*, première édition, y compris la modification n° 1.

4.2.5 Identification des contraintes

La principale contrainte est l'implantation de la multitubulaire pour la distribution électrique. De plus, certaines infrastructures comme celle requise pour le raccordement entre un point d'alimentation propriétaire et le réseau d'Hydro-Québec pourraient imposer des contraintes.

Dans l'éventualité où certains équipements nécessaires à la distribution et fournis par le distributeur (compteur, transformateurs, etc.) doivent être installés, l'emplacement pour leur installation est la responsabilité du projet SRB. L'insertion d'appareillage de puissance dans ces secteurs pourrait imposer certaines contraintes.

La disposition du réseau souterrain d'Hydro-Québec pourrait rendre les branchements électriques plus complexes.

Du point de vue électrique, les principales contraintes sont :

- Le cadre normatif flou entourant les appareillages particuliers au SRB;
- Les règlements municipaux entourant les infrastructures imposent des restrictions dans certains secteurs;
- La multitubulaire qui circule sous le tracé du SRB implique des puits de tirage d'un encombrement important;
- La distance sur laquelle peut être installé un câble sous conduit;
- La localisation et la disposition des chambres de tirage et de raccordement.

Identification des contraintes environnementales et règles à suivre.

Généralement, ce type d'installation électrique n'est pas soumis à des contraintes d'ordre environnemental. Cependant, des validations avec le MDDELCC pourront être faites si des exceptions se présentent, tant au niveau de l'implantation des appareillages électriques que de la distribution périphérique, comme les raccordements aériens ou l'enfouissement de certains équipements, si requis.

4.2.6 Identification des enjeux liés aux conditions climatiques et impacts sur l'exploitation et maintenance

Pour la distribution électrique, les enjeux sont :

- Le chauffage des cabinets électriques des stations;
- La réparation des bris en hiver de la distribution en cabinet;
- Le déneigement des équipements électriques de distribution.

4.3 Définition des sous-systèmes fonctionnels

4.3.1 Alimentation électrique des stations

Deux (2) situations se présentent pour l'alimentation des stations en fonction de la localisation des points de raccordement au réseau d'Hydro-Québec :

1. Si le point de raccordement à Hydro-Québec est plus près d'une station ou d'un pôle, la puissance est distribuée de ce point vers les charges, y compris les armoires de distribution et les stations de recharge.
2. Si le point de raccordement au réseau d'Hydro-Québec est plus près de l'armoire de distribution, la puissance est distribuée de ce point vers les charges, y compris les stations ou les pôles et les stations de recharge.

4.3.2 Alimentation électrique des terminus et/ou bouts de lignes

Les terminus qui incluent un plus grand nombre de charges électriques sont raccordés directement au distributeur et peuvent, par la multitubulaire, alimenter une (1) ou deux (2) stations par ligne. Par exemple, un terminus localisé à un croisement de lignes peut permettre d'alimenter plusieurs stations en fonction de la distance et de la puissance requise à ces stations.

4.3.3 Équipements à bord des véhicules

La puissance requise par les équipements embarqués à bord du SRB est incluse dans le bilan énergétique du véhicule. Il est important de souligner que ces charges apportent une contribution importante au bilan global du SRB, en considérant par exemple le chauffage et la climatisation.

4.3.4 Alimentation électrique du CEE

Une salle électrique principale est prévue dans le CEE pour la distribution électrique à 347/600 V, ainsi que pour les appareillages de transformation et distribution secondaire à 120/208 V. Selon la puissance requise, qui devrait être supérieure à 500 kVA, le point de branchement à 347/600 V du distributeur proviendra d'un transformateur sur socle localisé à l'extérieur, appartenant à Hydro-Québec, relié au réseau 25 kV du secteur. Actuellement, aucun branchement à moyenne tension n'est envisagé.

4.3.5 Équipement de recharge lente au CEE

Les systèmes de recharge lente doivent être localisés dans les zones de stationnement des autobus. Dans cette éventualité, une microdistribution est nécessaire dans les aires de stationnement pour la recharge lente durant la nuit. Quelques stations de recharge rapide doivent aussi être installées dans les CEE pour permettre la transition entre une fin de ligne et le CEE. Si les autobus sont équipés de condensateurs et que ceux-ci sont utilisés dans les phases

d'accélération (comme décrit au chapitre 3), des postes de recharge ultrarapide doivent être installés aux endroits stratégiques dans les CEE.

4.3.6 Équipements d'entretien au CEE

En plus des équipements particuliers pour les composantes électriques et mécaniques similaires aux autobus conventionnels, des équipements spécifiques pour l'entretien du SRB reliés à la propulsion électrique devront être sélectionnés en fonction du matériel roulant acquis.

4.3.7 Fonctionnement en mode dégradé

Le fonctionnement en mode dégradé est un élément important qui devra faire l'objet de discussions pendant la phase de conception afin de fixer la stratégie. En effet, la philosophie entourant l'alimentation d'urgence et sa robustesse est à définir. Comme indiqué dans les sections précédentes, normalement, les CEE et les pôles d'échanges sont munis d'une alimentation de secours avec l'installation d'un groupe électrogène. Par contre, des choix devront être faits pour le réseau de stations du SRB et reposeront sur la technologie retenue ainsi que sur la résilience souhaitée pour le réseau. En plus des groupes électrogènes installés dans les CEE et les pôles, des points de connexion pourraient être prévus aux endroits stratégiques pour le raccordement de groupes électrogènes mobiles.

4.4 Localisation et dimensionnement des stations de recharge électrique

Le dimensionnement des postes de recharge ainsi que leur localisation sont imposés par le matériel roulant et son autonomie. Ces éléments sont présentés et décrits au chapitre 3.

4.4.1 Description de la technologie

Le chapitre 3 sur le matériel roulant fournit de plus amples détails entourant les technologies de recharge.

4.4.2 Paramètres d'exploitation

L'exploitation des systèmes de recharge doit tenir compte des paramètres suivants :

- La localisation des stations de recharge selon le chapitre 3 « Matériel roulant »;
- Les besoins d'armoires pour la recharge rapide et d'armoires de distribution électrique aux stations (prévoir l'espace);
- Les besoins de salles électriques pour les stations majeures, les pôles d'échanges et les stations terminales.

4.5 Configuration d'alimentation au réseau de distribution électrique

4.5.1 Multitubulaire

Pour un SRB exclusivement électrique, la multitubulaire (massif de câbles longeant le parcours du SRB) est un élément clé autour duquel s'articule la distribution. Le dimensionnement préliminaire de la multitubulaire est présenté dans les « Critères de conception » (livrable 2), mais en résumé, il comportera les éléments suivants :

- Une section de deux (2) conduits pour la moyenne tension à 4,16 kV;
- Une section de quatre (4) conduits pour la basse tension 600 V;
- Une section de quatre (4) conduits pour la communication, l'instrumentation, etc.

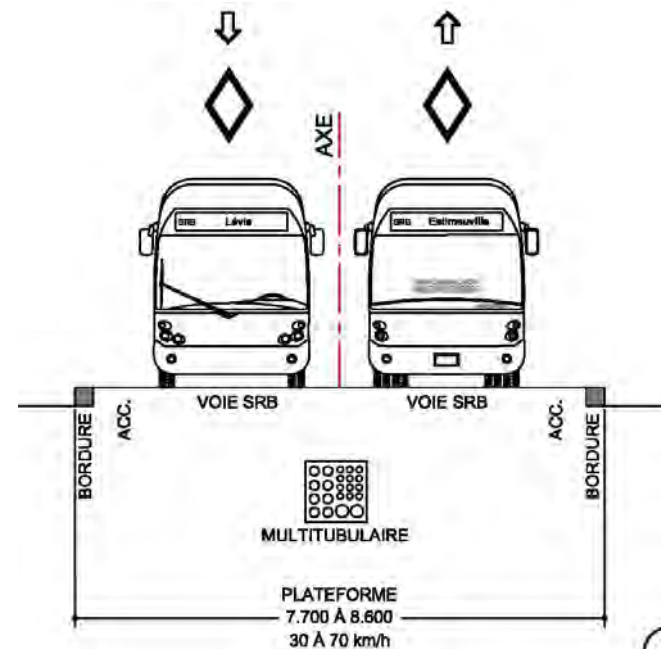


Figure 4.1 Schéma de principe du positionnement de la multitubulaire sous la plateforme

Environ la moitié des conduits sont actuellement utilisés et une provision reste disponible pour d'éventuels changements. L'installation de la multitubulaire est prévue se faire au centre de la plateforme pour le SRB dans le but de réduire l'ampleur des travaux d'excavation requis pour son implantation. La fiabilité de ce type d'installation étant bien connue et documentée, aucune intervention n'est prévue durant sa durée de vie, ceci permettant d'éviter d'interrompre le service pour d'éventuelles défaillances reliées aux conducteurs électriques installés dans la multitubulaire.

Il est proposé que les chambres de tirage soient installées sous les quais des stations permettant ainsi l'accès aux puits sans perturber les opérations du SRB. Un vide technique compartimenté, sous les sections non tempérées des stations, peut être utilisé réduisant les coûts et les travaux requis pour leur implantation. La conception des stations devra prendre en compte ce besoin.

4.5.2 Postes de recharge rapide connectés à Hydro-Québec avec compteur

À priori, tout au long du parcours du SRB, la distribution moyenne et basse tension d'Hydro-Québec est disponible. Ceci permet de multiples configurations pour les points de raccordement. Par contre, autant que possible, les bornes de recharge ne devraient pas être connectées seules directement au réseau d'Hydro-Québec, car l'optimisation de la distribution doit permettre de grouper les charges de façon à toujours raccorder un ensemble de charges pour ainsi minimiser les points de raccordement déjà nombreux.

4.5.3 Postes de transformation

Des branchements électriques à 347/600 V, provenant du réseau d'Hydro-Québec, sont à envisager dans les CEE, les terminus, les pôles et les stations. Les postes de transformation ne devraient pas être la propriété de l'exploitation SRB; cette solution devant 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 raisons indiquées précédemment. De plus, une distribution complètement propriétaire engendre un plus grand nombre d'infrastructures et d'équipements tout au long du parcours.

4.6 Synthèse et recommandations

Une distribution avec plusieurs points de raccordement au distributeur local est recommandée. Cette option offre la flexibilité nécessaire, réduit les investissements nécessaires pour la réalisation du projet ainsi que les coûts d'immobilisation prévus du SRB. Beaucoup moins d'équipements de transformation et de distribution sont nécessaires, car normalement ils sont fournis et entretenus par le distributeur.

Une distribution d'urgence avec des groupes électrogènes fixes localisés dans les sections névralgiques du parcours en complément d'une distribution d'urgence incluant des groupes électrogènes mobiles est conseillée. Le niveau de résilience souhaité doit être déterminé par le propriétaire incluant une réflexion sur les impacts d'une panne majeure totale ou partielle du réseau de distribution.

Il est recommandé d'installer la multitubulaire au centre de la plateforme du SRB et de localiser les chambres de raccordement ou de tirage sous les quais des stations, dans la section non tempérée des abris.

Le fonctionnement en mode dégradé doit être défini très tôt dans la conception d'avant-projet pour être certain de capter tous les besoins pour la conception.

5 EXPLOITATION DU RÉSEAU

5.1 Schéma d'exploitation

Sur la base des principes d'exploitation du réseau SRB envisagé, des prolongements de tracés à Lévis et d'une proposition du Bureau d'étude, cette mise à jour du schéma d'exploitation a pour objectif de réviser le besoin en matériel et infrastructures nécessaires à son exploitation sur la base de ses performances d'exploitation.

L'analyse se veut une mise à jour du chapitre 6 « Exploitation du système » du livrable 1.4 « Équipements, exploitation, maintenance et dépôt » de l'Étude de faisabilité du tramway-SRB. Les caractéristiques physiques et géométriques de chaque tracé utilisées demeurent les mêmes, additionnées de celles des deux (2) prolongements supplémentaires de Lévis. Les hypothèses de base liées à l'environnement traversé et les gabarits de vitesse demeurent également les mêmes, et ce, en tout point.

Les informations sur l'achalandage utilisées sont celles du livrable 3.2 « Calcul et affectation de la demande en transport » de l'Étude de faisabilité de tramway-SRB. Le schéma d'exploitation proposé permet de répondre aux besoins en achalandage en 2041. La figure suivante présente le schéma d'exploitation envisagé pour le système SRB de Québec et Lévis.

Tableau 5.1 Description des lignes du système SRB

Ligne	Description	Longueur (km)	Intervalle en pointe	Stations / Pôles
A	Nord-Sud (longue)	Pôle 41 ^e Rue au pôle Grand Théâtre	6,7	6 min 14
B	Nord-Sud (courte)	Pôle Saint-Roch au pôle Grand Théâtre	2,6	6 min 5
C	Est-Ouest-Sud (longue)	Pôle Cégep Lévis-Lauzon au pôle Grand-Théâtre	30,1	6 min 38
C1	Est-Ouest-Sud (courte)	Pôle Du Sault au pôle Grand Théâtre	16,9	6 min 23
D	Ouest-Est (longue)	Pôle Des Rivières au pôle D'Estimauville	21,2	6 min 38

Afin d'assurer l'attractivité du réseau, l'amplitude de fonctionnement envisagée pour le SRB de Québec et Lévis est de 5 h 30 (heure de départ du premier autobus) à 0 h 30 (heure de départ du dernier autobus).

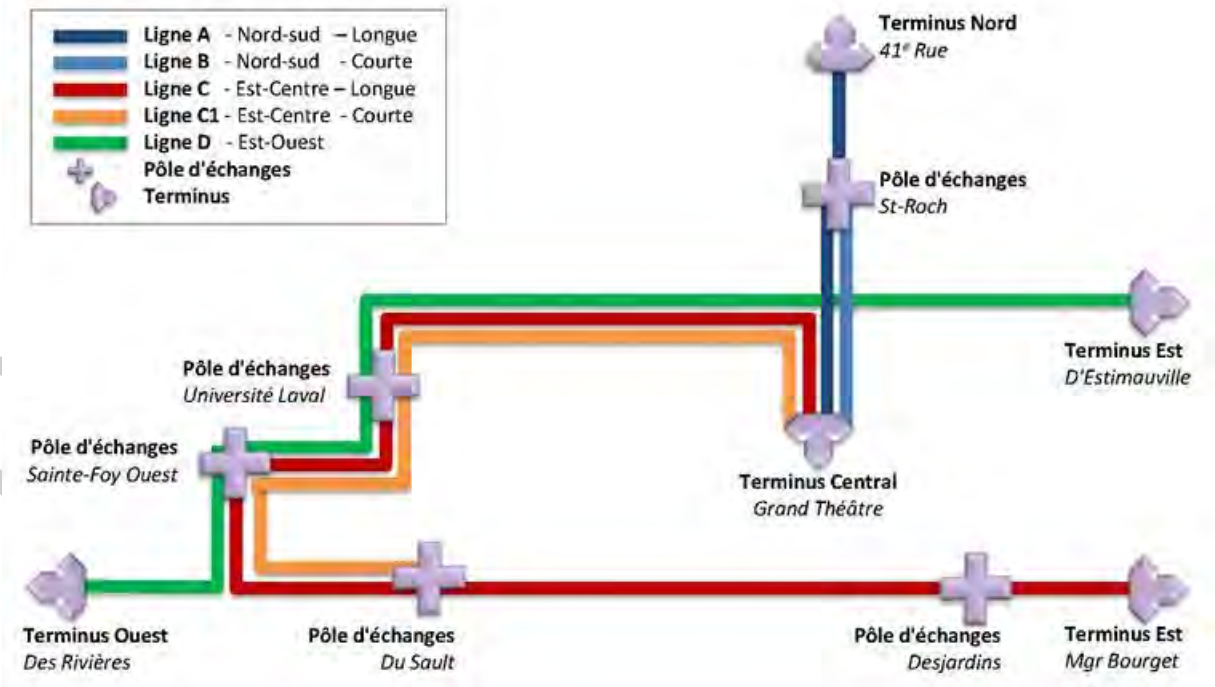


Figure 5.1 Synoptique du scénario d'exploitation proposé (en heure de Cégep Lévis-Lauzon

5.1.1 Zones de terminus

Les terminus des lignes SRB assurent plusieurs fonctions, dont :

- La desserte des quais de descente des usagers;
- Le retournement des autobus vers la desserte des quais de montée;
- Le repos physique des conducteurs;
- La recharge du système d'alimentation des autobus;
- La régulation et la gestion des départs des autobus au moment opportun.

Outre la fonction permanente d'ajustement des horaires de départ afin de respecter une bonne régularité des autobus, les installations doivent permettre d'organiser les transitions entre les tranches horaires contiguës offrant des intervalles différents dans la journée.

Les terminus étant en conception et ne connaissant pas les longueurs de parcours autour ou dans ceux-ci, les temps de retournement ont été fixés théoriquement pour chaque terminus en fonction de leur achalandage. Le temps de recharge du système d'alimentation des autobus a été fixé à environ six (6) minutes. Le temps de battement théorique pour chaque terminus est décrit au tableau suivant.

Tableau 5.2 Caractéristiques sommaires et capacités par matériel roulant

Terminus	Retournement (min)	Recharge (min)	Battement (min)
Galeries Charlesbourg	3	6	9
Grand Théâtre	6	6	12
Des Rivières	3	6	9
D'Estimauville	3	6	9
Cégep Lévis-Lauzon	3	6	9

5.1.2 Offre et demande

Les tableaux suivants présentent la capacité offerte en fonction des intervalles fixés précédemment et de l'achalandage prévu en pointe en 2041.

Pour suffire à la demande jusqu'en 2041 en pointe AM au niveau du pôle Saint-Roch, des aménagements particuliers au service du SRB doivent être analysés afin d'assurer une offre adéquate le moment venu. Le système SRB doit peut-être offrir une fréquence plus élevée ou des mesures complémentaires pour réduire la pression à ces points critiques. Pour les fins du présent livrable, il a été considéré d'ajouter un autobus supplémentaire par intervalle, sur chaque ligne circulant du pôle Saint-Roch au terminus Grand Théâtre.

Tableau 5.3 Capacité en fonction des intervalles et de l'achalandage – Pointe AM

Lignes	Terminus	Voy. en pointe par direction /1heure	Capacité PPPM (pointe A.M.)			
			Point charge max (PPPM) ³⁸	Lieu de point de charge max	Passagers par bus ³⁹	Pourcentage de la capacité
A	Galeries Charlesbourg à Grand Théâtre	20	5082	Saint-Roch	255	100 %
B	Saint-Roch à Grand Théâtre	20				
C	Cégep Lévis-Lauzon à Grand Théâtre	10	2332	Laurier/ Lavigerie	117	91 %
D	Des Rivières à D'Estimauville	10				

Tableau 5.4 Capacité en fonction des intervalles et de l'achalandage – Pointe PM

Lignes	Terminus	Voy. en pointe par direction /1heure	Capacité PPPM (pointe PM)			
			Point charge max (PPPM) ⁴⁰	Lieu de point de charge max	Passagers par bus ⁴¹	Pourcentage de la capacité
A	Galeries Charlesbourg à Grand Théâtre	10	2396	Charest/ Dorchester	120	94 %
B	Saint-Roch à Grand Théâtre	10				
C	Cégep Lévis-Lauzon à Grand Théâtre	10	1869	De l'Église	94	73 %

5.1.3 Dimensionnement du parc de véhicules

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

³⁸ Sans l'achalandage des deux (2) prolongements Lévis.

³⁹ Capacité d'un autobus à 85 % de 150, soit 128 passagers.

⁴⁰ Sans l'achalandage des deux (2) prolongements Lévis.

⁴¹ Capacité d'un autobus à 85% de 150, soit 128 passagers.

Il faut également ajouter un pourcentage pour le parc de maintenance et de réserve d'exploitation. On considère que la réserve représente 10 % du parc en ligne totale du réseau. Le prochain tableau présente la synthèse des résultats pour toutes les lignes.

Tableau 5.5 Capacité en fonction des intervalles et des temps de parcours

Lignes	Terminus	Parcours commercial aller-retour (km)	Temps parcours aller-retour * (min)	Temps de battement minimum (2 terminus) (min)	Temps de tour (min)	Amplitude	Intervalle hyper-pointe (min)	Nbre de bus requis
A	Galeries Charlesbourg à Grand Théâtre	13,15	44	21	65	5 h 30 à 00 h 30	6	11 +7**
B	St-Roch à Grand Théâtre	5,23	16	21	37	7 h à 9 h 15 h 30 à 18 h 00	6	7 +7**
C	Cégep Lévis-Lauzon à Grand Théâtre	59,99	152	21	173	5 h 30 à 00 h 30	6	29
D	Des Rivières à D'Estimauville	52,62	134	18	152	5 h 30 à 00 h 30	6	26
* Les temps de parcours estimés entre les terminus Cégep Lévis-Lauzon et Dorval, ainsi qu'entre les terminus Des Rivières et le Pont de Québec, ont été estimés à 10 min aller/10 min retour.							Sous-total	87
** Bien que l'intervalle soit aux 6 minutes pour la ligne, l'achalandage entre les pôles/terminus Saint-Roch et Grand Théâtre requiert des convois de 2 bus.							+ 10 %	9
							Total	96

5.2 Centre d'entretien et d'exploitation (CEE)

Le centre d'entretien et d'exploitation (CEE) est le site où s'effectuent la gestion de l'exploitation, le remisage et l'entretien du matériel roulant du SRB.

Pour un grand parc de matériel roulant et un réseau de SRB étendu comme celui de Québec et de Lévis, il est préférable de privilégier un deuxième CEE qui permet de réduire les distances à parcourir en haut-le-pied (hors voyageurs) par chaque autobus en début et en fin de service, l'un dit « Principal » sur le territoire de Québec et l'autre dit « Secondaire » sur le territoire de Lévis.

Le CEE principal dispose de toutes les fonctionnalités pour l'exploitation et l'entretien du système SRB. Quant au CEE secondaire, il n'est pas nécessaire de recréer toutes ces fonctionnalités. Par exemple, les postes de travail pour les grandes révisions et les opérations de réparation peu courantes (carrosserie, peinture, etc.) peuvent être disponibles seulement au CEE principal. Toutefois, les révisions et entretiens journaliers ainsi que le remisage d'une partie de la flotte y sont prévus.

À l'intérieur du CEE principal, on retrouve essentiellement :

- Aire de stationnement des autobus;
- Zone de ravitaillement;
- Zone de lavage;
- Zone de nettoyage intérieur;
- Zone d'entretien avec passerelles fixes principales;
- Zone d'entretien avec passerelles fixes secondaires;
- Zone d'entretien avec vérins hydrauliques;
- Cabine de peinture;
- Baies diverses (lavage à vapeur, carrosserie, etc.);
- Zones de stockage de pièces, d'outillage, de batteries, etc.;
- Ateliers divers (montage de perche, mécanique, électrique-électronique, réparations de baies et portes, etc.);
- Poste de commandes centralisé;

- Espaces bureaux (employés de maintenance, équipe ingénierie, équipe d'exploitation, salle de prise de services, salle de formation, vestiaires, etc.).

À l'extérieur, on y retrouve essentiellement :

- Réseau routier d'accès;
- Espaces de stationnement pour les employés et les visiteurs;
- Voie d'essai;
- Zone de remisage extérieur;
- Espaces aménagés.

Dans un premier temps, le CEE principal est conçu pour recevoir la majeure partie de la flotte. Quant à lui, le CEE secondaire est réalisé en fonction de la planification d'acquisition du reste de la flotte. Aussi, la stratégie de mise en service séquentielle de la plateforme du SRB est en partie tributaire de la localisation des CEE.

Une analyse a été réalisée, avec des paramètres similaires à ceux de l'Étude de faisabilité, afin de mettre à jour et déterminer les meilleures localisations pour le CEE principal à Québec et le CEE secondaire à Lévis. Les sites qui ont été comparés sont localisés sur la carte suivante. Ce sont les mêmes qui avaient été identifiés lors de l'Étude de faisabilité du tramway-SRB, ainsi que deux (2) autres sites supplémentaires identifiés par la Ville de Lévis.

En fonction de quatre (4) catégories regroupant vingt (20) critères au total, chaque aspect important dans le choix des sites appropriés a été analysé et soupesé de manière objective en fonction des informations disponibles au moment de l'analyse. Les pointages ont ensuite été pondérés de manière à donner l'importance requise aux critères et catégories les plus déterminantes dans le choix à réaliser. La grille d'analyse multicritères complète est jointe en annexe.

Dans le cas du CEE principal, les résultats globaux des trois (3) sites analysés sont rapprochés. Cependant, certains facteurs influencent radicalement le choix :

- Le site 1 VQ-TP Limoilou est convoité pour l'implantation d'un établissement public;
- Des problématiques de circulation sont à y prévoir, et ce, peu importe l'endroit par où accédera le SRB à la plateforme. Les coûts d'acquisition du site 3 Cyrille-Duquet sont potentiellement élevés;

- Le site 2 Verdun est déjà décontaminé pour usage industriel et son coût d'acquisition est très économique. Celui-ci offre donc le meilleur potentiel de développement.

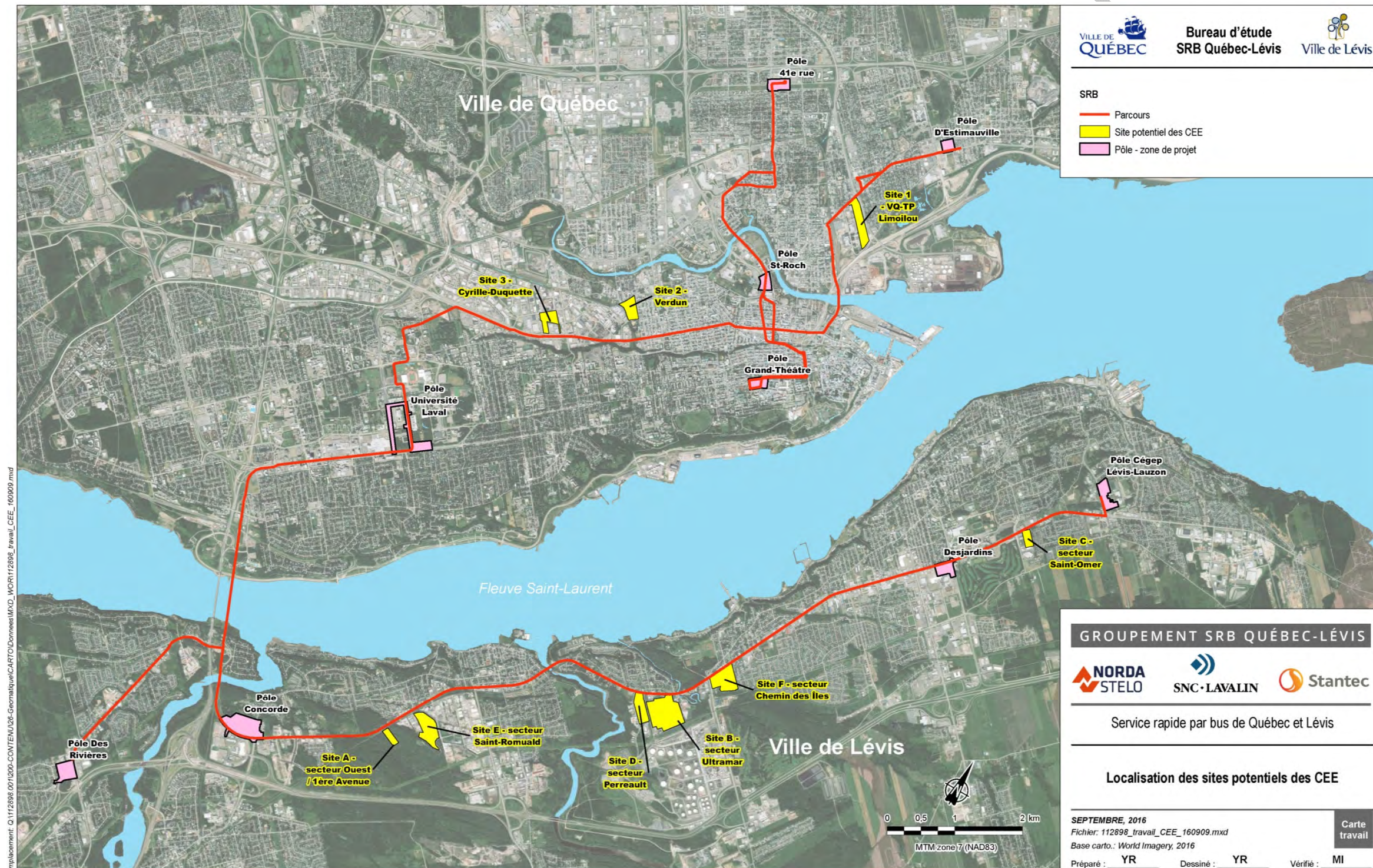
Dans le second cas, soit le CEE secondaire, les résultats globaux sont plus tranchés. En effet, le site Arthur-Plante présente un nombre plus grand d'avantages par rapport aux autres sites analysés.

Tableau 5.6 Catégories et critères de l'analyse multicritère

Catégorie	Critères	Catégorie	Critères
Terrain	Différence altimétrique	Environnement et intégration au milieu	Potentiel de contamination
	Contraintes du site		Impacts environnementaux
	Superficie nette du site		Usage conforme au zonage
Opérabilité du système	Distance par rapport au tracé		Insertion urbaine
	Distance du CEE du terminus		Insertion paysagère
	Nombre d'accès		Opportunité de requalification d'un site
	Piste d'essai		Potentiel de développement du site
	Infrastructures d'accès (fiabilisation)	Coûts	Coûts d'acquisition et de préparation du terrain
	Compatibilité avec le phasage travaux		Coûts de décontamination
	Risques de rupture du service		Coûts de compensation environnementale

Donc, en considérant les résultats de l'analyse multicritère et des divers facteurs, il en ressort que les localisations des CEE à prioriser sont :

- Le site Verdun dans le cas du CEE principal, à Québec;
- Le site Arthur-Plante dans le cas du CEE secondaire à Lévis.



Carte 5.1 Localisation des sites potentiels des CEE

5.3 Conditions climatiques

L'opération d'un système performant et fiable passe nécessairement par la prise en compte des aspects climatiques dans la conception des infrastructures, qui elles, doivent être conçues de façon à protéger les usagers, les non-usagers qui gravitent autour, et autant que possible, les équipements et véhicules des aléas des conditions climatiques, ainsi que par l'établissement de modes d'exploitation favorisant l'entretien des installations.



Photo 5.1 Divers modes de transports l'hiver⁴²

Dans cette optique, la présente étude vise donc les deux (2) objectifs suivants :

- Maintenir l'exploitation en tout temps, de façon sécuritaire, pour les usagers et toute autre personne avoisinant le système;
- Assurer un maximum de confort aux voyageurs pendant toute la durée du déplacement quant à l'accès à la station, à l'attente, au voyage et à la sortie de la station d'arrivée ou d'une correspondance éventuelle.

Pour ce faire, les paramètres essentiels suivants sont intégrés dès le début des analyses :

- Pour faciliter l'évacuation de la neige sur la plateforme, les aménagements sont conçus afin d'éviter tout obstacle qui favoriserait les amas de neige et entraînerait des difficultés de déneigement, tout particulièrement dans des zones où le profil en long implique un creux;
- Les stations sont conçues de façon à faciliter l'accès des usagers lors de chutes de neige ainsi que de les protéger une fois sur les quais;
- Les infrastructures sont conçues de façon à faciliter le déneigement et le drainage, autant pour la plateforme que dans les stations;



Photo 5.2 Entretien d'une station SRB à Markham, Ontario⁴³

- En plus du drainage normal effectué par puisards et des canalisations, il convient, dans le cas où le drainage ne peut pas être réalisé en gravitaire, de prévoir des réservoirs de rétention correctement dimensionnés avec des pompes de relevage fixes ou mobiles, accessibles depuis la surface et hors plateforme;
- Les équipements doivent fonctionner dans l'environnement climatique que l'on retrouve normalement dans les régions de Québec et de Lévis;
- La délimitation des différents espaces réservés aux différents modes;
- Une conception sécuritaire des plateformes.

⁴² Photo : CBC News Posted: Mar 02, 2016 9:47 AM ET

⁴³ <http://vivanext.com/blog/2015/02/07/rapidways-in-winter/>

6 APPROCHE DE RÉALISATION DE L'ÉTUDE D'AVANT-PROJET

6.1 Hypothèses de travail et niveau de conception

L'Étude d'avant-projet doit se solder par une conception à un niveau suffisant permettant :

- De faire l'estimation des coûts des infrastructures constitutives du projet de SRB à une marge de précision de 15 %;
- Offrir aux décideurs tous les éléments nécessaires pour pouvoir décider de la poursuite du projet;
- D'avoir étudié tous les éléments du projet à un niveau d'avant-projet afin de permettre la réalisation de la conception détaillée à l'étape des plans et devis.

À haut niveau, le processus de conception d'avant-projet est :

- La définition du projet de référence;
- L'identification des critères de conception;
- La conception d'avant-projet préliminaire;
- L'estimation préliminaire;
- La conception d'avant-projet finale;
- L'estimation finale.

Cependant, ce processus ne peut pas nécessairement être suivi linéairement. En effet, certains paramètres du projet de référence ont été établis à différents moments du projet. Notons, par exemple, le choix de la technologie de propulsion pour le matériel roulant, la localisation et le dimensionnement des CEE, la localisation des stations pour les prolongements de tracés à Lévis par rapport au tracé de l'Étude de faisabilité, etc. Ce travail de clarification se fait en parallèle à la conception d'avant-projet. Cependant, afin de ne pas ralentir cette conception d'avant-projet ni retarder son démarrage, un certain nombre d'hypothèses sont posées pour pouvoir établir les critères de conception, lesquels font l'objet du livrable 2.

Ces hypothèses doivent être considérées comme avérées pour toute la durée de l'avant-projet afin d'éviter des reprises de conception pouvant avoir un impact dans de multiples disciplines. Il s'agit de figer un scénario unique à concevoir pour une estimation finale à une précision de $\pm 15\%$. Si des hypothèses devaient être remises en question, il est alors

essentiel de clairement identifier l'impact sur le projet dans toutes les disciplines et sur tout le travail de conception déjà réalisé.

Bien entendu, il en va de même pour toute modification au projet de référence (tracés, équipements, modes d'exploitation, etc.) ou aux exigences de base du projet (portée, échéances, livrables, etc.) qui doivent alors faire l'objet d'une vérification des impacts sur le projet et d'une discussion avec le Bureau d'étude, ses divers fournisseurs ainsi que les intervenants externes si nécessaire, pour l'établissement des moyens de traitement.

Cette approche d'établissement d'hypothèses de travail et d'identification d'une cible pour la marge de précision des estimations vise à concentrer les efforts de chaque équipe dans les aspects les plus importants de la conception d'avant-projet. Cela permet d'optimiser les interfaces et les interactions entre les équipes, permettant une meilleure productivité et un avancement soutenu vers l'atteinte des objectifs dans un délai optimal.

Les hypothèses de travail sont indiquées par discipline dans le livrable 2 « Critères de conception ».

En plus des éléments du précédent tableau et à moins de rencontrer une situation ou une problématique exceptionnelle, le projet de SRB doit aussi répondre, entre autres, aux objectifs suivants pour offrir un service performant :

- Utiliser des technologies matures, fiables et éprouvées, tant pour le matériel roulant que pour les équipements;
- Aménager les quais de manière à minimiser les temps d'embarquement et de débarquement;
- Minimiser les risques d'arrêt du service en déviant tous les réseaux souterrains et toutes les utilités publiques de manière à n'avoir aucun service sous la plateforme et en gagnant les traverses souterraines aux carrefours ou ailleurs;
- Maintenir ou améliorer les espaces piétons dans la périphérie des tracés;
- Assurer la fluidité des voiries aux carrefours avec le SRB ainsi que dans la périphérie des tracés;
- S'attacher avec le programme de gestionnaire artériel de la Ville de Québec actuellement en déploiement;
- Répondre aux exigences de l'étude d'achalandage et fréquentation élaborée lors de l'Étude de faisabilité du tramway-SRB (livrable 3.2);
- Garantir les paramètres d'usage et d'entretien des divers services (sécurité publique, service d'incendies, ordures, récupération, etc.) offerts par les villes ou proposer des solutions de rechange réalisables;
- Maintenir le fonctionnement de l'habitat riverain.

6.3 Qualification du projet

Dans l'objectif de justifier l'investissement, il apparaît intéressant de mesurer, dès le début et ensuite tout au long du processus d'avant-projet, la performance du projet de SRB par rapport à un standard établi, ceci afin que le travail d'insertion urbaine et de conception des infrastructures soit réalisé avec un objectif mesurable.

La grille d'évaluation de l'ITDP permet de mesurer la performance du projet de SRB. Cette grille sera additionnée de standards supplémentaires propres au présent projet et sera réévaluée à une fréquence à convenir et particulièrement, lorsque des décisions de dérogation aux critères de conception se présenteront. Au cours de la conception d'avant-projet, il est possible que certains critères de cette grille soient précisés quant à leur méthodologie de calcul.

L'objectif visé est la « certification » bronze au minimum, mais en visant la cote la plus haute dans la mesure des possibilités de réalisation, tant au niveau technique qu'économique. Cette méthode de mesure de performance permet, entre autres, de s'assurer que la conception ne dérive pas par rapport aux objectifs fondamentaux d'un projet de SRB.

Une première évaluation est réalisée au moment de la rédaction du présent livrable 1. Voir la figure suivante.

Exigences minimales pour qu'un
projet soit considéré
comme un SRB

FICHE D'ÉVALUATION DES NORMES SRB

Outil d'évaluation pour les couloirs de SRB
sur la base des meilleures pratiques internationales

- Avoir 3 kilomètres ou + de longueur avec voies réservées;
- Marquer 4 points ou + pour l'élément « Plateforme en site propre »
- Marquer 4 points ou + pour l'élément « Position de la plateforme »
- Marquer 20 points ou + au total à travers les cinq « Éléments essentiels » d'un SRB



CERTIFICATION

Points	Rang
85 - 100	GOLD
70 - 84,9	ARGENT
55 - 69,9	BRONZE
28 - 54,9	-(

100	67,4	SCORES & CERTIFICATION	89,4	56,4
-----	------	------------------------	------	------

CATÉGORIES	SCORE MAX	SRB Fiabilisé	EXPLICATIONS	Optimiste	Pessimiste
1. ÉLÉMENTS ESSENTIELS (p. 26-37)	38	34,4		35,4	30,4
a. Plateforme en site propre	8	7,5	2,5 km ± en mode banal sur 43 km total	7,6	7,4
b. Position de la plateforme	8	7,2	36 km axial et 2,6 km latéral; 0,6 km 1 sens axial; 1,3 km 1 sens 2 rues latéral droit; 2,0 km banal; 0,5 km voies "réservées"	7,3	7,1
c. Validation des titres de transport hors bus	8	8,0	Oui	8,0	5,0
d. Traitement des carrefours	7	4,6	Priorité aux feux 90 %, virages interdits 40 % ± (À déterminer lors de la conception)	5,5	3,9
e. Niveau de la plateforme d'embarquement	7	7,0	Oui	7,0	7,0
2. PLANIFICATION D'EXPLOITATION (p. 38-44)	19	16		17	16
a. Itinéraires multiples	4	4	Oui	4	4
b. Service Express, arrêts limités et service local	3	0	Impossible, car aucune voie de dépassement prévue	1	0
c. Centre de contrôle	3	3	Oui	3	3
d. Localisé sur un des 10 couloirs les plus achalandés	2	2	Oui	2	2
e. Profil de charge et achalandage	3	3	Oui	3	3
f. Heures d'opération	2	2	Oui	2	2
g. Réseau de plusieurs tracés	2	2	Oui	2	2
3. INFRASTRUCTURE (p. 45-52)	13	5		9	3
a. Voies de dépassement aux stations	3	0	Aucune voie de dépassement prévue	1	0
b. Minimiser les émissions d'autobus	3	3	Autobus hybrides ou tout-électriques	3	3
c. Stations en retrait des intersections	3	0	Non, 90% des stations sont à < 10 m des intersections	3	0
d. Quais centraux	2	0	Non, pas d'autobus avec les portes à gauche	0	0
e. Qualité de la chaussée	2	2	Oui, 30 ans	2	0

CATÉGORIES	SCORE MAX	SRB Fiabilisé	EXPLICATIONS	Optimiste	Pessimiste
4. STATIONS (p. 53-57)	10	10		10	10
a. Distance entre les stations	2	2	Oui	2	2
b. Stations sécuritaires et confortables	3	3	Oui	3	3
c. Nombre de portes sur les autobus	3	3	Oui	3	3
d. Baies d'accostage et sous-stations	1	1	Oui	1	1
e. Portes coulissantes automatiques dans les stations	1	1	Oui	1,0	1,0
5. COMMUNICATIONS (p. 58-59)	5	4		5	4
a. Image de marque	3	2	Une des Villes demande des stations de couleurs différentes sur son territoire	3	2
b. Information aux passagers	2	2	Oui	2	2
6. ACCÈS ET INTÉGRATION (p. 60-65)	15	8		13	8
a. Accès universel (PMR)	3	3	Oui	3	3
b. Intégration avec d'autres systèmes de transport en commun	3	3	Oui	3	3
c. Accès et sécurité des piétons	4	2	Manque de refuges piétons interstation. Leurs dimensions doivent être calibrées en fonction de l'achalandage et de la position des stations.	4	2
d. Stationnement de vélos sécurisé	2	0	Non, aux pôles ou à de rares stations.	2	0
e. Pistes cyclables	2	0	Non, très peu d'intégration prévue	1	0
f. Intégration d'un système de vélopartage	1	0	Non, aucune intégration prévue	0	0
7. POINTS DE DÉMÉRITE (p. 66-72)	-63	-10		0	-15
a. Vitesse commerciale	-10	0	Théoriquement : Oui	0	-3
b. Pointe maximum sous 1 000 personnes / heure / direction	-5	0	Théoriquement : Non	0	0
c. Manque de surveillance imposant l'usage exclusif de la plateforme	-5	-5	Aucune mesure particulière prévue à ce jour	0	-5
d. Écart significatif entre le plancher de l'autobus et le quai	-5	0	Théoriquement : Non	0	0
e. Surcharge de passagers	-5	-5	Objectif de 4 pers/m2 pour la capacité des bus	0	-5
f. Véhicules, équipements et infrastructures mal entretenus	-14	-	À déterminer pendant l'exploitation	-	-
g. Fréquence en périodes de pointe >= 7,5 minutes	-3	0	Théoriquement : Oui, aux 3 et 6 minutes	0	0
h. Fréquence en périodes creuses >= 15 minutes	-2	0	Théoriquement : Oui, aux 15 minutes	0	0
i. Usage non sécuritaire de vélos permis sur la plateforme	-2	0	Les vélos ne sont pas autorisés à y circuler	0	0
j. Manque de données de sécurité sur la circulation	-2	-	À déterminer pendant l'exploitation	-	-
k. Autobus fonctionnant en parallèle des couloirs SRB	-6	0	Un minimum de circuits sera en parallèle	0	-2
l. Entassement des autobus (Bunching)	-4	-	À déterminer pendant l'exploitation	-	-

<https://www.itdp.org/library/standards-and-guides/the-bus-rapid-transit-standard/>

Figure 6.1 Fiche d'évaluation des normes SRB (ITDP)

6.4 Approche spécifique concernant les ouvrages d'art

L'approche de réalisation est de déterminer si une intervention est requise sur un ouvrage d'art en se basant sur les trois (3) caractéristiques suivantes qui sont définies plus en détail dans les paragraphes qui suivent :

- Capacité de chargement;
- Gabarit;
- Durée de vie.

Durant la conception d'avant-projet, ces trois (3) éléments seront revus pour chaque ouvrage d'art afin d'identifier la stratégie de traitement et donc, un ordre de grandeur des coûts de projet qui y sont reliés. Dans l'éventualité d'une intervention (remplacement ou renforcement), le paysage urbain et l'aspect patrimonial devront être considérés. Notons que les projets de remplacement ou de réfection des ouvrages d'art existants ou à venir constituent un élément additionnel de décision de la stratégie à adopter.

6.4.1 Capacité de chargement

Dans le cadre de la présente étude, deux (2) méthodes permettent d'estimer la capacité de chargement des ouvrages d'art, soit par un rapport d'évaluation de la capacité portante, soit par comparaison des surcharges du SRB avec les charges de conception des ouvrages.

La première méthode nécessite qu'un rapport d'évaluation soit réalisé préalablement par le propriétaire de l'ouvrage ou par un mandataire de celui-ci. L'avantage de cette méthode est qu'elle permet d'évaluer la capacité de chargement d'un ouvrage en tenant compte de sa condition actuelle, c'est-à-dire des défauts de matériaux qu'elle présente due à son usure ou à son vieillissement prématuré.

Dans le cas où aucun rapport d'évaluation n'est disponible, il est possible d'utiliser comme référence la charge de conception de l'ouvrage si celle-ci est indiquée sur les plans d'origine ou autres documents d'inventaire. Il devient alors possible de comparer les efforts produits par un SRB avec ceux de la charge de conception. Cependant, cette méthode n'est valide que si l'ouvrage ne présente pas de défauts de matériaux ou de modifications par rapport à sa conception d'origine qui pourraient affecter sa capacité de chargement.

Dans tous les cas, les caractéristiques du matériel roulant telles que les distances relatives entre les essieux des véhicules ainsi que la répartition du poids sur ceux-ci doivent être utilisées.

Si un ouvrage ne respecte pas le critère de capacité de chargement, les interventions possibles sont le renforcement sinon le remplacement.

6.4.2 Gabarit

Les critères de gabarit auxquels sont soumis les ponts pour l'insertion d'une plateforme TC se distinguent par la façon dont l'ouvrage est intercepté par le tracé, c'est-à-dire si celui-ci emprunte le tablier du pont ou s'il est enjambé par un ouvrage.

Pour les ponts où le tablier est emprunté par le tracé, la largeur carrossable du tablier doit être égale ou supérieure à la largeur totale de l'assiette de la chaussée requise pour l'insertion de la plateforme SRB. Si ce critère n'est pas respecté, les interventions possibles sont l'élargissement du tablier, sinon le remplacement.

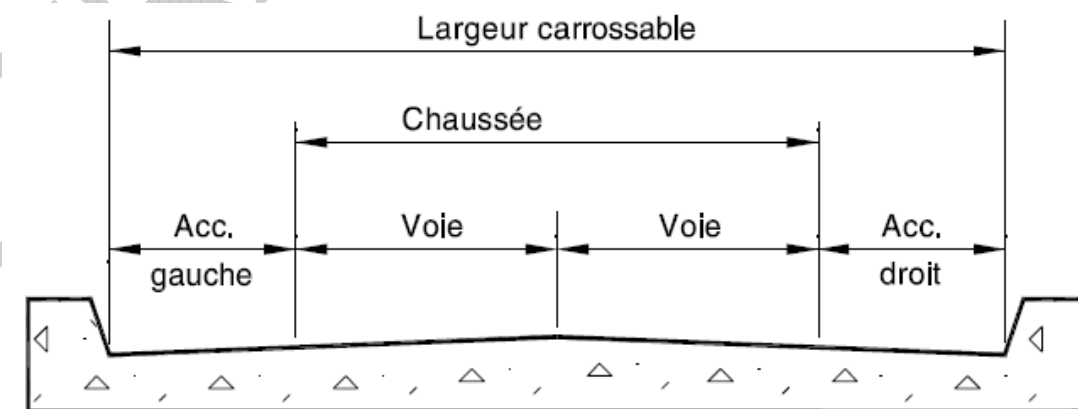


Figure 6.2 Largeur carrossable d'une chaussée sur un pont

Pour les ponts qui enjambent le tracé, l'ouverture nette et la hauteur libre doivent être vérifiées. Si l'ouverture nette est inférieure à la largeur d'emprise du SRB, il faut alors envisager le remplacement du pont. Pour remédier à un problème de hauteur libre (dégagement vertical), les solutions possibles sont l'abaissement du profil de la route ou le remplacement du tablier.

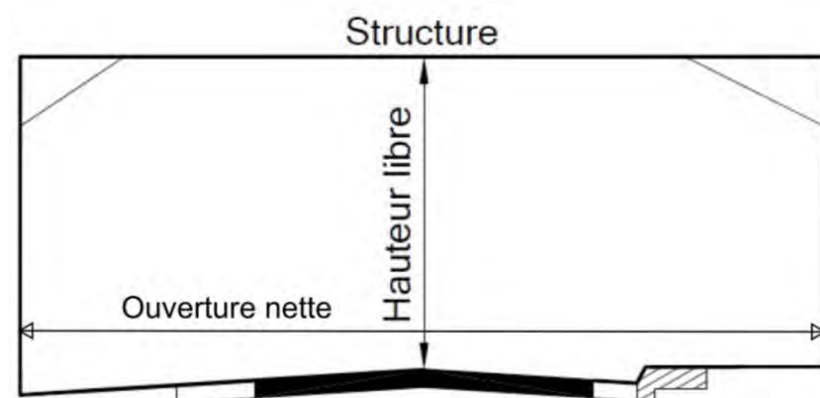


Figure 6.3 Hauteur libre et ouverture nette sous une structure

6.4.3 Durée de vie

Un travail de vérification approfondie de ces ouvrages d'art doit être réalisé afin de voir s'ils peuvent permettre le passage du SRB, dans leur état actuel, pour une durée de vie utile d'environ 15 années additionnelles à la mise en service commerciale de l'ensemble des tracés en 2026.

La norme CAN/CSA-S6 définit la durée de vie nominale comme étant une période spécifiée par le propriétaire durant laquelle on prévoit que l'ouvrage demeurera en service. Depuis la parution de la norme CSA-S6-00 (en l'an 2000), la conception des nouveaux ouvrages est réalisée pour une durée de vie nominale d'au moins 75 ans. Pour les ouvrages construits avant l'an 2000, il faut considérer une durée de vie de 50 ans.

En considérant la mise en service du SRB et 15 années d'utilisation, l'année de référence serait donc 2041. Les ouvrages construits avant 1991 (-50 ans) auraient alors atteint la fin de leur vie utile à ce moment. Aux fins de la présente étude, il convient de considérer que les ouvrages appartenant à cette catégorie d'âge devraient donc être réhabilités ou remplacés dans le cadre du projet de SRB. Pour comparaison, considérer les 30 années de durée de vie utile (comme pour la plateforme SRB) plutôt que 15, porterait l'attention sur tous les ouvrages construits avant l'an 2000 (moment de parution de la norme CSA-S6-00)⁴⁶.

Dans le cas des ouvrages de grande envergure, une intervention sur ceux-ci peut avoir des impacts économiques et techniques majeurs. Il est donc préférable de procéder à une analyse plus détaillée qui doit tenir compte notamment de l'état des matériaux, des cotes de comportement et de la capacité de chargement de l'ouvrage afin d'estimer sa durée de vie résiduelle.

⁴⁶ CAN/CSA-S6-00 Code canadien sur le calcul des ponts routiers, mise à jour en 2006 (CSA-S6-06).

7 CONCLUSION

Ce chapitre résume les recommandations et identifie les risques les plus pertinents pour la suite de l'avant-projet. Ces risques devront faire l'objet d'analyses approfondies par le Bureau d'étude SRB Québec-Lévis afin d'en minimiser leurs impacts et leurs occurrences sur le projet.

7.1 Conclusion générale

Suite à la mise en place de la référence de projet, les paramètres principaux du projet SRB sont maintenant figés. En majeure partie, il s'agit de paramètres déjà étudiés et validés en phase de faisabilité et reconfirmés en ce début de mandat d'avant-projet.

Cependant, des changements importants par rapport à l'Étude de faisabilité sont à noter :

- L'Étude de faisabilité intégrait la notion de tramway. D'ailleurs, une étude complémentaire, réalisée en début de mandat d'avant-projet, permettait même de confirmer la stratégie d'implantation d'un corridor SRB ayant des caractéristiques spécifiques permettant à terme de réaliser un tramway. Depuis la fin août 2016, une décision importante a été prise par le Bureau d'étude de supprimer complètement la notion de tramway dans le projet. Il s'agit maintenant d'implanter un SRB sans aucune prédisposition tramway, ce qui a nécessairement des conséquences techniques qui seront traitées au cours de l'avant-projet;
- L'ajout de deux (2) prolongements à Lévis, le changement du parcours du SRB au niveau de la zone Université Laval (tel que présenté sur la carte au chapitre 1), ainsi que le changement potentiel de configuration et de parcours entre le pont de Québec et le boulevard Laurier;
- L'option de véhicules bi-articulés 100 % électriques à batterie et recharge n'était pas à l'étude au stade de l'étude de faisabilité;
- Les modifications au schéma d'exploitation;
- Changement de localisation de certains pôles.

Tous ces changements font maintenant partie intégrante du projet de référence. Il faut donc noter que l'avant-projet n'est pas qu'une simple continuité à partir du projet défini en faisabilité et que plusieurs éléments techniques plus détaillés pourraient être revus au cours de la conception pour coller à cette nouvelle réalité.

Désormais, les paramètres principaux du projet sont figés pour l'avant-projet, notamment les paramètres du matériel roulant et de sa propulsion. La prochaine étape consiste en la préparation des critères de conception sur la base ce projet de référence.

Il faut cependant préciser que si les paramètres sont figés pour l'avant-projet, il restera toujours la possibilité de les modifier entre la fin de l'avant-projet et le début de l'étape de plans et devis, en conséquence d'éléments d'influence externe, comme le budget qui sera finalement alloué à ce projet, l'évolution des technologies de propulsion électrique et d'alimentation du système, des pressions politiques pour des changements au projet, de changements possibles au tracé, de changement possibles à la stratégie d'exploitation, l'influence de projets connexes inconnus pour le moment, etc.

7.2 Résumé des recommandations

Les recommandations les plus importantes indiquées dans ce livrable sont résumées dans cette section. Toutes les recommandations, ainsi que le projet de référence, ont fait l'objet de discussions et validations avec le Bureau d'étude. De plus, les recommandations majeures ont été confirmées par les instances de décision qui contrôlent la direction de ce projet.

Pour la suite de l'avant-projet, le projet de référence et les recommandations qui sont définis dans le présent livrable sont donc considérés comme validés et à utiliser pour réaliser la conception d'avant-projet et pour préparer les estimations de coûts.

7.2.1 Matériel roulant

Compte tenu du grand potentiel et des avantages reliés à l'électrification, et même si il y a peu d'historique relativement à l'utilisation de véhicules bi-articulés 100 % électriques avec recharges rapides dans les conditions climatiques similaires, à ce moment de l'étude, le choix d'une solution électrifiable capable d'accueillir des véhicules 100 % électriques comme choix de conception des infrastructures est un choix judicieux, car il est plus contraignant et permettra un choix du type de véhicule au moment opportun.

Le choix d'un véhicule ayant les caractéristiques suivantes est recommandé pour la poursuite de l'avant-projet :

- Autobus de 24 mètres à double articulation et plancher bas;
- Motorisation électrique;
- Batteries embarquées permettant trois (3) types de recharge : flash, rapide et lente;
- Véhicules capables d'opérer entre 16 et 20 heures par jour;
- Vitesse moyenne de 25 km/h (30 à 70 km/h en pointe);
- Chauffé et climatisé;
- Ne doit pas être mis hors service ou retourner au dépôt pour une recharge, même en condition hivernale.

Les caractéristiques typiques de ce matériel roulant sont indiquées dans le chapitre 3 du livrable et sont des intrants clés pour la conception des infrastructures.

7.2.2 Alimentation du système

Le réseau de distribution électrique doit permettre d'offrir les trois (3) types d'alimentation :

- Recharge flash à tous les 1,2 km le long du parcours du SRB;
- Recharge rapide aux cinq (5) terminus du réseau de SRB;
- Recharge lente aux CEE.

Une distribution sur le parcours avec plusieurs points de raccordement électrique au réseau d'Hydro-Québec est recommandée. Dans certains cas, il pourrait être avantageux d'effectuer une distribution sectorielle avec la multitubulaire. Cette solution implique qu'à partir d'un pôle ou d'une station connectée au distributeur, on alimente de deux (2) à quatre (4) stations de part et d'autre à l'aide de la multitubulaire, offrant la flexibilité d'avoir peu d'équipement de transformation et de distribution dans les endroits restreints et une distribution propriétaire aux endroits permettant une installation plus imposante d'équipements.

Une distribution d'urgence, avec des groupes électrogènes fixes localisés dans les sections névralgiques du parcours en complément d'une distribution d'urgence incluant des groupes électrogènes mobiles, est conseillée. Le niveau de résilience souhaité doit être déterminé par le propriétaire incluant une réflexion sur les impacts d'une panne majeure totale ou partielle du réseau de distribution.

Il est recommandé d'installer la multitubulaire au centre de la plateforme du SRB et de localiser les chambres de raccordement ou de tirage sous les quais des stations, dans la section non tempérée des abris.

7.2.3 Plateforme

La plateforme est exclusive au SRB, mais ouverte à certains véhicules d'entretien et véhicules d'urgence.

La stratégie de projet pour l'insertion de la plateforme est de la libérer de toute conduite en dessous afin de s'assurer qu'il n'y aura que peu d'interventions pouvant limiter l'exploitation du SRB dans le futur.

7.2.4 Signalisation

Le système de signaux lumineux pour les SRB aux intersections avec les réseaux routier, piétonnier ou cyclable est spécifique au SRB et consiste à utiliser les feux de priorité spécifiques aux véhicules de transport en commun selon le même modèle que celui utilisé en France.

Il est nécessaire qu'une signalisation statique adéquate soit mise en place afin d'indiquer la présence de la plateforme SRB, entre autres, pour les intersections routières en « T » avec la plateforme, surtout lorsque cette dernière coupe une intersection qui était en croix auparavant. Pour être sécuritaire, l'implantation de cette signalisation risque de nécessiter l'utilisation d'îlots au sol ou autres aménagements qui vont peut-être exiger des surlargeurs d'emprise additionnelle.

7.2.5 Localisation des CEE

La stratégie d'avoir deux (2) CEE, un principal à Québec et un secondaire à Lévis, est conservée. Le chapitre 5 décrit les fonctionnalités majeures à inclure à la conception des CEE.

Les deux (2) sites figés pour la suite de l'avant-projet sont le site de Verdun à Québec et le site Arthur-Plante à Lévis.

7.2.6 Principes généraux d'exploitation

Suite à la validation du schéma d'exploitation proposé, il est recommandé de s'approvisionner d'une flotte de 100 autobus.

7.2.7 Performance SRB

Pour s'assurer que les choix en cours de conception vont toujours aller dans le sens visé par la performance du SRB, il est recommandé d'utiliser une grille de standards reconnus, revue au cours de la conception d'avant-projet.

7.3 Risques, opportunités et enjeux

L'identification et la gestion des risques et opportunités sont un élément clé dans ce type de projet majeur. Pour supporter le Bureau de projet dans cette activité, il est prévu d'indiquer les risques (positifs et négatifs) identifiés pendant la conception d'avant-projet. Cette section du document vise donc à lister les risques et enjeux pertinents identifiés jusqu'à présent pendant le travail de définition du projet de référence.

7.3.1 Matériel roulant

- L'utilisation d'autobus biarticulés de 24 mètres de longueur, qui ne sont pas encore présents en sol nord-américain, ajoute un certain niveau de complexité au projet. Les véhicules doivent être homologués et autorisés par des instances gouvernementales et normatives fédérales et provinciales avant d'être utilisés. Conséquemment, l'autorisation ou le refus de certains éléments, comme des caméras en remplacement des miroirs extérieurs par exemple, pourrait ajouter certains délais au projet;
- L'utilisation de véhicules fabriqués ailleurs qu'en Amérique du Nord risque d'impliquer un service après-vente de plus faible qualité;
- En période creuse, les autobus de 24 mètres avec une plus faible occupation de passagers circulant sur les voies réservées à une fréquence moindre pourraient donner une perception négative au niveau de l'acceptabilité sociale du projet en donnant l'impression de priver les usagers de la route de voies de circulation;
- La présélection d'un système de stockage de l'énergie à bord d'autobus devant être livrés dans environ huit (8) ans est risquée dans le contexte actuel d'évolution rapide des batteries. L'autonomie relativement faible du matériel roulant électrique présentement disponible impose la planification d'une infrastructure de recharge qui pourrait se révéler désuète avant son entrée en service.

7.3.2 Système de recharge

- Certains systèmes du principe de recharge retenus sont offerts par un seul fabricant (système Tosa de recharge flash);
- L'utilisation de systèmes de recharge électrique pour les autobus est, en ce moment, relativement nouvelle pour le Québec. La mise en pratique et le vécu sont relativement inexistants;
- L'annonce fréquente de batteries de plus en plus performantes laisse présager qu'un système de recharge nocturne pourra à lui seul suffire aux besoins du SRB en 2026, diminuant ainsi les risques associés aux pannes électriques en période de service et éliminant probablement le besoin pour une distribution électrique de secours. Il est recommandé que l'examen des technologies de matériel roulant et de systèmes de recharge soit mis à jour avant de procéder à la construction des infrastructures de recharge et à l'approvisionnement du matériel roulant.

- L'alimentation de l'appareillage électrique et la distribution dans les secteurs où il y a une importante densité d'infrastructures aériennes et souterraines avec un encombrement important, ainsi que la possibilité de disposer d'une source d'alimentation secondaire alternative et sa distribution en mode dégradé, constituent des enjeux importants du projet;
- Le fonctionnement du SRB avec une alimentation en mode dégradé doit être défini très tôt dans l'avant-projet pour être certain de capter tous les besoins pour la conception.

7.3.3 Insertion des tracés

Il y a plusieurs points dont la stratégie reste encore à clarifier durant l'avant-projet pour l'insertion des divers tracés tels que des modifications de tracés, acquisitions, gestion de la circulation, etc. Quelques-uns sont décrits aux points suivants.

- Pont de Québec : le projet du MTMDDET visant l'abaissement du tablier du pont de Québec ainsi que l'ajout d'un passage piétonnier en porte-à-faux du côté aval permet d'augmenter la largeur totale des trois (3) voies carrossables sur le pont de 1,09 mètre supplémentaire, ce qui n'est pas négligeable compte tenu de l'étroitesse des voies existantes ($\pm 3,06$ m). Toutefois, la date de début et de fin de ces travaux n'est pas encore connue et il appert que leur aboutissement ne sera pas avant celle prévue pour la mise en place de la première phase du SRB;
- Intersections Dorchester et de la Couronne avec le boulevard Charest : les carrefours des rues Dorchester et de la Couronne avec le boulevard Charest sont parmi les plus achalandés de la Ville de Québec, et ce, à tous les points de vue : piétons, circulation automobile et camionnage lourd en transit de/vers le port. On constate que des enjeux importants reliés à l'achalandage (tous modes confondus) doivent être adressés. Des conflits potentiels entre les deux (2) lignes exploitées dans le tronçon Grand Théâtre et le croisement des deux (2) lignes Est-Ouest, ainsi qu'avec la circulation automobile (priorité aux feux) sont à prévoir. En période de pointe, la fréquence combinée des lignes A, B, C et D opérant aux intersections Charest/Dorchester et Charest/Couronne, donne sur le tronçon commun en moyenne un (1) véhicule SRB de 24 mètres à la minute circulant dans chacun des carrefours. Les pistes de solution (non exhaustives) suivantes doivent être évaluées :
 - o Circulation du SRB en mode « convoi » afin de profiter de la même priorité aux feux;
 - o Revue des types d'insertion (latérale versus axiale et simple versus double sens) afin de minimiser les impacts sur la circulation et le fonctionnement du SRB.
- Côte d'Abraham : en période de pointe, la fréquence combinée des lignes A, B et D sur la Côte d'Abraham donne sur le tronçon commun une fréquence de deux (2) minutes par direction, sur une plateforme peu large et

franchissable. Le nombre de véhicules SRB qui en résulte, ajouté aux passages des piétons et à la circulation automobile, risque d'engendrer des impacts négatifs importants :

- o Réduction du temps de vert pour les flux antagonistes au SRB pour la circulation automobile/lourde et celle des piétons;
- o Réduction de la qualité du service SRB, car la priorité au carrefour pourrait ne plus être offerte;
- o Congestion automobile;
- o Augmentation des GES;
- o Etc.

7.3.4 Ouvrages d'art

- Les analyses préliminaires effectuées dans le cadre du présent livrable sont basées sur les intrants fournis dans le cadre de l'Étude de faisabilité ainsi que sur les conclusions de cette étude. Des ajustements sont à prévoir selon les intrants complémentaires à recevoir, notamment les mises à jour des rapports d'inspection et toute information relative aux ouvrages d'art qui n'étaient pas interceptées par le tracé défini dans l'Étude de faisabilité. Toute modification de la plateforme, de l'emprise et du tracé par rapport à l'Étude de faisabilité peut influencer les recommandations sur certains ouvrages d'art.
- Investissements importants requis pour satisfaire le critère de gabarit horizontal de la plateforme.

7.3.5 Signalisation

- La normalisation de la signalisation pour le SRB doit faire l'objet d'une autorisation gouvernementale et partie du tome V – Signalisation des normes du MTMDET. Les démarches en ce sens doivent être réalisées très tôt dans le processus du projet afin que les normes soient en vigueur avant la conception finale des plans et devis.

7.3.6 Acquisitions

- Des découvertes d'intérêt archéologique, patrimonial et/ou environnemental dans le corridor actuel pourraient occasionner des modifications importantes au projet en termes techniques, de coûts et/ou d'exploitation, telles qu'un déplacement de l'axe des travaux.
- Certaines acquisitions touchant des lots commerciaux ou industriels pourraient s'avérer complexes et très dispendieuses.

7.3.7 Circulation routière

- La réduction de la capacité des voies de circulation automobile pourrait avoir des impacts sur la congestion;
- Le cloisonnement de secteurs urbains (majoritairement résidentiels) par la fermeture de carrefours dans le cadre de la gestion de priorité pour le SRB pourrait s'avérer problématique pour les résidents, notamment au niveau des nuisances dans des secteurs résidentiels par le transfert de trafic lors de la fermeture de carrefours;
- Les modifications du réseau routier suite à l'implantation du SRB pourraient induire de la confusion pour les usagers de la route qui ne sont pas habitués à la présence de voies réservées;
- L'ajout d'un (1) autobus SRB de 24 mètres toutes les minutes dans chaque intersection du boulevard Charest avec les rues Dorchester et de la Couronne pourrait nécessiter le besoin d'étudier avec la Ville de Québec et le MTMDET la possibilité de faire contourner les poids lourds en transit de/vers le port par un autre endroit afin de permettre une circulation routière et du SRB adéquate au niveau des intersections du boulevard Charest et des rues Dorchester et de la Couronne.

7.3.8 Coordination avec des projets connexes

- Il pourrait y avoir des divergences entre les critères et requis des divers projets d'aménagement (PPU, Écoquartier, etc.) et ceux du SRB, étant donné que les projets cheminent en parallèle;
- Enjeux de coordination de travaux (conception et échancier) avec les divers RTU sur l'emprise du projet;
- Projet de réaménagement de la tête des ponts par le MTMDET.

7.3.9 Environnement

- Mondialement, il n'y a pas beaucoup d'exemples de SRB en site propre dans des climats similaires à celui de Québec et Lévis. Donc, plusieurs aspects technologiques pourraient constituer une première, donc un risque pour l'exploitation.

7.3.10 Achalandage

- Aux trois (3) points les plus achalandés du réseau (Côte d'Abraham, Pont de Québec et station Lavigerie), il est probable que d'ici 2041, les limites de capacité du système soient atteintes. Il sera nécessaire d'analyser des aménagements particuliers au service du SRB afin d'assurer une offre adéquate le moment venu, afin d'offrir des mesures complémentaires pour réduire la pression à ces points critiques. Ceci pourrait avoir des effets sur, entre autres, les coûts, la coordination supplémentaire entre les véhicules sur les lignes et le temps de passage aux intersections;

- Toute mise à jour des données d'achalandage pourrait avoir un impact majeur sur le projet, que ces nouvelles données/chiffres soient plus élevées ou moins élevées que celles qui sont à la base du projet actuel (qui avaient été fournies en faisabilité).

DOCUMENT DE TRAVAIL

8 BIBLIOGRAPHIE

- Gouvernement du Canada. (2014, 02 06). *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) [LCPE (1999)]*. (E. e. Canada, Éditeur, & Gouvernement du Canada, Producteur) Consulté le 2016, sur Environnement et Changement climatique Canada: <https://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=En&n=26A03BFA-1>
- Gouvernement du Canada. (2016). *Fonds pour les infrastructures du transport en commun (FITC)*. (Gouvernement du Canada, Éditeur, & Infrastructure Canada, Producteur) Consulté le 2016, sur Infrastructure Canada: <http://www.infrastructure.gc.ca/plan/ptif-fitc-fra.php>
- Gouvernement du Canada, Infrastructure Canada. (2016). *Fonds fédéral de la taxe sur l'essence*. (Nouveau Plan Chantiers Canada, Éditeur, & Infrastructure Canada, Producteur) Consulté le 2016, sur Infrastructure Canada: <http://www.infrastructure.gc.ca/plan/gtf-fte-fra.html>
- Gouvernement du Canada, Transport Canada. (2016, 02 27). *Loi sur la sécurité automobile (1993, ch. 16)*. (T. Canada, Éditeur, & Gouvernement du Canada, Producteur) Consulté le 2016, sur Transport Canada: <http://www.tc.gc.ca/eng/acts-regulations/acts-1993c16.htm>
- Gouvernement du Québec. (2016). (CNESST, Éditeur, & Gouvernement du Québec, Producteur) Consulté le 2016, sur Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST): www.cnesst.gouv.qc.ca
- Gouvernement du Québec. (2016). *Politique de transition énergétique à l'horizon 2030*. (B. e. Québec, Éd.) Consulté le 2016, sur <https://politiqueenergetique.gouv.qc.ca>: <https://politiqueenergetique.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/politique-energetique-2030.pdf>
- Gouvernement du Québec, Légis Québec. (2016, 06 01). *Règlement sur les normes de charges et de dimensions applicables aux véhicules routiers et aux ensembles de véhicules routiers*. (Publication du Québec, Éd.) Consulté le 2016, sur Légis Québec: <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/cr/C-24.2,%20R.%2031.pdf>
- Gouvernement du Québec, Ministère des Transports. (2013, 05). *C-24.2, r. 31 - Règlement sur les normes de charges et de dimensions applicables aux véhicules routiers et aux ensembles de véhicules routiers*. (P. Québec, Éd.) Consulté le 2016, sur LégisQuébec.
- Gouvernement du Québec, Ministère des Transports du Québec. (2015). *Plan d'électrification du transport du Québec 2015-2020*. (D. d. Québec, Éd.) Consulté le 2016, sur Transports électriques: <http://www.transportselectriques.gouv.qc.ca/fr/plan-daction/>
- MARCON. (2016, 06). *Edmonton Transit System (ETS)*. (Edmonton Transit System (ETS), Éd.) Consulté le 2016, sur The City of Edmonton: <http://www.edmonton.ca/transportation/transit/Electric%20Bus%20Feasibility%20Study.pdf>

RTC, R. d. (2015). *Service rapide par bus (SRB) de Québec et de Lévis*. Consulté le 2016, sur Étude de faisabilité du tramway/SRB: <http://rtcquebec.ca/Default.aspx?tabid=165>

Wang Chuanfu, C. o. (2016, 02). *Presentation to his staff at their California plant*. California, USA.

Annexe 1

Fiche d'évaluation des normes SRB (ITDP) vierge



Dossier Groupement : 639057

DATE : _____

Exigences minimales pour qu'un projet soit considéré comme un SRB

FICHE D'ÉVALUATION DES NORMES SRB

Outil d'évaluation pour les couloirs de SRB sur la base des meilleures pratiques internationales



Points	Rang
85 - 100	GOLD
70 - 84,9	ARGENT
55 - 69,9	BRONZE
28 - 54,9	:(

100		SCORES		
-----	--	--------	--	--

CATÉGORIES	SCORE MAX	SRB Fiabilisé	EXPLICATIONS	Optimiste	Pessimiste
1. ÉLÉMENTS ESSENTIELS (p. 26-37)	38				
a. Plateforme en site propre	8				
b. Position de la plateforme	8				
c. Validation des titres de transport hors bus	8				
d. Traitement des carrefours	7				
e. Niveau de la plateforme d'embarquement	7				
2. PLANIFICATION D'EXPLOITATION (p. 38-44)	19				
a. Itinéraires multiples	4				
b. Service Express, arrêts limités et service local	3				
c. Centre de contrôle	3				
d. Localisé sur un des 10 couloirs les plus achalandés	2				
e. Profil de charge et achalandage	3				
f. Heures d'opération	2				
g. Réseau de plusieurs tracés	2				
3. INFRASTRUCTURE (p. 45-52)	13				
a. Voies de dépassement aux stations	3				
b. Minimiser les émissions d'autobus	3				
c. Stations en retrait des intersections	3				
d. Quais centraux	2				
e. Qualité de la chaussée	2				

CATÉGORIES	SCORE MAX	SRB Fiabilisé	EXPLICATIONS	Optimiste	Pessimiste
4. STATIONS (p. 53-57)	10				
a. Distance entre les stations	2				
b. Stations sécuritaires et confortables	3				
c. Nombre de portes sur les autobus	3				
d. Baies d'accostage et sous-stations	1				
e. Portes coulissantes automatiques dans les stations	1				
5. COMMUNICATIONS (p. 58-59)	5				
a. Image de marque	3				
b. Information aux passagers	2				
6. ACCÈS ET INTÉGRATION (p. 60-65)	15				
a. Accès universel (PMR)	3				
b. Intégration avec d'autres systèmes de transport en commun	3				
c. Accès et sécurité des piétons	4				
d. Stationnement de vélos sécurisé	2				
e. Pistes cyclables	2				
f. Intégration d'un système de vélopartage	1				
7. POINTS DE DÉMÉRITE (p. 66-72)	-63				
a. Vitesse commerciale	-10				
b. Pointe maximum sous 1 000 personnes / heure / direction	-5				
c. Manque de surveillance imposant l'usage exclusif de la plateforme	-5				
d. Écart significatif entre le plancher de l'autobus et le quai	-5				
e. Surcharge de passagers	-5				
f. Véhicules, équipements et infrastructures mal entretenus	-14				
g. Fréquence basse aux périodes de pointe	-3				
h. Fréquence basse aux périodes creuses	-2				
i. Usage non sécuritaire de vélos permis sur la plateforme	-2				
j. Manque de données de sécurité sur la circulation	-2				
k. Autobus fonctionnant en parallèle des couloirs SRB	-6				
l. Entassement des autobus (Bunching)	-4				

<https://www.itdp.org/library/standards-and-guides/the-bus-rapid-transit-standard/>



BRT Standard Scorecard

CATEGORY	MAX SCORE
BRT Basics (PP. 26–37)	38 (TOTAL)
Dedicated Right-of-Way	8
Busway Alignment	8
Off-Board Fare Collection	8
Intersection Treatments	7
Platform-level Boarding	7
Service Planning (PP. 38–44)	19
Multiple Routes	4
Express, Limited-Stop, and Local Service	3
Control Center	3
Located in Top Ten Corridors	2
Demand Profile	3
Hours of Operations	2
Multi-Corridor Network	2
Infrastructure (PP. 45–52)	13
Passing Lanes at Stations	3
Minimizing Bus Emissions	3
Stations Set Back from Intersections	3
Center Stations	2
Pavement Quality	2
Stations (PP. 53–57)	10
Distances Between Stations	2
Safe and Comfortable Stations	3
Number of Doors on Bus	3
Docking Bays and Sub-stops	1
Sliding Doors in BRT Stations	1

Minimum Requirements for a Corridor to be Considered BRT

1. At least 3 kilometers (1.9 miles) in length with dedicated lanes
2. Score 4 or more points in dedicated right-of-way element
3. Score 4 or more points in busway alignment element
4. Score 20 or more total points across all five BRT basics elements

CATEGORY	MAX SCORE
Communications (PP. 58–59)	5
Branding	3
Passenger Information	2
Access and Integration (PP. 60–65)	15
Universal Access	3
Integration with Other Public Transport	3
Pedestrian Access and Safety	4
Secure Bicycle Parking	2
Bicycle Lanes	2
Bicycle-Sharing Integration	1
Operations Deductions (PP. 66–72)	-63
Commercial Speeds	-10
Peak Passengers per Hour per Direction (pphpd) Below 1,000	-5
Lack of Enforcement of Right-of-Way	-5
Significant Gap Between Bus Floor and Station Platform	-5
Overcrowding	-5
Poorly Maintained Infrastructure	-14
Low Peak Frequency	-3
Low Off-Peak Frequency	-2
Permitting Unsafe Bicycle Use	-2
Lack of Traffic Safety Data	-2
Buses Running Parallel to BRT Corridor	-6
Bus Bunching	-4



BRONZE
55–69.9 points



SILVER
70–84.9 points



GOLD
85–100 points

<u>INTRODUCTION</u>	2
<u>BRT AWARDS SHOWCASE</u>	14
<u>SCORING IN DETAIL</u>	24
<u>APPLICATION TO RAIL CORRIDORS</u>	73
<u>BRT STANDARD SCORECARD</u>	BACK COVER

The BRT Standard
2016 Edition

Cover Photo: The Rainbow BRT system in Pune/Pimpri-Chinchwad, India
has transformed the city.

Cover Photo Credit: ITDP-India



www.itdp.org



www.rockefellerfoundation.org



www.barrfoundation.org



www.climateworks.org



www.despacio.org



www.giz.de



www.theicct.org



www.unhabitat.org



www.unep.org



www.wri.org

WORLD
RESOURCES
INSTITUTE

WRI ROSS CENTER FOR
SUSTAINABLE
CITIES

INTRODUCTION

The Yichang BRT corridor uses innovative passing lanes to move over 100,000 people per day while using 20% less street width than traditional passing lanes.

Introduction

Bus rapid transit (BRT) is a bus-based rapid transit system that can achieve high capacity, speed, and service quality at relatively low cost by combining segregated bus lanes that are typically median aligned with off-board fare collection, level boarding, bus priority at intersections, and other quality-of-service elements (such as information technology and strong branding).

The *BRT Standard* is an evaluation tool for BRT corridors based on international best practices. It is also the centerpiece of a global effort by leaders in bus rapid transit design to establish a common definition of BRT and to ensure that BRT corridors more uniformly deliver world-class passenger experiences, significant economic benefits, and positive environmental impacts.

The *Standard* functions as a planning tool, a scoring system, and a means of achieving a common definition of BRT. By defining the essential elements of BRT, it provides a framework for system designers, decision makers, and the sustainable-transport community to identify and implement high-quality BRT corridors. The *BRT Standard* celebrates cities that are leading the way in BRT excellence and offers best practice-based guidance to those planning a system.

Certifying a BRT corridor as basic BRT, bronze, silver, or gold places it within the hierarchy of international best practices. Cities with certified BRT corridors are beacons of progress that have adopted a cutting-edge form of mass transit, elevating urban transport to a new level of excellence while making communities more livable, competitive, and sustainable. The elements that receive points in the *BRT Standard* have been evaluated by BRT experts in a wide variety of contexts. When present, these elements result in consistently improved system performance and have a positive impact on ridership. Being certified as gold or silver, however, does not necessarily imply that a corridor is costly or complicated, since many BRT features are low cost or even no cost. Even relatively simple systems can achieve a high score if care is given to design decisions. From Belo Horizonte, Brazil, to Yichang, China, cities that have built gold-standard BRT have seen significant benefits to commuters, revitalized city centers, and better air quality.

As we continue to clarify and elevate the standards to which all BRT corridors are built, more people will experience the convenience and comfort of this cutting-edge mode of transport, and more cities will reap the benefits of an efficient and cost-effective mass-transit system. We hope that helping define and recognize good-quality BRT will bring about the fundamental change needed to shift people out of their cars through modern and sustainable BRT. To better meet this goal, the 2016 *Standard* has an increased focus on operations and safety, to ensure that corridors ranked highly using the BRT Standard continue to deliver high-quality service to passengers.

Glossary

The following terms are important to understanding BRT:

Active Bus Control

A bus operations system that uses data from automatic vehicle location (AVL) systems, which are based on global positioning system (GPS) information, to allow for bus service adjustments to be made in real time, often through an automated process;

Arterial Street

A major transportation thoroughfare designed for longer distance trips within a city;

Busway Alignment

The location of transit lanes within the right-of-way on a street;

BRT Corridor

A section of road or contiguous roads served by a bus route or multiple bus routes with a minimum length of 3 kilometers (1.9 miles) that has dedicated bus lanes and otherwise meets the BRT basic minimum requirements;

Direct Service

A BRT service pattern where multiple bus routes operate in a BRT corridor busway as well as outside the BRT corridor. This allows passengers to make trips with fewer transfers than with conventional trunk and feeder services;

Frequency

The number of buses that arrive in a given length of time on a single bus route or on a street segment (including multiple routes). For the purpose of the BRT Standard, the deductions for low frequencies (large headways) are measured by bus route—for example, on the TransOeste corridor in Rio de Janeiro, Brazil, the frequency for buses on the Expressas (express) routes is around 30 buses per hour;

Grade-Separated

When a transportation corridor is designed so that users do not cross direct paths of users on the corridors that it crosses. Grade separation is achieved by separating transportation corridors vertically. A flyover and an underground metro are two examples of grade separation;

Headway

The length of time between buses either on a single bus route or on a street segment (including multiple routes). For the purpose of the BRT Standard, the deductions for low frequencies (large headways) are measured by bus route—for example, on the TransOeste corridor in Rio de Janeiro, Brazil, the average headway for the Expressas (express) buses is two minutes, meaning that buses on that route arrive every two minutes;

Right-of-Way

The width of public space dedicated to the movement of people and goods as well as other public uses;

Spur

A stretch of BRT infrastructure that branches off a BRT corridor but is not long enough to be considered a corridor by itself, as it is less than 3 kilometers (1.9 miles) in length;

Trunk and Feeder Service

A BRT service pattern where all BRT bus routes operate only along the BRT corridor (the trunk route) and feeder bus routes take people to and from BRT stations. Passengers must transfer between feeder routes and BRT trunk routes.

Why was the BRT Standard Created?

The *BRT Standard* was developed to create a common definition of bus rapid transit and to recognize high-quality BRT corridors around the world. It also functions as a technical tool to guide and encourage municipalities to consider the key features of the best BRT corridors as they move through the design process.

Despite the increasing prevalence, prominence, and success of BRT, many remain unaware of the characteristics of the best BRT corridors and their ability to provide levels of service more typically associated with metro and subway systems. Prior to the introduction of the *BRT Standard* there was no common understanding of what constitutes BRT, which caused confusion about the concept. While new world-class BRT corridors continue to be implemented, the lack of quality control has often led to modest bus corridor improvements being branded as BRT or key BRT components of planned corridors being omitted due to financial or political concerns. This has frequently resulted in a preference for rail where BRT would be a comparable, more cost-effective, and equally elegant solution. The *Standard* seeks to remedy this issue by creating a common definition of BRT and its key features, and an improved understanding of the resulting level of capacity, speed, and service quality from the features that are included.

BRT also plays an important role in the global effort to reduce transport-sector emissions. As emissions from private motor vehicle use grow, shifting these trips onto public transit and avoiding new motor vehicle trips can be achieved by improving the quality and reach of BRT. Establishing a quality standard for BRT not only ensures that better projects are built but that transport sector emissions are reduced. Each transit investment, however, must be planned and designed based on the specific conditions that frame the investment, and BRT may not be the best solution in all instances. More detailed guidance on the design and planning of BRT Corridors can be found in the BRT Planning Guide.

What's New in 2016?

The *BRT Standard*, 2016 edition, is the product of feedback received from BRT practitioners around the world. Suggestions were formulated into concrete proposals, which were considered by the *BRT Standard* Technical Committee, a group consisting of leading BRT engineers, designers, and planners. Descriptions of the most significant changes follow:

• Focus on Safety

To better address safety concerns, the Pedestrian Access section has been renamed Pedestrian Access and Safety and now requires more safety features, such as safe and frequent pedestrian crossings in built-up areas. In addition, new operations deductions have been added, including a deduction for excessive pedestrian wait times and poor maintenance of pedestrian and bicycle facilities;

• Increased Focus on Operations

To encourage high-quality system operations, new operations deduction elements have been added for numerous issues that have been encountered on BRT corridors, which significantly degrade corridor quality, even on corridors with excellent design. These include deductions for bus bunching, permitting unsafe bicycle use, lack of traffic safety data, and buses running parallel to the BRT corridor;

• Separate Design Score and Full Score (Design + Operations) Options

A separate Design Score is now allowed for assessing the design elements of an operational BRT corridor, indicating the potential performance. This can be assessed when a corridor launches. The Full Score (Design + Operations), combining the Design Score and operations deductions, can be assessed six months after commercial operations have begun, allowing usage and operations to stabilize. This provides a full indication of performance based on both design and operations;

• Improved Dedicated Right-of-Way Definition

The dedicated right-of-way element has been modified to create a simpler and more effective means of assessing exclusive bus lanes. More emphasis has been placed on physical separation, which reduces the need for enforcement;

• New Busway Alignments

The busway alignments element has been expanded to include 4 points (out of 8) for two types of alignments that are increasingly common; both alignments are for busways on boulevard-type streets with both a central/express roadway and service roads on the sides separated by a median;

• Onboard Fare Validation

The BRT Standard now allocates some points for onboard fare validation of tickets purchased off-board. This type of system is in use in many cities in Europe and is being implemented in lower-demand corridors in North America as well. It can provide significant time savings when combined with all-door boarding.

Park-and-Ride Lots

Many transit experts have requested the addition of points for park-and-ride facilities in the *Standard* to increase ridership in low-demand areas. While these facilities can attract additional ridership, they occupy land with high transit-oriented development (TOD) potential, compete with bus and nonmotorized transportation access options, and encourage autocentric development farther from the corridor. Given this, the Technical Committee has decided not to include park-and-ride lots in the *Standard*.

Governance

Two committees govern the *BRT Standard*: the Technical Committee and the Institutional Endorsers. The Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) currently convenes both committees.

The Technical Committee of the *BRT Standard* is composed of globally renowned experts on BRT. This committee serves as a consistent source of sound technical advice with respect to BRT and is the basis for establishing the credibility of the *BRT Standard*. The Technical Committee certifies corridors and recommends revisions to the *BRT Standard* as needed.

The *BRT Standard* Technical Committee members include:

- Manfred Breithaupt, *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)*
- Paulo Custodio, *Consultant*
- Darío Hidalgo, *World Resources Institute Ross Center for Sustainable Cities*
- Walter Hook, *BRT Planning International*
- Wagner Colombini Martins, *Logit Consultoria*
- Gerhard Menckhoff, *World Bank (retired)**
- Juan Carlos Muñoz, *Bus Rapid Transit Centre of Excellence, Pontificia Universidad Católica de Chile*
- Ulises Navarro, *ITDP*
- Carlosfelipe Pardo, *Despacio*
- Scott Rutherford, *University of Washington**
- Pedro Szasz, *Consultant*
- Lloyd Wright, *Asian Development Bank**

Unless indicated by an asterisk (*), each committee member also represents his or her institution.

In Memorium: Colleen McCaul
It is with great sadness that we said goodbye to Colleen McCaul, who died in early 2016. Colleen contributed to this latest version of the *BRT Standard*, as a constructive and considerate member of the Technical Committee. She consulted in the field of transportation planning, management and research in South Africa for over 20 years, particularly on BRT and informal transport. Colleen lead the the Rea Vaya BRT design team for years, and was vital to negotiating the first Rea Vaya BRT operating contract with affected minibus-taxi operators. She authored the book *No Easy Ride*, about the minibus-taxi industry. In a field often dominated by men, Colleen brought technical integrity, a mighty mind and a generous spirit. She will be dearly missed.

The emissions scoring detail for buses was recommended by the International Council on Clean Transportation (ICCT), a nonprofit organization specializing in vehicle efficiency and fuel standards.

The Institutional Endorsers are an integrated group of highly respected institutions in the fields of city building, public transport systems, and climate change with decision-making abilities over the *BRT Standard* certification process. All have a commitment to high-quality public transport and its impact on social and economic development.

The endorsers establish the strategic direction of the *BRT Standard*, ensure that BRT projects ranked by the scoring system uphold the goals of the *BRT Standard*, and promote the *BRT Standard* as a quality check for BRT projects globally.

The Institutional Endorsers include:

- Barr Foundation
- ClimateWorks Foundation
- Despacio
- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
- Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) (convener)
- International Council on Clean Transportation (ICCT)
- The Rockefeller Foundation
- United Nations Environment Programme (UNEP)
- United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat)
- World Resources Institute (WRI) Ross Center for Sustainable Cities

Updating the BRT Standard

The *BRT Standard* is reviewed and updated at least every three years by the Technical Committee. The members of the *BRT Standard* Technical Committee welcome input from other experts in the field, which they will take into consideration and raise for serious discussion if warranted. The Technical Committee debates proposed changes and tests them against known systems to gauge their accuracy.

Overview of the BRT Standard Scorecard

The BRT Standard scoring system was created as a way of protecting the BRT brand and offering recognition to high-quality BRT corridors around the world. Certifying a BRT corridor as gold, silver, bronze, or basic sets an internationally recognized standard for the current best practices for BRT. Corridors are assessed in two ways: **Design Score** and **Full Score** (Design + Operations). The full scoring system is shown on page 25 and described in detail throughout this document.

Design Score

The Design Score is a basic reflection of BRT corridor quality based solely on the implemented design and services. This Design Score represents the maximum potential for performance on a corridor. Points are awarded for the elements of corridor design that most significantly improve BRT speed, capacity, reliability, and quality of service.

Full Score (Design + Operations)

Full Scores are the most complete and realistic indicator of BRT corridor quality and performance. The Full Score combines the Design Score with operations deductions, where points are subtracted from the score based on operational elements that significantly reduce corridor performance and quality of service. Full Scores (Design + Operations) may only be assessed six months after a corridor has launched commercial operations, to allow usage and operations to be more representative of longer-term patterns.

Point System Criteria

The criteria used to determine the point system are as follows:

- The points should act as proxies for better service (speed, capacity, reliability, and comfort);
- The points should be assigned based on a general consensus among BRT experts on what constitutes best practices in BRT corridor planning, design, and operations, and the relative importance of those factors;
- The points should reward good, often politically challenging design and operational decisions made by the project team that will result in superior performance rather than rewarding characteristics that may be innate to a corridor, such as geographic location or weather;
- The metrics and weightings should be easily and equitably applicable as well as scalable to a wide range of BRT corridors in different contexts—from lower-ridership, smaller corridors to larger, high-volume corridors;
- The basis for the score should be reasonably transparent and independently verifiable without recourse to information that cannot be readily obtained.

The maximum number of points a corridor can earn is 100. An overview of the four BRT Standard point categories follows. Bronze, silver, and gold rankings all reflect well-designed corridors that have achieved excellence. A ranking of basic BRT means that the corridor meets the minimum criteria to qualify as BRT but has not quite reached the same level of excellence as those that have received bronze, silver, or gold awards.

BRT Standard Rankings



Gold-standard BRT 85 Points or above

Gold-standard BRT is consistent in almost all respects with international best practices. These corridors achieve the highest level of operational performance and efficiency while providing a high quality of service. The gold level is achievable on any corridor with sufficient demand to justify BRT investments. These corridors have the greatest ability to inspire the public, as well as other cities.



Silver-standard BRT 70–84.9 points

Silver-standard BRT includes most of the elements of international best practices and is likely to be cost-effective on any corridor with sufficient demand to justify BRT investment. These corridors achieve high operational performance and quality of service.



Bronze-standard BRT 55–69.9 points

Bronze-standard BRT solidly meets the definition of BRT and is mostly consistent with international best practices. Bronze-standard BRT has some characteristics that elevate it above the BRT basics, achieving higher operational efficiencies or quality of service than basic BRT.

Basic BRT

Basic BRT refers to a core subset of elements that the Technical Committee has deemed essential to the definition of BRT. This minimum qualification is a precondition to receiving a gold, silver, or bronze ranking.

Design versus Performance

The *BRT Standard* relies on easily observable design and operations characteristics that are associated with high performance rather than on performance measurements. This is currently the most reliable and equitable mechanism for recognizing quality in different corridors. The main reasons for this approach include:

- **The ability to assess both planned and existing corridors:** the BRT Standard is intended to help guide planning and design decisions prior to corridor implementation. The Design Score can be assessed for both planned and built corridors and allows the two to be compared, whereas performance standards are only applicable when assessing operational corridors;
- **Good data is rare and expensive:** while the effect of the BRT corridor on a passenger's door-to-door travel time would be the ideal performance appraisal metric, this data is extremely difficult, expensive, and time-consuming to collect and nearly impossible to independently corroborate.

Other Project Appraisal Tools

The *BRT Standard* is intended to complement cost-effectiveness measurements and corridor performance evaluations. Using the *BRT Standard* without cost-effectiveness appraisal tools could lead to underspending on BRT elements that would increase operational efficiency or improve service quality. Conversely, some elements of BRT or even the choice to pursue BRT may not be justified based on a cost-effectiveness appraisal. For these reasons, the *BRT Standard* should be used in tandem with a cost-effectiveness or cost-benefit evaluation.

Similarly, the *BRT Standard* may be a useful element of project appraisal as a way of testing the credibility of claimed speed improvements or other performance claims made as part of a more systematic "performance-based" appraisal, such as the U.S. Federal Transit Administration's cost-effectiveness analysis or the internal rate-of-return analysis required by development banks during project appraisal.

Scoring Corridors

Corridor scores are calculated based on the detailed scoring system described in the following pages. Scores are submitted to the Technical Committee and are verified by individual members of the Technical Committee. Once a score has been verified by at least one member, it may be released to the public. Ideally, more than one person will score each corridor.

Corridors are visited during rush hour, and the visit must consider the three busiest stations on the corridor. The score report will be documented with text and/or photos and may only account for elements that are in place, unless otherwise required in the Standard (e.g., the Multi-Corridor Network element). If any element for scoring a corridor requires gathering data from more than ten stations, then a random sample of at least five stations may be substituted.

A Full Score using the BRT Standard includes both the Design Score and operations deductions. Design Scores may be assessed at any time after a corridor has opened. Operations deductions may only be assessed after a corridor has been in commercial operation for at least six months. Design Scores and Full Scores are official once they have been verified by a member of the Technical Committee.

All bus transit corridors that have not previously been scored are eligible for scoring; previously scored corridors may be rescored upon request if they have experienced significant changes in design or operations since the last time they were evaluated. When a corridor is rescored, the justification for rescoring the corridor will also be noted when the new score is released. Scores will be released each year and used as a means to compare and celebrate those cities that have made the politically courageous and technically difficult decisions necessary to implement true BRT.

The BRT Standard Technical Committee and the Institutional Endorsers look forward to making this an even stronger tool for creating better BRT corridors and encouraging better public transport that benefits cities and citizens alike.

For any questions on the scoring process, or to request a scoring, please contact brtstandard@itdp.org.



The Metroplus BRT, in Medellín, Colombia, provides a critical link in the city's diverse transit network.

BRT AWARDS SHOWCASE



Yichang BRT

YICHANG, CHINA

Ranking: Gold

Corridor Length: 23km

Riders per Day: 240,000

Notable Strengths: Yichang's direct service system uses passing lanes to allow a wide range of routes to benefit from the BRT corridor.

Areas for Improvement: The BRT corridor would benefit from more continuous bicycle paths, bicycle parking, and the planning bike share system to improve access to stations.

MOVE

MOVE—CRISTIANO MACHADO
BELO HORIZONTE, BRAZIL

Ranking: Gold

Corridor Length: 7.1 km

Riders per Day: 185,000

Notable Strengths: MOVE BRT has created very high capacity BRT corridors in areas with high demand. The BRT corridors continue into the heart of the city, where demand is the highest but space is at the greatest premium.

Areas for Improvement: The BRT corridor would benefit from more turn restrictions, to minimize delay at intersections. The corridor would also benefit from mid-block crosswalks to create more direct access to stations outside of downtown.



TransMilenio

SUBA
BOGOTÁ, COLOMBIA

Ranking: Gold

Corridor Length: 13km

Riders per Day: 120,000

Notable Strengths: Transmilenio introduced high capacity BRT to the world. It is able to move people to a degree that equals and exceeds many metro systems.

Areas for Improvement: Transmilenio has been so successful that it has experienced overcrowding. More frequent bus service and network expansion would help to alleviate these issues.



Metrobus

9 DE JULIO
BUENOS AIRES, ARGENTINA

Ranking: Silver

Corridor Length: 3.5km

Riders per Day: 255,000

Notable Strengths: The 9 de Julio BRT corridor makes effective use of public space on one of the widest urban arterials in the world. To allow buses with right side doors to use the open corridor, buses drive on the left. Passing lanes further increase capacity along this busy corridor, quickly moving people through the heart of the city.

Areas for Improvement: Off-board fare collection would further improve bus speeds and reliability on the corridor. Limited stop and express services could be introduced to take better advantage of the passing lanes on the corridor.

Metrobús

LÍNEA 3
MEXICO CITY, MEXICO

Ranking: Silver

Corridor Length: 17km

Riders per Day: 140,000

Notable Strengths: Located on a high-demand corridor, the Metrobús Línea 3 has high quality buses and stations, frequent service and good connections to Metro stations and the five other Metrobús corridors.

Areas for Improvement: Metrobús would benefit from fare integration with the Metro system, better intersection treatments, and better integration with the growing bicycle network.



Rea Vaya

PHASE 1A
JOHANNESBURG, SOUTH AFRICA

Ranking: Silver

Corridor Length: 25km

Riders per Day: 42,000

Notable Strengths: Rea Vaya has high quality stations, and potential to easily increase capacity over time, as demand increases on the corridor. The corridor connects through the downtown.

Areas for Improvement: The corridor needs better maintenance of infrastructure and better enforcement of the exclusive bus lanes.



CTfastrak

HARTFORD—NEW BRITAIN
HARTFORD, UNITED STATES

Ranking: Silver

Corridor Length: 9.4km

Riders per Day: 14,000

Notable Strengths: CTfastrak repurposed an unused freight rail corridor as bus rapid transit, minimizing delays at intersections. The corridor offers a direct service model, where routes operate on part or all of the corridor as well as off the corridor.

Areas for Improvement: The corridor would benefit from extending full BRT treatments into downtown Hartford. Wait times would be reduced by extending proof-of-payment fare collection to all routes on the corridor.

Rainbow BRT

CORRIDOR 2: SANGAVI KIWALE
PIMPRI-CHINCHWAD, INDIA

Ranking: Bronze (design)

Corridor Length: 14km

Riders per Day: 120,000

Notable Strengths: The Rainbow BRT system introduced BRT in a challenging transportation context.

Areas for Improvement: Implementing off-board fare collection and better intersection priority would increase bus speeds along the corridor.



SCORING IN DETAIL

The 9 de Julio BRT, in Buenos Aires, Argentina, reclaimed multiple lanes of traffic for transit use.

The BRT Standard Scorecard

This scorecard shows the criteria and point values that make up the *BRT Standard*, followed by a detailed description of each.

CATEGORY	MAX SCORE	CATEGORY	MAX SCORE
BRT Basics (PP. 26–37)	38 (TOTAL)	Communications (PP. 58–59)	5
Dedicated Right-of-Way	8	Branding	3
Busway Alignment	8	Passenger Information	2
Off-Board Fare Collection	8		
Intersection Treatments	7	Access and Integration (PP. 60–65)	15
Platform-level Boarding	7	Universal Access	3
		Integration with Other Public Transport	3
Service Planning (PP. 38–44)	19	Pedestrian Access and Safety	4
Multiple Routes	4	Secure Bicycle Parking	2
Express, Limited-Stop, and Local Service	3	Bicycle Lanes	2
Control Center	3	Bicycle-Sharing Integration	1
Located in Top Ten Corridors	2		
Demand Profile	3	Operations Deductions (PP. 66–72)	-63
Hours of Operations	2	Commercial Speeds	-10
Multi-Corridor Network	2	Peak Passengers per Hour per Direction (pphpd) Below 1,000	-5
		Lack of Enforcement of Right-of-Way	-5
Infrastructure (PP. 45–52)	13	Significant Gap Between Bus Floor and Station Platform	-5
Passing Lanes at Stations	3	Overcrowding	-5
Minimizing Bus Emissions	3	Poorly Maintained Infrastructure	-14
Stations Set Back from Intersections	3	Low Peak Frequency	-3
Center Stations	2	Low Off-Peak Frequency	-2
Pavement Quality	2	Permitting Unsafe Bicycle Use	-2
		Lack of Traffic Safety Data	-2
Stations (PP. 53–57)	10	Buses Running Parallel to BRT Corridor	-6
Distances Between Stations	2	Bus Bunching	-4
Safe and Comfortable Stations	3		
Number of Doors on Bus	3		
Docking Bays and Sub-stops	1		
Sliding Doors in BRT Stations	1		

Definition of a BRT Corridor

The *BRT Standard* is to be applied to specific BRT corridors rather than to a BRT system as a whole. This is because the quality of BRT in cities with multiple corridors can vary significantly. For the purposes of the *BRT Standard*, a BRT corridor is defined as:

A section of road or contiguous roads served by a bus route or multiple bus routes with a minimum length of 3 kilometers (1.9 miles) that has dedicated bus lanes.

The primary reason for defining the corridor in this way is that in some cities BRT is not prioritized over automobile traffic, an essential element in rapid transit that improves both efficiency and cost. To avoid rewarding corridors that do not make this political choice, the corridor needs to be defined as including dedicated bus lanes.

Spurs—short sections of dedicated bus lanes that connect to a middle section of the primary bus corridor—are considered part of the primary corridor if they are less than three kilometers (1.9 miles) in length. Similar sections of dedicated bus lanes that are greater than three kilometers (1.9 miles) in length are considered separate corridors.

The BRT Basics

The “BRT Basics” are a set of elements that the Technical Committee has deemed essential to defining a corridor as BRT. These five elements most critically contribute to eliminating sources of delay from congestion, conflicts with other vehicles, and passenger boarding and alighting, thus increasing efficiency and lowering operating costs. They are of critical importance in differentiating BRT from standard bus service. The five essential elements of BRT (and their maximum scores) are:

- Dedicated right-of-way (8 points)
- Busway alignment (8 points)
- Off-board fare collection (8 points)
- Intersection treatments (7 points)
- Platform-level boarding (7 points)

*Of the five essential elements, a corridor must score at least 4 on both busway alignment and dedicated right-of-way **AND** must achieve a minimum of 20 points across all five categories to be identified as BRT.

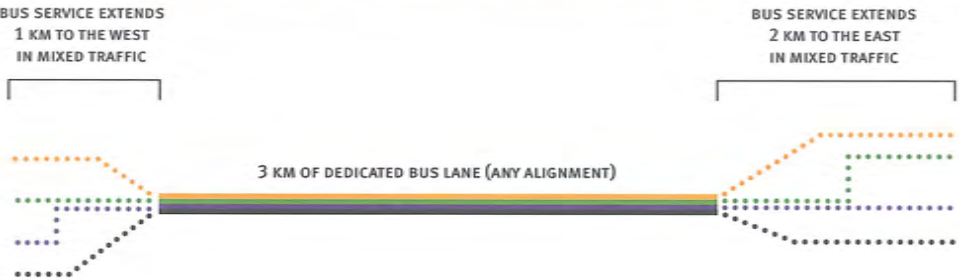
Minimum Requirements for a Corridor to Be Considered BRT

1. At least 3 kilometers (1.9 miles) in length with dedicated lanes
2. Score 4 or more points in dedicated right-of-way element
3. Score 4 or more points in busway alignment element
4. Score 20 or more total points across all five BRT basics elements

Examples of BRT Corridors

Note: To qualify as BRT, a corridor must also meet the BRT Basics

Example 1: A 3-kilometer (1.9 mile) corridor



Example 2: A 3-kilometer (1.9 mile) corridor



Example 3: NOT A Corridor



Dedicated Right-of-Way

8 points maximum

A dedicated right-of-way is vital to ensuring that buses can move quickly and unimpeded by congestion. Physical design is critical to the self-enforcement of the right-of-way. Dedicated lanes matter the most in heavily congested areas where it is harder to take a lane away from mixed traffic to dedicate it as a busway.

Dedicated lanes can be segregated from other vehicle traffic in different ways, but physical separation typically results in the best compliance and the easiest enforcement. Physical separation includes a physical impediment to entering and exiting the lanes. Some physical barriers, such as fences, prevent vehicles from entering and exiting bus lanes entirely, while other barriers, such as curbs, can be carefully mounted to enter or exit the bus lanes. In some designs the bus stations themselves can act as barriers. Some permeability is generally advised, as buses occasionally break down and block the busway or otherwise need to leave the corridor.

While the definition of a BRT corridor requires at least 3 kilometers (1.9 miles) of dedicated bus lanes, this element evaluates the quality of the segregation throughout the corridor, including sections without dedicated lanes.

BRT Basics: this is an element of BRT deemed essential to true BRT corridors. A minimum score of 4 must be achieved on this element for a corridor to be defined as BRT.

Scoring Guidelines: the score is calculated by multiplying the percentage of the corridor that has each type of dedicated right-of-way for BRT services by the number of points associated with the type of dedication. Corridor segments that permit the use of taxis, motorcycles, high-occupancy vehicles, and other nonemergency vehicles are not considered to have dedicated lanes.

Type of Dedicated Right-of-Way	POINTS	WEIGHTED BY
Physically separated, dedicated lanes	8	% of corridor with type of dedicated right-of-way
Color-differentiated, dedicated lanes with no physical separation	6	
Dedicated lanes separated by a painted line	4	
No dedicated lanes	0	



The Rainbow BRT in Pune/Pimpri-Chinchwad, India uses fences to create dedicated physically-separated bus lanes.

Busway Alignment

8 points maximum

The busway is best located where conflicts with other traffic can be minimized, especially from turning movements from mixed-traffic lanes. In most cases, a busway in the central verge of a roadway encounters fewer conflicts with turning vehicles than those adjacent to the curb due to alleys, parking lots, and so forth. Additionally, while delivery vehicles and taxis generally require access to the curb, the central verge of the road usually remains free of such obstructions. All of the design configurations recommended below are related to minimizing the risk of delays caused by turning conflicts and curbside access.

BRT Basics: this is an element of BRT deemed essential to true BRT corridors. A minimum score of 4 must be achieved on this element for a corridor to be defined as BRT.

Scoring Guidelines: this scoring is weighted using the percentage of the corridor of each particular configuration multiplied by the points associated with that configuration and then adding those numbers together.

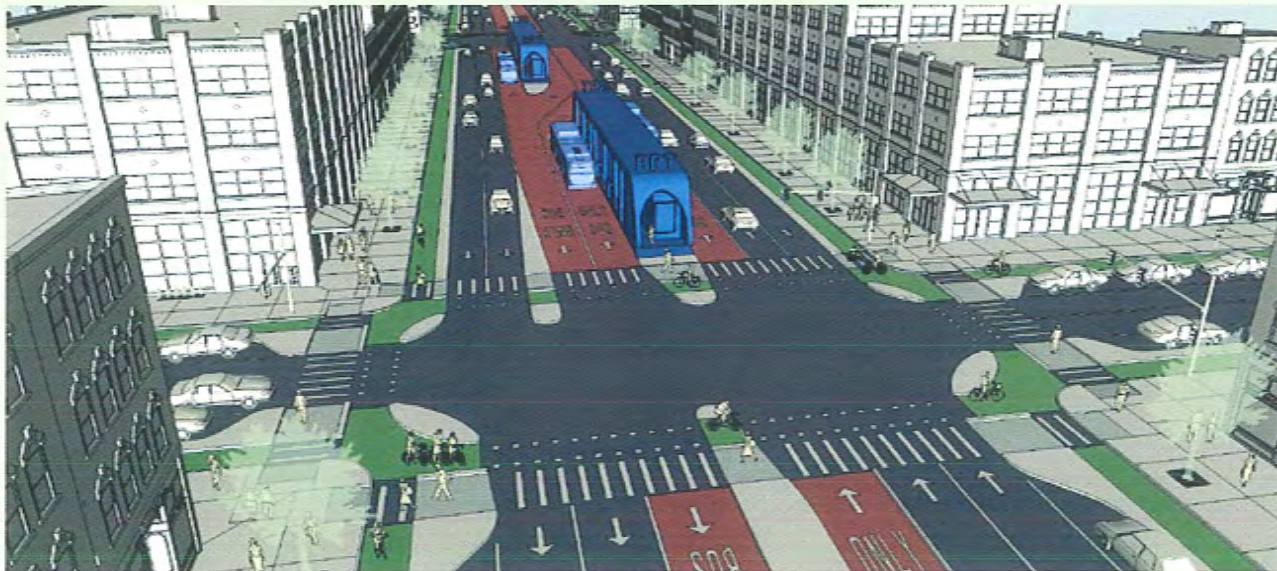
Corridor Configurations	POINTS	WEIGHTED BY
TIER 1 CONFIGURATIONS		% of corridor with type of dedicated right-of-way
Two-way median-aligned busway in the central verge of a two-way road	8	
Bus-only corridor where there is a fully exclusive right-of-way and no parallel mixed traffic, such as a transit mall (e.g., Bogotá, Colombia; Curitiba, Brazil; and Quito, Ecuador) or a converted rail corridor (e.g., Cape Town, South Africa, and Los Angeles)	8	
Busway that runs adjacent to an edge condition like a waterfront or park where there are few intersections to cause conflicts	8	
Busway that runs two-way on the side of a one-way street	6	
TIER 2 CONFIGURATIONS		
Busway that is split into two one-way pairs on separate streets, with each bus lane centrally aligned in the roadway	5	
Busway aligned to the outer curb of the central roadway on a street with a central roadway and parallel service road	4	
Busway aligned to the inner curb of the service road on a street with a central roadway and parallel service road. Busway must be physically separated from other traffic on the service road to receive points	4	
Busway that is split into two one-way pairs on separate streets, with each bus lane aligned to the curb	3	
TIER 3 CONFIGURATIONS		
Virtual busway that operates bidirectionally in a single median lane that alternates direction by block.	1	
NON-SCORING CONFIGURATIONS		
Curb-aligned busway on a two-way road	0	



EXAMPLE OF A TWO-WAY MEDIAN-ALIGNED BUSWAY

TIER 1 CONFIGURATION

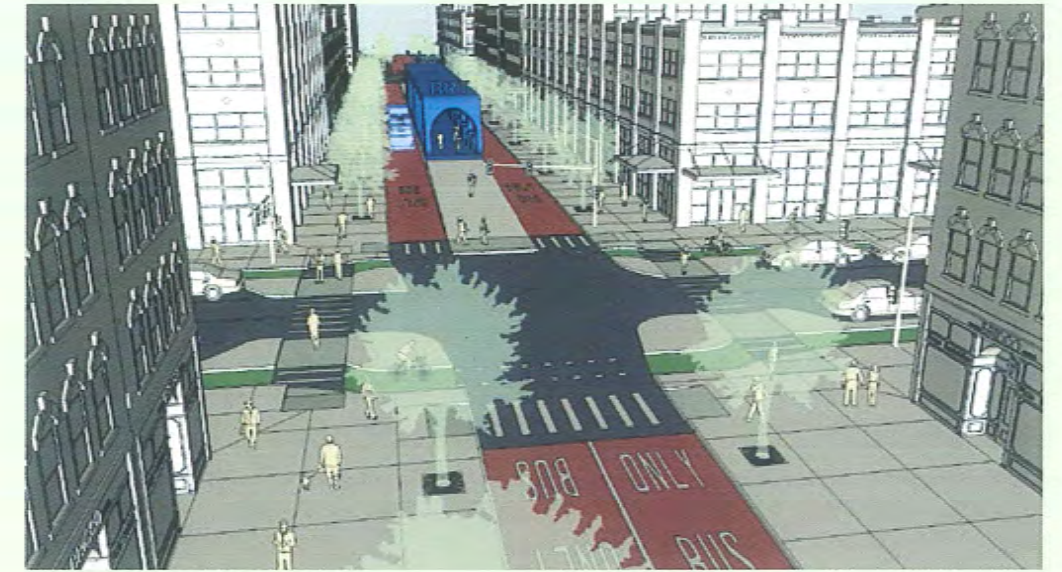
8 POINTS



EXAMPLE OF A TWO-WAY MEDIAN-ALIGNED BUSWAY WITH PASSING LANES

TIER 1 CONFIGURATION

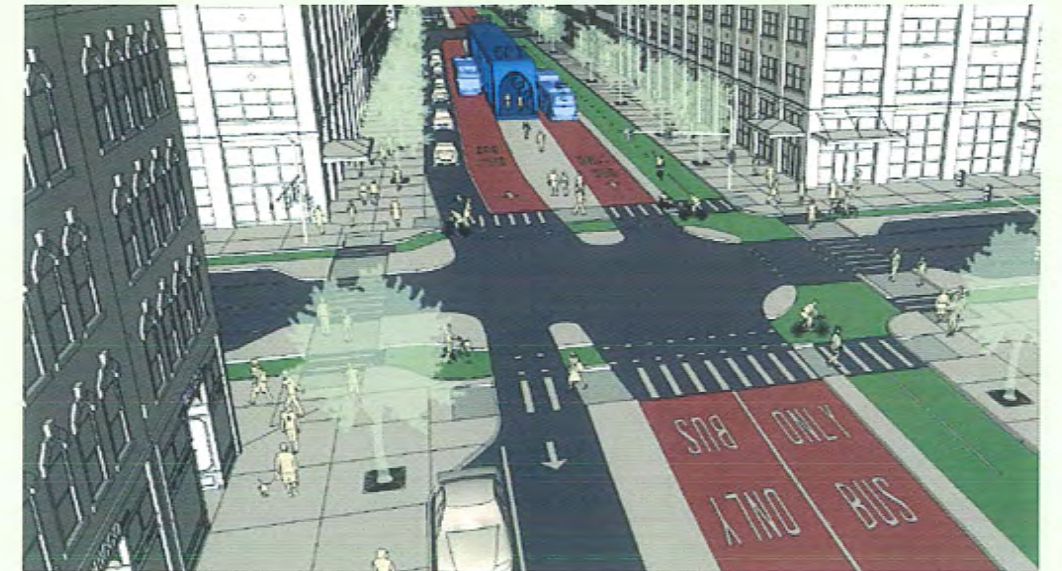
8 POINTS



EXAMPLE OF A BUS-ONLY CORRIDOR WITH EXCLUSIVE RIGHT-OF-WAY

TIER 1 CONFIGURATION

8 POINTS



EXAMPLE OF A BUSWAY THAT RUNS TWO-WAY ON THE SIDE OF A ONE-WAY STREET

TIER 1 CONFIGURATION

6 POINTS



EXAMPLE OF A BUSWAY CENTRALLY ALIGNED ON A ONE-WAY STREET

TIER 2 CONFIGURATION

5 POINTS



EXAMPLE OF A BUSWAY ALIGNED TO THE INNER CURB OF THE SERVICE ROAD ON A BOULEVARD-TYPE STREET WITH A CENTRAL ROADWAY AND PARALLEL SERVICE ROAD

TIER 2 CONFIGURATION

4 POINTS



EXAMPLE OF A BUSWAY ALIGNED TO THE OUTER CURB OF THE CENTRAL ROADWAY ON A BOULEVARD-TYPE STREET WITH A CENTRAL ROADWAY AND PARALLEL SERVICE ROAD

TIER 2 CONFIGURATION

4 POINTS



TOP
A kiosk sells tickets for the proof-of-payment system used in Las Vegas, Nevada.

BOTTOM
Turnstiles control access into Transjakarta's stations in Jakarta, Indonesia.

Off-board Fare Collection

8 points maximum

Off-board fare collection is one the most important factors in reducing travel time and improving the passenger experience.

Presently, the two most effective approaches to off-board fare collection are “barrier-controlled,” where passengers pass through a gate, turnstile, or checkpoint upon entering the station where their ticket is verified or a fare is deducted, and “proof-of-payment,” where passengers pay at a kiosk and collect paper tickets or pass with the payment marked that is occasionally checked on board the vehicle by an inspector. Both approaches can significantly reduce delays. However, barrier-controlled is slightly preferable because:

- It is easier to accommodate multiple routes using the same BRT infrastructure, without modifying the entire fare collection system for the entire urban transit network;
- It minimizes fare evasion, as every passenger must have his/her ticket scanned in order to enter the system versus proof-of-payment, which requires random checks;
- Proof-of-payment can cause anxiety for passengers who may have misplaced tickets;
- The data collected by barrier-controlled systems upon boarding, and sometimes upon alighting, can be useful in future system planning.

On the other hand, proof-of-payment systems on bus routes that go beyond BRT corridors extend the benefits of time savings to those sections of the bus routes that lie beyond the BRT corridor.

A third approach, onboard fare validation, directs passengers to purchase tickets/fares before boarding and validate them on the vehicle through rapid electronic readers available at all bus doors. While this provides time savings for passengers, it is not as efficient as barrier-controlled or proof-of-payment systems.

BRT Basics: this is an element of BRT deemed essential to true BRT corridors.

Scoring Guidelines: to be eligible for scoring, off-board fare collection needs to occur during all operating hours. Scores are weighted by the percentage of either stations or routes on the corridor that utilize that payment system. The maximum score for this element is 8 points.

Off-Board Fare Collection (During All Operating Hours)	POINTS	WEIGHTED BY
Barrier-controlled	8	% stations on corridor
Proof-of-payment	7	% routes using corridor bus infrastructure
Onboard fare validation—all doors	4	% routes using corridor bus infrastructure

Annexe 2

BRT Standards (ITDP)

Intersection Treatments

7 points maximum

There are several ways to reduce bus delays at intersections, all of which are aimed at increasing the green-signal time for the bus lane. Forbidding turns across the bus lane and minimizing the number of traffic-signal phases where possible are the most important. Traffic-signal priority, when activated by an approaching BRT vehicle, is useful on lower-frequency corridors but is less effective than turn prohibitions.

BRT Basics: this is an element of BRT deemed essential to true BRT corridors.

Scoring Guidelines: scores are weighted by the percentage of turns prohibited or intersections with signal priority along the corridor. On corridors with grade separation, intersections that are bypassed by the grade-separated busway count as having all turns across the busway prohibited. The score is the sum of the points for turns prohibited and signal priority. While these may add up to more than 7 points, the score is capped at 7 points for this element.

Intersection Treatments	POINTS	WEIGHTED BY
Turns prohibited across the busway	7	% of turns across busway prohibited
Signal priority at intersections	2	% of intersections on corridor



Left turns are not allowed at this intersection along the BRT corridor in Las Vegas, Nevada.

Platform-level boarding speeds boarding and alighting in Ahmedabad, India.



Platform-level Boarding

7 points maximum

Having the bus station platform level with the bus floor (i.e., eliminating the vertical gap) is one of the most important ways of reducing boarding and alighting times per passenger. Boarding configurations where passengers must climb even relatively minor steps can cause significant delays, particularly for the elderly, disabled, or people with suitcases or strollers. The reduction or elimination of the vehicle-to-platform gap (the horizontal gap) is also key to passenger safety and comfort.

“Vertical gap” refers to the difference in height between bus floors and station platforms. Vertical gaps are primarily reduced by designing station platforms and purchasing buses so that the height of the bus floors matches the height of station platforms on the corridor. Station platforms should be designed and buses selected so that the vertical distance between the platform and the bus floor is less than 1.5 centimeters (5/16 inches), although larger gaps are acceptable in *the Standard*.

“Horizontal gap” refers to the distance between the bus and the platform. There are a range of ways to achieve horizontal gaps of less than 10 centimeters (4 inches), including guided busways at stations, alignment markers, Kassel curbs, and boarding bridges. The scoring does not take into account which technique is chosen.

BRT Basics: this is an element of BRT deemed essential to true BRT corridors.

Scoring Guidelines: buses with an average vertical distance greater than 4 centimeters (1 1/2 inches) between the bus floor and the station platform will not qualify as “platform level.” Buses with steps inside them also will not count as platform-level. Scores for each element are weighted by the percentage of buses that are platform-level and the percentage of stations that have measures to reduce the horizontal gap. A maximum of 7 points is possible for this element.

Platform-Level Boarding	POINTS	WEIGHTED BY
Buses are platform level, having 4 centimeters (1 1/2 inches) or less of vertical gap	7	% of buses operating on corridor
Stations in corridor have measures for reducing the horizontal gap	6	% of stations on corridor

Service Planning

SERVICE PLANNING

MULTIPLE ROUTES

Multiple Routes

4 points maximum

Having multiple routes operate on a single corridor is a good proxy for reduced door-to-door travel times by reducing transfer penalties.

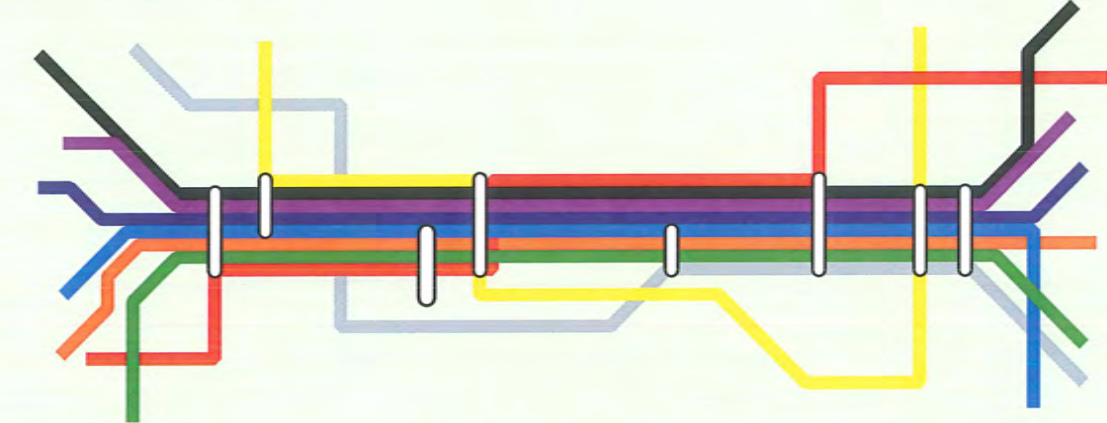
This can include:

- Routes that operate over multiple corridors, as exists with TransMilenio in Bogotá, Colombia, or Metrobús in Mexico City;
- Multiple routes operating in a single corridor that go to different destinations once they leave the corridor, as exists with the Guangzhou, China; Cali, Colombia; and Johannesburg, South Africa, BRT systems.

This flexibility of bus-based systems is one of the primary advantages of BRT that is frequently not well used or understood.

Multiple Routes	POINTS
Two or more routes exist on the corridor, servicing at least two stations	4
No multiple routes	0

BRT Corridor



Mexico City's Metrobús added an additional twenty thousand daily passengers by incorporating a direct route connecting Corridor I (Insurgentes) with Corridor II (Eje 4), eliminating the transfer between the two.

SERVICE PLANNING

MULTIPLE ROUTES

Express, Limited-Stop, and Local Services

3 points maximum

One of the most important ways that BRT corridors increase operating speeds and reduce passenger travel times is by providing limited-stop and express services. While local services stop at every station, limited-stop services skip lower-demand stations and stop only at major stations that have higher passenger demand. Express services often collect passengers at stops at one end of the corridor, travel along much of the corridor without stopping, and drop passengers off in the city center or at the other end of the corridor.

Infrastructure necessary for the inclusion of express, limited-stop, and local BRT services is captured in other scoring metrics.

Service Types	POINTS
Local services and multiple types of limited-stop and/or express services	3
At least one local and one limited-stop or express service option	2
No limited-stop or express services	0

The BRT in Yichang, China, offers local, limited, and express services along the same corridor. Digital information tells passengers which door offers which service.



Control Center

3 points maximum

Control centers for BRT systems are increasingly prevalent, allowing operators to directly monitor bus operations, identify problems, and rapidly respond to them. This can save users time and improve the quality of the BRT service.

A full-service control center monitors the locations of all buses with GPS or similar technology and can:

- Respond to incidents in real-time;
- Control the spacing of buses;
- Determine and respond to the maintenance status of all buses in the fleet;
- Record passenger boardings and alightings for future service adjustments;
- Use Computer-Aided Dispatch (CAD)/Automatic Vehicle Location (AVL) for bus tracking and performance monitoring.

A full-service center should be integrated with a public transport system's existing control center as well as the traffic signal system.

Scoring Guidelines: the following three elements are part of a full-service control center: 1) automated dispatch, 2) active bus control, and 3) AVL.

Control Center	POINTS
Full-service control center with all three services	3
Control center with two of the three services	2
Control center with one of the three services	1
No control center or center with limited functionality	0

The control center in Rio de Janeiro, Brazil, allows the operator to monitor BRT service across the system.



Located In Top Ten Corridors

2 points maximum

If the BRT corridor is located along one of the top ten corridors, in terms of aggregate bus ridership, this will help ensure that a significant proportion of passengers benefit from the improvements. Points are awarded to systems that have made a good choice for the BRT corridor, regardless of the level of total demand.

Scoring Guidelines: if all top ten demand corridors have already benefited from public transport infrastructure improvements and the corridor thus lies outside the top ten, all points are awarded.

Corridor Location	POINTS
Corridor is one of top ten demand corridors	2
Corridor is not one of top ten demand corridors	0



This map showing the demand from road-based transit highlights that the first corridor of Johannesburg's BRT (in red) is one of the top corridors. The higher the demand the wider the green and red lines.

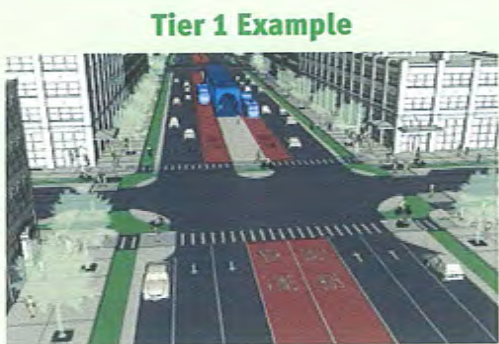
Demand Profile

3 points maximum

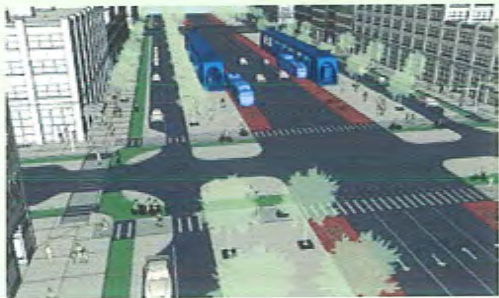
Building dedicated BRT infrastructure in the highest-demand segments of a road ensures that the greatest number of passengers benefit from the improvements. This is most significant when the decision is made whether or not to build a corridor through a downtown area; however, it can also be an issue outside of a downtown on a road segment that has areas with particularly high demand. Building BRT infrastructure through the highest demand parts of a route will save users time and improve the quality of the service.

Scoring Guidelines: the BRT corridor must include dedicated infrastructure for the road segment with the highest demand within a 2-kilometer (1.2 miles) distance of either end of the corridor. This segment should also have the highest quality of busway alignment in that section, and the score thus relates to that. The trunk corridor configurations defined in the Busway Alignment Section (see page 29) are used here to score the demand profile.

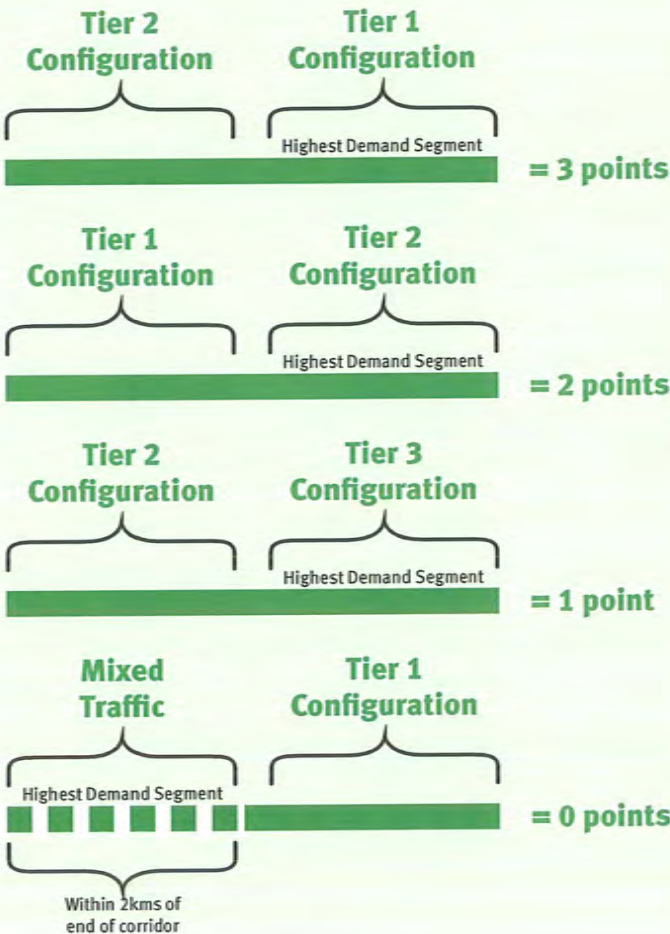
Demand Profile	POINTS
Corridor includes highest demand segment, which has a Tier 1 Trunk Corridor configuration	3
Corridor includes highest demand segment, which has a Tier 2 Trunk Corridor configuration	2
Corridor includes highest demand segment, which has a Tier 3 Trunk Corridor configuration	1
Corridor does not include highest demand segment	0



Tier 2 Example



For more detail about the tiers and more examples, please see page 29, Busway Alignment.



Hours of Operation

2 points maximum

A viable transit corridor with a high quality of service must be available to passengers for as many hours throughout the day and week as possible. Otherwise, passengers could end up stranded or may simply seek another mode of transport.

Scoring Guidelines: late-night service refers to service until midnight and weekend service refers to both weekend days.

Operating Hours	POINTS
Both late-night and weekend service	2
Late-night service, no weekends or weekend service, no late nights	1
No late-night or weekend service	0



The Rainbow BRT in Pimpri-Chinchwad, India offers a multi-corridor network with interchanges.

Multi-Corridor Network

2 points maximum

Ideally, BRT should include multiple corridors that intersect and form a network, as this expands travel options for passengers and makes the system more viable as a whole, improving the level of service experienced by users. When designing a new system, some anticipation of future corridors is useful to ensure that the designs will be compatible with later developments. For this reason, a long-term plan is recognized, with an emphasis on near-term connectivity through either BRT services or infrastructure.

Multi-Corridor Network	POINTS
BRT corridor connects to an existing BRT corridor or to the next one planned in the network	2
BRT corridor connects to a future planned corridor in the BRT network	1
No connected BRT network planned or built	0

Infrastructure

Passing Lanes at Stations

3 points maximum

Passing lanes at station stops are critical to allow both express and local services. They also enable stations to accommodate a high volume of buses without getting congested with buses backed up waiting to enter. On corridors with lower bus frequencies, however, it is more difficult politically to justify devoting street space to passing lanes, if those lanes appear to be unoccupied much of the time. Passing lanes are typically a good investment in the medium term, yielding multiple service options and considerable passenger travel-time savings and allowing for flexibility as a system grows.

On high-demand corridors requiring frequent service, passing lanes at stations are particularly helpful for providing sufficient corridor capacity to maintain higher speeds. Corridors with growing demand may not have high capacities at first, but passing lanes can permit extensive growth in ridership without saturating the corridor. Passing lanes also permit a variety of service options, such as express services, which can be helpful even in lower-demand corridors. In some instances, many of the benefits of passing lanes can be provided by allowing BRT buses to pass in oncoming dedicated bus lanes. However, for safety reasons this should only be done where there is good visibility and relatively low bus frequencies. Similarly, BRT corridors may also allow buses to pass in mixed traffic lanes. But this is mainly useful in locations with low bus frequencies and limited mixed-traffic congestion.

Passing Lanes	POINTS
Dedicated passing lanes	3
Buses overtake in oncoming dedicated bus lanes given safe conditions	2
Passing in mixed traffic given safe conditions	1
No passing lanes	0



The Belo Horizonte MOVE BRT allows for passing lanes at many stations, greatly increasing capacity and allowing for a variety of service options.



Rea Vaya in Johannesburg introduced Euro IV buses for the first time to South Africa.

Minimizing Bus Emissions

3 points maximum

Bus tailpipe emissions are typically a large source of urban air pollution. Especially at risk are bus riders and people living or working near roadsides. In general, the pollutant emissions of highest concern from urban buses are particulate matter (PM) and nitrogen oxides (NO_x). Minimizing these emissions is critical to the health of both passengers and the general urban population and for creating a high-quality service that can attract and retain passengers.

The primary determinant of tailpipe emission levels is the stringency of governments' emissions standards. While some fuels, like natural gas, tend to produce lower emissions, new emission controls have enabled even diesel buses to meet extremely clean standards. However, "clean" fuels do not guarantee low emissions of all pollutants. As a result, the scoring is based on certified emissions standards rather than fuel type.

Over the past two decades, the European Union and the United States have adopted a series of progressively tighter emissions standards that are being used for this scoring system. Buses must be in compliance with Euro VI and U.S. 2010 emissions standards to receive 3 points. These standards result in extremely low emissions of both PM and NO_x. For diesel vehicles, these standards require the use of PM traps, ultra-low-sulfur diesel fuel, and selective catalytic reduction. To receive 2 points, buses need to be certified to Euro IV or V with PM traps (note: 50 ppm sulfur diesel fuel or lower is required for PM traps to function effectively).

Vehicles certified to the Euro IV and V standards that do not require traps emit twice as much PM as vehicles meeting more recent standards. Therefore, these vehicles are awarded 1 point. Ideally, buses will include contractually stipulated requirements in the purchase order to control real-world NO_x emissions from buses in use, because the actual NO_x emissions from urban buses certified to Euro IV and V have been tested at levels substantially higher than certified levels. Because that is hard to verify, it is included as a recommendation, but not as a requirement, for receiving the 1 point.

Zero points are awarded for U.S. 2004 and Euro III standards and less stringent standards, because these standards allow ten times as much PM emissions as the U.S. 2010 and Euro VI standards.

Buses also generate greenhouse gas emissions. Since no clear regulatory framework exists that requires bus manufacturers to meet specific greenhouse-gas emission targets or fuel-efficiency standards, there is no obvious way to identify a fuel-efficient bus by vehicle type. For CO₂ impacts, we recommend the use of the TEEMP model, which incorporates the BRT Standard into a broader assessment of project-specific CO₂ impacts.

Other countries have established emissions standards, such as the Bharat Stage Standard in India, the China National Standard, and CONAMA PROCONVE Standards in Brazil. These countries often develop their regulations based on either the U.S. or the Euro standards and should be relatively comparable. With Bharat, the highest standard as of 2015 is currently Stage IV, which is comparable to Euro IV and thus eligible for 1 point.

Emissions Standards	POINTS
Euro VI or US 2010	3
Euro V with PM traps, Euro IV with PM traps, or U.S. 2007	2
Euro V, Euro IV, Euro III CNG, or Euro III using verified PM trap retrofit	1
Below the above standards	0

Stations Set Back from Intersections

3 points maximum

Stations should be located at minimum 26 meters (85 feet), but ideally 40 meters (130 feet), from intersections to avoid delays. When stations are located just beyond an intersection, delays can occur when passengers take a long time to board or alight and the docked bus blocks others from pulling through the intersection. If stations are located just before an intersection, the traffic signal can keep buses from leaving the station and thus not allow other buses to pull in. The risk of conflict remains acute, particularly as frequency increases. Separating stations from intersections is a key way to mitigate these problems.

Scoring Guidelines: the distance from the intersection is defined for the near side of the intersection as the stop line at the intersection to the front of a bus at the forward-most docking bay and for the far side of the intersection from the far edge of the crosswalk to the back of the bus at the rear-most docking bay. A station may be exempted from the minimum setback if:

- The stations are located on fully grade-separated busways with no intersections;
- The stations are located near intersections due to short block length (less than 100 meters/330 feet);

Station Location	POINTS
75% of stations on corridor are set back at least 40 meters (130 feet) from intersections or meet at least one of the above exemptions	3
75% of stations on corridor are set back 26 meters (85 feet) from intersections or meet above exemptions	2
25% of stations on corridor are set back 26 meters (85 feet) from intersections or meet above exemptions	1
< 25% of stations on corridor are set back 26 meters (85 feet) from intersections or meet above exemptions	0



Janmarg, in Ahmedabad, India, has stations that are not immediately adjacent to the intersection.



Center stations in the Metrobus Q BRT system in Quito minimize station space requirements and allow easy transfers between different directions of travel.

Center Stations

2 points maximum

Having a single station serving both directions of the BRT corridor makes transfers between the two directions easier and more convenient—something that becomes more important as a BRT network expands. It also tends to reduce construction costs and minimize the necessary right-of-way. In some cases, stations may be centrally aligned but split into two—called split stations, with each station housing a particular direction of the BRT corridor. If a physical connection between the two directions is not provided, fewer points are awarded.

Bilateral stations (those that, while in the central verge, are at the outer edge of the busway) get no points.

Scoring Guidelines: the corridor receives points for center platforms, based on their prevalence and type.

Center Stations	POINTS
>80% of stations on corridor have center platforms serving both directions of service	2
>50% of stations on corridor have center platforms serving both directions of service	1
>80% and above of stations on corridor have center platforms serving only one direction of service (e.g., Lanzhou BRT, see figure below)	1



The Lanzhou BRT system has center stations that only serve one direction of travel.

Pavement Quality

2 points maximum

Good-quality pavement ensures better service and operations for a longer period by minimizing the need for maintenance on the busway. Roadways with poor-quality pavement will need to be shut down more frequently for repairs. Buses will also have to slow down to drive carefully over damaged pavement. A smooth ride is critical for creating a high-quality service that can attract and retain customers.

No matter what type of pavement, a thirty-year life span is recommended. There are several options for the pavement structure to achieve that time span, with advantages and disadvantages for each. Three examples are described here:

- 1. Asphalt:** properly designed and constructed, asphalt pavement can last thirty-plus years with surface replacement every ten to fifteen years. This can be done without interrupting service, resulting in a smooth, quiet ride. At stations and intersections, rigid pavement bus pads are important to use to resist the potential pavement damage due to braking of vehicles, a problem which is most acute in hot climates. Bus pads are constructed using cement concrete over a layer of aggregate, with dowels and/or varying amounts of reinforcing steel depending on design conditions. Each bus pad should be 1.5 times as long as the total length of buses using it at any time;
- 2. Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP):** this type of pavement design can have a thirty-plus-year life. To ensure this life, the pavement must have round dowel bars at the transverse joints, tied lanes by the use of reinforcing steel, and adequate thickness;
- 3. Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCR):** continuous slab reinforcement can add additional pavement strength and might be considered under certain design conditions

Pavement Materials	POINTS
Pavement structure designed for thirty-year life over entire corridor	2
Pavement structure designed for thirty-year life only at stations and intersections	1
Pavement structure designed for thirty-year life, except at stations and intersections	1
Pavement design life less than thirty years	0



Lima, Peru, uses reinforced concrete over its entire busway.

Stations



Guangzhou, China has well-spaced BRT stations.

Distances Between Stations

2 points maximum

In a consistently built-up area, the distance between station stops optimizes at around 450 meters (1,500 feet). Beyond this, more time is imposed on customers walking to stations than is saved by higher bus speeds. Below this distance, bus speeds will be reduced by more than the time saved with shorter walking distances. Thus, in keeping reasonably consistent with optimal station spacing, average distances between stations should not be below 0.3 kilometers (0.2 miles) or exceed 0.8 kilometers (0.5 miles).

Scoring Guidelines: two points should be awarded if stations are spaced, on average, between 0.3 kilometers (0.2 miles) and 0.8 kilometers (0.5 miles) apart.

Distance Between Stations	POINTS
Stations are spaced, on average, between 0.3 kilometers (0.2 miles) and 0.8 kilometers (0.5 miles) apart	2

Safe and Comfortable Stations

3 points maximum

One of the main distinguishing features of a BRT corridor as opposed to standard bus service is a safe and comfortable station environment, an important feature of a high-quality service. Four main factors contribute to that:

- 1. Wide:** stations should be wide enough for passengers to move easily through them and stand without feeling like they are overcrowded. Overcrowded stations are more likely to encourage pickpocketing and harassment. Stations should have a minimum internal width of at least 3 meters (10 feet), and wider widths at stations with higher passenger volumes;
- 2. Weather-protected:** stations should be weather-protected, including from wind, rain, snow, heat and/or cold, as appropriate to the conditions in a specific location;
- 3. Safe:** stations that are well-lit, transparent, and have security—whether through security guards or cameras—are essential to maintaining ridership;
- 4. Attractive:** a clear intention to create attractive stations is also important to the image of the BRT corridor and creates a sense of permanence and attractiveness that will attract not only riders but developers as well. Stations should be considered part of municipal infrastructure and foster civic and community pride.

Scoring Guidelines: the scoring is determined by multiplying the percentage of the stations with each quantity of elements of safe and comfortable stations by the points associated with that number of elements. A maximum of 3 points is possible.

Stations	POINTS	WEIGHTED BY
Stations have all four elements	3	% of stations
Stations have three elements	2	
Stations have two elements	1	
Stations have one element	0	



Stations in the El Mio BRT system in Cali, Colombia, are comfortable and attractive.



Articulated BRT buses in Nantes, France, have four doors for boarding and alighting quickly.

Number of Doors on Bus

3 points maximum

The speed of boarding and alighting is partially a function of the number of bus doors. Much like a subway in which a car has multiple wide doors, buses need the same to let higher volumes of people on and off the buses quickly, saving time for users. One door or narrow doorways become bottlenecks that delay the bus.

Scoring Guidelines: buses need to have three or more doors on the station side of the bus for articulated buses or two wide (defined as at least 1 meter wide) doors on the station side for regular (non-articulated) buses and allow boarding through all doors to qualify for the points below. Points are weighted based on the percentage of buses using the corridor infrastructure, with a maximum score of 3.

Stations	POINTS	WEIGHTED BY
Buses have at least three Doors (for articulated buses) or two Wide Doors (for non-articulated buses) on the Station Side. System allows boarding at all doors.	3	% of buses using corridor infrastructure meeting criteria

Docking Bays and Substops

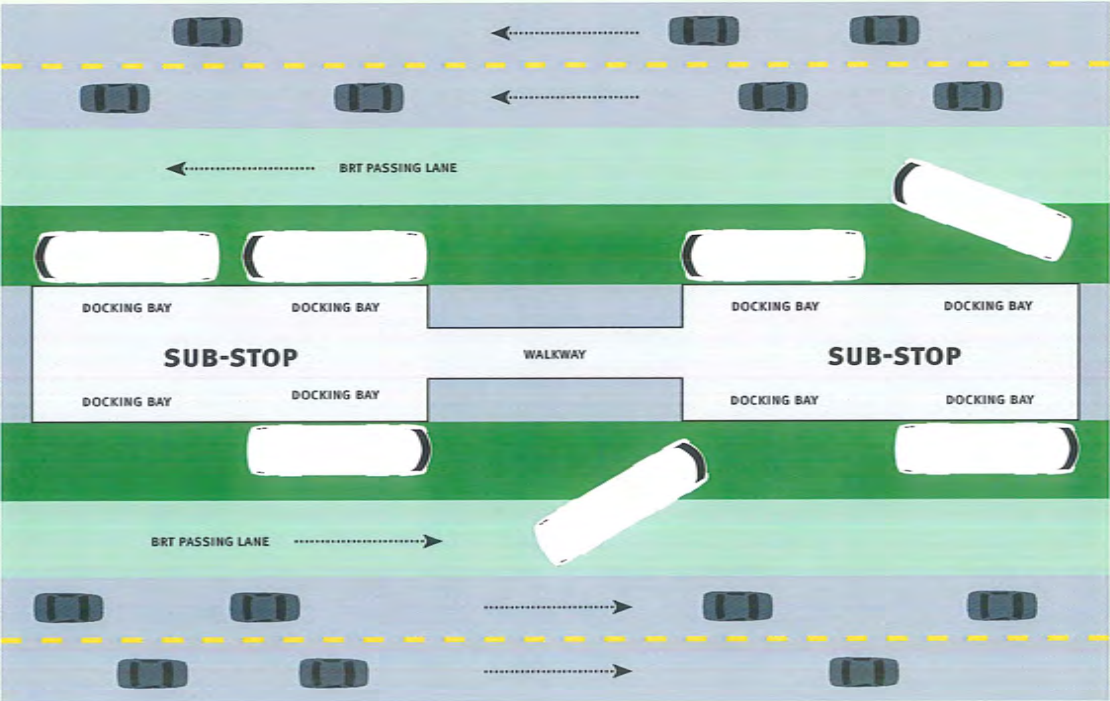
1 point maximum

Multiple docking bays and substops not only increase the capacity of a station, saving users time, but they also help stations provide multiple services.

A station is composed of substops that can connect to one another but should be separated by a walkway long enough to allow buses to pass one substop to dock at another. This reduces the risk of congestion by allowing a bus to pass a full substop where buses can let passengers on and off. They are usually adjacent to each other and allow a second bus to pull up behind another bus already at the station. A station may be composed of only one substop.

Docking Bays and Substops	POINTS
At least two substops or docking bays at the highest-demand stations	1
Less than two substops or docking bays at the highest-demand stations	0

Example of Substops with Multiple Docking Bays



Lima, Peru has sliding doors where the bus docks at the station.

Sliding Doors in BRT Stations

1 point maximum

Sliding station doors where passengers get on and off the buses improve the quality of the station environment, reduce the risk of accidents, protect passengers from the weather, and prevent pedestrians from entering the station in unauthorized locations.

Sliding Doors	POINTS
All stations have sliding doors	1
Otherwise	0



Guangzhou, China's BRT has sliding doors at the gates.

Communications

COMMUNICATIONS

BRANDING



Las Vegas, Nevada, has a good brand and strong identity that appeals to its customers—from the stations to the buses.



Las Vegas, Nevada, used old casino signs at stations, which reinforced the city's identity.

Branding

3 points maximum

BRT promises a high quality of service, which is reinforced by having a unique brand and identity.

Branding	POINTS
All buses, routes, and stations in corridor follow single unifying brand of entire BRT system	3
All buses, routes, and stations in corridor follow single unifying brand, but differ from rest of system	2
Some buses, routes, and stations in corridor follow single unifying brand, regardless of rest of system	1
No corridor brand	0

Passenger Information

2 points maximum

Numerous studies have shown that customer satisfaction is linked to knowing when the next bus will arrive. Giving customers information is critical to a high quality of service and a positive overall experience.

Real-time passenger information, based on GPS data, includes electronic panels, digital audio messaging (“Next bus” at stations, “Next stop” on buses), and/or dynamic information on handheld devices. Static passenger information refers to station and vehicle signage, including network maps, route maps, local area maps, emergency indications, and other user information. Passenger information should be visible from buses, stations, and nearby sidewalks in order to qualify.

More and more customers are accessing information online, including route maps, arrival times/schedules, and services alerts. A variety of means for online information sharing exist—from websites to apps to social media. This is increasingly important for conveying information to customers, as well as receiving feedback and addressing problems, especially using social media to engage with customers. This type of information should be part of a complete passenger information system, but for points, the *Standard* only scores passenger information at and near stations and on buses. Many systems still have trouble achieving this type of information, which should be the cornerstone of good communication.

Scoring Guidelines: scores are assigned based on which of the following criteria describes the corridor.

Passenger Information (at Stations and on Vehicles)	POINTS
Functioning real-time and up-to-date static passenger information corridor-wide	2
Up-to-date static passenger information	1



Guangzhou, China, has real-time passenger information systems.

COMMUNICATIONS

PASSENGER INFORMATION

Access and Integration

Universal Access

3 points maximum

A BRT corridor should be accessible to all special-needs customers, including those who are physically, visually, and/or hearing impaired, as well as those with temporary disabilities, the elderly, children, people with strollers, and other load-carrying passengers. Universal access is important to maintaining a high quality of service for all customers, regardless of their abilities.

Scoring Guidelines: accessibility includes two elements: physical and audiovisual. Physical accessibility means that all stations, vehicles, and fare gates on the corridor are universally accessible for people using wheelchairs, and stations must be free of obstacles that impede movement. The corridor must also include drop curbs at all immediate intersections. Audiovisual accessibility means that there are Braille readers at all stations and Tactile Ground Surface Indicators leading to all stations. Scores are determined by measuring the percentage of stations and buses that provide each level of access by the points associated with that level and tallying the result. A maximum of 3 points is possible.

Universal Accessibility	POINTS
Full accessibility provided	3
Physical accessibility provided	2
Audiovisual accessibility provided	1



Metrobus in Mexico City provides universal access to people in wheelchairs.

Integration with Other Public Transport

3 points maximum

When a BRT corridor is built in a city, a functioning public transport network often already exists, be it rail, bus, or minibuss. The BRT corridor should integrate into the rest of the public transport network, saving customers time and creating a more seamless high-quality experience. There are two components to BRT integration:

- **Physical transfer points:** physical transfer points should minimize walking between modes, be well-sized, and not require passengers to completely exit one system and travel a distance to enter another;
- **Fare payment:** the fare system should be integrated so that one fare card may be used for all modes.

Scoring Guidelines: the BRT corridor should integrate physically with other rapid transit modes (BRT, LRT, and metro) where lines cross the corridor. If no lines cross, points may still be awarded for fare integration with other public transport modes. If no other formal public transport modes exist in the city, full points may be awarded for all aspects of integration.

Integration with Other Public Transport	POINTS
Integration of both physical design and fare payment	3
Integration of physical design or fare payment only	2
No integration	0



Guangzhou, China, has physical integration, such as this tunnel connecting the BRT to the metro.

Pedestrian Access and Safety

4 points maximum

A BRT corridor could be extremely well-designed and functioning but if customers cannot access it safely, it cannot achieve its goals. Good pedestrian access is imperative in BRT corridor design. Additionally, a new BRT corridor is a good opportunity to improve the pedestrian environment on the streets and public-spaces along the corridor and on side streets leading to stations. Good access to the corridor is vital for creating a high level of service for users.

Good pedestrian access includes all of the following:

- At-grade pedestrian crossings where pedestrians cross a maximum of two lanes of traffic before reaching a pedestrian refuge (sidewalk, median). While at-grade crossings are preferred, pedestrian bridges or underpasses with working escalators or elevators can also be considered;
- Safe crossings provided on average every 200 meters (650 feet) in areas where there is continuous activity on both sides of the corridor;
- Signalized crosswalks where pedestrians must cross more than two lanes at once;
- Table-top crossings or speed bumps to slow down traffic when approaching unsignalized crosswalks;
- Signals timed so that pedestrian waiting time is not excessive (i.e., generally below 30–45 seconds);
- Wide (at least 2 meters), well-lit, well-demarcated crosswalks where the footpath remains level and continuous or ramps exist to ensure accessible crossings;
- Dedicated and protected sidewalks along corridor that are at least 3 meters (10 feet) wide and unobstructed, including from encroachment from parked vehicles, debris, signs, and street vendors;
- Direct station access, with no time-consuming detours and other delays;
- Posted speed limits set to prioritize safety (e.g., below 30 kilometers per hour in dense urban centers);
- Design that matches posted speed limits to prevent speeding and help with enforcement.

Pedestrian Access	POINTS
Good, safe pedestrian access at every station and many improvements along corridor	4
Good, safe pedestrian access at every station and modest improvements along corridor	3
Good, safe pedestrian access at every station and no other improvements along corridor	2
Good, safe pedestrian access at most stations and no other improvements along corridor	1
Stations lack good, safe pedestrian access	0



Metrobús in Mexico City provides good pedestrian access to stations.

Secure Bicycle Parking

2 points maximum

Bicycle parking at stations allows customers to use bicycles as feeders to the BRT corridor, increasing system coverage. More options for accessing the BRT corridor can save users time and create a higher quality experience. Formal bicycle parking facilities that are secure (either monitored by an attendant or observed by security cameras) and weather-protected are more likely to be used by customers.

Bicycle Parking	POINTS
Secure bicycle parking at least in higher-demand stations and standard bicycle racks elsewhere	2
Standard bicycle racks in most stations	1
Little or no bicycle parking	0



Secure bike parking is provided at a TransMilenio terminal in Bogotá, Colombia.



A bike locker along the Orange Line in Los Angeles provides secure bicycle storage.

Bicycle Lanes

2 points maximum

Bicycle-lane networks integrated with the BRT corridor improve customer access, provide a full set of sustainable travel options, and enhance road safety. This can save time and improve the quality of the experience for users of the corridor.

Bicycle lanes and bicycle-friendly streets should ideally connect BRT stations to all major residential areas, commercial centers, schools, and business centers within 2 kilometers (1.2 miles). This helps the BRT by providing a low-cost feeder to the system, and by connecting riders safely and comfortably to their destinations. Also, by ensuring that the BRT corridor is designed as a complete street, it increases the safety of all users of the corridor.

Moreover, in most cities, the best BRT corridors are also the most desirable bicycle routes, as they are often the routes with the greatest travel demand. Yet there is a shortage of safe cycling infrastructure on those same corridors. If some accommodation for cyclists is not made, it is possible that cyclists will use the busway. If the busway has not been designed for dual bike and bus use, it is a safety risk for cyclists. Bicycle lanes should be built either within the same corridor or on a nearby parallel street and should be at least 2 meters (6.5 feet), for each direction, of unimpeded width.

Bicycle Lanes	POINTS
Bicycle lanes on or parallel to entire corridor	2
Bicycle lanes do not span entire corridor	1
Poorly-designed or no bicycle infrastructure	0



A bikeway is located parallel to MyCiti, in Cape Town, South Africa.

Bicycle-Sharing Integration

1 point maximum

Having the option to make short trips from the BRT corridor by a shared bicycle is important to providing connectivity to some destinations. Operating costs of providing bus service to the last mile (i.e., feeder buses) are often the highest cost of maintaining a BRT network; thus, providing a low-cost bicycle-sharing alternative to feeders is generally seen as best practice. Providing this option can save users time and improve the quality of their experience, while increasing the coverage of the transit system.

Bicycle-Sharing Integration	POINTS
Bicycle-sharing at minimum of 50% of stations on corridor	1
Bicycle-sharing at <50% of stations on corridor	0



A bike-share station is located along a BRT corridor in Nantes, France.

Operations Deductions

Operations deductions are only relevant to corridors already in operation. They have been introduced as a way of mitigating the risk of recognizing a corridor as high quality that has made significant design errors or has significant management and performance weaknesses not readily observable during the design phase. The penalties from improperly sizing the infrastructure and operations or from poor corridor management are as follows:

Commercial Speeds

-10 points maximum

Most of the design features included in the scoring system will always result in higher speeds. However, there is an exception: higher-demand corridors in which too many buses carrying too many passengers have been concentrated into a single lane. In this case, bus speeds could be lower than in mixed-traffic conditions. This penalty was imposed to mitigate the risk of rewarding such a corridor with a quality standard.

Scoring Guidelines: the minimum average commercial speed refers to the corridor-wide average speed and not the average speed at the slowest link. To measure commercial speeds along a corridor, divide the total distance travelled along the corridor by the total time to travel the corridor or use the average speed from a GPS measurement. Where commercial speed is not readily available, the full penalty should be imposed if buses are backing up at many BRT stations or junctions.

Commercial Speeds	POINTS
Minimum average commercial speed is 20 kilometers per hour (12 miles per hour) and above	0
Minimum average commercial speed is 16 kilometers per hour–19 kilometers per hour (10–12 miles per hour)	-3
Minimum average commercial speed is 13 kilometers per hour–16 kilometers per hour (8–10 miles per hour)	-6
Minimum average commercial speed is 13 kilometers per hour (8 miles per hour) and below	-10

Peak Passengers per Hour per Direction (pphpd) Below 1,000

-5 points

BRT corridors with ridership levels below a thousand passengers per hour per direction (pphpd) during the peak hour are carrying fewer passengers than a normal mixed-traffic lane. Very low ridership can be an indication that other bus services continue to operate in the corridor alongside and in competition with the BRT services. Alternatively, such low ridership indicates that a corridor was poorly selected.

Almost all cities have corridors carrying at least a thousand pphpd during the peak hour. Many cities, however, have corridors where transit demand is very low, even below this level. While many Gold Standard BRT features would still bring benefits in these conditions, it is unlikely that such levels would justify the cost and dedicated right-of-way intrinsic to BRT. This penalty has been created to penalize BRT corridors that have poor service planning or are not well-selected, but the threshold is intended to be low enough to avoid overly penalizing corridors in smaller cities with lower transit demand.

Scoring Guidelines: all 5 points should be deducted if the ridership on the link in the corridor with maximum peak-hour ridership is under a thousand pphpd in the peak hour. Otherwise, no deduction is necessary.

Passengers per Hour per Direction (PPHPD) in Peak Hour	POINTS
PPHPD below a thousand	-5

Lack of Enforcement of Right-of-Way

-5 points maximum

A BRT corridor may have a good alignment and physical separation, but if the right-of-way is not enforced, bus speeds will decline. This penalty addresses corridors that do not adequately enforce the busway to prevent encroachment from other vehicles. There are multiple and somewhat context-specific means of enforcing the exclusive right-of-way. The committee generally recommends onboard camera enforcement and regular policing at points of frequent encroachment, coupled with high fines for violators, to minimize invasions of the lanes by nonauthorized vehicles. Solely relying on camera enforcement deployed at high-risk locations is somewhat less effective.

Lack of Enforcement	POINTS
Regular encroachment on BRT right-of-way	-5
Some encroachment on BRT right-of-way	-3
Occasional encroachment on BRT right-of-way	-1

Significant Gap Between Bus Floor and Station Platform

-5 points maximum

Even corridors that have been designed to accommodate platform-level boarding could have horizontal gaps if the buses do not dock properly. A significant horizontal gap between the platform and the bus floor undermines the time-savings benefits of platform-level boarding and introduces a significant safety risk for passengers. Such gaps occur for a variety of reasons, from poor basic design to poor driver training. Technical opinion varies on the best way to minimize the horizontal gap. Most experts feel that optical guidance systems are more expensive and less effective than measures such as the use of simple painted alignment markers and special curbs at station platforms where the drivers are able to feel the wheel touching the curb yet the curb does not damage the wheel. Boarding bridges are used successfully on many corridors and would tend to eliminate gap problems.

Scoring Guidelines: a “minor horizontal gap” is defined as 15–20 centimeters (6–8 inches) and a “major horizontal gap” is defined as greater than 20 centimeters (8 inches). A sample of at least twenty instances of buses docking at stations should be used to determine scoring. The percentage of docking instances observed with each type of gap should be multiplied by the associated deduction and tallied. The maximum possible deduction is -5.

Note: If a corridor does not have platform-level boarding by design, no penalty points should be given. Deductions for significant gaps must not exceed the points awarded for Platform-Level Boarding.

Gap when Docking	POINTS	WEIGHTED BY
Major horizontal gap	-5	% of observed dockings
Minor horizontal gap	-3	

Overcrowding

-5 points

This criterion was included because many corridors that are generally well-designed are so overcrowded that they become alienating to customers. While average “passenger standing density” is a reasonable indicator, getting this information is not easy, so a more subjective measure is allowed in cases of obvious overcrowding.

Scoring Guidelines: the full penalty should be imposed if the average passenger standing density during the peak hour is greater than five passengers per square meter (0.46 per square feet) on more than 25% of buses on the critical link in the predominant direction, or the average passenger standing density during the peak hour is greater than three passengers per square meter (0.28 per square feet) at stations.

If this metric is not easily calculated, then clearly visible signs of overcrowding on buses or in stations should be used, such as doors on the buses regularly being unable to close, stations overcrowded with passengers because they are unable to board full buses, and so forth.

Overcrowding	POINTS
Passenger density during peak hour on more than 25% of buses on critical link in peak direction is $> 5 \text{ m}^2$	-5
Passenger density during peak hour at one or more stations is $> 3 \text{ m}^2$	
Passengers unable to board buses or enter stations	

Poorly Maintained Busway, Buses, Stations, and Technology Systems

-14 points maximum

Even a BRT corridor that is well built and attractive can fall into disrepair. It is important that the busway, buses, stations, and technology systems be regularly maintained. A corridor can be penalized for each type of poor maintenance listed below for a total of -14 points.

Maintenance of Busway	POINTS
Busway has significant wear, including potholes or warping, or debris such as trash or snow	-4

Maintenance of Buses	POINTS
Buses have graffiti, litter, seats in disrepair, bus mechanisms (e.g., doors) not functioning properly	-2

Maintenance of Stations	POINTS
Stations have graffiti, litter, occupancy by vagrants or vendors, or structural damage	-2

Maintenance of Technology Systems	POINTS
Technology systems, including fare collection machines, are not functional, up-to-date, and/or accurate	-2

Maintenance of Sidewalks on Corridor	POINTS
Sidewalks in disrepair	-2

Maintenance of Bicycle Lanes on Corridor	POINTS
Bike lanes in disrepair	-2

Low Peak Frequency

-3 points maximum

How often the bus comes during peak travel times such as rush hour is a good proxy for quality of service. For BRT to be truly competitive with alternative modes, like the private automobile, customers need to be confident that their wait times will be short and the next bus will arrive soon.

Scoring Guidelines: peak frequency is measured by the number of buses observed per hour for each route that passes the highest-demand segment on the corridor during the peak period. The peak frequency deduction is then allocated based on the percentage of routes that have a frequency of at least eight buses per hour in the peak period. If observations cannot be made, frequencies may be obtained through route schedules.

% Routes With At Least 8 Buses per Hour	POINTS
100% have at least 8 buses per hour	0
75% have at least 8 buses per hour	-1
50% have at least 8 buses per hour	-2
< 50% have at least 8 buses per hour	-3

Low Off-Peak Frequency

-2 points maximum

As with peak frequency, how often the bus comes during off-peak travel times is a good proxy for quality of service.

Scoring Guidelines: off-peak frequency is measured by the buses per hour of each route passing through the highest-demand segment on the corridor during the off-peak (midday) period. The off-peak frequency score is then determined based on the percentage of all routes that have a frequency of at least four buses per hour during the off-peak period.

% Routes with at Least 4 Buses per Hour	POINTS
100% of all routes have at least 4 buses per hour	0
60% of all routes have at least 4 buses per hour	-1
< 60% of all routes have at least 4 buses per hour	-2

Permitting Unsafe Bicycle Use

-2 points maximum

Bicycle use in busways is generally not encouraged, and is particularly dangerous in bus lanes with speed limits greater than 25 kilometers per hour (15 miles per hour) and/or bus lanes with widths less than 3.8 meters (12 feet). If cycling is observed in these conditions, a deduction should be made.

Permitting Unsafe Bicycle Use	POINTS
Cycling permitted in bus lanes with speed limits greater than 25 kilometers per hour (15 miles per hour) and/or bus lanes with widths less than 3.8 meters (12 feet)	-2

Lack of Traffic Safety Data

-2 points maximum

Traffic safety data is vital to ensuring that transportation systems operate safely and to evaluating efforts to improve safety. All cities should collect traffic safety data and make this information public so that progress can be tracked.

Traffic Safety Data Not Collected	POINTS
Traffic safety data is not collected	-2

Buses Running Parallel to BRT Corridor

-6 points maximum

Bus corridors should be designed to capture as much of the public transportation demand on a corridor to maximize the utility of dedicated transit infrastructure. A significant number of full-sized public buses operating outside of the busway results in difficult transfers, undermines the financial sustainability of the BRT corridor, and leads to less frequent service on the corridor.

Buses Running Parallel to BRT Corridor	POINTS
< 60% of buses operating on corridor use busway	-2
< 40% of buses operating on corridor use busway	-4
< 20% of buses operating on corridor use busway	-6

Bus Bunching

-4 points maximum

Bus reliability is critical to improving BRT performance. Bus bunching—when the distance between buses becomes highly uneven—reduces reliability, increases wait times, and contributes to crowding conditions, deteriorating the quality and speed of service.

Scoring Guidelines: bus bunching deductions will be made when two buses are seen traveling in the same direction on the same route, one directly behind the other. Observation for this deduction are to be made during the peak hour at the highest demand segment on the corridor.

Bus Bunching	POINTS
Bus bunching observed on corridor	-2
Multiple instances of bus bunching are observed on corridor within an hour	-4

Application to Rail Corridors

The *BRT Standard* was specifically designed by BRT experts to be applied to BRT corridors. However, almost all of the elements in the *BRT Standard* could easily be applied to rail transit corridors (including streetcar, tram, light-rail, and metro) with minimal modification. Using the *BRT Standard* to evaluate rail transit corridors would allow users to assess the general quality of rail transit services and compare them to other transit corridors, including BRT. It could also provide a more standard definition of rapid transit and determine which rail transit corridors meet that definition. The following section briefly describes a preliminary concept of how the *BRT Standard* might be applied to rail transit corridors.

BRT Basics

The *BRT Standard* defines the BRT basics as a set of elements essential to a service’s being called BRT. These elements all aim to minimize passenger delay, thus ensuring the “rapid” component of a bus rapid transit corridor. These same criteria can be applied without modification to rail transit corridors to assess whether they meet a more general definition of rapid transit as well.

Terminology

The *BRT Standard* often refers to “busways,” “BRT,” and “buses.” When using the BRT Standard to assess rail transit corridors, these should be substituted with “transitways,” “rapid transit,” and “transit vehicles” throughout the text. The definitions of a corridor would also need to be modified to account for rail.

Pavement Quality

The *BRT Standard* metric of pavement quality should be modified to evaluate rail quality. ITDP is engaging with rail transit experts who understand how railbeds and tracks are designed for more guidance on this section. In the meantime, the evaluation of the railbed and tracks can be scored based on whether they are designed to a thirty-year life span or not.

Signaling

The distance between rail vehicles is largely governed by the type of signal system that is used. Better signals can allow for increased headways and improved service. Since BRT corridors are not limited by signal systems, this is not a part of the *BRT Standard*. Ideally, to evaluate rail transit corridors, a separate section would be added to address signal systems. BRTs would automatically score maximum points in this section, since buses are not constrained by signaling systems and can operate at closer spacings than are permitted by most signal systems. ITDP is consulting rail experts to determine how this section might be developed. Until that work is completed, signaling considerations could simply be ignored, as the effects of low-quality signal systems are likely captured by some of the point deductions for operations (e.g., deductions for overcrowding).

Elements Specific to BRT

Some elements of the *BRT Standard* are more common in BRT corridors. For example, very few metro and light-rail systems offer express, limited-stop, and local services or multiple routes operating on the same corridor. There are, however, prominent rail examples of both, such as the New York City Subway or the Lyon Tramway. These elements provide a higher quality of transit service for any mode and should be retained, even if they seldom result in points for rail systems.

Grade Separated Systems

Fully grade-separated electric rail transit systems, such as metro, will likely receive maximum points in a number of categories, including Transitway Alignment, Off-Board Fare Collection, Intersection Treatments, Minimizing Emissions, Stations Set Back from Intersections, and Platform-Level Boarding. This is logical, as grade separation removes many of the sources of delay that a transit system might encounter, making them more likely to achieve gold standard.

Notes



DOCUMENT DE TRAVAIL

Annexe 3

MANDAT COMPLÉMENTAIRE

MC-01 Choix du projet de SRB approprié à réaliser

Analyses multicritères pour le choix du projet de SRB



NOTE TECHNIQUE

Nom du projet : Étude d'avant-projet d'un service rapide par bus (SRB)

Numéro du projet : RTC : P-16-900-04

Groupelement SRB Québec-Lévis

Norda Stelo 112898.001 – SNCL 639057 - Stantec

Nom du client : RTC

Date : 23 juin 2016 – VERSION FINALE R00

Titre : MANDATS COMPLÉMENTAIRES

MC-01 Choix du projet de SRB approprié à réaliser

Analyses multicritères pour le choix du projet de SRB

Préparé par :

Michel Inkel, responsable technique

Approuvé par :

Claude Lavallée ing., chargé de projet

TABLE DES MATIÈRES

1	MISE EN CONTEXTE.....	1
1.1	Plan de mobilité durable.....	1
1.2	Étude de faisabilité.....	1
1.3	Service rapide par bus (SRB).....	1
1.4	Description du tracé du projet SRB de Québec et de Lévis.....	2
1.5	Objectifs du mandat complémentaire à l'étude d'avant-projet.....	3
2	DESCRIPTION DES OPTIONS.....	4
2.1	Hypothèses communes et spécifiques.....	4
2.2	Description des types de plateformes.....	5
2.2.1	Plateforme du tramway.....	5
2.2.2	Plateforme du SRB « évolutif ».....	7
2.2.3	Plateforme du SRB « fiabilisé ».....	8
2.2.4	Durée de vie utile.....	10
3	ANALYSE MULTICRITÈRE.....	11
3.1	Catégories et critères.....	11
3.2	Impacts et appréciations.....	12
4	RECOMMANDATION TECHNIQUE.....	13

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	Composition de la structure de chaussée - Plateforme SRB fiabilisé surélevée de 150 mm.....	9
-------------	---	---

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Coupe type – Plateforme tramway.....	6
Figure 2.2	Composantes de la plateforme tramway.....	7
Figure 2.3	Plateforme du SRB évolutif surélevée de 150 mm.....	8
Figure 2.4	Composantes de la plateforme surélevée de 150 mm du SRB fiabilisé.....	9

LISTE DES ANNEXES

Annexe	Analyse multicritère
--------	----------------------

DÉFINITIONS

Définition des principaux termes utilisés dans la note technique.

Abréviations	Définitions
Pôle d'échanges	Point de convergence et d'échanges des usagers du tramway ou SRB avec le réseau d'autobus ou avec tout autre mode de transport; le centre d'échanges 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 propre	Un site propre désigne un espace exclusif au transport en commun, séparé physiquement des voies de circulation automobile. Les voies en site propre sont exclusivement utilisées par le SRB (et les véhicules d'entretien du système SRB).
SRB	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 efficient.
Station	Point d'embarquement ou de débarquement des usagers du SRB le long du tracé.

1 MISE EN CONTEXTE

1.1 Plan de mobilité durable

Le plan de mobilité durable (PMD), rendu public le 9 novembre 2011, a contribué à définir sur un horizon de 20 ans une vision intégrée du développement, de l'aménagement et du transport pour la Ville de Québec et la Ville de Lévis. La finalité du plan est de concourir à faire de Québec et de Lévis des villes attrayantes, prospères et durables qui s'illustrent par une forte intégration de l'aménagement du territoire et des transports et dont la population privilégie les modes de déplacement actifs et collectifs.

Une des orientations fondamentales du Plan de mobilité durable consiste à structurer, à consolider et à développer le territoire urbain par le transport collectif. Il a été prévu dans cette optique de mettre en place un réseau de tramway permettant de relier les grands pôles d'activité de Québec et Lévis. C'est sur cette base que l'étude de faisabilité du tramway a été entreprise en juillet 2012, sous la gouverne des villes de Québec et de Lévis.

1.2 Étude de faisabilité

L'étude de faisabilité du tramway avait trois objectifs principaux :

- Déterminer si le réseau structurant de transport en commun proposé par le Plan de mobilité durable de Québec et de Lévis répond aux besoins en matière de développement urbain et de déplacements que générera la croissance de la population, des ménages et des emplois.
- Procéder à l'évaluation comparative de différentes options technologiques, tramway et SRB, pour permettre aux décideurs de choisir le mode de transport le plus approprié pour ce réseau structurant.
- Proposer une stratégie de mise en œuvre relative au financement, à l'arrimage des réseaux de transport en commun et à l'aménagement du corridor.

Les analyses ont démontré qu'un réseau structurant de transport en commun comme un tramway ou un SRB, conçu de manière à le rendre attrayant, confortable et fiable, s'avère l'outil approprié pour orienter et soutenir la croissance urbaine vers les secteurs visés par les villes de Québec et de Lévis. Il s'agit également du moyen le plus efficace pour soulager la pression induite par cette croissance sur le réseau routier et en optimiser l'utilisation. La pertinence du projet de réseau structurant de transport en commun se trouve ainsi confirmée.

1.3 Service rapide par bus (SRB)

Par ailleurs, 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 qui

s'inscrivent aussi à l'intérieur d'un réseau structurant. C'est ainsi que les villes de Québec et de Lévis ont convenu de privilégier la mise en place d'un service rapide par bus (SRB) qui utilise le même tracé et opère dans les mêmes conditions que le tramway :

- Tracés et insertion similaires;
- Aménagement urbain complet de l'emprise;
- Site propre et priorité aux carrefours;
- Accessibilité universelle;
- Système d'information et d'aide à l'exploitation en temps réel.

Quatre (4) options de projet de service rapide par bus (SRB) ont ainsi été ajoutées à l'étude, soit :

- SRB évolutif (hybride – batteries);
- SRB fiabilisé (hybride – batteries);
- SRB de base (hybride – batteries);
- SRB électrique (trolleybus).

Au dépôt de l'étude de faisabilité en mars 2015 et à la lumière des résultats de celle-ci, les villes de Québec et Lévis ont convenu de :

- Privilégier la mise en place d'un service rapide par bus (SRB);
- Poursuivre les analyses, en partenariat avec le gouvernement du Québec, afin de déterminer quelle est l'option la plus appropriée pour être convertie en tramway le cas échéant (SRB fiabilisé ou évolutif). Ces analyses détermineront laquelle de ces deux options est la plus avantageuse sur le plan financier pour les gouvernements supérieurs.

1.4 Description du tracé du projet SRB de Québec et de Lévis

Le réseau structurant s'étend sur une distance de 43 km. Composé de deux lignes conçues 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, il relie notamment les pôles d'emploi, les établissements d'enseignement postsecondaire, les centres hospitaliers et les centres récréotouristiques.

La ligne est-ouest, d'une longueur de 36,1 km, relie les grands pôles d'activité de Québec et de Lévis et renforce les liens interrives :

- À Québec, elle soude les liens entre le cœur du centre-ville (Saint-Roch), l'écoquartier 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, elle joint les pôles Chaudière et Mgr Bourget en empruntant le pont de Québec et l'axe du boulevard Guillaume-Couture (anciennement de la Rive-Sud) et intègre aussi un embranchement vers l'ouest de Lévis par la route des Rivières jusqu'au chemin Olivier.

La ligne nord-sud, d'une longueur de 6,9 km, joint le centre névralgique de Saint-Roch à la colline Parlementaire au sud et au pôle Fleur de Lys–ExpoCité–Amphithéâtre au nord. Elle passe par la rue de la Pointe-aux-Lièvres pour se terminer au nœud intermodal de la 41^e Rue.

Plus d'une soixantaine de stations, dont dix pôles d'échanges, jalonnent le réseau structurant. Toutes les stations seront bien intégrées à leur environnement et aménagées pour assurer confort, sécurité et accessibilité. Là où l'achalandage est plus fort, elles pourront être dotées de structures tempérées où des services et des commerces de proximité viendront bonifier l'expérience client.

1.5 Objectifs du mandat complémentaire à l'étude d'avant-projet

Dans le cadre de l'Étude d'avant-projet d'un service rapide par bus, le Bureau d'étude a demandé au Groupement SRB Québec-Lévis de poursuivre les analyses sur les deux options retenues dans le cadre de l'Étude de faisabilité, soit entre les SRB « fiabilisé » et « évolutif », de manière à identifier l'option plateforme la plus appropriée dans l'éventualité d'une transition au tramway.

2 DESCRIPTION DES OPTIONS

2.1 Hypothèses communes et spécifiques

De par leurs critères de conception, les deux types de SRB peuvent techniquement être convertis ultérieurement en tramway. Les options de référence que sont les projets de SRB « fiabilisé » et « évolutif », tel que défini dans le cadre de l'Étude de faisabilité du tramway/SRB de Québec et Lévis sont résumées ci-dessous.

Hypothèses communes aux deux options :

1. Aménagement urbain complet de l'emprise;
2. Le SRB circulera en site propre et aura priorité aux carrefours (presque tous);
3. Le SRB utilisera l'emprise prévue pour ses besoins et ceux d'un tramway;
4. Si requis, l'emprise du tramway sera élargie pour le SRB et/ou ajustée localement pour tenir compte des particularités du système de SRB (rayon de giration, largeur de la plateforme en station, etc.);
5. La géométrie en plan et profil est adaptée pour une conversion ultérieure en tramway;
6. Plateforme du SRB mise en place sur l'ensemble du tracé;
7. Réseaux souterrains déviés;
8. Coupes types (consulter le Livrable 1.11 – Insertion SRB de l'Étude de faisabilité tramway/SRB);
9. Stations localisées aux mêmes points kilométriques (P.K.) que pour le tramway;
10. Quais conçus pour recevoir deux (2) autobus bi-articulés de 24 m ou 1 MR de 43 m;
11. Matériel roulant constitué d'autobus hybrides (diesel-batteries) ou électriques;
12. Système accessible à tous (accessibilité universelle);
13. Tous les travaux du tracé est-ouest et nord-sud sont réalisés ($\pm$ 43 km);
14. Boucles de retournement pour les autobus aménagées en bout de ligne ainsi qu'aux extrémités des services renforcés;
15. Transition vers le tramway prévue en 2041 (environ 20 ans après la construction SRB et conditionnée par le remplacement des véhicules (16 ans), l'usure des composantes (20 à 25 ans) et l'évolution de la demande en transport sur 20 à 25 ans).

Hypothèses spécifiques à l'option SRB « fiabilisé » :

- a. Plateforme conçue pour répondre aux besoins du SRB fiabilisé (chaussée de type routière et non une préplateforme tramway);
- b. Règles de tracé (plan et profil) et insertion sur le mode tramway (cependant, flexibilité pour certaines portions);

- c. Multitubulaire spécifique aux besoins du SRB mis en place (pas de prédisposition tramway¹);
- d. Conception de l'électrification du SRB;
- e. Minimiser les interventions et les délais au moment de la réalisation du SRB. Seuls les travaux requis aux ouvrages d'art pour l'implantation du SRB seront réalisés.^{2 3}

Hypothèses spécifiques à l'option SRB « évolutif »:

- A. Plateforme conçue afin de minimiser la transition vers un tramway (prédisposition), y compris la modification de la plupart des ouvrages d'art;
- B. Conception de l'électrification pour le mode tramway et pour le SRB;
- C. Plateforme du SRB évolutif sera une préplateforme tramway : soit la plateforme du tramway, sauf pour la partie supérieure (béton de calage, voie ferrée et revêtement). Cette partie de la plateforme sera remplacée par une finition adaptée au SRB évolutif;
- D. Multitubulaire mis en place pour les besoins d'exploitation du SRB et du tramway;
- E. Massifs des poteaux LAC pour le tramway mis en place dès le début;
- F. Minimiser les interventions et les délais au moment de la transition vers le tramway. Tous les travaux nécessaires aux ouvrages d'art seront réalisés pour la mise en place initiale du SRB évolutif.

2.2 Description des types de plateformes

En plus de celle du tramway, l'étude de faisabilité du tramway/SRB a déterminé deux types de plateformes pouvant supporter le projet de SRB :

- Plateforme du SRB « fiabilisé », adaptée au matériel roulant de type SRB;
- Plateforme du SRB « évolutif », adaptée au SRB et conçue selon les besoins techniques d'un tramway.

Ci-après, la description des plateformes telles que décrites au livrable 1.8 de l'Étude de faisabilité tramway/SRB. La composition de la plateforme sera validée de façon plus approfondie lors du livrable 2 Critères de conception de l'avant-projet en cours.

2.2.1 Plateforme du tramway

Tous les réseaux souterrains secs et humides sous la plateforme sont déviés.

¹ Il est seulement requis de prévoir l'espace pour la localisation de la future multitubulaire nécessaire au tramway, car normalement, elle sera positionnée à l'extérieur, mais adjacente à sa plateforme. Le positionnement des réseaux souterrains doit donc être planifié en conséquence.

² Voir Livrable 1.13 art.3.6.2. p.14 – Insertion SRB de l'Étude de faisabilité tramway/SRB

³ Dans les cas où sont requis des travaux majeurs ou une reconstruction, ils seront réalisés en tenant compte également des besoins de capacité portante d'une charge de type tramway par la même occasion.

La plateforme tramway est constituée des quatre (4) éléments suivants :

- De différentes couches de matériaux granulaires, réalisées suite au terrassement constituant la sous-fondation et la fondation.
- D'une première couche de fondation dite de fondation dont l'épaisseur dépend de la portance du terrain naturel et de l'épaisseur des différentes couches de matériaux granulaires.
- D'une seconde couche de béton dite de calage qui assure le maintien des traverses sur lesquelles les rails sont fixés.
- D'un revêtement en béton, enrobé bitumineux ou végétal.

D'une manière générale, en milieu urbain, la plateforme est finie par la mise en place d'un revêtement perméable ou imperméable du revêtement de la plateforme. La plateforme est drainée.

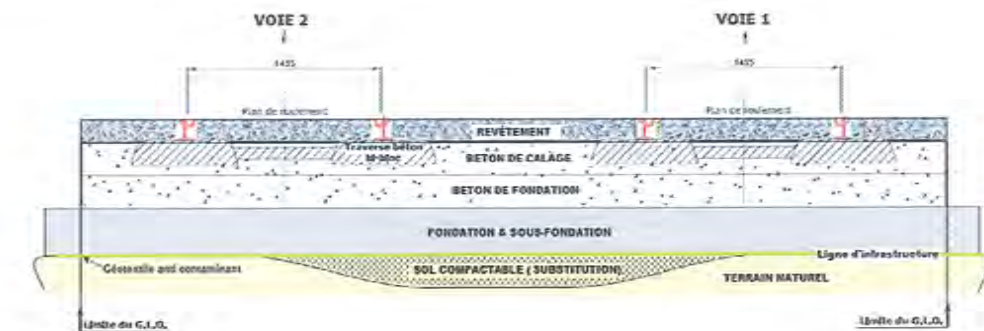


Figure 2.1 Coupe type – Plateforme tramway

Les caractéristiques générales des composantes de la plateforme tramway, indépendamment de sa largeur, sont les suivantes :

- La plateforme tramway est surélevée de 150 mm par rapport à la voirie;
- L'épaisseur totale de la structure est de 550 mm;
- Le béton de fondation est de 190 mm;
- Le béton de calage est de 190 mm;
- Le revêtement (béton, enrobé bitumineux ou couche végétale) est de 170 mm.

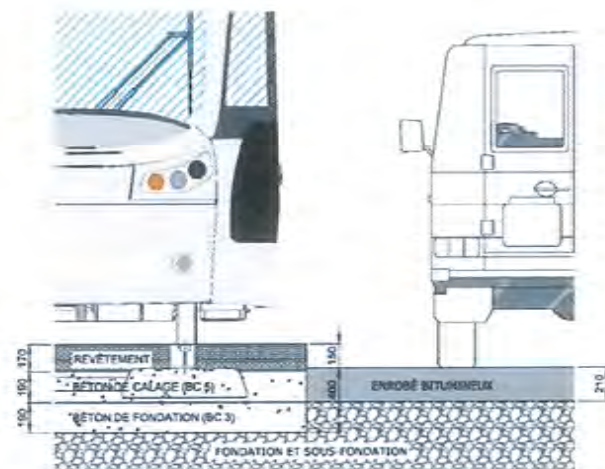


Figure 2.2 Composantes de la plateforme tramway

2.2.2 Plateforme du SRB « évolutif »

La plateforme du SRB évolutif est constituée de manière identique à celle du tramway à partir de ses éléments inférieurs jusqu'en surface, excluant les parties béton de calage, voie ferrée et revêtement. Le plan de roulement du SRB évolutif se situe à différentes élévations par rapport à la voirie adjacente le long du tracé, soit :

- Surélevé de 150 mm et séparé par une bordure de 0,30 ou 0,50 mètre;
- Surélevé de 50 mm et séparé par une zone tampon de 0,50 mètre;
- Au même niveau, en site banal⁴ ou site propre séparé par un ou deux terre-pleins.

Pour le SRB évolutif, la déviation des réseaux souterrains et la structure de chaussée granulaire jusqu'à la dalle de fondation en béton, incluant tous les accessoires de drainage requis, la multitubulaire et les massifs des poteaux LAC, sont construites et mis en place de manière finale dès le début des travaux.

Dans le cas de la plateforme SRB évolutif surélevée de 150 mm, ces éléments sont remplacés par une membrane d'étanchéité pour protéger la dalle de fondation, une fondation temporaire (matériaux granulaires) de 200 mm et un enrobé bitumineux de 160 mm.

La figure ci-dessous illustre la plateforme du SRB évolutif surélevée de 150 mm.

⁴ Applicable au pont de Québec uniquement

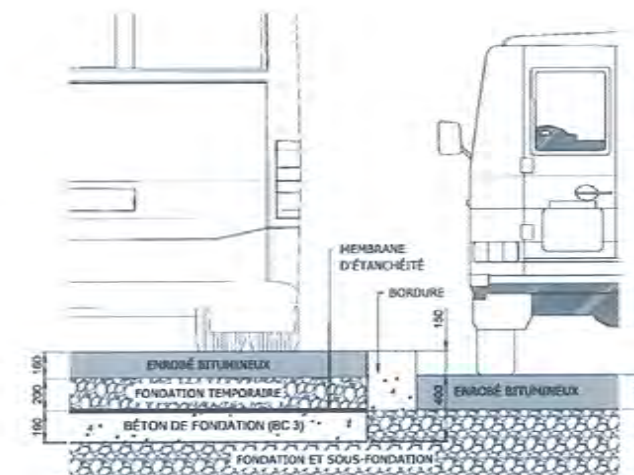


Figure 2.3 Plateforme du SRB évolutif surélevée de 150 mm

Le drainage de la plateforme est assuré par une pente transversale de 2 % vers les voiries adjacentes.

Lorsque la plateforme n'est pas surélevée de 150 mm (entre terre-pleins, plateforme semi-franchissable, etc.), la fondation temporaire en matériaux granulaires est retirée et, si requis, remplacée par un enrobé bitumineux et le drainage assuré par une adaptation au système de drainage prévu au tramway.

Pour plus de détails, le lecteur est invité à consulter le Livrable 1.11 – Insertion SRB de l'Étude de faisabilité tramway/SRB.

2.2.3 Plateforme du SRB « fiabilisé »

Le plan de roulement du SRB « fiabilisé » se situe à différentes élévations par rapport à la voirie adjacente le long du tracé. Trois (3) situations différentes sont présentes, soit :

- Surélevé de 150 mm et séparé par une bordure de 0,30 ou 0,50 mètre;
- Surélevé de 50 mm et séparé par une zone tampon de 0,50 mètre;
- Au même niveau, en site banal⁵ ou site propre séparé par un (1) ou deux (2) terre-pleins.

La structure de chaussée de la plateforme du SRB « fiabilisé » devrait être construite de manière semblable à celle des voiries adjacentes, mais avec des surépaisseurs au niveau de la fondation supérieure et de l'enrobé bitumineux. Les accessoires de drainage requis sont aussi mis en place. Par contre, aucun massif de poteau LAC ou composante de plateforme tramway ne sont construits à cette étape des travaux.

⁵ Applicable au pont de Québec uniquement.

2.2.3.1 Plateforme interstation

Lorsque la plateforme du SRB « fiabilisé » est surélevée de 150 mm par rapport à la voirie adjacente, la différence entre les plans de roulement du SRB et des voiries est comblée par une couche supplémentaire équivalente de matériaux granulaires au niveau de la fondation supérieure.

Les caractéristiques générales des composantes de la plateforme du SRB « fiabilisé », indépendamment de sa largeur, sont les suivantes :

- Surélevée de 150 mm par rapport au niveau de la voirie;
- Des bordures bordent la plateforme SRB en rive des voiries.

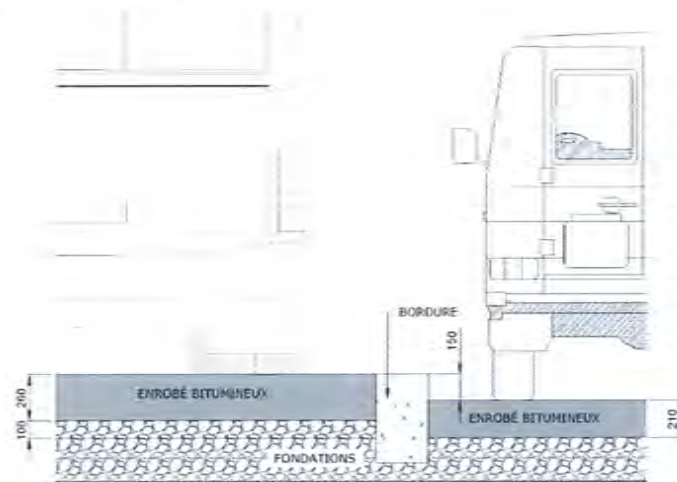


Figure 2.4 Composantes de la plateforme surélevée de 150 mm du SRB fiabilisé

Tableau 2.1 Composition de la structure de chaussée - Plateforme SRB fiabilisé surélevée de 150 mm

Matériau		Plateforme SRB Épaisseur (mm)
Couche de surface d'enrobé bitumineux	ESG-10	50
Couche de base d'enrobé bitumineux	GB-20	210
Fondation supérieure	MG-20	250
Fondation inférieure	MG-56	225
Sous-fondation	MG-112 ou MR	300-600

Le drainage de la plateforme est assuré par une pente transversale de 2 % vers les voiries adjacentes ou relié directement au système de drainage des voiries adjacentes.

Si la plateforme est à moins de 150 mm au-dessus de la voirie, l'écart est pris au niveau de la sous-fondation.

2.2.3.2 Plateforme en station

En station, la plateforme du SRB « fiabilisé » est modifiée par une dalle de béton armé de 260 mm qui remplace l'enrobé bitumineux.

Pour plus de détail, le lecteur est invité à consulter le Livrable 1.11 – Insertion SRB de l'Étude de faisabilité tramway/SRB.

2.2.4 Durée de vie utile

La conception standard d'une chaussée routière, souple (pavage) ou rigide (dalle de béton), utilise généralement comme critère de base une durée de vie de 20-25 ans, ce qui a été retenu à l'Étude de faisabilité tramway/SRB pour la conception des plateformes « fiabilisée » et « évolutive ».

Les critères suivants sont aussi pris en compte lors de la conception :

- Débit de circulation;
- Pourcentage de véhicules lourds;
- Profondeur de gel;
- Niveau d'entretien;
- Type et qualité des sols en place;
- Type et qualité des matériaux utilisés;
- Etc.

3 ANALYSE MULTICRITÈRE

Une grille d'analyse multicritère a été utilisée dans le but de faire une analyse plus poussée et de parvenir à une recommandation définitive sur l'option SRB à privilégier (fiabilisé ou évolutif).

3.1 Catégories et critères

La grille d'analyse multicritère en annexe prend en compte 20 critères techniques, divisés en trois (3) catégories :

- Coûts :
 - Ouvrages d'art (excluant le pont de Québec);
 - Stations et pôles d'échanges;
 - Maîtrise foncière;
 - Coût de construction et niveau de précision;
 - Coût de transition vers le tramway et niveau de précision.
- Risques techniques :
 - Vieillesse des éléments mis en place;
 - Vie utile restante des éléments mis en place;
 - Garantie du futur tramway à construire;
 - Obsolescence technologique;
 - Planification et niveau de conception du tramway;
 - Construction de la plateforme partielle du tramway;
 - Complexité de la construction du tramway;
 - Pont de Québec : Capacité portante;
 - Pont de Québec : Hauteur du tablier et nombre de voies disponibles;
 - Acceptabilité sociale de la prédisposition;
 - Aménagement paysager;
 - Évolution des législations et réglementations gouvernementales et environnementales.
- Activités :
 - Usagers du TC;
 - Usagers de la route (tous types de véhicules et modes de transports actifs);
 - Riverains limitrophes (tous types : résidentiel, commercial, industriel, etc.);
 - Pendant :
 - Travaux menant à un SRB;
 - Exploitation en mode SRB;
 - Travaux de transition vers le tramway.

3.2 Impacts et appréciations

Chaque critère décrit à la grille d'analyse voit ses impacts notés et justifiés. Les notes (et couleurs) sont attribuées en fonction des avantages/désavantages conférés par l'option de projet SRB noté :

1. Très désavantageux;
2. Désavantageux;
3. Neutre;
4. Avantageux;
5. Très avantageux.

Aucune pondération n'a été appliquée aux notes attribuées aux critères. À des fins de comparaison, le sous-total de chaque catégorie et le grand total sont chacun ramenés en pourcentage.

4 RECOMMANDATION TECHNIQUE

L'évaluation faite à partir de la grille multicritère a permis de démontrer les impacts et le poids respectif que peut avoir chacune des options du projet SRB à l'étude dans cette grille. En principe, l'idée de faire un SRB « évolutif » semble bonifier les avantages du SRB « fiabilisé » (moins d'impact lors de la transition vers le tramway sur les usagers du transport en commun, les usagers de la route, des riverains, etc.) puisqu'une partie de la plateforme du tramway serait déjà réalisée.

Néanmoins, il appert que certains critères techniques évalués occultent totalement les autres tellement ils sont fondamentaux à la future transition vers le tramway. Ces critères font ressortir clairement l'importance de plusieurs incertitudes techniques qui pourraient avoir d'importantes incidences économiques.

- Vieillesse des éléments mis en place :

Il est probable que des éléments enfouis de la plateforme partielle du tramway et ses accessoires se détériorent avec le temps, sous l'effet, entre autres, de l'exposition de ces éléments aux intempéries (sels de déglacage) et aux charges. Les risques découlant de la détermination du moment exact de la transition vers le tramway, de leur trop grande détérioration pour être utilisés au moment de la transition ou ceux associés à des exigences de performances accrues pour les protéger sont très grands.

- Vie utile restante des éléments mis en place :

La durée de vie utile restante des éléments enfouis de la plateforme partielle du tramway et ses accessoires doit être planifiée en avance pour le moment de la transition vers le tramway, soit 20 ans (ou plus) après le début de la construction du SRB. Les risques découlant de la détermination du moment exact de la transition vers le tramway, de leur peu de durée de vie utile restante (basée sur une conception standard) au moment de la transition vers le tramway ou ceux associés à des exigences de performances accrues sont très grands.

- Garantie sur les éléments structuraux du futur tramway :

Le type de plateforme choisi doit permettre à un entrepreneur, qui construira ou achèvera le tramway, de garantir ses ouvrages. De manière quasi certaine, un entrepreneur (et ses assurances) ne voudra/pourra pas garantir ses travaux mis en place sur des éléments existants, enfouis 20 ans (ou plus) après le début de la construction du SRB, et dont il ne pourra connaître la réelle détérioration ou la vie utile restante.

- Obsolescence technologique :

Considérant une durée de vie de 25 ans pour les chaussées et de 20 ans pour les autres équipements et considérant que les technologies, du tramway, entre autres, évoluent de telle manière que plusieurs éléments nécessaires à son infrastructure (ex. : motorisation, communication, alimentation, matériaux, etc.), mis en place aujourd'hui, pourraient devenir inutiles ou non performants d'ici le moment de la transition vers le tramway, soit 20 ans (ou plus) après le début de la construction du SRB. Il est même probable que les besoins d'un

tramway évoluent de manière à ce que certains éléments soient, soit manquants, soit désuets ou non requis, pour implanter un tramway dans le futur.

Après validation des notes de chacun des critères et étant donné la grande différence de pointage de chaque option, il a été convenu qu'il était inutile d'y appliquer une pondération, car l'issue finale serait la même.

La différence du pointage total de chacun des deux (2) projets SRB analysés est significative :

- SRB « fiabilisé » : 72 %
- SRB « évolutif » : 46 %

L'analyse multicritère oriente donc l'Étude d'avant-projet vers la réalisation d'un projet de SRB « fiabilisé ».

Annexe Analyse multicritère

Très désavantageux	1
Désavantageux	2
Neutre	3
Avantageux	4
Très avantageux	5

2016-06-16

ANALYSE MULTICRITÈRE

Catégories	Critères	Description	" SRB FIABILISÉ "	Note	" SRB ÉVOLUTIF "	Note
COÛTS			72%		56%	
			Sous-total 18		Sous-total 14	
	Ouvrages d'art (excluant le pont de Québec)	Nécessité de travaux de renforcement, réfection ou construction neuve au moment de l'implantation du mode SRB.	Minimum de travaux (6 OA), car seuls les travaux requis pour l'implantation du SRB sont réalisés (liv 1.13 art.3.6.2. p.14).	4	Pour minimiser les interventions et les délais au moment de la transition vers le tramway, il est supposé que tous les travaux d'ouvrages d'art seront réalisés pour la mise en place initiale du SRB évolutif (liv 1.13 art.3.6.2. p.14)	2
	Stations et pôles d'échanges	Impacts des travaux de démolition/construction de la plateforme entre les quais existants au moment de la transition vers le tramway.	Plusieurs stations seront à refaire au complet, car les travaux de plateforme tramway à faire en profondeur obligeront l'excavation des stations en partie.	2	Stations normalement à refaire seulement en surface dû à leur durée de vie utile atteinte à ± 20 ans d'usage. Par contre, les quais devront être élargis, allongés et relevés.	4
	Maîtrise foncière	Tout enjeu relié aux acquisitions foncières	Oblige à réaliser toutes les acquisitions lors de l'implantation du mode SRB. Légèrement plus flexible dans les cas où les acquisitions seraient plus problématiques immédiatement, mais cette flexibilité risque aussi de faire glisser certains problèmes jusqu'au moment de l'implantation d'un tramway.	4	Oblige à réaliser toutes les acquisitions lors de l'implantation du mode SRB	2
	Coût de construction et niveau de précision	Coût (2014) de travaux pour l'implantation du mode SRB	1 102 M\$ ± 30%	5	1 282 M\$ ± 30%	2
	Coût de transition vers le tramway et niveau de précision	Coût (2014) supplémentaire à déboursier pour faire la transition vers le tramway	1 325 M\$ ± > 30%	3	1 150 M\$ ± >30%	4
RISQUES TECHNIQUES			77%		38%	
			Sous-total 46		Sous-total 23	
	Vieillessement des éléments mis en place	Il est probable que des éléments enfouis existants de la plateforme partielle du tramway et ses accessoires, réalisés dès la phase SRB, se détériorent avec le temps, sous l'effet, entre autres, de l'exposition de ces éléments aux intempéries (sels de déglacage) et aux charges.	En ne mettant pas en place d'éléments du tramway dans le projet SRB, les risques découlant de leur trop grande détérioration pour être utilisés au moment de la transition vers le tramway sont ainsi éliminés.	4	En mettant en place des éléments du tramway dans le projet SRB, les risques découlant de leur trop grande détérioration pour être utilisés au moment de la transition vers le tramway ou ceux associés à des exigences de performances accrues pour les protéger sont très grands.	1
	Vie utile restante des éléments mis en place	Quelle sera la durée de vie utile restante des éléments enfouis existants de la plateforme partielle du tramway et ses accessoires au moment de la transition vers le tramway, 20 ans (ou plus) après le début de la construction du SRB?	En ne mettant pas en place d'éléments du tramway dans le projet SRB, les risques découlant de leur peu de durée de vie utile restante au moment de la transition vers le tramway sont ainsi éliminés.	5	En mettant en place des éléments du tramway dans le projet SRB, les risques découlant de leur peu de durée de vie utile restante au moment de la transition vers le tramway ou ceux associés à des exigences de performances accrues sont très grands.	1

Très désavantageux	1
Désavantageux	2
Neutre	3
Avantageux	4
Très avantageux	5

2016-06-16

ANALYSE MULTICRITÈRE

Catégories	Critères	Description	" SRB FIABILISÉ "	Note	" SRB ÉVOLUTIF "	Note
	Garantie sur les éléments structuraux du futur tramway	Le type de plateforme choisi permettra-t-il à un entrepreneur qui construira ou achèvera le tramway de garantir ses ouvrages construits (sur des éléments enfouis réalisés par d'autres, 20 ans (ou plus) après le début de la construction du SRB)?	En ne mettant pas en place d'éléments du tramway dans le projet SRB, ces risques sont ainsi éliminés. Il faut seulement prévoir si l'infra de la plateforme du tramway devra être plus profonde que celle des chaussées routières adjacentes et un moyen d'assurer son drainage adéquat.	5	L'entrepreneur du tramway, de manière certaine, ne voudra/pourra pas garantir ses travaux mis en place sur des éléments existants enfouis dont il ne pourra connaître la réelle détérioration ou via utile restante.	1
	Obsolescence technologique	Les technologies, du tramway, entre autres, évoluent de telle manière que plusieurs éléments d'infrastructure d'aujourd'hui pourraient devenir inutiles ou non performants dans le futur (ex. : motorisation, communication, alimentation, matériaux, etc.).	En ne mettant pas en place d'éléments d'infrastructure du tramway dans le projet SRB, les pertes financières dues à leur désuétude sont ainsi éliminées.	5	Il est probable que les besoins d'un tramway évoluent de telle manière que certains éléments d'infrastructure seraient, soit manquants (pas installés dans la phase SRB), soit plus nécessaires (alors que déjà installés dans la phase SRB), pour implanter un tramway dans le futur.	1
	Planification et niveau de conception du tramway	Évaluation de la complexité de la planification et de la mise en place des éléments de la plateforme partielle du tramway et ses accessoires (multitubulaires, massifs LAC, drainage, sous-stations, etc.) pour l'implantation du mode SRB.	Facilement prévisible pour un horizon de 20 ans (et même plus). La conception géométrique pour un tramway étant effectuée, il faut seulement prévoir l'infrastructure de la plateforme du tramway.	4	Complexité de la planification élevée. Requiert de planifier un projet de tramway dès l'avant-projet SRB pour les accessoires du tramway (sous-stations, massifs LAC, etc.)	2
	Construction de la plateforme partielle du tramway	La conception du tramway est réalisée au niveau d'une étude de faisabilité. Il est probable que certains éléments de conception pour le mode tramway n'aient pas été pris en compte.	Simple, car généralement, il y a seulement les emprises à prévoir et le drainage de l'infra au niveau de la future plateforme tramway.	5	Très complexe, car il faut planifier pour 20 ans (ou plus) après le début de la construction du SRB, et le niveau de conception du tramway n'est qu'au stade de l'étude de faisabilité.	1
	Complexité de la construction du tramway	Construction ou achèvement de la plateforme et des accessoires au moment de la transition vers le tramway.	Relativement complexe, car tout est à faire.	2	Relativement simple, car une grande partie est déjà réalisée.	4
	Pont de Québec : Capacité portante	Risque = augmentation de la charge morte.	Possible de réaliser un SRB fiabilisé sans avoir d'information sur la capacité portante du pont. Cela à condition d'obtenir l'autorisation de circuler sur le tablier actuel.	4	Si le pont ne peut pas prendre la charge des éléments du tramway, quel serait le coût des travaux pour renforcer?	1
	Pont de Québec : Hauteur du tablier et nombre de voies disponibles	Risque = autorisation de passage du SRB à deux ou trois voies.	Aucun impact significatif.	3	Aucun impact significatif.	3
	Acceptabilité sociale de la prédisposition	Il est probable que la population soit réfractaire à l'idée de dépenser de l'argent pour une prédisposition tramway et/ou modifier des infrastructures 20 ans en avance.	Pas d'investissement visible ou inutilisé jusqu'à la conversion en tramway.	4	Des investissements visibles et inutilisés jusqu'au moment de la conversion afin de diminuer les impacts des travaux, 20 ans (ou plus) après le début de la construction du SRB.	2
	Aménagement paysager	Impacts sur les arbres et arbrisseaux de 25 ans existants en bordure dans les terre-pleins au moment de la transition vers le tramway.	Les mesures d'atténuation et les remplacements d'arbres matures risquent d'être plus élevés.	2	Impacts moindres.	3
	Évolution des législations et réglementations gouvernementales et environnementales	Les législations et les réglementations applicables au projet maintenant peuvent avoir changé 20 ans (ou plus) après le début de la construction du SRB au moment de la transition vers le tramway.	Réglementation connue pour un projet SRB aujourd'hui.	3	Quelle sera la réglementation pour un tramway, et est-ce que la démarche actuelle sera valable au moment de la conversion?	3

Très désavantageux	1
Désavantageux	2
Neutre	3
Avantageux	4
Très avantageux	5

2016-06-16

ANALYSE MULTICRITÈRE

Catégories	Critères	Description	" SRB FIABILISÉ "	Note	" SRB ÉVOLUTIF "	Note
ACTIVITÉS			Sous-total	53% 8	Sous-total	60% 9
Pendant les travaux menant à un SRB :	o Impact pour les usagers du TC;	Est-ce que, dans un scénario plus que dans un autre, l'usager TC sera plus pénalisé?	Les travaux seraient 5 mois ± plus courts, ce qui est négligeable sur l'ensemble des travaux.	3	Les travaux seraient 5 mois ± plus longs, ce qui est négligeable sur l'ensemble des travaux.	2
	o Impact pour les usagers de la route; (tous types de véhicules et modes de transports actifs)	Est-ce que, dans un scénario plus que dans un autre, l'usager automobile sera plus pénalisé?				
	o Impact pour les riverains limitrophes. (tous types : résidentiel, commerciale, industriels, etc.)	Est-ce que, dans un scénario plus que dans un autre, les riverains et/ou leurs activités seront plus pénalisés?				
Pendant l'exploitation en mode SRB :	o Impact pour les usagers du TC;	Est-ce que, dans un scénario plus que dans un autre, l'usager TC sera plus pénalisé?	Aucun impact significatif.	3	Aucun impact significatif.	3
	o Impact pour les usagers de la route; (tous types de véhicules et modes de transports actifs)	Est-ce que, dans un scénario plus que dans un autre, l'usager automobile sera plus pénalisé?				
	o Impact pour les riverains limitrophes; (tous types : résidentiel, commercial, industriel, etc.)	Est-ce que, dans un scénario plus que dans un autre, les riverains et/ou leurs activités seront plus pénalisés?				
	o Entretien de la plateforme.	Est-ce que, dans un scénario plus que dans un autre, les activités d'entretien seront plus pénalisées?				
Pendant les travaux de transition vers le tramway :	o Impact pour les usagers du TC;	Est-ce que, dans un scénario plus que dans un autre, l'usager TC sera plus pénalisé?	Les travaux seraient 5 mois ± plus longs, augmentant la durée des irritants.	2	Les travaux seraient 5 mois ± plus courts, diminuant la durée des irritants.	4
	o Impact pour les riverains limitrophes; (tous types : résidentiel, commercial, industriel, etc.)	Est-ce que, dans un scénario plus que dans un autre, l'usager automobile sera plus pénalisé?				
	o Impact pour les riverains et les stationnements limitrophes. (tous types : résidentiel, commercial, industriel, etc.)	Est-ce que, dans un scénario plus que dans un autre, les riverains et/ou leurs activités seront plus pénalisés?				
			" SRB FIABILISÉ "	Note	" SRB ÉVOLUTIF "	Note
			TOTAL	72 72%	TOTAL	46 46%

Annexe 4

MANDAT COMPLÉMENTAIRE

MC-02 Choix des sites des CEE (grille multicritère)

Choix des sites des centres d'entretien et d'exploitation (CEE)

Catégories	Critères	Description	Classement				Poids maximum	Pondération	
			5	3	1	0			
A Terrain	0 Superficie brute du site	Superficie brute du site.	m ²	m ²	m ²	m ²			
	1 Différence altimétrique	<u>Objectif</u> : Différence entre le point haut et le point bas du site; importance des mesures de nivellement à prévoir sur ce terrain. <u>Indicateur</u> : Écart, en mètre carré, entre la valeur altimétrique la plus élevée et la plus basse.	0 à 1 mètre	1 à 3 mètres	3 à 5 mètres	5 mètres et plus	5.0	3%	10.0%
	2 Contraintes du site	<u>Objectif</u> : Contraintes liées à la configuration du site et à ses particularités: proximité de ligne et/ou pylones très haute tension (THT), bande riveraine d'un cours d'eau (BR), voie ferrée à traverser (VF), forme particulière du terrain (FT), conduite majeures sous chemin d'accès (CM), etc. <u>Indicateur</u> : Nombre et importance des contraintes retrouvées sur le site et leur impact sur l'exploitation.	Très bon	Bon	Moyen	Faible	5.0	3%	
	3 Superficie nette du site	<u>Objectif</u> : Superficie nette du terrain réellement utilisable et constructible. <u>Indicateur</u> : Superficie constructible et exploitable, en mètre carré, du terrain.	CEE princ.>50 000 m ² (ou 2x) + potentiel CEE sec.>25 000 m ² (ou 2x) + potentiel	CEE princ.>50 000 m ² CEE sec.>25 000 m ²	---	moins de 50 000 m ² moins de 25 000 m ²	5.0	3%	
B Opérabilité du système	1 Distance par rapport au tracé	<u>Objectif</u> : Proximité du site par rapport au tracé du SRB. <u>Indicateur</u> : Distance, en mètre, entre le site analysé et le tracé du SRB.	0 mètre	0 à 250 mètre	250 à 500 mètre	500 m et plus	5.0	3%	40.0%
	2 Distance du CEE du terminus	<u>Objectif</u> : Distance parcourue par les autobus du SRB de leur sortie du CEE à leur point d'entrée en exploitation, ou trajet haut-le-pied (sans passagers). <u>Indicateur</u> : Distance, en mètre, entre le site analysé et le terminus d'entrée en service.	0 à 5,0 km	5,1 à 10,0 km	10,1 à 15,0 km	15,1 km et plus	20.0	13%	
	3 Nombre d'accès	<u>Objectif</u> : Nombre d'accès possibles au site, autant pour les autobus que pour les véhicules de maintenance ou privés. <u>Indicateur</u> : Nombre d'accès au site.	3 et plus	2	1	Aucun	5.0	3%	
	4 Piste d'essai	<u>Objectif</u> : Potentiels qu'une piste d'essai puisse être aménagée ainsi que la longueur éventuelle estimée de celle-ci. <u>Indicateur</u> : Longueur estimée, en mètre, de la piste d'essai.	+ de 400 m	250 à 500 m	moins de 250 m	Aucun	5.0	3%	
	5 Infrastructures d'accès (fiabilisation)	<u>Objectif</u> : Présence ou non d'axes routiers à proximité du site ainsi que leur nombre. <u>Indicateur</u> : Nombre d'axes routiers à proximité du site.	3 et plus	2	1	Aucun	5.0	3%	
	6 Compatibilité avec le phasage travaux	<u>Objectif</u> : Distance entre le CEE et le tracé du SRB, selon le phasage de mise en fonction du réseau. <u>Indicateur</u> : Évaluation qualitative de la distance entre le site et le tracé SRB initial.	Très bon	Bon	Moyen	Faible	15.0	10%	
	7 Risques de rupture du service	<u>Objectif</u> : Risques qu'un événement dans le voisinage immédiat puisse affecter les opérations du site. <u>Indicateur</u> : Évaluation qualitative des possibilités d'interruption de service et dues aux risques de voisinage.	Nuls	Faibles	Moyens	Élevés	5.0	3%	

Catégories	Critères	Description	Classement				Poids maximum	Pondération	
			5	3	1	0			
C Environnement & Intégration au milieu	1 Potentiel de contamination	<u>Objectif</u> : Évaluer le niveau potentiel de contamination du site envisagé. <u>Indicateur</u> : Niveau de contamination du site.	Aucun	Niveau A-B	Niveau B-C	> Niveau C	5.0	3%	40.0%
	2 Impacts environnementaux	<u>Objectif</u> : Impacts environnementaux liés à la construction et l'exploitation du CEE (ex. : destruction d'écosystèmes fragiles/particuliers, impacter des réserves écologiques, des espaces verts, des milieux humides, etc.). <u>Indicateur</u> : Évaluation du potentiel d'impact environnemental de l'implantation du CEE.	Nul ou amélioration du site	Faibles	Moyens	Élevés	15.0	10%	
	3 Usage conforme au zonage	<u>Objectif</u> : Conformité de l'usage envisagé avec la réglementation actuelle. <u>Indicateur</u> : Conformité au zonage actuel ou non.	Zonage industriel Usage permis	Zonage mixte incluant indust. moyen & léger à modifier	Zonage commercial à modifier	Zonage résidentiel, forestier à modifier	5.0	3%	
	4 Insertion urbaine	<u>Objectif</u> : Milieu urbain dans lequel s'insérerait le CEE, donc sa compatibilité avec le voisinage. (Secteur industriel, commercial, résidentiel, mixte). <u>Indicateur</u> : Occupation de milieu envisagé et compatibilité du CEE dans ce lieu.	Très bon Secteur industriel	Bon Secteur industriel moyen, ou léger et mixte	Moyen Secteur commercial, ou mixte	Faible Secteur résidentiel	15.0	10%	
	5 Insertion paysagère	<u>Objectif</u> : Intégration visuelle du projet du CEE dans son éventuel paysage urbain; c'est-à-dire est-ce que les infrastructures envisagées seront de même gabarit et architecture que ce qui existe. <u>Indicateur</u> : Évaluation des similitudes et différences entre les bâtiments envisagés et ceux présents dans le milieu.	Architecture similaire au paysage actuel	Architecture complémentaire au paysage actuel	Certains éléments en lien avec le paysage actuel	Peu d'éléments similaires au paysage actuel	5.0	3%	
	6 Opportunité de requalification d'un site	<u>Objectif</u> : Opportunité de donner un usage à un site qui ne pourrait être développé autrement. Capacité de décontaminer en fonction de l'usage en scellant par la dalle du CEE. <u>Indicateur</u> : Évaluation qualitative de l'opportunité de requalification.	Très bon	Bon	Moyen	Faible	10.0	7%	
	7 Potentiel de développement du site	<u>Objectif</u> : Site présentant un potentiel de développement urbain ou convoité pour un autre usage. <u>Indicateur</u> : Évaluation du potentiel de développement urbain ou du degré de convoitise du site pour un autre usage.	Minime	Faible Industriel	Moyen Commercial	Élevé Mixte	5.0	3%	
D Coûts	1 Coûts d'acquisition et de préparation du terrain	<u>Objectif</u> : Évaluation des coûts d'acquisition du terrain du point de vue de la complexité d'acquisition, des réserves foncières ou des expropriations à envisager, entre autres. <u>Indicateur</u> : Évaluation à haut niveau des coûts d'acquisition et de préparation du terrain.	Minimes	Faibles	Moyens	Élevés	5.0	3%	10.0%
	2 Coûts de décontamination	<u>Objectif</u> : Évaluation des coûts liés à un besoin de décontamination du site (Complexité des travaux, type de contaminant, etc.). <u>Indicateur</u> : Évaluation à haut niveau, en fonction de la contamination du site, des coûts de décontamination.	Minimes	Faibles	Moyens	Élevés	5.0	3%	
	3 Coûts de compensation environnementale	<u>Objectif</u> : Évaluation des coûts de compensation environnementale à prévoir selon les impacts sur l'environnement anticipés. <u>Indicateur</u> : Évaluation à haut niveau des coûts de compensations environnementales.	Minimes	Faibles	Moyens	Élevés	5.0	3%	
Pondération totale							150.0	100%	100%

Choix des sites des centres d'entretien et d'exploitation (CEE)

Option		CEE Principal (Québec)						CEE Secondaire (Lévis)												
Catégorie	Critère	Site 1 VQ-TP Limoilou	Site 2 Rue de Verdun	Site 3 Cyrille-Duquet	Site A 1re Avenue	Site B Rue Perreault	Site C Saint-Omer	Site D rue Arthur-Plante	Site E Saint-Romuald	Site F Chemin des Îles										
	* voir plan de localisation des sites potentiels des CEE																			
A	Terrain																			
	0 Superficie brute du site	83 000 m ² + potentiel	56 000 m ²	79 000 m ² +potentiel	26 200 m2 + potentiel	67 000 m2	30 000 m2	202 000 m2	108 000 m2	106 000 m2										
	1 Différence altimétrique	4 m	5 m	7 m	15 m	4 à 5 m	~ 2 à 3 m	~ 3 m	5 m	8 m										
	2 Contraintes du site	THT (-13 000 m2), FT (-10 000 m2)	FT (-4 000 m2)	THT (-5 000 m2)	VF à traverser	---	Déjà en exploitation par STLévis	BR (-6 000 m2)	FT (-25 000 m2), 2x VF à traverser	BR (-3 500 m2)										
	3 Superficie nette du site	60 000 m ² + potentiel	52 000 m ²	74 000 m ² +potentiel	26 200 m2 + potentiel	67 000 m2	0 m2	194 000 m2	83 000 m2	102 500 m2										
	Pondération /10	Note	5.6%	7	5.6%	7	5.6%	8	5.6%	8										
B	Opérabilité du système	1 Distance par rapport au tracé	0 m	~ 300 m	0 m	30 m	0 m	0 m	0 m	~ 450 m	0 m									
		2 Distance avec les terminus																		
		Terminus Galerie Charlesbourg	~ 2,7 km	~ 4,7 km	~ 6,6 km	---	---	---	---	---	---									
		Terminus Saint-Roch	~ 1,9 km	~ 2,6 km	~ 4,0 km	---	---	---	---	---	---									
		Terminus Grand Théâtre	~ 3,9 km	~ 2,5 km	~ 4,0 km	---	---	---	---	---	---									
		Terminus D'Estimaerville	~ 1,4 km	~ 5,9 km	~ 7,8 km	---	---	---	---	---	---									
		Terminus Des Rivières	~ 20,3 km	~ 16,5 km	~ 14,8 km	~ 6,6 km	~ 11,9 km	~ 18,0 km	~ 10,9 km	~ 10,2 km	~ 12,8 km									
		Terminus Taniata	~ 20,9 km	~ 16,8 km	~ 15,8 km	~ 1,5 km	~ 2,9 km	~ 9,0 km	~ 2,9 km	~ 1,2 km	~ 3,8 km									
		Terminus Monseigneur Bourget	---	---	---	~ 16,5 km	~ 7,9 km	~ 1,2 km	~ 7,3 km	~ 16,1 km	~ 6,3 km									
		3 Nombre d'accès	3	3	+ de 3	1	+ de 3	2	3	1	+ de 3									
4 Piste d'essai	700 m	340 m	300 m	Espace restreint	350 m	Espace restreint	450 m	350 m	350 m											
5 Infrastructures d'accès (fiabilisation)	3 rues	1 rue, Verdun n'est pas sécuritaire + conduites majeures	1 boul. + 1 rue	Aucune + chemin de fer à traverser	1 boul. + 2 rues	1 boul. + 1 rue	1 boul. + 1 rue	1 rue	1 boul. + 2 rues											
6 Compatibilité avec le phasage travaux	Parmi les derniers tronçons à construire à Qc	Parmi les premiers tronçons à construire à Qc	Parmi les premiers tronçons à construire à Qc	Près du terminus temporaire Taniata	Dépassé le terminus temporaire Taniata	Dans le dernier tronçon à construire à Lévis	Dépassé le terminus temporaire Taniata	Près du terminus temporaire Taniata	Bien dépassé le terminus temporaire Taniata											
7 Risque de rupture de service	Nuls	Nuls	Nuls	Nuls	Moyens	Nuls	Moyens	Nuls	Moyens											
	Pondération /40	Note	28.9%	46	30.0%	38	33.3%	44	25.5%	22	28.9%	31	20.0%	24	28.9%	31	23.3%	22	25.5%	29
C	Environnement & intégration au milieu	1 Potentiel de contamination	(1) Potentiellement contaminé: zone industrielle, entreposage divers	Site décontaminé pour usage industriel (ancien entrepôt Hydro-Québec)	(1) Potentiellement contaminé: Hamel construction	Aucun	(1) Potentiellement contaminé: près de la Route 132	(1) Potentiellement contaminé: garage St-Lévis	(1) Potentiellement contaminé: près de la Route 132	(1) Potentiellement contaminé: Ancien site industriel	(1) Potentiellement contaminé: Entreposage									
		2 Impacts environnementaux	Aucun, même un potentiel d'amélioration	Gazon et arbres	Friche herbacée, potentiel d'habitat pour certaines espèces	Site complètement boisé, milieu humide (à valider)	Site majoritairement boisé, cours d'eau (à valider)	Site déjà aménagé	Site composé de boisés et de friches, cours d'eau (à valider)	Site déjà aménagé	Site déjà aménagé									
		3 Usage conforme au zonage	Oui	Moitié com. & industriel, moitié résidentiel (sans résidence)	Oui	oui	oui	oui et non	oui	oui	oui et non									
		4 Insertion urbaine	Limite de la zone industrielle lourde et d'un quartier résidentiel (à l'est du boulevard)	Limite de la zone industrielle et d'un quartier résidentiel et commercial	Zone commerciale et industrielle	Milieu naturel boisé	Zone industrielle en partie utilisée	Résidentiel à l'est, commercial au nord, golf à l'ouest	Insertion en retrait par rapport à la Route 132, zone industrielle au sud, est et ouest	Zone industrielle au sud de la Route 132, résidentiel au nord-ouest, commercial au nord et indust. à l'est	Zone industrielle Quartiers résidentiels au nord-est et nord-ouest									
		5 Insertion paysagère	Similaire à l'actuel	Certains éléments sont en lien avec le voisinage	Similaire à l'actuel	En construite avec l'existant	Similaire au voisinage	Similaire à l'actuel	Similaire au voisinage Proche de la raffinerie	Similaire à l'actuel	En lien avec l'actuel									
		6 Opportunité de requalification d'un site	Garages municipaux					En usage par la STLévis.												
		7 Potentiel de développement du site	Le nouvel hôpital veut l'acquérir pour y faire un stationnement	Usages industriel et commercial		Besoin d'une servitude de passage pour traverser la voie ferrée	Proximité de la raffinerie Ultramar	Propriété de la STLévis en zone à fort potentiel urbain.	Proximité de la raffinerie Ultramar	Zone industrielle										
			Pondération /40	Note	35.6%	28	30.0%	25	33.3%	27	10.0%	15	25.5%	24	21.1%	17	28.9%	25	27.8%	24
D	Financier	1 Coûts d'acquisition	Propriété de la ville de Québec	Hydro-Québec prêt à s'en départir pour 1\$	Plusieurs bâtiments en exploitation et grande superficie	Besoin d'une servitude de passage pour traverser la voie ferrée	Certains bâtiments présents et de grande moyenne	Propriété de la STLévis. Certains bâtiments présents.	Peu de bâtiment en exploitation et très grande superficie	Certains bâtiments présents et de grande moyenne	Plusieurs bâtiments en exploitation et grande superficie									
		2 Coûts de décontamination ⁽¹⁾				Aucun														
		3 Coûts de compensation environnementale ⁽¹⁾				Aucun														
			Pondération /10	Note	7.8%	11	8.9%	13	3.3%	4	8.9%	13	2.2%	2	6.7%	9	2.2%	2	5.6%	7
	Pondération /100 - Note		70%	92	66%	83	72%	83	41%	58	62%	68	43%	53	67%	71	56%	59	57%	63

Note 1 : Critères évalués à partir des usages actuels ou passés connus. Aucune étude environnementale n'a été réalisée sur les sites afin de déterminer les niveaux de contamination des sols. Les résultats pourraient changer en fonction des conclusions d'une éventuelle étude de phase 2 (Étude de sols contaminés).

Annexe 5

Prospectus Technologie TOSA (Anglais)

Technology flyer

TOSA – Enabling a new generation of electric buses Flash-charging technology for sustainable e-mobility



Technology breakthrough provides
a solution for mass transportation to
ensure sustainable mobility.

Innovative flash charging technology

The TOSA e-bus is a viable solution for urban mass transit, making catenaries, large and heavy batteries, range and schedule limitations as well as greenhouse gas and noise emissions a thing of the past.

ABB has developed and optimized its flash-charging technology and onboard traction equipment for high-frequency and high-capacity bus routes. By selecting the appropriate technologies and ensuring optimal energy management, the system can save as much as 1,000 tons of CO₂ on a bus line covering approximately 600,000 kilometers per year. In addition, the e-bus' energy costs are 30 percent below those of a diesel bus.

Smart energy management

The flash-charging technology allows the bus to take on energy at selected bus stops along the route, reducing battery size and weight, and freeing space to accommodate up to 143 passengers. The energy from the charging equipment is stored in compact roof-mounted batteries, along with the vehicle's braking energy, powering both the bus and its auxiliary services, such as interior lighting.

Feeding stations: Flash/Terminus/Depot

There are three types of feeding stations:

- Flash-charging stations at selected bus stops providing a short high-power boost at 600 kilowatt (kW) for 15 seconds (sec).
- Terminal feeding stations delivering more prolonged charges of 4 – 5 minutes (min) at 400 kW.
- Depot stations applying a longer charge to provide the energy required to travel between the line and the depot location. Buses are recharged at 45 kW for about 30 min.

Flexible drivetrain solutions

ABB's innovative drivetrain system includes a highly integrated traction and auxiliary converter for roof-mounting. The traction converter is of compact design and highly energy-efficient. The permanent magnet traction motor is especially designed for e-bus applications. The Lithium-titanate battery unit is capable of being rapidly charged and discharged. The solution is completed by the energy transfer system (ETS), a laser-controlled moving arm that docks into the overhead receptacle of the flash-charging station in less than a second, making it the world's fastest connecting system.

High speed and fully automatic energy transfer system

- Fast connection to high-power charger in less than 1 sec
- Fully automatic so that the driver is not distracted by the connection process and can focus on passengers, pedestrians and traffic.
- Full compensation for distance to sidewalk: 0 to 70 cm
- Receptacle: 3-meter length to optimize approaching speed
- High power: < 600 kW
- Energy efficiency: Less than 1 percent loss
- Health and safety: Compliant with RNI norms and directives (ICNIRP)
- Ambient conditions: Year round operation with snow, rain, hail, fog and ice. Resistant to dust and pollen pollution.

Efficiency vs Autonomy

The TOSA concept prioritizes efficiency over autonomy. This implies smaller onboard batteries and a lighter more energy-efficient bus, allowing for a higher passenger capacity. Flash-charging stations at selected bus stops along the route recharge the buses' batteries while passengers are embarking and disembarking. The opportunity-charging principle minimizes infrastructure investments while ensuring optimal and safe operation and also permitting higher flexibility in route layout and integration with other public transport systems including tramways.



For more information please contact:

ABB Switzerland Ltd.
Power Grids Division
Bruggerstrasse 72
CH-5400 Baden, Switzerland
Phone: +41 58 585 77 44
Fax: +41 58 585 55 77
E-Mail: substations@ch.abb.com

www.abb.com/substations

Note

We reserve the right to make technical changes or modify the contents of this document without prior notice. With regard to purchase orders, the agreed particulars shall prevail. ABB does not accept any responsibility whatsoever for potential errors or possible lack of information in this document. We reserve all rights in this document in the subject matter and illustrations contained therein. Any reproduction - in whole or in parts - is forbidden without ABB's prior written consent.

DOCUMENT DE TRAVAIL

Annexe 6

Analyse des systèmes de recharge

NOTE : Le lecteur est référé au document *Complément à l'annexe 1.6 du Livrable 1 projet de Référence* (document 639057-021-0A00-47ER-0001) qui complète l'information contenue dans cette annexe.

Le réseau de SRB Québec-Lévis est complexe et ses quatre (4) routes interconnectées, dont les unes, sont très courtes et les autres très longues posent un défi particulier. La distance entre le CEE et les terminaux où les trajets débutent est un élément important dans notre analyse. Les routes avec des trajets parallèles et croisés offrent à la fois des avantages et des inconvénients pour la recharge de véhicules électriques. L'une des plus importantes considérations dans le choix de technologies de recharge est donc la nécessité d'utiliser une stratégie de recharge unique pour tous les trajets et tous les autobus.

La revue des quatre (4) types de systèmes de recharge se résume comme suit :

a. Recharge lente

Cette technologie a été éliminée d'emblée parce que la taille des systèmes de stockage d'énergie à bord des autobus ne permettrait pas de parcourir les distances prévues pour les plus longs trajets pendant une durée suffisante entre les périodes de recharge avec un nombre de passagers de plus de 150 à bord des véhicules. Les autobus équipés de batteries qui accommodent cette technologie de recharge ont une autonomie typique de 100 à 150 km (dépendant de la taille des batteries et de l'utilisation des systèmes auxiliaires). Ce type de recharge conviendrait à des autobus qui parcourent le trajet Nord-Sud de 6,6 km, mais ne pourrait desservir le corridor Est-Ouest de 31 km plus de deux (2) fois (aller-retour) avant de nécessiter un long arrêt pour la recharge.

Nous avons exploré la possibilité de jumeler la recharge lente avec la recharge rapide en terminal, mais le fabricant ne peut indiquer un seul exemple de cette pratique en service dans le monde, la composition chimique des batteries s'accommodant mal de l'un ou de l'autre des deux (2) types de recharge.

Un système de recharge lente pourrait cependant être installé aux CEE pour s'assurer que les autobus quittent le garage avec une pleine charge tous les matins sans devoir prendre le temps nécessaire pour recharger au terminus avant d'entrer en service. Cette option est techniquement possible avec certains types de batteries et, le cas échéant, pourrait réduire les coûts d'infrastructure et les temps d'entretien nocturne.

b. Recharge rapide

Les systèmes de recharge rapide sont typiquement installés en terminal (bouts de ligne) et parfois aux pôles d'échanges lorsque l'espace le permet. Des pantographes et des systèmes de recharge par induction sont disponibles et pourraient convenir au SRB Québec-Lévis. Les besoins de puissance électrique aux stations ainsi équipées seraient similaires pour les deux (2) types de systèmes. Les facteurs critiques au choix de l'une de ces technologies ont été les temps de recharge requis, l'efficacité des systèmes, la fiabilité des systèmes et la quantité et taille des infrastructures requises en fonction des endroits où elles doivent être installées.

Le trajet le plus exigeant pour les véhicules (30,6 km) entre les terminaux Monseigneur-Bourget et Grand Théâtre (en rouge ci-après) a servi à nos simulations. En l'absence d'un plan d'opération détaillé, nous avons

posé l'hypothèse que quatre (4) parcours totalisant approximativement sept (7) heures de service constituent un cycle d'utilisation suffisamment sévère pour en faire le pire scénario de référence qui puisse être utilisé dans la réalité de l'opération quotidienne du SRB (voir Figure 5.1). Dans le cas des simulations pour systèmes de recharge rapide, notre scénario de référence assume également que les stations de recharge rapide sont localisées uniquement aux deux (2) terminaux (Monseigneur-Bourget et Grand Théâtre) afin de minimiser les coûts et les pertes de temps en service.

Notre première simulation est basée sur l'utilisation d'un système par pantographe de 360 kW de puissance avec 12 minutes d'arrêt à chaque terminal, la batterie des autobus étant initialement chargée à plein (360 kWh). Malgré que ces paramètres soient les plus extrêmes en termes de la longueur des temps d'arrêt et de la taille des batteries, cette solution ne permet pas d'assurer le service requis, car la batterie atteint des niveaux de charge trop bas en fin de quatrième course. Les résultats détaillés sont :

Tableau 8.1 Scénario de recharge n° 1

Scenario 1 - Overhead Pantograph charge at 360 kW, 12 minute charge at Terminus (Grand Theatre & Mgr Bourget)										
Mgr Bourget au Grand-Théâtre				Major Stops and distance from start of route						
Bus Type	Battery Capacity (kW-hr)	Energy Use (kW/km)	CEE to Mgr Bourget	Mgr Bourget	Du Saul	Sainte-Foy	Université	Grand Theatre	Charge Rate (kW)	
24m	360	4.4	7.9	0	14	19.7	21.6	30.6	360	
Run 1	24m Bus Battery Energy Remaining		360	325.2	263.6	238.6	230.2	190.6	Charge Time	Charge Time to full
	Energy Used 1st run (From CEE)			34.8	96.4	121.4	129.8	169.4	12	28.2
Run 2	24m Bus Battery Energy Remaining			128.0	189.6	214.6	223.0	262.6	Charge Time	Charge Time to full
	Energy Used 2nd run			134.6	73.0	48.0	39.6	0.0	12	38.7
Run 3	24m Bus Battery Energy Remaining		0	200.0	138.4	113.3	104.9	65.3	Charge Time	Charge Time to full
	Energy Used 3rd run			0.0	61.6	86.7	95.0	134.6	12	49.1
Run 4	24m Bus Battery Energy Remaining			2.7	64.3	89.4	97.7	137.3	Charge Time	Charge Time to full
	Energy Used 4th run			134.6	73.0	48.0	39.6	0.0		59.6

Note: 4 runs would be approximately 7 hours operating
Observation: This combination of battery size and layover is not sustainable.

Dans cette première simulation, on observe donc une décharge progressive des batteries au rythme de 4,4 kWh/km (une consommation conservatrice qui suppose l'utilisation maximale des systèmes auxiliaires de climatisation). Celle-ci ne peut être compensée entièrement par une recharge de 12 minutes à chaque terminal. Si l'on augmente la puissance de la station de recharge de 360 kW à 450 kW on obtient les résultats suivants :

Tableau 8.2 Scénario de recharge n° 2

Scenario 2 - Overhead Pantograph charge at 450 kW, 12 minute charge at Terminus (Grand Theatre & Mgr Bourget)

Mgr Bourget au Grand-Théâtre				Major Stops and distance from start of route					Charge Rate (kW)	
Battery	Capacity (kW-hr)	Energy Use (kW/km)	CEE to Mgr Bourget	Mgr Bourget	Du Saul	Sainte-Foy	Université	Grand Theatre		
Bus Type	24m	360	4.4	7.9	0	14	19.7	21.6	30.6	450
Run 1										
24m Bus Battery Energy Remaining			360	325.2	263.6	238.6	230.2	190.6	Charge Time	Charge Time to full
Energy Used 1st run (From CEE)				34.8	96.4	121.4	129.8	169.4	12	22.6
Run 2										
24m Bus Battery Energy Remaining				146.0	207.6	232.6	241.0	280.6	Charge Time	Charge Time to full
Energy Used 2nd run				134.6	73.0	48.0	39.6	0.0	12	28.5
Run 3										
24m Bus Battery Energy Remaining			0	236.0	174.4	149.3	140.9	101.3	Charge Time	Charge Time to full
Energy Used 3rd run				0.0	61.6	86.7	95.0	134.6	12	34.5
Run 4										
24m Bus Battery Energy Remaining				56.7	118.3	143.4	151.7	191.3	Charge Time	Charge Time to full
Energy Used 4th run				134.6	73.0	48.0	39.6	0.0		40.4

Note: 4 runs would be approximately 7 hours operating
Observation: 12 minutes charge layover would be the absolute minimum to sustain these 4 runs. Needs a final charge to get back to depot

En augmentant la capacité du chargeur de 25 % (à 450 kW) et en gardant un temps de recharge en terminus à 12 minutes, ce cycle d'exploitation devient opérationnel.

Si l'on utilise un système par induction de 200 kW de puissance pour des autobus avec 360 kWh, en conservant un temps de recharge de 12 minutes en terminus, il est impossible d'assurer le service requis. Il faut donc ajouter un plus grand nombre de stations de recharge en cours de route et ajouter du temps pour la recharge tout en augmentant le nombre d'autobus requis pour assurer le service.

Tableau 8.3 Scénario de recharge n° 3

Scenario 3 - Inductive charge at 200 kW, 20 minute charge at Terminus (Grand Theatre & Mgr Bourget)

Mgr Bourget au Grand-Théâtre				Major Stops and distance from start of route					Charge Rate (kW)	
Battery	Capacity (kW-hr)	Energy Use (kW/km)	CEE to Mgr Bourget	Mgr Bourget	Du Saul	Sainte-Foy	Université	Grand Theatre		
Bus Type	24m	320	4.4	7.9	0	14	19.7	21.6	30.6	200
Run 1										
24m Bus Battery Energy Remaining			320	285.2	223.6	198.6	190.2	150.6	Charge Time	Charge Time to full
Energy Used 1st run From CEE				34.8	96.4	121.4	129.8	169.4	12	27.9
Run 2										
24m Bus Battery Energy Remaining				56.0	117.6	142.6	151.0	190.6	Charge Time	Charge Time to full
Energy Used 2nd run				134.6	73.0	48.0	39.6	0.0	12	40.5
Run 3										
24m Bus Battery Energy Remaining			0	96.0	34.4	9.3	0.9	-38.7	Charge Time	Charge Time to full
Energy Used 3rd run				0.0	61.6	86.7	95.0	134.6	12	53.2
Run 4										
24m Bus Battery Energy Remaining				-133.3	-71.7	-46.6	-38.3	1.3	Charge Time	Charge Time to full
Energy Used 4th run				134.6	73.0	48.0	39.6	0.0		65.8

Note: 4 runs would be approximately 7 hours operating
Observation: Inductive charging at 200 kW does not appear to be sustainable due to layover times at Terminals, or multiple induction stations.

L'utilisation d'équipements de recharge rapide en bout de ligne procure donc, en somme, les résultats suivants :

- Un arrêt pour recharge de 12 minutes est la durée maximale recommandable, cette durée devant être un multiple de six (6) minutes pour maintenir l'intervalle de six (6) minutes sur le parcours. Des arrêts de 18 minutes sont économiquement impensables du point de vue de la productivité des chauffeurs et même des arrêts de six (6) minutes en cours de route causeraient l'insatisfaction des usagers.
- i Recharge par pantographe aérien à contact
 - Chargeur de 360 kW, 12 minutes recharge : infaisable
 - Chargeur de 450 kW, 12 minutes recharge : possible
- ii Recharge par induction (souterraine)
 - Chargeur de 200 kW, 12 minutes recharge : infaisable
 - Un minimum de 30 minutes est requis pour la recharge en terminus
 - Des stations de recharge seraient requises sur le parcours pour réduire le temps de recharge en terminus, mais causeraient une grande improductivité.

Les deux (2) systèmes peuvent techniquement satisfaire les besoins du SRB Québec-Lévis, mais la recharge par induction est pratiquement inutilisable. Les avantages liés à l'utilisation d'un système de recharge rapide sont :

- Les systèmes de pantographes avec contact sont les plus répandus et les mieux éprouvés sur le marché;
- La quantité d'infrastructures requise est moindre que celle requise par un système alternatif (recharge ultrarapide).

L'utilisation d'un système de recharge rapide comporte cependant les principaux inconvénients suivants :

- Avec des temps d'arrêt de 12 minutes à chaque course, le nombre d'autobus (et donc de chauffeurs) requis pour assurer le service est élevé en raison du nombre d'autobus qui seront hors service pendant les périodes de recharge;
- Le temps non productif des chauffeurs qui attendent que les batteries soient rechargées atteint la limite supérieure acceptable, et ce, sans imprévu en cours de route.

iii Recharge ultrarapide (Flash) et rapide combinées

Les systèmes de recharge ultrarapide (Flash) sont relativement récents, mais sont déjà en service à Genève. ABB est très active dans la mise en marché de ce produit et affirme que plusieurs autres projets verront le jour sous peu. Ce type de système de recharge offre à la fois une grande flexibilité et une grande efficacité pour les quatre (4) trajets du SRB Québec-Lévis. Un 4^e scénario a été développé en utilisant des systèmes de recharge rapide en terminal et ultrarapide à certaines stations sur le parcours de référence (trajet de Monseigneur-Bourget au

Grand Théâtre). Le scénario 4 prévoit l'utilisation d'autobus avec une capacité de batteries de seulement 120 kWh.

Cette configuration présente des avantages attrayants :

- Peu de pertes de temps pour les véhicules et les chauffeurs réduisant ainsi les frais d'opération et le nombre de véhicules requis;
- Autobus plus légers en raison du poids plus restreint des batteries résultant à une capacité maximale de passagers et en une plus grande efficacité énergétique;
- Le système de stockage de l'énergie des autobus représentant une portion importante du prix des autobus électriques, l'utilisation de batteries de capacité plus modeste devrait résulter en des prix de véhicules moins élevés.

Elle comporte cependant certains risques et inconvénients :

- Il n'existe qu'un seul fournisseur de la technologie ultrarapide (ABB);
- Le système de recharge Flash exige une technologie de batterie particulière (LTO) qui n'est pas offerte par tous les fabricants d'autobus et qui risque de limiter le choix de fournisseurs;
- Les coûts d'infrastructures sont plus élevés que l'utilisation de recharge rapide seulement.

Le scénario n° 4 est décrit en détail dans le tableau suivant.

Tableau 8.4 Scénario de recharge n° 4

Scenario 4 - Flash charge 20s at 600 kW, with 6 min 400 kW Terminal charge (Grand Theatre & Mgr Bourget)				Tot # Flash																										
Mgr Bourget au Grand-Théâtre				Flash Stn #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Battery				Terminal	Flash Charge Stations and km from Mgr Bourget																									
Bus Type	Capacity (kW-hr)	Energy Use (kW/km)	CEE to Mgr Bourget	Mgr Bourget	Marcelle-Ferron	Desjardins	President Kennedy	Charles-Rodrigue	des Rivières/Hallé	Des Îles	Plante	du Fleuve/Conest	Tanista	de la Colombe	des Hivondelles	Du Sault	Presqu'île	Chemin Saint-Louis	Laurier/Lavigerie	ORU/Laurier	SSQ	PEPS	Pyramide	Frank Carrel	Semple	Jullien/Lescabot	de l'Aqueduc	Charles/Dorches/ter/Couronne	Rene-Levesque/Parlementaires	Grand Theatre
24m	120	4.2	7.5	0	1.2	2.4	3.33	4.35	6.07	6.81	7.82	9.43	10.54	11.72	12.88	13.95	15.55	17.64	18.69	19.64	20.34	21.62	22.47	23.62	25.14	26.39	27.46	28.65	29.96	30.65
Run 1	Recharge Energy Gained			40	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	
	24m Bus Battery Energy Remaining			120.0	118.3	116.6	116.0	115.1	111.2	111.4	110.5	107.1	105.7	104.1	102.6	101.4	98.0	92.6	91.5	90.8	91.2	89.2	89.0	87.5	84.4	82.5	81.3	79.7	77.5	74.6
	Energy Used 1st run (From CEE)			33.2	5.0	5.0	3.9	4.3	7.2	3.1	4.2	6.8	4.7	5.0	4.9	4.5	6.7	8.8	4.4	4.0	2.9	5.4	3.6	4.8	6.4	5.3	4.5	5.0	5.5	2.9
Run 2	Recharge Energy Gained				3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	40
	24m Bus Battery Energy Remaining			69.2	74.2	76.0	76.5	77.5	81.4	81.1	82.1	85.5	86.8	88.4	90.0	91.1	94.5	100.0	101.0	101.7	101.3	103.3	103.6	105.1	108.1	110.0	111.2	112.9	115.0	114.6
	Energy Used 2nd run			5.0	5.0	3.9	4.3	7.2	3.1	4.2	6.8	4.7	5.0	4.9	4.5	6.7	8.8	4.4	4.0	2.9	5.4	3.6	4.8	6.4	5.3	4.5	5.0	5.5	2.9	0.0
Run 3	Recharge Energy Gained			40	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	
	24m Bus Battery Energy Remaining			109.2	107.5	105.8	105.2	104.3	100.4	100.6	99.7	96.3	94.9	93.3	91.8	90.6	87.2	81.8	80.7	80.1	80.4	78.4	78.2	76.7	73.6	71.7	70.5	68.9	66.7	63.8
	Energy Used 3rd run			0.0	5.0	5.0	3.9	4.3	7.2	3.1	4.2	6.8	4.7	5.0	4.9	4.5	6.7	8.8	4.4	4.0	2.9	5.4	3.6	4.8	6.4	5.3	4.5	5.0	5.5	2.9
Run 4	Recharge Energy Gained				3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	40
	24m Bus Battery Energy Remaining			58.4	63.5	65.2	65.7	66.7	70.6	70.3	71.3	74.7	76.0	77.6	79.2	80.3	83.7	89.2	90.2	90.9	90.5	92.6	92.8	94.3	97.3	99.3	100.4	102.1	104.2	103.8
	Energy Used 4th run			5.0	5.0	3.9	4.3	7.2	3.1	4.2	6.8	4.7	5.0	4.9	4.5	6.7	8.8	4.4	4.0	2.9	5.4	3.6	4.8	6.4	5.3	4.5	5.0	5.5	2.9	0.0

Note: 4 runs would be approximately 7 hours operating, a very long Driver shift.

Observations: 120 kWh battery results in lowest residual charge of 58.4 kWh, before final 40kWh recharge
This is a severe simulation with high energy use and short flash charge times
Layovers could be adjusted to increase battery reserve

La simulation fournit donc les résultats suivants :

- Chargeurs rapides de 400 kW aux terminus : six (6) minutes requises pour la recharge;
- Chargeurs Flash de 600 kW : 20 secondes requises pour la recharge (en assumant que 25 stations seraient équipées de chargeurs dans chacune des deux [2] directions).

Tableau 8.5 Distances, pentes, intervalles et nombre de bus à l'heure entre les stations pour chaque ligne

Ligne / Tracé	Station (origine-destination)	Longueur (m) *	Élévation origine * (m)	Élévation destination * (m)	Pente moyenne (%)	Intervalle (min)	Nombre de bus à l'heure
Ligne A – Nord-sud longue – 14 stations/pôles							
NS	Galeries Charlesbourg – Peupliers	544	4	4	0.0%	6	10
NS	Peupliers – Patro Roc-Amadour	577	4	6	0.3%	6	10
NS	Patro Roc-Amadour – Eugène-Lamontagne	644	6	9	0.5%	6	10
NS	Eugène-Lamontagne – Amphithéâtre	530	9	9	0.0%	6	10
NS	Amphithéâtre – Bibaud	735	9	7	-0.3%	6	10
NS	Bibaud – Lee	384	7	5	-0.5%	6	10
NS	Lee – St-Roch	535	5	5	0.0%	6	10
Ligne A-B – Nord-sud courte – XX stations/pôles							
NS	St-Roch – Dorchester/Charest	777	5	14	1.2%	3	40
Ligne A-B-C – Nord-sud courte – XX stations/pôles							
NS	Dorchester/Charest – Honoré-Mercier	745	14	45	4.2%	2.5	50
NS	Honoré-Mercier – Centre des Congrès	448	45	77	7.1%	2.5	50
NS	Centre des Congrès – Grand-Théâtre	488	77	92	3.1%	2.5	50
Ligne C – Ouest-Est – XX stations/pôles							
EO - Lévis	Pont de Québec – Concorde	1977	55	34	-1.1%	6	10
EO - Lévis	Concorde – Ernest-Lacasse	913	34	39	0.5%	6	10
EO - Lévis	Ernest-Lacasse – 1ère Avenue	2181	39	45	0.3%	6	10
EO - Lévis	1ère Avenue – Taniata	692	45	27	-2.6%	6	10
EO - Lévis	Taniata – de Saint-Romuald	458	27	24	-0.7%	6	10
EO - Lévis	de Saint-Romuald – du Fleuve	531	24	20	-0.8%	6	10
EO - Lévis	du Fleuve – Saint-Laurent	619	20	28	1.3%	6	10
EO - Lévis	Saint-Laurent – des Îles	2133	28	43	0.7%	6	10
EO - Lévis	des Îles – Thomas Chapais	1425	43	53	0.7%	6	10
EO - Lévis	Thomas Chapais – Lamartine	1476	53	71	1.2%	6	10
EO - Lévis	Lamartine – du Président-Kennedy	494	71	73	0.4%	6	10
EO - Lévis	du Président-Kennedy – Dorval	430	73	84	2.6%	6	10
EO - Lévis	Dorval – Desjardins	708	84	109	3.5%	6	10
EO - Lévis	Desjardins – Saint-Omer	470	109	109	0.0%	6	10
EO - Lévis	Saint-Omer – Macelle-Ferron	644	109	110	0.2%	6	10
EO - Lévis	Macelle-Ferron – Edmond J Massicotte	462	110	98	-2.6%	6	10
EO - Lévis	Edmond J Massicotte – Cégep Lévis-Lauzon	553	98	90	-1.4%	6	10
Ligne D – Est-Ouest – XX stations/pôles							
Des Rivières	Pont de Québec - du boul. Guillaume-Couture	625	55	46	-1.4%	3	20
Des Rivières	du boul. Guillaume-Couture – Marie-Victorin	825	46	37	-1.1%	3	20

Ligne / Tracé	Station (origine-destination)	Longueur (m) *	Élévation origine * (m)	Élévation destination * (m)	Pente moyenne (%)	Intervalle (min)	Nombre de bus à l'heure
Des Rivières	Marie-Victorin – Cayer	553	37	38	0.2%	3	20
Des Rivières	Cayer – de l'Aquifère	956	38	31	-0.7%	3	20
Des Rivières	de l'Aquifère – des Rivières	889	31	54	2.6%	3	20
Ligne D – Est-Centre - XX stations/pôles							
EO – Québec	d'Estimauville – de Niverville	464	7	7	0.0%	6	10
EO – Québec	de Niverville – Bardy	525	7	8	0.2%	6	10
EO – Québec	Bardy – Henri-Bourassa	357	8	8	0.0%	6	10
EO – Québec	Henri-Bourassa – CEGEP-Limoilou	790	8	7	-0.1%	6	10
EO – Québec	CEGEP-Limoilou – Capucins	628	7	4	-0.5%	6	10
EO – Québec	Capucins – Gare-du-Palais	1044	4	4	0.0%	6	10
EO – Québec	Gare-du-Palais – du Pont	374	4	8	1.1%	6	10
EO – Québec	du Pont – Dorchester	515	8	12	0.8%	6	10
Ligne C-D – Centre-Est - Québec - XX stations/pôles							
EO – Québec	Dorchester – Langelier	455	12	15	0.7%	3	20
EO – Québec	Langelier – de l'Aqueduc	633	15	10	-0.8%	3	20
EO – Québec	de l'Aqueduc – Marie-de-l'Incarnation	437	10	15	1.1%	3	20
EO – Québec	Marie-de-l'Incarnation – Joffre/Lescarbot	766	15	28	1.7%	3	20
EO – Québec	Joffre/Lescarbot – Saint-Sacrement	536	28	25	-0.6%	3	20
EO – Québec	Saint-Sacrement – Semple	916	25	26	0.1%	3	20
EO – Québec	Semple – Frank-Carrel	897	26	19	-0.8%	3	20
EO – Québec	Frank-Carrel – Pyramide	1196	19	71	4.3%	3	20
EO – Québec	Pyramide – PEPS	398	71	79	2.0%	3	20
EO – Québec	PEPS – de l'Agriculture	1035	79	90	1.1%	3	20
EO – Québec	de l'Agriculture – SSQ	691	90	89	-0.1%	3	20
EO – Québec	SSQ – CHUL/Laurier	705	89	94	0.7%	3	20
EO – Québec	CHUL/Laurier – de l'Église	458	94	92	-0.4%	3	20
EO – Québec	de l'Église – Lavigerie	506	92	93	0.2%	3	20
EO – Québec	Lavigerie – Saint-Louis	981	93	71	-2.2%	3	20
EO – Québec	Saint-Louis – Pont de Québec	809	71	55	-2.0%	3	20
Pont Qc	Pont de Québec	999	55	55	0.0%	3	20

* Source des élévations et distances : GoogleEarth

Tableau 8.6 Résumé de l'analyse des systèmes de recharge

Type de recharge	Endroit de recharge	kW charge	kWh à bord ⁴⁷	Temps de charge ⁴⁸	Recommandation	Commentaires
Lente	CEE	60-80	400 +	3-6 h	Non faisable	Ne peut opérer plus de deux (2) longs trajets
Rapide (pantographe)	Terminus	360	360	12 min	Non faisable	Pas suffisamment d'énergie transférée pour assurer l'opération des trajets
Rapide (pantographe)	Terminus	450	360	12 min	Possible	Beaucoup d'infrastructures requises, mais faisables avec une étude détaillée des besoins. Moins flexible que l'option recommandée.
Rapide (Induction)	Terminus/ Station	200	360	12 min	Non faisable	Une analyse plus poussée du fournisseur pourrait peut-être démontrer la faisabilité de cette technologie, mais les temps de charge demeureront longs.
Ultrarapide ⁴⁹	Station	400-600	360	6 min 20 sec	Recommandé	La courbe présentée ci-après simule la décharge, la recharge ultrarapide en station et la recharge rapide en terminus. Elle démontre que les autobus pourraient parcourir 4 fois le parcours SRB le plus long avant de descendre en dessous des 50% de réserve admissible.

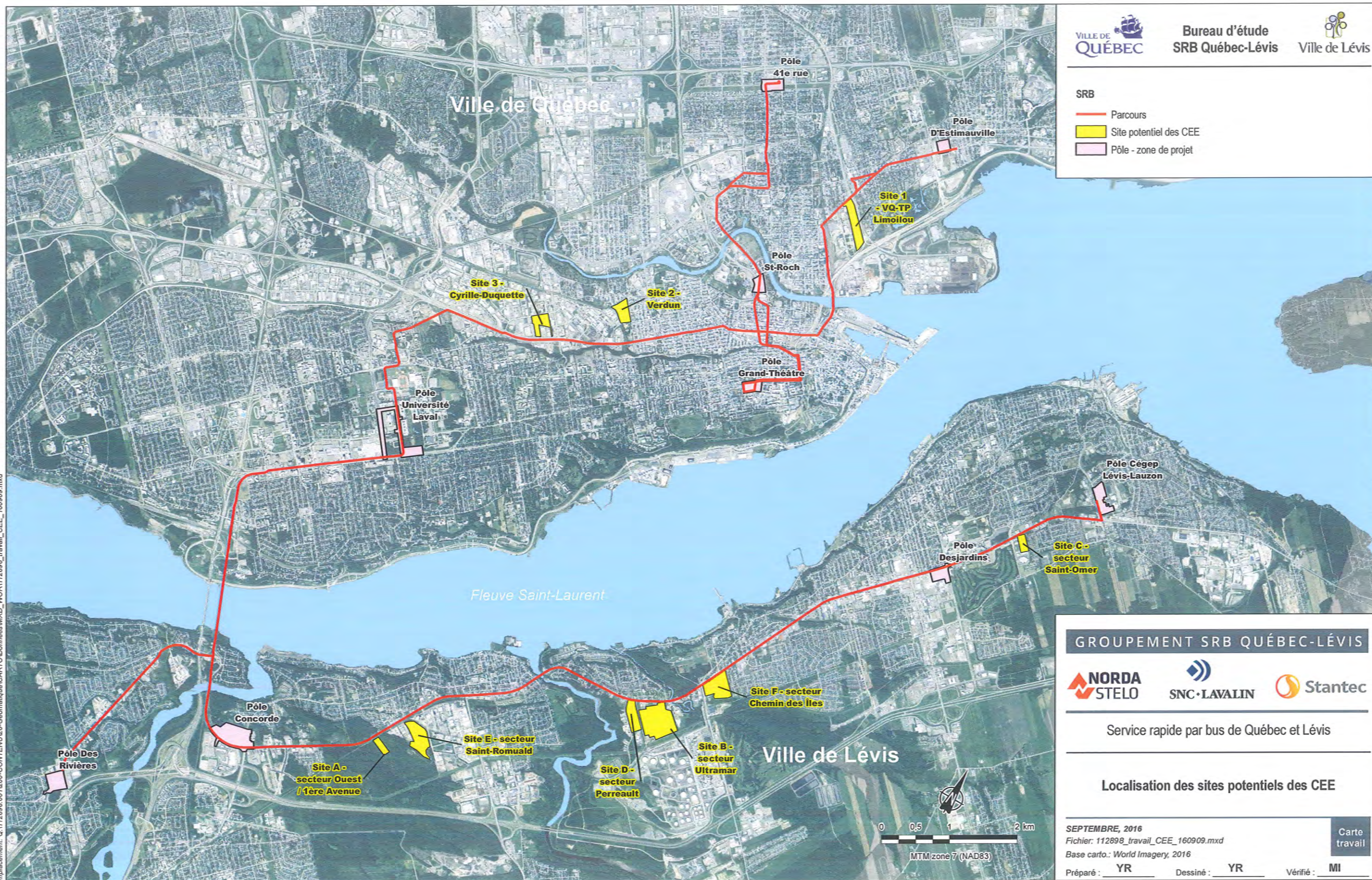
La courbe d'énergie résiduelle est illustrée ci-après :

⁴⁷ La taille du système de stockage d'énergie varie en fonction des besoins.
⁴⁸ Les temps d'arrêt doivent être un multiple de 6 minutes pour assurer le maintien de l'équilibre du plan d'exploitation. Plus de 12 minutes de recharge sont improbables en raison du nombre d'autobus requis pour assurer le service.
⁴⁹ Incluant des postes de recharge rapide aux terminus

Annexe 7

Localisation des centres d'entretien et d'exploitation (CEE)

Emplacement: Q:\12898_001200-CONTENU\26-Geomatique\CARTO\Donnees\WxD_WOR\12898_travail_CEE_160909.mxd



Avant-projet SRB Québec-Lévis
Choix des Centre d'entretien et d'exploitation

Catégories	Critères	Description	Classement				Pondération maximum
			5	3	1	0	
A Terrain	1 Superficie - CEE principale	Superficie réellement exploitable, constructible.	plus de 55 000 m ²	---	---	Moins de 55 000 m ²	5
	Superficie - CEE secondaire	Superficie réellement exploitable, constructible.	plus de 25 000 m ²	---	---	Moins de 25 000 m ²	5
	2 Différence altimétrique	Différence entre le point haut et le point bas du site.	0 à 1 mètre	1 à 3 mètres	3 à 5 mètres	5 mètres et plus	5
B Opérabilité du système	1 Distance par rapport au tracé	Distance entre le CEE et le tracé du SRB.	0 mètre	0 à 500 mètre	500 à 1000 mètre	1 km et plus	5
	2 Distance du terminus - CEE principal	Distance parcourue sans passagers (haut le pied) du terminus de départ.	0 à 1,5 km	1,5 à 4 km	4 à 8 km	8 km et plus	20
	Distance du terminus - CEE secondaire	Distance parcourue sans passagers (haut le pied) du terminus de départ.	1 à 1,5 km	1,5 à 4 km	5 à 8 km	9 km et plus	15
	3 Nombre d'accès	Nombre d'accès (entrée/sortie) possibles au site.	3 et plus	2	1	Aucun	5
	4 Piste d'essai	Possibilité d'aménager une piste d'essai.	+ de 400 m	250 à 500 m	moins de 250 m	Aucun	5
	5 Contraintes de configuration du site pour l'exploitation	Proximité de ligne et/ou pylones très haute tension (THT), bande riveraine d'un cours d'eau (BR), voie ferrée à traverser (VF), forme du terrain (FT), etc.	Très bon	Bon	Moyen	Faible	5
	6 Infrastructures d'accès (fiabilisation)	Présence de plusieurs axes/circuits routiers à proximité du site.	2 et plus	1	---	Aucun	5
C Environnement & Intégration au milieu	7 Compatibilité avec le phasage travaux	Distance entre le CEE et le tracé du SRB, selon le phasage de mise en fonction du réseau.	Très bon	Bon	Moyen	Faible	5
	1 Potentiel de contamination	Niveau de contamination du site envisagé. (Le classement incite à choisir un site à décontaminer, dans un objectif environnemental ainsi que de requalification d'un terrain autrement inexploitable).	Niveau B-C	Niveau A-B	Aucun	> Niveau C	5
	2 Impacts environnementaux	Est-ce que l'implantation du CEE va nuire à l'environnement? i.e. détruire des écosystèmes fragiles/particuliers, des réserves écologiques, des espaces verts, milieux humides, boisé, etc.	Nul ou amélioration du site	Faibles	Moyens	Élevés	5
	3 Usage conforme au zonage	Est-ce que l'implantation du CEE est conforme au zonage en place ou faudra-t-il le modifier ?	Zonage industriel Usage permis	Zonage mixte incluant indust. moyen & léger à modifier	Zonage commercial à modifier	Zonage résidentiel, forestier à modifier	5
	4 Insertion urbaine	Dans quel type de voisinage s'insère le site ? (Secteur industriel, commercial, résidentiel, mixte)	Très bon Secteur industriel	Bon Secteur industriel moyen, ou léger et mixte	Moyen Secteur commercial, ou mixte	Faible Secteur résidentiel	5
	5 Insertion paysagère	Intégration du projet dans le paysage urbain. i.e. est-ce que les infrastructures seront du même type ou est-ce qu'elles seront différentes (visuellement) ?	Architecture similaire au paysage actuel	Architecture complémentaire au paysage actuel	Certains éléments en lien avec le paysage actuel	Peu d'éléments similaires au paysage actuel	5
Pondération totale maximum							105

Avant-projet SRB Québec-Lévis
Choix des Centre d'entretien et d'exploitation

Catégorie	Option	CEE Principal (Québec)						CEE Secondaire (Lévis)															
		Site 1 VQ-TP Limoilou		Site 2 Rue de Verdun		Site 3 Cyrille-Duquet		Site A 1re Avenue		Site B Rue Perreault		Site C Saint-Omer		Site D Ultramar		Site E Saint-Romuald		Site F Chemin des Îles					
		* voir plan de localisation des sites potentiels des CEE																					
A	Terrain	1	Superficie - CEE Principal		83 000 m ² + potentiel	5	56 000 m ²	5	54 200 m ²	3	---		---		---		---		---				
		1	Superficie - CEE Secondaire		---		---		---		26 200 m ² + potentiel		5	67 000 m ²	5	30 000 m ²	5	202 000 m ²	5	108 000 m ²	5	106 000 m ²	5
		2	Différence altimétrique		4 m	1	8 m	0	7 m	0	15 m		0	4 à 5 m	1	~ 2 à 3 m	3	~ 3 m	3	28 m	0	8 m	0
20		Pondération / 20 - Note		12	6	10	5	6	3	10	5	12	6	16	8	16	8	10	5	10	5		
B	Opérabilité du système	1	Distance par rapport au tracé		0 m	5	~ 300 m	3	0 m	5	30 m		3	0 m	5	0 m	5	0 m	5	~ 450 m	3	0 m	5
		2	Distance avec les terminus																				
			Terminus Galerie Charlesbourg		~ 2,7 km	3	~ 4,7 km	1	~ 6,6 km	1	---		---		---		---		---		---		
			Terminus Saint-Roch		~ 1,9 km	3	~ 2,6 km	3	~ 4,0 km	3	---		---		---		---		---		---		
			Terminus Grand Théâtre		~ 3,9 km	3	~ 2,5 km	3	~ 4,0 km	3	---		---		---		---		---		---		
			Terminus D'Estimaerville		~ 1,4 km	5	~ 5,9 km	1	~ 7,8 km	1	---		---		---		---		---		---		
			Terminus Des Rivières		---		---		---		~ 6,6 km		1	~ 11,9 km	0	~ 18,0 km	0	~ 10,9 km	0	~ 10,2 km	0	~ 12,8 km	0
			Terminus Taniata		---		---		---		~ 1,5 km		5	~ 2,9 km	3	~ 9,0 km	0	~ 2,9 km	3	~ 1,2 km	5	~ 3,8 km	3
			Terminus Monseigneur Bourget		---		---		---		~ 16,5 km		0	~ 7,9 km	1	~ 1,2 km	5	~ 7,3 km	1	~ 16,1 km	0	~ 6,3 km	1
		3	Nombre d'accès		3	5	3	5	+ de 3	5	1		1	+ de 3	5	2	3	3	5	1	1	+ de 3	5
4	Piste d'essai		700 m	5	340 m	3	300 m	3	Espace restreint		0	350 m	3	Espace restreint	0	450 m	5	350 m	3	350 m	3		
5	Contraintes de configuration du site pour l'exploitation		THT, FT	1	FT	3	THT, FT	1	VF		3		5	Déjà en exploitation par STLévis		0		5	2x VF	1	BR	3	
6	Infrastructures d'accès (fiabilisation)		2 rues + 440	5	2 rues	5	1 boul. + 1 rue	5	Aucune + chemin de fer à traverser		0	1 boul. + 2 rues	5	1 boul. + 1 rue	5	1 boul. + 1 rue	6	2 rues	5	1 boul. + 1 rue	5		
7	Compatibilité avec le phasage travaux		Parmi les derniers tronçons à construire à Qc	1	Parmi les premiers tronçons à construire à Qc	5	Parmi les premiers tronçons à construire à Qc	5	Près du terminus temporaire Taniata		5	Dépassé le terminus temporaire Taniata	3	Dans le dernier tronçon à construire à Lévis	0	Dépassé le terminus temporaire Taniata	3	Près du terminus temporaire Taniata	5	Bien dépassé le terminus temporaire Taniata	1		
40		Pondération / 40 - Note		29	36	26	32	26	32	16	18	27	30	16	18	28	32	20	23	23	26		
C	Environnement & intégration au milieu	1	Potentiel de contamination		(1) Potentiellement contaminé: zone industrielle, entreposage divers	5	Site contaminé (ancien entrepôt Hydro-Québec)	5	(1) Potentiellement contaminé: Hamel construction	5	Aucun		1	(1) Potentiellement contaminé: près de la Route 132	3	(1) Potentiellement contaminé: garage St-Lévis	5	(1) Potentiellement contaminé: près de la Route 132	3	(1) Potentiellement contaminé: Ancien site industriel	3	(1) Potentiellement contaminé: Entreposage	3
		2	Impacts environnementaux		Aucun, même un potentiel d'amélioration	5	Gazon et quelques arbres	3	Friche herbacée, potentiel d'habitat pour certaines espèces	3	Site complètement boisé, milieu humide (à valider)		0	Site majoritairement boisé, cours d'eau (à valider)	0	Site déjà aménagé	5	Site composé de boisés et de friches, cours d'eau (à valider)	1	Site déjà aménagé	5	Site déjà aménagé	5
		3	Usage conforme au zonage		Oui	5	Moitié com. & industriel, moitié résidentiel (sans résidence)	3	Oui	5	oui		5	oui	5	oui et non	3	oui	5	oui	5	oui et non	3
		4	Insertion urbaine		Limite de la zone industrielle lourde et d'un quartier résidentiel (à l'est du boulevard)	5	Limite de la zone industrielle et d'un quartier résidentiel et commercial	3	Zone commerciale et industrielle	5	Milieu naturel boisé		0	Zone industrielle en partie utilisée	5	Résidentiel à l'est, commercial au nord, golf à l'ouest	1	Insertion en retrait par rapport à la Route 132, zone industrielle au sud, est et ouest	5	Zone industrielle au sud de la Route 132, résidentiel au nord-ouest, commercial au nord et indust. à l'est	3	Zone industrielle Quartiers résidentiels au nord-est et nord-ouest	3
		5	Insertion paysagère		Similaire à l'actuel	5	Certains éléments sont en lien avec le voisinage	1	Similaire à l'actuel	5	En construite avec l'existant		0	Similaire au voisinage	5	Similaire à l'actuel	5	Similaire au voisinage Proche de la raffinerie	5	Similaire à l'actuel	5	En lien avec l'actuel	5
		40		Pondération / 40 - Note		40	25	24	15	37	23	10	6	29	18	30	19	30	19	34	21	30	19
		Pondération / 100 - Note		81	67	60	52	68	58	36	29	67	54	62	45	75	59	64	49	64	50		

Note 1 : Critère évalué à partir des usages actuels ou passés connus. Aucune étude environnementale n'a été réalisée sur les sites afin de déterminer les niveaux de contamination des sols.