



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



Dossier P-12-600-04

Consortium Tramway Québec-Lévis



et ses partenaires  
RÉGIS CÔTÉ

Intitulé du document
<b>LIVRABLE 1.10 – PROJET DE REFERENCE SRB, VARIANTES ET ENJEUX</b>

Numéro du document	Révision
<b>610879-1000-4BER-0001</b>	03

**PRINCIPAUX COLLABORATEURS AU RAPPORT :**

**CHOVIN Pascal**

**ROBERT DE MASSY Alexandre**

**GENDREAU André**

**INKEL Michel**

**MORAIS Philippe**

**VÉRIFIÉ PAR : Olivier Joly**

---

**APPROUVÉ PAR : André Gendreau**

---

<b>NUMÉRO DU DOCUMENT :</b>		<b>610879-1000-4BER-0001</b>
<b>REV.</b>	<b>DATE</b>	<b>TYPE DE RELÂCHE</b>
PA	15/05/2014	Émission préliminaire interne
PB	02/06/2014	Émission préliminaire au RTC
00	30/07/2014	Émission finale au RTC
01	04/09/2014	Émission finale au RTC
02	10/11/2014	Émission finale au RTC
03	18/11/2014	Émission finale au RTC

## NOTE AU LECTEUR

Deux scénarios de Service rapide par autobus (SRB) sont définis dans le présent document : soit le Scénario A (SRB permanent) qui débute par la mise en place d'un SRB et qui ne prévoit aucun passage éventuel vers un système tramway et le Scénario B (SRB temporaire) qui débute par la mise en place d'un SRB et qui prévoit dans le temps une transition vers un système tramway.

Compte tenu de l'évolution du projet, le Scénario A est devenu le **Scénario - SRB électrique**, alors que le Scénario B se décline maintenant en trois scénarios soit :

- SRB évolutif ;
- SRB fiabilisé ;
- SRB de base.

Au niveau des critères de conception :

- le **SRB évolutif** est identique à l'ancien Scénario B ;
- le **SRB fiabilisé**, est identique au SRB évolutif sauf que :
  - sa plateforme est une plateforme conçue pour répondre aux besoins du SRB fiabilisé et non une plateforme conçue pour recevoir, avec un minimum de modifications, un tramway.
- le **SRB de base**, est identique au SRB évolutif, sauf pour deux composantes; soit :
  - sa plateforme qui est conçue pour répondre aux besoins du SRB de base et non une plateforme conçue pour recevoir, avec un minimum de modifications, un tramway ;
  - les réseaux souterrains qui ne sont pas déviés.

Contrairement aux scénarios originaux, les nouveaux scénarios couvrent la totalité du tracé du tramway.

De plus, la question de phase n'est plus un enjeu, les nouveaux scénarios SRB pouvant aussi bien être envisagés pour la totalité du tracé que pour une partie seulement.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>GLOSSAIRE ET DÉFINITIONS .....</b>	<b>5</b>
<b>1 INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE .....</b>	<b>6</b>
1.1 MISE EN CONTEXTE .....	6
1.1.1 Plan de mobilité durable .....	6
1.1.2 Projet de tramway de Québec et de Lévis .....	6
1.1.3 Service rapide par autobus (SRB) .....	8
1.2 SITUATION DANS LE PROJET .....	9
1.2.1 Le mandat de services professionnels confié au consortium .....	9
1.3 PRÉSENTATION DU LIVRABLE 1.10 : PROJET DE RÉFÉRENCE SRB, VARIANTES ET ENJEUX .....	10
1.3.1 Objectifs du présent livrable .....	10
1.3.2 Contenu du présent livrable .....	10
<b>2 MATÉRIEL ROULANT .....</b>	<b>11</b>
2.1 OBJET .....	11
2.2 CARACTÉRISTIQUES DU MATÉRIEL ROULANT .....	11
2.2.1 Caractéristiques générales du matériel roulant .....	11
2.2.2 Caractéristiques de longueur et de capacité .....	11
2.2.3 Mode de propulsion .....	12
2.3 ANALYSE DES VARIANTES DE MATÉRIEL ROULANT .....	15
2.3.1 Diesel .....	15
2.3.2 Gaz naturel comprimé .....	15
2.3.3 Hybride diesel-électrique .....	17
2.3.4 Hybride à recharge rapide .....	17
2.3.5 Électrique à Recharge lente .....	19
2.3.6 Électrique à recharge rapide en terminus par contact .....	20
2.3.7 Électrique à recharge rapide en ligne avec contact .....	22
2.3.8 Électrique à recharge rapide en ligne par induction .....	24
2.3.9 Électrique à Recharge dynamique par LAC .....	25
2.3.10 Électrique à Recharge dynamique par induction .....	28
2.4 CONCLUSIONS .....	29
<b>3 COUPES TRANSVERSALES TYPES .....</b>	<b>31</b>
3.1 MISE EN CONTEXTE .....	31
3.1.1 Plateforme tramway .....	31
3.1.2 Stations tramway .....	31
3.2 CARACTÉRISTIQUES DE BASE DES COUPES SRB .....	32
3.2.1 Plateforme SRB .....	32
3.2.2 Stations SRB .....	32
3.3 CONCEPT DES AMÉNAGEMENTS EN SITE PROPRE .....	32
3.3.1 Plateforme SRB .....	32
3.3.2 Stations SRB .....	32
3.4 CONCEPT DES AMÉNAGEMENTS EN SITE BANAL .....	32
3.5 DÉTAILS DES COUPES TYPES SRB .....	33
3.5.1 Coupes types en inter-station .....	33
3.5.2 Coupes types en station .....	34
3.5.3 Coupes type en site banal .....	34
<b>4 DÉFINITION DES STATIONS TRAMWAY ET SRB .....</b>	<b>38</b>
4.1 STATIONS TRAMWAY .....	38
4.2 STATIONS SRB .....	40
4.3 CONCLUSIONS SUR LES STATIONS .....	40
<b>5 ANALYSE SOMMAIRE DES IMPACTS D'INSERTION DU SRB .....</b>	<b>41</b>
5.1 INTRODUCTION .....	41
5.2 IMPACTS – SRB TEMPORAIRE NON-ÉLECTRIFIÉ .....	41
5.2.1 Tracé de Lévis - Tronçon B – Du chemin du Sault à l'est de la 4 <sup>e</sup> Avenue .....	41
5.2.2 Tracé de Lévis - Tronçon A2 – Sud du pont Dominion à Est du chemin du Sault .....	41
5.2.3 Tracé de Lévis - Tronçon A1 – Sud du pont de Québec à Sud du pont Dominion .....	41
5.2.4 Tracé pont de Québec .....	42
5.2.5 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°1 : Route 132 .....	44
5.2.6 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°2 : boulevard Laurier .....	44
5.2.7 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°3 : Autoroute Robert-Bourassa .....	44
5.2.8 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°4 : Université Laval à Pyramide .....	44
5.2.9 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°5 : rue Nicolas-Pinel (CEGEP de Ste-Foy) à la rue Frank-Carrel .....	44
5.2.10 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°6 : boulevard Charest (de la rue Semple à l'avenue Saint-Sacrement) .....	44
5.2.11 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°7 : boulevard Charest (de l'avenue Saint-Sacrement à la rue Marie-de-l'Incarnation) .....	45
5.2.12 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°8 : boulevard Charest (de la rue Marie-de-l'Incarnation au boulevard Langelier) .....	45
5.2.13 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°9 : boulevard Charest (du boulevard Langelier à la Gare du Palais) .....	45
5.2.14 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°10 : boulevard Jean-Lesage/boulevard des Capucins .....	45
5.2.15 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°11 : chemin de la Canardière .....	45
5.2.16 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°12 : boulevard Sainte-Anne (Terminus) .....	45
5.3 IMPACTS - SRB PERMANENT TROLLEYBUS .....	46
5.3.1 Tracé de Lévis - Tronçon B – Du chemin du Sault à l'Est de la 4 <sup>e</sup> Avenue .....	46
5.3.2 Tracé de Lévis - Tronçon A2 – Sud du pont Dominion à Est du chemin du Sault .....	46
5.3.3 Tracé de Lévis - Tronçon A1 – Sud du pont de Québec à Sud du pont Dominion .....	46
5.3.4 Tracé pont de Québec .....	46
5.3.5 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°1 : Route 132 .....	48
5.3.6 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°2 : boulevard Laurier .....	48
5.3.7 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°3 : Autoroute Robert-Bourassa .....	48
5.3.8 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°4 : Université Laval à Pyramide .....	48
5.3.9 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°5 : rue Nicolas-Pinel (CEGEP de Ste-Foy) à la rue Frank-Carrel .....	48
5.3.10 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°6 : boulevard Charest (de la rue Semple à l'avenue Saint-Sacrement) .....	49
5.3.11 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°7 : boulevard Charest (de l'avenue Saint-Sacrement à la rue Marie-de-l'Incarnation) .....	49

5.3.12	Tracé Est-Ouest - Tronçon n°8 : boulevard Charest (de la rue Marie-de-l'Incarnation au boulevard Langelier) .....	49
5.3.13	Tracé Est-Ouest - Tronçon n°9 : boulevard Charest (du boulevard Langelier à la Gare du Palais) .....	49
5.3.14	Tracé Est-Ouest - Tronçon n°10 : boulevard Jean-Lesage/boulevard des Capucins .....	49
5.3.15	Tracé Est-Ouest - Tronçon n°11 : chemin de la Canardière .....	49
5.3.16	Tracé Est-Ouest - Tronçon n°12 : boulevard Sainte-Anne (Terminus) .....	50
<b>6</b>	<b>ADÉQUATION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE .....</b>	<b>51</b>
6.1	INTRODUCTION .....	51
6.1.1	Capacité du matériel roulant .....	51
6.1.2	Fréquence de service .....	51
6.1.3	Capacité des différents systèmes .....	51
6.2	ADÉQUATION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE .....	52
6.2.1	Côte d'Abraham .....	52
6.2.2	Pont de Québec .....	52
6.2.3	Tronçon Est-Ouest station Lavigerie .....	52
6.3	CONCLUSIONS .....	52
<b>7</b>	<b>RÉFLEXION SUR LE PHASAGE SRB/TRAMWAY .....</b>	<b>53</b>
7.1	DÉCISION PRISE UNE FOIS LA PHASE TEMPORAIRE RÉALISÉE .....	53
7.1.1	Scénario réseaux souterrains déviés et plateforme tramway faite en partie .....	53
7.1.2	Scénario sans déviation des réseaux souterrains et sans plateforme tramway .....	53
7.2	DÉCISION PRISE AVANT LES PROCHAINES PHASES D'ÉTUDES .....	54
7.2.1	Scénario SRB temporaire suivi d'un SRB permanent .....	54
7.2.2	Scénario SRB temporaire suivi d'un tramway .....	54
7.3	CONCLUSIONS SUR LE PHASAGE SRB/TRAMWAY .....	54
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>55</b>
8.1	MATÉRIEL ROULANT .....	55
8.2	IMPACT DU SRB SUR L'INSERTION .....	55
8.3	ADÉQUATION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE DE TRANSPORT .....	56
8.4	PHASAGE SRB/TRAMWAY .....	56
<b>9</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>57</b>
9.1	ANNEXE A – TABLEAU CHAÎNE TRACTION ET ALIMENTATION .....	57
9.2	ANNEXE B – COUPES TRANSVERSALES TYPES SRB .....	58

Figure 5	: Autobus au GNC de CMBC à Vancouver .....	16
Figure 6	: Compresseur pour gaz naturel .....	16
Figure 7	: Véhicule et structure de recharge du projet HyperBus à Göteborg .....	18
Figure 8	: Autobus articulé 18 m à recharge lente BYD pour SRB .....	19
Figure 9	: Recharge de l'autobus électrique DesignLine de la STL .....	19
Figure 10	: Système de recharge Proterra à Denver, CO .....	21
Figure 11	: Concept d'appoint d'énergie aux arrêts .....	22
Figure 12	: Poste de recharge ultrarapide avec contact - Projet TOSA .....	23
Figure 13	: Infrastructure de recharge par induction IPT™ à Den Bosch .....	24
Figure 14	: Mise en place de l'infrastructure de recharge par induction IPT™ à Den Bosch .....	24
Figure 15	: Trolleybus bi-articulé .....	26
Figure 16	: Autobus biberonné à Gumi, Corée du Sud .....	28
Figure 17	: Construction d'une voie OLEV .....	28
Figure 18	: Voie de recharge dynamique OLEV .....	28
Figure 19	: Station à quai face à face .....	39
Figure 20	: Carte des impacts préliminaires de l'insertion d'un SRB temporaire non-électrifié .....	43
Figure 21	: Carte des impacts préliminaires de l'insertion d'un SRB permanent trolleybus .....	47

**LISTE DES TABLEAUX :**

Tableau 1	: Résumé des largeurs – Tramway et SRB temporaire .....	35
Tableau 2	: Résumé des largeurs – Tramway et SRB permanent .....	36
Tableau 3	: Résumé des largeurs – Tracé du pont de Québec – Tramway et SRB temporaire .....	36
Tableau 4	: Résumé des largeurs – Tracé du pont de Québec – Tramway et SRB permanent .....	36
Tableau 5	: Adéquation de l'offre et de la demande de transport .....	52
Tableau 6	: Tableau chaîne traction et alimentation .....	57

**LISTE DES FIGURES :**

Figure 1	: Plan général du tracé et des stations du tramway de Québec et de Lévis (Étude de faisabilité 2012-2014) .....	7
Figure 2	: Les 5 mandats .....	9
Figure 3	: Catégories de longueur .....	12
Figure 4	: Vue « rayon X » d'un système par induction Primove™ .....	14

## GLOSSAIRE ET DEFINITIONS

### GLOSSAIRE

Abréviations	Définitions
APTA	American Public Transportation Association
APU	Auxiliaire de puissance électrique
BHNS	Bus à haut niveau de service
CEE	Centre d'exploitation et d'entretien
CMBC	Coast Mountain Bus Company
CT	Centre de transport
EPA	Environmental Protection Agency
GES	Gaz à effet de serre
GNC	Gaz naturel comprimé
HLP	Haut-le-pied
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
LAC	Ligne aérienne de contact
m	mètre (s)
MR	Matériel roulant
PCA	Principaux contaminants aériens
PNBV	Poids nominal brut du véhicule
NSVAC	Normes de sécurité des véhicules automobiles du Canada
RTC	Réseau de transport de la Capitale
RTL	Réseau de transport de Longueuil
SRB	Service rapide par autobus
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
VP	Véhicule particulier

### DÉFINITIONS

- Centre d'échange : Point de convergence et d'échange des usagers du tramway avec le réseau d'autobus ou avec tout autre mode de transport; le centre d'échange peut être un terminus d'autobus, un stationnement incitatif pour automobiles, un stationnement pour un système d'autopartage, un stationnement pour vélo ou un regroupement total ou partiel de toutes ces fonctions.
- Ligne de tramway : Axe opérationnel (défini avec un horaire d'opération) utilisant une partie, un ou plusieurs tracé(s) (infrastructures) spécifiquement aménagé(s) pour le tramway
- Corridor : Délimitation géographique d'une largeur totale de 1 km environ et dont les extrémités sont fixées.
- Site propre : Les voies du tramway sont exclusivement utilisées par le tramway.
- Site mixte : Une (1) des deux (2) voies du tramway est utilisée par les véhicules particuliers (VP, PL, BUS).
- Site banal : Les deux (2) voies du tramway sont utilisées par les véhicules particuliers.
- Tracé : Infrastructures spécifiques et nécessaires pour l'opération du tramway.
- Station : Point d'embarquement ou de débarquement des usagers du tramway le long du tracé.

## 1 INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE

### 1.1 MISE EN CONTEXTE

#### 1.1.1 Plan de mobilité durable

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

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

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

Dans le domaine du transport, ces orientations sont liées à des cibles ambitieuses de transfert modal pour 2030. L'objectif est de doubler la part modale du transport en commun à Québec et à Lévis. Pour l'agglomération 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 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 serait d'abord assuré par des autobus articulés et réguliers et, qu'à moyen terme, ce réseau serait renforcé par la mise en service d'un tramway.

#### 1.1.2 Projet de tramway de Québec et de Lévis

L'étude de faisabilité technique de base s'est concentrée sur la définition et l'insertion du tramway sur l'ensemble du territoire de Québec et de Lévis.

Le projet de tramway (voir figure ci-après) est composé, d'une part, d'un tracé Est-Ouest qui relie le centre-ville de Lévis (Est du carrefour boulevard Alphonse-Desjardins/boulevard de la Rive-Sud) et Limoilou (Est du carrefour boulevard Sainte-Anne/avenue D'Estimauville) en passant par le pont de Québec, l'Université Laval et Saint-Roch et, d'autre part, du tracé Nord-Sud qui prend son origine aux Galeries Charlesbourg et se termine au Grand-Théâtre. Ces deux tracés se croisent dans le quartier Saint-Roch.

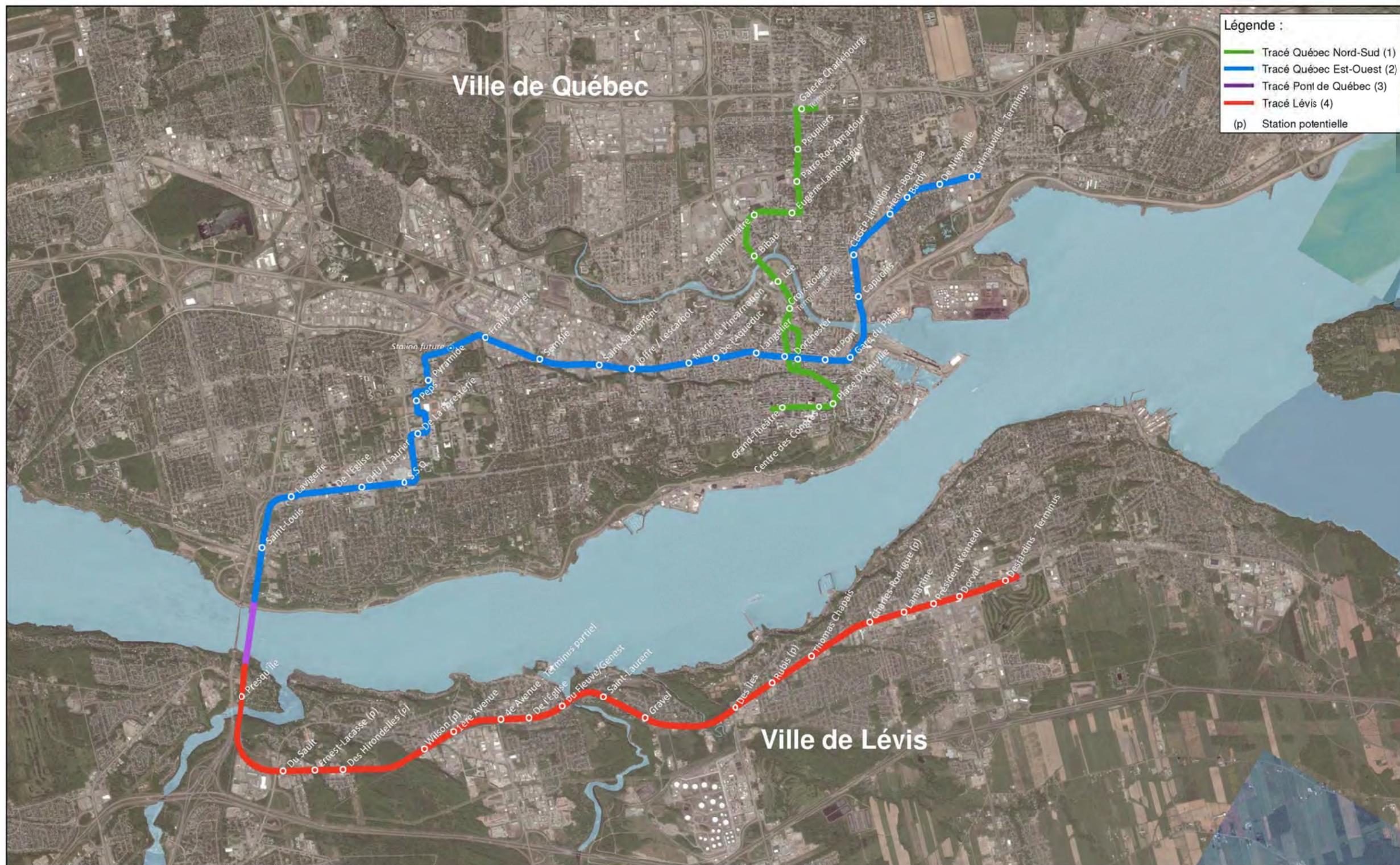
Le projet totalise 37,81 km répartis comme suit :

- un tracé Est-Ouest de 30,90 km ; soit 13,74 km sur le territoire de la Ville de Lévis, 0,99 km sur le pont de Québec et 16,17 km sur le territoire de Québec;
- un tracé Nord-Sud de 6,91 km dont 1,62 km en tunnel hors trémie.

Cinquante (50) stations sont prévues sur l'ensemble du tracé et l'insertion de la plateforme du tramway sur le territoire de Lévis est telle que six (6) autres stations pourraient être ajoutées si la demande le justifiait.

La figure qui suit illustre le tracé proposé du tramway.

Figure 1 : Plan général du tracé et des stations du tramway de Québec et de Lévis (Étude de faisabilité 2012-2014)



### 1.1.3 Service rapide par autobus (SRB)

Dans l'optique où le réseau de transport à haut niveau de service passerait par une étape de Service rapide par autobus (SRB), deux scénarios ont été définis par le RTC; soit :

- scénario A = SRB temporaire pour la Phase 1 qui va de la 4<sup>e</sup> Avenue à D'Estimauville suivi d'un SRB permanent pour la Phase 2 qui couvre le reste du tracé et l'adaptation, le cas échéant, du tracé de la Phase 1;
- scénario B = SRB temporaire pour la Phase 1 qui va de la 4<sup>e</sup> Avenue à D'Estimauville suivi d'un tramway pour la Phase 2 qui couvre le reste du tracé et la transformation du tracé de la Phase 1 en tramway.

Les hypothèses communes à ces deux scénarios sont les suivantes :

- la phase temporaire concerne exclusivement la portion du tracée Est-Ouest qui va de la station 4<sup>e</sup> Avenue à Lévis à la station D'Estimauville à Québec;
- le SRB utilisera l'emprise prévue pour le tramway entre ces deux stations;
- 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.);
- les stations sont localisées aux mêmes points kilométriques (P.K.) que pour le tramway;
- les quais seront conçus pour recevoir deux (2) autobus articulés de 18 m ou un (1) autobus bi-articulé de 24 m;
- pour le scénario A, pendant la phase temporaire, le matériel roulant sera constitué d'autobus électrifié;
- pour le scénario B, pendant la phase temporaire, le matériel roulant sera constitué d'autobus articulés hybrides (diesel + batterie);
- pas de construction de garage/atelier pour la phase temporaire, mais extension des installations du RTC rue Armand-Viau;
- le système doit être accessible à tous (accessibilité universelle);
- la priorité absolue est donnée au SRB à tous les carrefours;
- il n'y a pas de travaux sur le reste du tracé Est-Ouest et sur le tracé Nord-Sud pendant la phase temporaire;
- entre Charest et le Grand-Théâtre, les autobus vont circuler en rive dans les voies réservées tant à l'aller qu'au retour;
- des boucles de retournement pour les autobus seront aménagées en bout de ligne;
- la phase temporaire est prévue pour une durée de 15 à 18 ans.

Les hypothèses spécifiques au Scénario A sont les suivantes :

- la plateforme du SRB entre la 4<sup>e</sup> Avenue et D'Estimauville (première phase du projet) sera une plateforme adaptée au SRB;
- il n'y aura pas de déviation des réseaux souterrains;
- pour la phase permanente, l'ensemble du réseau utilisera des véhicules électriques;
- la construction d'un garage/atelier pour la phase permanente sur le site Verdun;
- en phase permanente, entre Charest et le Grand-Théâtre, les autobus circuleront en surface sur des voies réservées aux autobus.

Les hypothèses spécifiques au Scénario B sont les suivantes :

- la plateforme du SRB entre la 4<sup>e</sup> Avenue et D'Estimauville sera celle du tramway sauf pour la partie supérieure (béton de calage, voie ferrée et revêtement). Cette partie de la plateforme sera remplacée, pour la phase temporaire, par une finition adaptée au SRB;
- les massifs des poteaux LAC seront mis en place dès la phase temporaire;
- les réseaux souterrains seront déviés;
- en phase permanente, la section 4<sup>e</sup> Avenue/D'Estimauville sera transformée en tramway et le reste du tracé ainsi que les CEE seront construits tel que prévu pour le tramway.

## 1.2 SITUATION DANS LE PROJET

### 1.2.1 Le mandat de services professionnels confié au consortium

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

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

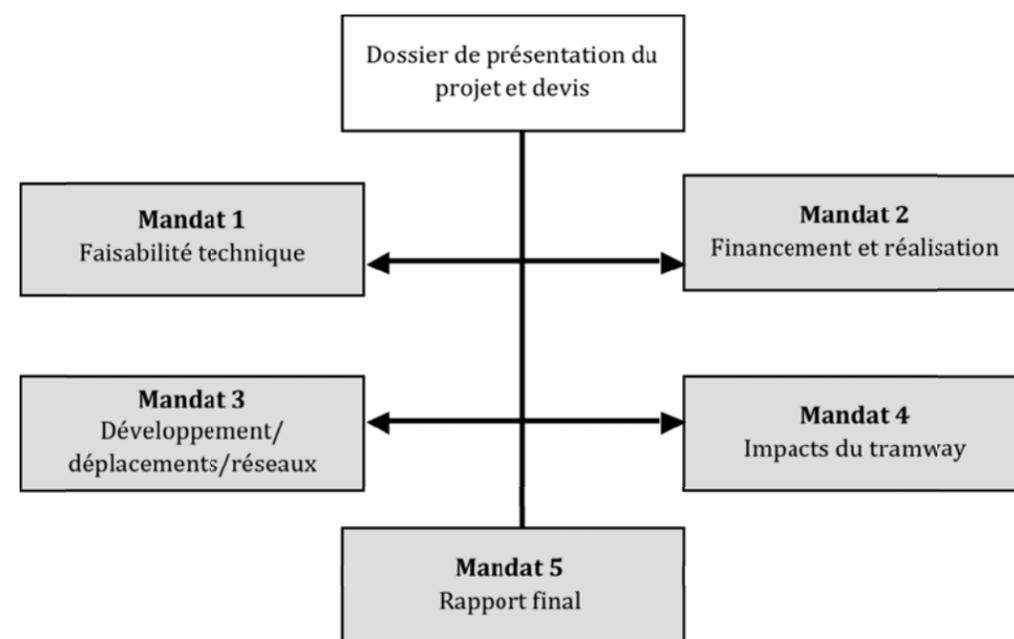


Figure 2 : Les 5 mandats

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

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

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

Dans un premier temps, la mission du Consortium mandataire du Lot 1 – Mandat 1 consiste à réaliser l'étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis. Ce dossier est constitué de 8 livrables soit :

- Livrable 1.1 – Projet de référence, variantes et enjeux du tramway
- Livrable 1.2 – Technologie et insertion
- Livrable 1.3 – Mode d'alimentation du système;

- Livrable 1.4 – Équipements, exploitation, maintenance et dépôt;
- Livrable 1.5 – Phasage et échéancier de construction du projet;
- Livrable 1.6 – Coûts d'immobilisation et d'exploitation;
- Livrable 1.7 – Impacts de la mise en place d'un BHNS à Lévis;
- Livrable 1.8 – Rapport technique du mandat 1.

Dans un deuxième temps, la mission du Consortium mandataire du Lot 1 – Mandat 1 consiste à réaliser les études relatives à l'intégration dans le projet d'une première phase du réseau à haut niveau de service assuré par un système de SRB temporaire ou permanent.

Ce dossier est constitué de 14 livrables soit :

- Livrable 1.10 – Projet SRB de référence, variantes et enjeux;
- Livrable 1.11 – Insertion - SRB temporaire;
- Livrable 1.12 – Équipements d'exploitation - SRB temporaire;
- Livrable 1.13 – Coûts d'immobilisation - SRB temporaire;
- Livrable 1.14 – Coûts d'exploitation - SRB temporaire;
- Livrable 1.15 – Échéancier de construction - SRB temporaire;
- Livrable 1.20 – Insertion - SRB permanent;
- Livrable 1.21 – Mode d'alimentation – SRB permanent;
- Livrable 1.22 – CEE - SRB permanent;
- Livrable 1.23 – Équipements d'exploitation - SRB permanent;
- Livrable 1.24 – Coûts d'immobilisation - SRB permanent;
- Livrable 1.25 – Coûts d'exploitation – SRB permanent;
- Livrable 1.26 – Échéancier de construction - SRB permanent;
- Livrable 1.27 – Sommaire phase SRB (intégré au livrable 1.8)

## 1.3 PRESENTATION DU LIVRABLE 1.10 : PROJET DE REFERENCE SRB, VARIANTES ET ENJEUX

### 1.3.1 Objectifs du présent livrable

Les objectifs premiers du présent livrable sont de définir le matériel roulant du système SRB tant pour la phase temporaire que pour la phase permanente, d'établir des coupes de l'insertion du SRB et de choisir le mode d'alimentation électrique de ce matériel roulant pour la phase permanente.

Les autres objectifs de ce livrable sont :

- de faire une analyse sommaire des impacts (points durs) de l'insertion du SRB dans l'axe du tramway;
- de réaliser une analyse de l'adéquation de l'offre du SRB et de la demande en transport en commun sur la Côte d'Abraham, le pont de Québec et le secteur de la station Lavigerie;
- de définir les stations temporaires et permanentes; et
- d'identifier les enjeux engendrés par un phasage SRB / tramway.

### 1.3.2 Contenu du présent livrable

En plus du présent chapitre, le lecteur trouvera ci-après trois chapitres qui définissent respectivement le matériel roulant du SRB, les coupes transversales types et les stations. Ces chapitres sont suivis de chapitres qui traitent spécifiquement des problèmes d'insertion du SRB et de l'adéquation de l'offre et de la demande de transport à trois points critiques du tracé ; soit sur la Côte d'Abraham, le pont de Québec et le secteur de la station Lavigerie. Les deux derniers chapitres du rapport présentent les résultats d'une première réflexion sur l'introduction de la notion de phasage en implantant un SRB temporaire sur la partie 4<sup>e</sup> Avenue-D'Estimauville du tracé Est-Ouest et les conclusions qui découlent de cette première activité du mandat.

## 2 MATERIEL ROULANT

### 2.1 OBJET

L'objet de cette section est de présenter les technologies de matériel roulant et de système d'alimentation explorées dans la perspective d'un SRB.

Pour l'ensemble de ces variantes sont proposées des recommandations de sélection de variante. La considération et la sélection de ces variantes sont une étape clé du projet de SRB, puisque ces variantes déterminent la capacité de transport, le niveau de confort et l'intégration dans le paysage urbain.

L'analyse sommaire des variantes technologiques permettra de définir les orientations principales du matériel roulant et des infrastructures d'alimentation qui pourront être développées davantage dans les livrables suivants.

## 2.2 CARACTERISTIQUES DU MATERIEL ROULANT

### 2.2.1 Caractéristiques générales du matériel roulant

Si plusieurs variantes au niveau des véhicules sont à définir, un certain nombre de caractéristiques sont d'ores et déjà acquises par rapport au déploiement d'un SRB.

Notamment, le service sera assuré par des véhicules non guidés de type autobus sur pneumatiques. Ces autobus auront les caractéristiques suivantes :

- une offre de grande capacité (plus de 2000 voyageurs par heure par sens);
- une autonomie suffisante pour pouvoir dévier localement du tracé sur quelques centaines de mètres (travaux de voirie, de réseaux souterrains, etc.);
- des portes situées uniquement du côté droit du véhicule;
- des véhicules unidirectionnels avec un seul poste de conduite;
- l'aménagement de zones de retournement aux terminus;
- un accès sans marche à niveau avec le quai de la station. Le plancher intérieur du véhicule sera, sans marche sur la totalité ou la majeure partie du véhicule;
- la disposition des sièges et l'aménagement de l'allée seront prévus pour accueillir des chaises roulantes;
- une vitesse maximale d'au moins 65-70 km/h pour le service en site propre;
- la capacité de monter les pentes que l'on retrouve sur le tracé de référence, soit jusqu'à 12 %, et ce même lors de conditions climatiques défavorables comme l'accumulation de neige. La pente du secteur Côte d'Abraham et de l'avenue Honoré-Mercier représente la plus forte pente du tracé considéré.

### 2.2.2 Caractéristiques de longueur et de capacité

Les caractéristiques de longueur et de capacité du matériel roulant sont, avec la fréquence, les paramètres qui influenceront le plus la capacité de transport du SRB.

Les architectures de matériel autobus se divisent en trois catégories de longueur, et ce, indépendamment de la propulsion retenue. La capacité de ces véhicules en considérant 4 pers/m<sup>2</sup> est la suivante :

- les autobus 12 m réguliers, d'une capacité maximale de 80 passagers;
- les autobus 18 m articulés, d'une capacité maximale de 120 passagers;
- les autobus 24 m bi-articulés, d'une capacité maximale de 150 passagers<sup>1</sup>.

La figure ci-après illustre ces trois catégories de longueur.

<sup>1</sup> Source : CERTU, Bus à Haut Niveau de Service – Du choix du système à sa mise en œuvre



Figure 3 : Catégories de longueur

La capacité maximale de chaque « catégorie de longueur » varie d'un modèle et d'un fabricant à l'autre, en fonction du nombre de places assises, de la configuration des sièges, de la technologie de motorisation et du poids nominal brut du véhicule (PNBV), mais est généralement assez similaire à l'intérieur d'une même catégorie de longueur.

La largeur des autobus est un paramètre qui varie peu; soit de 2,50 à 2,59 m environ, en raison de la largeur maximale acceptée pour les véhicules routiers de 2,60 m. Par conséquent, la largeur des autobus est considérée ne pas avoir d'incidence sur la capacité en passagers.

Le format à retenir pour les autobus sera essentiellement fonction de la capacité de transport de passagers exigée. Dès à présent, il est possible d'éliminer l'option de véhicules de 12 m puisqu'ils ne permettront pas d'atteindre le critère d'une offre de grande capacité et qu'un passage des véhicules de 18 m utilisés dans le service Métrobus à des véhicules de 12 m constituerait une réduction de l'offre de transport.

Les autobus articulés sont en utilisation depuis plusieurs années au Québec. L'expérience a montré qu'il n'y a pas d'obstacle majeur à leur utilisation sur la plupart des tracés.

### Les autobus bi-articulés

En conduite, l'autobus bi-articulé adopte à peu près le même comportement qu'un autobus articulé simple. Malgré sa longueur, l'autobus bi-articulé a les mêmes rayons de giration que les autobus mono-articulés. Un tracé en plan pouvant être pratiqué par des autobus articulés sera adéquat également pour des autobus bi-articulés sans modifications.

Dans sa version diesel, l'autobus bi-articulé offre généralement la même motorisation que celle offerte sur le véhicule mono-articulé (la plus imposante des options de motorisation). Dès lors, les performances en accélération sont généralement inférieures à celles des modèles mono-articulés. Les tracés où les autobus mono-articulés ont déjà de la difficulté à gravir les pentes sont à éviter. Par contre, en version électrique (trolleybus) ou diesel-électrique les options de motorisation permettent généralement le maintien des performances de l'autobus du format standard au format bi-articulé, par la motorisation de plus d'un essieu notamment.

Les autobus bi-articulés sont disponibles d'un nombre réduit de fournisseurs. Quatre fournisseurs Volvo, Hess, Van Hool et VDL Bus & Coach représentent l'essentiel de l'offre pour ce type de bus.

La longueur de 24 m des autobus bi-articulés excède la longueur maximale permise pour les autobus articulés de 19 m dans le Règlement sur les normes de charges et de dimensions applicables aux véhicules routiers et aux ensembles de véhicules routiers (C-24.2, r. 31). Une modification/dérogation au règlement sera requise pour l'introduction de ces véhicules sur les routes au Québec.

De plus, si un modèle de véhicule européen est importé il sera vraisemblablement nécessaire de devoir demander une dérogation sur la masse totale en charge et sur les charges maximales par essieux médians et arrière. Les masses axiales maximales européennes sont de l'ordre de 13 000 kg vs 10 000 kg au Québec pour le type d'essieu considéré. Il est à noter que plusieurs réseaux de transport au Québec utilisent des autobus articulés de 18 m qui excèdent les normes avec une dérogation pour opérer sur le réseau routier québécois.

Les autobus bi-articulés étant absents du marché nord-américain, l'achat initial nécessitera une certification/homologation aux Normes de sécurité des véhicules automobiles du Canada (NSVAC) et une commande significative pour susciter l'intérêt des fabricants.

## 2.2.3 Mode de propulsion

### Technologie thermique

La technologie thermique est bien connue et représente la quasi-totalité du parc de véhicules de transport en commun au Québec. Pour des autobus, la chaîne de traction thermique peut être de trois types :

- à moteur diesel;
- à moteur au Gaz Naturel Comprimé (GNC);
- à propulsion hybride diesel/électrique.

#### Le diesel

La motorisation au diesel représente le statu quo par rapport à la situation actuelle. Toutefois, les nouvelles générations de véhicules sont plus respectueuses de l'environnement en raison de l'évolution des normes d'émissions (normes EPA).

#### Le gaz naturel comprimé

Les moteurs au gaz naturel comprimé sont une alternative viable au diesel tout en conservant la polyvalence des véhicules et le même mode d'opération. Les moteurs au gaz naturel sont à allumage par étincelles comme les moteurs à essence.

Du point de vue environnemental, les émissions de GES sont comparables ou un peu moindres (-10 %) que les autobus diesel, selon les études. Les émissions des principaux contaminants aériens sont significativement moindres sans requérir de systèmes complexes.

Dans la perspective où la ville de Québec est à développer un premier centre de biométhanisation, les véhicules au GNC sont une piste intéressante dans l'atteinte d'objectifs de réductions des émissions de gaz à effet de serre et de contaminant aériens.

#### L'hybride diesel-électrique

La propulsion hybride permet de regrouper certains avantages de la propulsion thermique et de la propulsion électrique, notamment la récupération de l'énergie de freinage, la possibilité d'arrêter le

moteur thermique lors d'un arrêt et le maintien des performances de l'autobus de format standard pour le format bi-articulé par la motorisation de plus d'un essieu. La motorisation hybride peut être de configuration en parallèle, si le moteur thermique et le moteur électrique actionnent les roues, ou de configuration en série, si le moteur thermique actionne une génératrice qui alimente le moteur électrique.

Les autobus hybrides offrent une consommation de carburant moindre que les autobus diesel, mais sont plus chers à l'achat. Des essais réalisés par la STM et le RTL concluent à une réduction anticipée de la consommation de carburant de l'ordre de 30 %<sup>2</sup> pour une configuration hybride en série telle que celle visée par l'appel d'offres conjoint des sociétés de transport en commun du Québec.

### Technologie électrique

Les chaînes de traction électrique présentent un bon nombre d'avantages sur les chaînes de traction thermiques.

Premièrement, les véhicules électriques offrent l'avantage de ne pas produire de gaz à effet de serre et de contaminants aériens puisque, dans le contexte québécois, l'électricité provient presque exclusivement de l'hydroélectricité.

Du côté technique, les moteurs électriques sont compacts, d'une grande efficacité (fréquemment autour de 95 %) sur une large plage de vitesse et peuvent fournir un couple important souvent maximal à basse vitesse, idéal pour les tracés avec des fortes pentes. Ces dernières caractéristiques de vitesse et de couple permettent aux véhicules électriques de s'affranchir d'équipements comme le convertisseur de couple et la transmission à rapports variables source de pertes énergétiques dans les véhicules conventionnels. La réduction du nombre de pièces mobiles permet une souplesse dans l'installation du moteur, celui-ci pouvant être installé à côté de l'essieu moteur à travers un différentiel, vis-à-vis des roues ou être dans les roues (moteurs roues).

De plus, les moteurs électriques ont la capacité de fonctionner également en régime générateur permettant de récupérer une partie de l'énergie de freinage des véhicules, une technique appelée « freinage régénératif ». À l'arrêt, les moteurs électriques ne sont pas tenus d'avoir un régime ralenti, ainsi la consommation d'énergie est nulle. Ces deux éléments font que le véhicule électrique est plus efficace au point de vue énergétique qu'un véhicule conventionnel dans un cycle urbain ponctué d'arrêts et d'accélération répétées.

Toutefois, le stockage de l'énergie demeure le principal enjeu pour les véhicules électriques. Les accumulateurs d'énergie électrique actuels sont des réservoirs d'énergie beaucoup moins denses et performants qu'un carburant comme le diesel. En conséquence, les véhicules électriques sont souvent plus limités en autonomie, plus lourds et plus long à recharger.

Les accumulateurs sur le véhicule sont principalement de trois types :

- électrochimique (batteries);
- électrostatique (supercondensateurs);
- convertisseur d'énergie électrique: → cinétique (volant d'inertie).

Les accumulateurs choisis sont un compromis entre la puissance pouvant être délivrée et l'énergie emmagasinée. Les batteries sont habituellement la solution de stockage d'énergie privilégiée pouvant stocker plus d'énergie que les autres types pour un même volume et masse tout en délivrant une puissance acceptable. Parfois, une combinaison de types d'accumulateurs est utilisée (fréquemment batteries → énergie et supercapacités → puissance) pour permettre de meilleures caractéristiques du système de stockage.

À nos latitudes, les véhicules électriques se heurtent également à un problème de chauffage de l'habitacle en hiver, car, puisque les moteurs ne dégagent pas autant de chaleur que les moteurs diesel, une partie de l'énergie électrique stockée à bord doit faire fonctionner des radiateurs électriques. L'autonomie des véhicules se trouve réduite par le chauffage. L'impact du chauffage est plus important plus la vitesse commerciale est basse et le nombre d'arrêts élevé, le chauffage de l'habitacle du véhicule fonctionnant en continu. Dans certains cycles urbains, le chauffage peut faire doubler la consommation moyenne par kilomètre de l'autobus.

De plus, la plupart des chimies de batteries sont sensibles au froid et tolèrent mal les températures basses. Sur les véhicules, les coffres batteries nécessiteront généralement d'être chauffés en hiver en plus d'être ventilés en été. L'impact du chauffage des coffres batteries n'a pas un impact aussi marqué sur l'autonomie que le chauffage de l'habitacle des autobus.

Les autobus de transport public sont des véhicules lourds et effectuent un kilométrage journalier important. Déjà les autobus diesel sont conçus près des charges à l'essieu maximales acceptées sur les routes, l'ajout d'une masse importante d'accumulateurs électriques se traduit alors en une perte de la capacité en passagers. À l'opposé, avec peu d'énergie embarquée il faudra limiter les parcours et effectuer des recharges fréquentes. L'autobus électrique oblige donc un compromis entre le poids ajouté au véhicule et l'autonomie.

L'utilisation de véhicules électriques oblige une logistique nouvelle pour compenser la quantité d'énergie embarquée et recharger cette énergie. Selon le schéma d'opération choisi, les recharges seront courtes et fréquentes (quelques secondes à tous les quelques kilomètres) ou à l'autre extrême, longues (quelques heures) une fois par jour.

Pour s'attaquer à ce problème, plusieurs solutions ont été pensées pour l'alimentation d'autobus électriques, soit :

- la recharge lente;
- la recharge rapide;
- la recharge dynamique (en mouvement).

L'approche de recharge lente suit l'exploitation conventionnelle. L'autobus assure un service normal sur une seule charge, puis revient au centre de transport (CT) pour recharger ses accumulateurs en totalité. Cette stratégie oblige l'autobus à avoir une grande quantité de batteries pour lui assurer une autonomie suffisante.

La recharge rapide prévoit que les véhicules se rechargent en cours de service. De cette façon il n'est pas nécessaire d'avoir de grandes réserves d'énergie électrique embarquées. Les systèmes de recharge rapide profitent du fait que les autobus sont à l'arrêt à des endroits fixes dans les terminus et le long de la ligne.

<sup>2</sup> Communiqué de la STM, Bilan de l'essai du bus articulé hybride de Irisbus-Iveco, 11 juillet 2013

<http://www.stm.info/fr/presse/communiqués/2013/bilan-de-l-essai-du-bus-articule-hybride-de-irisbus-iveco>

La recharge dynamique permet que l'autobus soit alimenté de façon continue ou quasi continue lorsqu'il est en mouvement. Le trolleybus, un autobus alimenté par un système de ligne aérienne de contact (LAC), est un exemple de recharge dynamique. De nouveaux systèmes de recharge sans contact par induction permettent également à l'autobus de recharger ses batteries en mouvement.

#### La recharge par induction

Le principe de transfert d'énergie par induction n'est pas nouveau et est à la base d'appareils bien connus comme le transformateur.

Pour sa part, le concept de recharge par induction sans contact est plus récent dans le secteur du transport en commun, mais est déjà utilisé dans l'industrie depuis plusieurs années, notamment sur les chaînes de montage automobiles et pour la recharge d'appareils domestiques comme les téléphones cellulaires et les brosses à dents.

Les bobines émettrices sont installées sous la voie de circulation des autobus. Le champ magnétique haute fréquence produit par les bobines émettrices est capté par un récepteur (circuit résonnant avec une bobine réceptrice) embarqué sous le véhicule. Le courant alternatif ainsi capté est ensuite converti en courant continu à bord du véhicule pour lui permettre de charger ses batteries et d'alimenter les moteurs.

Le transfert efficace d'énergie par induction dépend grandement de la distance d'air entre les bobines émettrices et réceptrices. Pour cette raison, la bobine réceptrice à bord du véhicule est souvent placée sur un système articulé automatisé qui permet de l'abaisser lorsque le véhicule est à l'arrêt au point de recharge. Grâce aux récentes avancées technologiques, l'efficacité des systèmes à induction (de 80 à 85 %) est devenue comparable à celle des systèmes conventionnels par conduction qui est de 80 à 95 %.

L'avantage principal de la technologie à induction est de dissimuler une partie des équipements sous la voirie et d'éliminer les pièces mobiles dans le système fixe de recharge.

La figure ci-dessous illustre, en vue rayon X, les composants d'un système de recharge par induction.



Figure 4 : Vue « rayon X » d'un système par induction Primove™

Crédit photo : Bombardier

Selon les fabricants, les systèmes de recharge par induction permettent de demeurer à l'intérieur des limites d'exposition acceptables aux champs magnétiques reconnues au Canada et à l'international (ICNIRP), que ce soit pour les passagers dans l'autobus ou pour les personnes dans le voisinage de l'infrastructure. Ces systèmes gagnent à confiner les champs magnétiques au voisinage immédiat des bobines émettrices et réceptrices pour atteindre une haute efficacité de transfert d'énergie.

La technologie de recharge par induction peut être utilisée pour effectuer la recharge lente en atelier, même s'il est plus commun, pour les autobus, de la voir associée à des systèmes de recharge rapide en biberonnage. La recharge par induction, puisqu'elle est sans contact, peut également permettre de réaliser des systèmes de recharge dynamique des autobus par le sol.

#### Avantage de la technologie électrique pour les autobus articulés

Outre les avantages d'efficacité énergétique et de couple associés à la traction électrique, la possibilité de motoriser plus d'un essieu est un avantage important pour des véhicules de transport en commun.

Généralement, l'effort de traction d'un véhicule dans une pente enneigée est limité par l'adhésion aux roues et non par la puissance maximale du moteur. L'ajout de puissance moteur supplémentaire n'a qu'un effet limité sur la performance dans les pentes en hiver puisque les roues glissent. La seule façon efficace d'améliorer la performance dans la neige est de distribuer l'effort de traction sur plus d'un essieu.

Les autobus articulés et bi-articulés diesel ont un seul essieu motorisé, soit l'essieu médian, la configuration tracteur, ou l'essieu arrière, la configuration pousseur. Chacune de ces configurations possède ses avantages et ses inconvénients la première est plus stable en accélération et dans les virages, alors que la seconde est plus stable en conduite droite et à haute vitesse. La configuration pousseur présente également une tendance à faire une mise en portefeuille dans les pentes enneigées (l'articulation plie et le véhicule est incapable de monter la pente, « to jackknife » en anglais). Toutefois étant donné le poids des véhicules et la motorisation d'un seul essieu, les deux configurations ont de la difficulté à gravir des pentes enneigées.

La motorisation électrique permet de réaliser des véhicules avec plus d'un essieu motorisé. Il devient possible pour un autobus articulé d'avoir deux essieux motorisés sur trois ou pour un autobus bi-articulé d'avoir jusqu'à trois essieux motorisés sur quatre. Les véhicules électriques ont le potentiel d'être à la fois tracteur et pousseur alliant ainsi la stabilité en accélération et dans les virages, à la stabilité de la remorque et à l'amélioration des performances sur chaussée enneigée.

Sur le tracé du SRB le secteur Honoré-Mercier/Côte D'Abraham allie fortes pentes et courbes ce qui est défavorable pour la stabilité dans la neige des véhicules à motorisation conventionnelle. Le secteur Honoré-Mercier/Côte D'Abraham étant un point de convergence et d'achalandage important, la motorisation électrique peut permettre d'améliorer la fiabilité et la rapidité du service en hiver.

Les autobus hybrides en série sont mus par des moteurs électriques et, par conséquent, ont aussi l'avantage de pouvoir motoriser plus d'un essieu.

## 2.3 ANALYSE DES VARIANTES DE MATERIEL ROULANT

Pour chacune des variantes possibles une courte présentation et description technique permettra de se situer par rapport à une technologie et ses projets et fabricants notables. Par la suite, les variantes de chaîne de traction/système d'alimentation électrique seront évaluées selon les critères suivants :

- format et capacité;
- contraintes d'exploitation;
- contraintes du tracé/plateforme;
- contraintes environnementales;
- maturité de la technologie;
- impact environnemental;
- coût & durée de vie;
- disponibilité et concurrence.

*NOTA : L'analyse réalisée est de haut niveau et s'intéresse au potentiel des technologies et des modes d'électrification. Certaines caractéristiques peuvent varier par rapport aux projets pilotes donnés en référence.*

### 2.3.1 Diesel

#### Présentation

C'est la technologie dominante dans les réseaux actuels de transport en commun. L'autobus diesel constitue la référence de la présente analyse.

#### Contraintes et performances

##### Format et capacité

Les autobus diesel sont disponibles dans les trois principaux formats de standard 12 m à 24 m bi-articulés.

Selon les formats, l'autobus diesel offre les capacités suivantes sur la base de 4 pers/m<sup>2</sup> (ces capacités peuvent changer en fonction de la configuration et du nombre de sièges) :

- 12 m réguliers, capacité maximale de 80 passagers;
- 18 m articulés, capacité maximale de 120 passagers;
- 24 m bi-articulés, capacité maximale de 150 passagers.

##### Contraintes d'exploitation

L'autobus diesel a une autonomie d'environ 500 km ce qui lui permet de rester longtemps en exploitation. Il n'est pas dépendant d'infrastructures fixes et peut facilement être utilisé sur d'autres trajets compatibles à la longueur du véhicule. Il se prête bien à l'interlignage. L'interlignage permet un gain en efficacité sur les circuits où l'achalandage n'est pas balancé entre les deux directions.

##### Contraintes du tracé/plateforme

Aucune contrainte particulière par rapport au tracé.

Les autobus articulés diesel excèdent fréquemment les masses axiales et les masses totales en charges maximales permises et font l'objet de dérogations pour pouvoir utiliser le réseau routier québécois.

#### Contraintes environnementales

L'autobus diesel fonctionne très bien dans les conditions climatiques québécoises surtout s'il est entreposé à l'intérieur en hiver. Les autobus diesel articulés éprouvent plus de difficulté dans les pentes enneigées et glacées en hiver que le format 12 m.

#### Maturité de la technologie

Technologie éprouvée depuis longtemps.

#### Impact environnemental

Les autobus diesel émettent des gaz à effet de serre et des contaminants aériens qui contribuent au smog. Les nouveaux véhicules sont soumis à des normes de plus en plus strictes au niveau des émissions des principaux contaminants aériens (PCA). Les nouveaux véhicules ont donc un impact environnemental moins négatif. Toutefois, ces nouveaux véhicules ont des systèmes antipollution (injection d'urée, trappe à particules, etc.) de plus en plus complexes qui ajoutent à la maintenance.

Ce sont les impacts environnementaux des autobus diesel qui poussent les sociétés de transport à regarder vers d'autres modes de propulsion.

#### Coût & durée de vie

Les autobus diesel sont peu dispendieux à un prix budgétaire d'environ 500 000 \$ en format standard et de 690 000 \$ en version articulée avec les options couramment achetées au Québec. La durée de vie d'un autobus diesel est de l'ordre de 16 ans.

Les coûts d'exploitation vont suivre l'augmentation du coût des salaires et du diesel.

#### Disponibilité et concurrence

Les autobus diesel sont disponibles d'un grand nombre de fabricants. C'est un marché concurrentiel.

### 2.3.2 Gaz naturel comprimé

#### Présentation

Les moteurs au gaz naturel sont des moteurs à allumage par étincelles comme sur les véhicules à essence. Le gaz naturel comprimé est stocké dans une série de réservoirs sous pression en toiture. Les performances des motorisations au GNC et au diesel sont généralement équivalentes en termes de couple et de puissance et les fabricants utilisent donc les mêmes types de transmission.

Le gaz naturel est un gaz inflammable plus léger que l'air ce qui diffère d'un carburant à état liquide comme le diesel, dont les vapeurs restent au-dessus du liquide. L'introduction de véhicules au gaz naturel requiert de modifier le CT pour l'adapter à ce différent type de carburant. Les

systèmes de ventilation et de chauffage ainsi que les équipements électriques près du toit peuvent devoir être modifiés pour utiliser un garage non initialement conçu pour les carburants gazeux.

Les figures ci-dessous illustrent un autobus au GNC et une station de compression de gaz naturel.



Figure 5 : Autobus au GNC de CMBC à Vancouver



Figure 6 : Compresseur pour gaz naturel

Crédit photo : ANGI Energy Systems

## Contraintes et performances

### Format et capacité

Les autobus au GNC sont disponibles dans les formats de 12 m et 18 m et offrent environ la même capacité de voyageurs que des autobus diesel de taille comparable. Le format de 24 m n'est pas offert.

### Contraintes d'exploitation

Les autobus au GNC ont moins d'autonomie que les autobus au diesel, soit entre 400-500 km environ, ce qui n'est habituellement pas une contrainte pour la plupart des exploitants.

Le ravitaillement des autobus prend place généralement à une station de ravitaillement dédiée à l'exploitant au CT. Le ravitaillement est légèrement plus long que celui d'un autobus diesel pour éviter de requérir des compresseurs de grande puissance, soit environ 7-8 minutes, ce qui reste compatible avec les opérations d'inspection et de vérification des niveaux de fluides qui sont réalisées en même temps.

En exploitation l'autobus au GNC se comporte de la même façon qu'un autobus diesel.

### Contraintes du tracé/plateforme

Les autobus GNC sont légèrement plus haut de 30-40 cm que leur équivalent diesel dû au réservoir de gaz naturel placé en toiture. Un Nova Bus LFS GNC fait environ 3,4 m de haut et un NewFlyer XN40 GNV fait 4,1 m de haut. Cette hauteur n'est généralement pas une contrainte à moins de passage sous ouvrage très bas.

La série de réservoirs en toiture est plus lourde qu'un réservoir de diesel équivalent ce qui fait augmenter la masse totale en charge puisque les capacités en passagers sont maintenues. Les réservoirs représentent une augmentation de la masse d'environ 1 200 kg en format de 12 m.

En format articulé de 18 m, les autobus au GNC auront la même difficulté que les autobus actuels du RTC à monter l'avenue Honoré-Mercier dans la neige.

### Contraintes environnementales

Les autobus au GNC ont les mêmes contraintes environnementales que les autobus diesel.

### Maturité de la technologie

Les autobus au gaz naturel sont utilisés depuis le milieu des années '80, soit près de 35 ans. L'exploitant Hamilton Street Railway utilise des véhicules au gaz naturel comprimé depuis 1985 et exploite encore une flotte d'environ une centaine d'autobus au GNC.

Ces autobus connaissent une popularité soutenue ces dernières années et sont rendus très fiables. Plus de bris sont mentionnés dans la littérature, mais ils sont généralement liés à des problèmes de senseurs; les véhicules au GNC étant souvent plus récents et par conséquent plus instrumentés que les véhicules diesel dans une flotte donnée. Il ne devrait pas y avoir de grandes différences entre des véhicules diesel et au GNC de même génération.

### Impact environnemental

Au niveau énergétique les moteurs consomment environ 10 % plus que des moteurs diesel, ce qui signifie qu'il y a encore un potentiel d'amélioration.

Les émissions de gaz à effet de serre sont réduites d'environ 10 % avec la motorisation au gaz naturel et la combustion du gaz naturel génère très peu de contaminants aériens. Par conséquent, les autobus au GNC n'ont pas besoin d'être équipés de système d'échappement aussi sophistiqué que les autobus diesel.

### Coût & durée de vie

Les véhicules au GNC sont vendus environ 50 000 \$ de plus que les véhicules diesel et ont la même durée de vie.

Les autobus au gaz naturel requièrent un investissement initial substantiel de quelques millions de dollars pour modifier le CT (s'il y a lieu) et installer une station de ravitaillement. Des économies peuvent être réalisées si la construction d'un nouveau CT est prévue. Un CT bi-carburant, prévu à la fois pour le gaz naturel et le diesel, n'est pas beaucoup plus cher qu'un CT diesel, par rapport à la modification d'un CT existant qui peut coûter cher.

Toutefois, l'investissement supplémentaire sur les infrastructures et sur les véhicules se repaie en quelques années avec les économies sur le carburant. Le gaz naturel est un carburant beaucoup moins cher que le diesel et il est moins taxé au Canada. Le gaz naturel comprimé coûte environ 0,50 \$ par litre de diesel équivalent, en incluant la fourniture et la compression. Toutes les dépenses associées au changement de motorisation sont habituellement récupérées au cours de la durée de vie des autobus. Des économies peuvent être réalisées dans la première génération d'une flotte.

#### Disponibilité et concurrence

Les autobus au GNC sont disponibles d'un grand nombre de fabricants. C'est un marché concurrentiel. Toutefois, les fabricants n'ont pas tous un niveau d'expérience comparable avec cette technologie.

### 2.3.3 Hybride diesel-électrique

#### Présentation

L'hybride diesel-électrique permet de regrouper les avantages de la motorisation diesel et de la motorisation électrique. Les autobus hybrides peuvent notamment arrêter le moteur diesel à l'arrêt et faire du freinage régénératif. Ces caractéristiques permettent à l'autobus hybride d'avoir une consommation réduite par rapport à un autobus diesel. De plus, lorsqu'une motorisation hybride en série est utilisée, il est possible de motoriser plus d'un essieu pour de meilleures performances de traction en format articulé et bi-articulé.

#### Contraintes et performances

##### Format et capacité

Les autobus hybrides sont disponibles dans les mêmes formats que les autobus diesel et avec environ les mêmes capacités de voyageurs. La motorisation hybride est disponible auprès des quelques fabricants d'autobus bi-articulés.

##### Contraintes d'exploitation

Les autobus hybrides ont le même comportement d'exploitation que les autobus diesel.

##### Contraintes du tracé/plateforme

Les autobus hybrides sont légèrement plus hauts que les autobus diesel dû au 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 véhicules. Les autobus hybrides de 12 m sont environ 1 200 kg de plus qu'un autobus diesel de même taille.

Lorsqu'une motorisation hybride 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 véhicules articulés et bi-articulés peuvent avoir la même performance dans les pentes que le format 12 m.

##### Contraintes environnementales

Les performances des autobus hybrides en série articulés dans la neige peut être améliorée par la motorisation de plusieurs essieux voir ci-dessus.

##### Maturité de la technologie

La technologie hybride est relativement jeune, par contre elle fait l'objet d'un grand déploiement qui donne un retour d'expérience important.

Les véhicules hybrides étant plus instrumentés que leur équivalent diesel, une plus grande quantité de bris électroniques est à anticiper.

#### Impact environnemental

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 %.

#### Coût & durée de vie

Les autobus hybrides sont environ 35 % plus cher à l'achat que les autobus diesel.

Le prix d'un hybride 12 m est d'environ 690 000 \$ alors que celui d'un hybride articulé de 18 m est d'environ 950 000 \$.

#### Disponibilité et concurrence

Les autobus hybrides sont disponibles d'un grand nombre de fabricants. Tous les principaux fabricants d'autobus diesel offrent une option de motorisation hybride.

### 2.3.4 Hybride à recharge rapide

#### Présentation

L'autobus hybride à recharge rapide est un autobus hybride équipé d'une plus grande capacité de batteries lui permettant de circuler en mode 100 % électrique pendant quelques kilomètres avant de démarrer son moteur thermique. Il n'y a pas à craindre de décharger complètement les batteries. L'autobus hybride à recharge rapide est l'équivalent pour les autobus d'une voiture hybride branchable.

Un système de recharge rapide par contact est installé en toiture pour que l'autobus puisse recharger ses batteries en quelques minutes au terminus. L'essentiel, voire tout le trajet, peut être parcouru en mode électrique réduisant de façon plus importante les émissions que sur un autobus hybride régulier. Le mode diesel permet de balancer l'impact des journées froides et des achalandages exceptionnels sur l'autonomie en mode électrique. Lors de ces journées, un plus grand kilométrage est simplement réalisé en mode thermique.

Depuis mai 2013, le constructeur Volvo teste en service commercial un système d'autobus hybride à recharge rapide de 12 m dans la ville de Göteborg en Suède. Les autobus sont équipés de solution de recharge rapide BusBaar d'Opbrid. La recharge de 5-6 minutes à chacun des terminus permet à l'autobus de parcourir jusqu'à 80 % de ses kilomètres en mode électrique. Les autobus utilisent comme base la plateforme hybride-parallèle Volvo avec un bloc batterie augmenté qui permet environ 8 km d'autonomie en mode électrique.

La compagnie Hybricon a un projet pilote d'autobus hybride à recharge rapide de 12 m en service commercial dans la ville d'Umea en Suède depuis 2011. L'autobus, un Volvo 7700, modifié, utilise une configuration hybride série fournie par E-Traction. Le poste de recharge est également fourni par Opbrid.

La figure ci-après illustre le système de recharge des autobus à Göteborg.



Figure 7 : Véhicule et structure de recharge du projet HyperBus à Göteborg

Crédit photo : Opbrid S.L.

## Contraintes et performances

### Formats et capacités

Les véhicules hybrides à recharge rapide testés en ce moment ne sont qu'en format de 12 m.

Nous n'avons pas d'information sur la réduction de la capacité en passagers liée à l'ajout des batteries.

À priori, des formats articulés devraient être disponibles dans le futur.

### Contraintes d'exploitation

Dans le cas du projet de Volvo, l'autonomie en mode tout électrique est de 8 km environ. Par la suite, l'autobus fonctionne en mode diesel aussi longtemps que requis. La longueur de la ligne et l'importance des dénivelés sont deux facteurs qui réduiront l'autonomie du mode électrique. Une autonomie plus grande serait possible avec plus de batteries, mais les autobus hybrides étant déjà lourds plus de batteries impliqueraient moins de passagers.

Pour pouvoir fonctionner en mode tout électrique, l'autobus doit être exploité sur une ligne pas trop longue aux dénivelées limitées où des postes de recharge sont installés en terminus. Il y a donc une perte de flexibilité si l'on veut tirer profit du fonctionnement tout électrique, sinon l'autobus fonctionne comme un autobus hybride régulier.

Le temps de recharge en terminus peut avoir un impact important sur des lignes à haute fréquence ou si l'exploitant utilise beaucoup l'interlignage. Le temps de recharge s'ajoute au temps de battement et peut représenter des coûts importants puisqu'il faut plus de chauffeurs et de véhicules que pour un même service avec des autobus thermiques réguliers.

Toutefois cet impact est plus limité sur un autobus hybride rechargeable que sur un autobus électrique, le premier pouvant être exploité en mode hybride régulier en l'absence de recharge.

NOTA : Le temps de battement en terminus ne peut pas être consacré à la recharge, car il est requis pour rester à l'heure dans l'exploitation. Se fier sur le battement pour la recharge n'est pas possible dans une exploitation tendue puisque parfois l'autobus aura à quitter immédiatement le terminus après y être arrivé.

### Contraintes du tracé/plateforme

L'autobus hybride rechargeable a plus de batteries embarquées qu'un autobus hybride régulier, il sera par conséquent plus lourd d'environ 200-400 kg ou plus selon la quantité de batteries ajoutées.

Comme sur un autobus hybride, il est possible de motoriser plusieurs essieux pour de meilleures performances dans les pentes lorsqu'une configuration hybride série est utilisée.

### Contraintes environnementales

Le système de recharge rapide (partie fixe et véhicule) peut être chauffé pour éliminer la glace/neige comme c'est le cas dans la solution d'Opbrid.

### Maturité de la technologie

Cette technologie est actuellement utilisée seulement sur des projets pilotes en service commercial. Le projet de Volvo utilise trois autobus, le reste du service sur la ligne étant assuré par des véhicules diesel ou hybrides standards.

### Impact environnemental

La réduction des émissions varie selon la proportion du kilométrage pouvant être effectuée en mode électrique. Un système parfaitement adapté pourrait s'approcher très près d'un fonctionnement 100 % électrique.

Dans le projet réalisé par Volvo 80 % des kilomètres sont réalisés en mode électrique ce qui conduit à une réduction d'au moins 80 % des émissions. Compte tenu du tracé envisagé à Québec, ce pourcentage de réduction est certes très optimiste.

### Coût & durée de vie

Il est estimé qu'un autobus hybride rechargeable sera environ 2 fois plus cher qu'un autobus diesel, vu la quantité importante de batteries. Aucun chiffre n'a pu être recueilli des fabricants. De plus, il faudra changer les batteries 1-2 fois (probablement 2 fois compte tenu de l'usage intensif prévu pour les autobus à Québec) durant la durée de vie du matériel roulant. Dans son projet pilote Volvo estime la durée de vie des batteries à 6 ans.

Le coût d'exploitation sera moindre en raison du fonctionnement électrique à condition que la recharge en terminus n'augmente pas le nombre de véhicules et de chauffeurs requis tel que vu précédemment dans les impacts d'exploitation.

Le coût de maintenance des autobus hybrides rechargeables devrait être environ le même que pour les autobus hybrides réguliers. À ce coût, il faudra ajouter le coût de maintenance des postes de recharge.

### Disponibilité et concurrence

La disponibilité de ce mode d'hybridation au Canada est à vérifier.

Selon nos informations l'autobus de Volvo ne devrait pas être commercialisé avant encore quelques années (2-3 ans). Pour l'autobus d'Hybricon nous n'avons pas d'information sur sa commercialisation.

Les solutions de recharge rapide étant propriétaires, elles obligent à choisir un partenaire technologique pour le projet. Toutefois, quelques fournisseurs ont développé des solutions de recharge rapide.

## 2.3.5 Électrique à Recharge lente

### Présentation

Ce mode d'alimentation pour autobus électrique suit l'exploitation conventionnelle d'un réseau d'autobus diesel. L'autobus assure un service normal sur une seule charge, puis revient au CT pour recharger ses accumulateurs en totalité. Cette stratégie oblige l'autobus à avoir une grande quantité de batteries pour lui assurer une autonomie suffisante.

Jusqu'à présent, les autobus à recharge lente ont surtout été utilisés pour des applications de navettes et sur des lignes où le kilométrage journalier est faible. Les plus récents véhicules utilisent des batteries affichant des performances bien supérieures et permettent d'envisager l'utilisation de ces autobus dans un service régulier, voir un SRB. Un banc d'essai réalisé par AVT, la STO et la STM a d'ailleurs confirmé la capacité des autobus de 12 m du constructeur chinois BYD à atteindre une autonomie de 200-250 km sur une seule charge sans chauffage.

Le constructeur BYD a annoncé plutôt cette année une entente pour la construction d'autobus électrique de 18 m pour le service de SRB Transmillenio à Bogotá, voir illustration ci-dessous.



Figure 8 : Autobus articulé 18 m à recharge lente BYD pour SRB

Habituellement, la recharge des batteries dure plusieurs heures (environ 3 à 8 heures), selon la capacité d'énergie du bloc de batteries et le taux de recharge utilisé. Les véhicules sont rechargés en fin de service généralement la nuit.

Pour réaliser la recharge à l'atelier, deux options peuvent être employées :

- effectuer la permutation des batteries, ce qui implique que le bloc de batteries déchargé est remplacé par un bloc de batteries à pleine charge ;
- utiliser des bornes de recharges dans le cas de véhicules branchables.

### La permutation de batteries

La permutation de batteries, ou échange de batteries consiste à remplacer un bloc de batteries déchargé par un bloc de batteries chargé et prêt à l'emploi. L'opération de permutation peut être effectuée rapidement, le véhicule et le bloc de batterie ayant été conçus de façon modulaire pour cette opération. Une permutation de batterie peut se faire en 5 à 20 minutes environ, si le système est bien conçu. Le bloc de batteries est retiré et déplacé avec un transpalette, un chariot élévateur ou un équipement de manutention conçu spécifiquement pour l'opération. Par la suite, la recharge des batteries est effectuée dans un local aménagé avec des chargeurs.

### Bornes de recharge

Les véhicules branchables conserveront leurs batteries d'un service à l'autre. Pour la recharge ils sont branchés à une borne de recharge au Centre de transport. Pour des autobus les bornes seront le plus souvent à tension industrielle triphasée ou en courant continu. Les connecteurs utilisés sont conçus pour assurer la sécurité des personnes. Malgré les puissances importantes de recharge, la connexion/déconnexion des véhicules est réalisée de façon sécuritaire.

La figure ci-dessous illustre la recharge de l'autobus électrique de la STL.

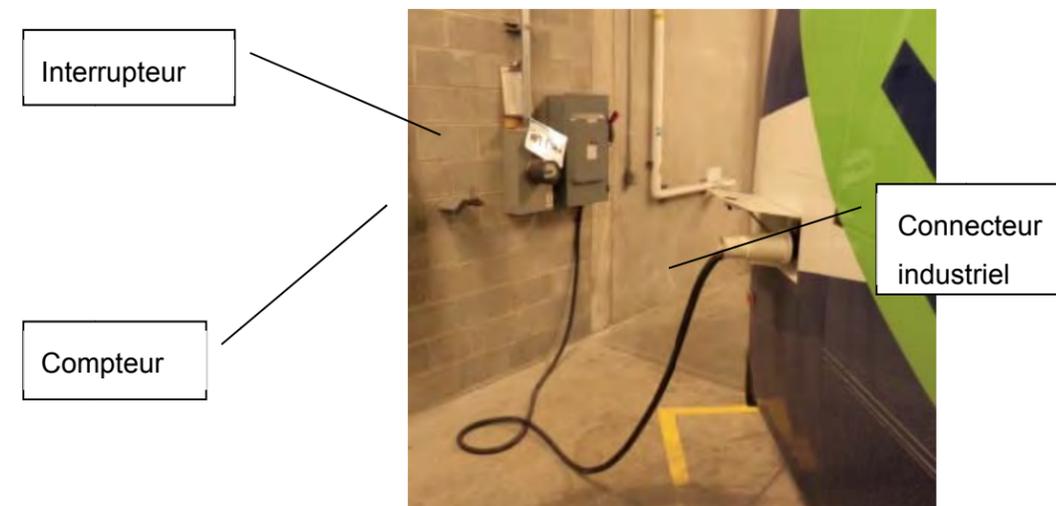


Figure 9 : Recharge de l'autobus électrique DesignLine de la STL

La recharge lente à l'avantage de ne requérir aucune infrastructure en ligne, seul le CT aura besoin d'être adapté pour l'ajout d'équipement pour la permutation de batteries et d'un local de recharge ou pour l'aménagement de stationnements avec bornes de recharge.

Par contre, la gestion du branchement/débranchement des véhicules ou de l'échange de batteries implique une modification de façon importante de l'opération de ravitaillement/stationnement traditionnelle. L'installation des bornes peut également devenir une contrainte d'aménagement d'importante dans le CT en raison de la longueur maximale des câbles et des largeurs d'allées prévues pour les autobus diesel.

### Contraintes et performances

#### Format et capacité

L'offre actuelle d'autobus à recharge lente est plus abondante dans les formats de type minibus et de 10 m que dans les formats 12 m. Le format articulé de 18 m est rare parmi les autobus électriques à recharge lente.

Dans ce mode d'électrification, les autobus ont une grande quantité de batteries embarquées ce qui ajoute beaucoup de poids au véhicule et cause une réduction de la capacité en passagers. Une réduction de capacité d'environ 20 % par rapport à un autobus diesel est à anticiper.

#### Contraintes d'exploitation

Généralement, les autobus électriques à recharge lente permettent une autonomie d'environ 200-250 km entre deux recharges complètes, et ce, sans chauffage de l'habitacle.

La solution de recharge lente est très pénalisée par le chauffage en hiver si les véhicules ne sont rechargés qu'une seule fois par jour en moyenne et que les véhicules ont une charge de batteries qui peut difficilement être augmentée davantage. Le chauffage peut réduire de près de la moitié l'autonomie du véhicule les journées froides. Cette réduction d'autonomie oblige de prévoir un nombre suffisant de véhicules supplémentaires pour assurer le service en hiver ou à n'utiliser que la moitié de l'autonomie en été.

Pour cette raison, les constructeurs proposent souvent un chauffage d'appoint au diesel avec un Webasto pour les climats nordiques, de cette façon, les véhicules conservent leur autonomie au prix d'émissions de GES et de particules. Cependant, l'installation d'un Webasto met en péril l'image 100 % électrique du service d'autant plus que dans les véhicules électriques, celui-ci ne bénéficie pas d'un système d'échappement sophistiqué. Pour cette raison, l'option Webasto n'est pas prise en compte dans le choix du mode d'électrification.

#### Contraintes du tracé/plateforme

Les autobus à recharge lente ont une hauteur standard, les batteries se trouvant généralement en sous-châssis.

Les éléments de batteries ajoutent un poids non négligeable aux véhicules, ces autobus sont donc plus lourds que les autobus diesel de même taille.

La motorisation électrique permet la motorisation de plusieurs essieux, afin d'améliorer les performances dans les pentes, plus particulièrement avec la présence de neige. Ainsi, les véhicules articulés peuvent avoir la même performance dans les pentes que le format 12 m.

#### Contraintes environnementales

Durant les périodes de grands froids, les consommations nécessaires pour le chauffage de l'habitacle réduisent considérablement l'autonomie du véhicule. Les conditions hivernales, présence de neige et de glace n'imposent pas de contraintes supplémentaires par rapport à une technologie diesel.

#### Maturité de la technologie

La technologie électrique à recharge lente est éprouvée via la mise en service de quelques véhicules prototypes ou de série dans certains réseaux. La fiabilité des véhicules dépend surtout de l'historique du constructeur et du modèle considéré.

Aucune application de flotte importante sous forme de SRB n'est à ce jour en service.

Les motorisations électriques sont généralement plus fiables et la maintenance de celles-ci se fait plus facilement que celle des motorisations thermiques.

#### Impact environnemental

Cette technologie ne produit aucune émission de GES et de PCA si l'on ne considère pas l'ajout de chauffage d'appoint au diesel.

#### Coût & Durée de vie

Les autobus électriques à recharge lente sont environ 2 fois plus chers à l'achat que les autobus diesel. De plus, des remplacements de batteries sont à prévoir au cours de la vie du véhicule (de 1 à 2 environ).

L'utilisation de l'électricité permet une réduction des coûts d'exploitation pour le carburant.

Pour le Centre de transport, des investissements sont à prévoir pour adapter les installations (distribution électrique, installations des chargeurs, organisation du hall de stationnement, etc.). Les halls de stationnement conçus pour les véhicules diesel offrent peu d'espace pour les chargeurs et le branchement des véhicules électriques.

Au niveau des opérations d'entretien sur le matériel roulant, des économies sont envisageables. Par contre, des coûts pour l'organisation et la mobilisation pour la recharge des véhicules et l'entretien des infrastructures électriques au Centre de Transport sont à prévoir.

#### Disponibilité et concurrence

Le marché, pour les petits formats, est assez compétitif et plusieurs expériences et mises en service ont eu lieu sur le sol canadien.

## 2.3.6 Électrique à recharge rapide en terminus par contact

### Présentation

Dans ce mode d'électrification, les autobus sont rechargés en terminus. Ils transportent beaucoup moins de batteries que dans le mode d'électrification à recharge lente; soit environ le tiers. La recharge en terminus est la plus légère des options de recharge rapide en termes d'infrastructures. En effet, il est fréquent que les terminus soient plus facilement aménageables

que les arrêts réguliers puisqu'ils disposent de plus d'espace et d'une alimentation électrique. L'installation des postes de recharge en est donc facilitée.

En terminus les autobus sont rechargés sous une structure qui surplombe la voie. Les autobus se placent sous la structure et les équipements en toiture de l'autobus vont faire contact avec celle-ci. Pour ce faire, les équipements en toiture de l'autobus ou la tête du poste de recharge seront mobiles.

Habituellement, le système de recharge permet une certaine tolérance au niveau du positionnement du véhicule. Celle-ci varie d'un fabricant à l'autre, mais est généralement de l'ordre de 0,5 m en latéral et de 1 à 3 mètres en longitudinal.

L'infrastructure de recharge est automatisée et la manipulation humaine se limite à positionner l'autobus au niveau de la plateforme et à appuyer sur un bouton. Une communication sans fil s'effectue entre l'autobus et l'infrastructure, permettant à celle-ci d'être mise sous tension seulement lorsqu'un autobus est présent, augmentant ainsi la sécurité des personnes. Les infrastructures de recharge rapide sont exclusives, ou propriétaires, et ne sont pas standardisées. Elles requièrent de faire appel à un même fournisseur de technologie pour l'infrastructure et la partie embarquée sur le véhicule.

Le poste est mis en place à un ou aux deux terminus de la ligne. Aucune autre infrastructure n'est nécessaire le long du parcours.

Généralement, une recharge complète s'étale sur plusieurs minutes, de 8 à 15 minutes environ. Une recharge partielle est habituellement réalisée en deçà de 10 minutes. Sur une ligne achalandée ce temps de recharge peut facilement excéder le temps de battement entre les tournées, ce qui obligerait à avoir plus d'autobus électriques pour offrir le même service que des autobus diesel.

Une recharge au CT peut être requise pour permettre aux véhicules d'avoir assez de charges pour effectuer le trajet haut-le-pied (HLP) entre le CT et le terminus de prise de service. Certains fabricants optent pour période de recharge plus lente au CT pour équilibrer les batteries et augmenter leur durée de vie, d'autres, comme Proterra, privilégient une recharge rapide avant le remisage si le terminus n'est pas trop loin du CT.

Le système de la compagnie Proterra est un bon exemple de recharge rapide en terminus. À Foothill Transit à West Covina en Californie, trois autobus Proterra de 10,2 m sont en service depuis 2011. Chaque autobus parcourt 180 km/jour sur une ligne de 25,8 km aller-retour (dénivelée non précisée). La recharge prend de 3-7 minutes en terminus. Foothill transit projette de faire l'acquisition de 12 autres véhicules ce qui démontre la viabilité de cette solution.

La figure ci-dessous illustre le système de recharge rapide en terminus Proterra à Denver, un projet plus récent que celui de Foothill.



Figure 10 : Système de recharge Proterra à Denver, CO

## Contraintes et performances

### Format et capacité

L'offre actuelle d'autobus à recharge rapide en terminus ne couvre que les formats de type minibus, 10 m et 12 m.

Dans ce mode de propulsion, les autobus ont une quantité de batteries embarquées moindres que pour une recharge lente. Il faut cependant ajouter aux batteries le poids du système de recharge rapide en toiture. Au total, les véhicules sont plus lourds que leur équivalent diesel ce qui cause une réduction de la capacité en passagers. Une réduction de capacité d'environ 5-20 % par rapport à un autobus diesel est à anticiper.

### Contraintes d'exploitation

Les véhicules ont une autonomie entre les recharges de quelques dizaines de kilomètres 40-50 km (hors chauffage) ce qui permet quelques aller-retour entre recharges complètes.

La solution de recharge en terminus permet d'augmenter le kilométrage journalier des véhicules et de la rendre compatible avec les circuits commerciaux sans retour au centre de transport en cours de journée. Les infrastructures de recharges doivent être judicieusement localisées et se trouver en quantité suffisante pour assurer les trajets non commerciaux (HLP) et les trajets commerciaux de terminus à terminus, en particulier si le besoin en chauffage est très important.

Par contre, les temps d'attente de 5-10 minutes lors des recharges sont très pénalisants sur la planification du service et impliquent la mise en place de véhicules et de chauffeurs supplémentaires. L'interlignage avec les autres lignes d'autobus diesel n'étant plus possible, l'impact en véhicules/chauffeurs supplémentaires peut être très important sur des lignes peu équilibrées. Dans le cadre d'un service SRB, les temps de recharge requis sont jugés incompatibles avec un haut niveau de service.

Les pannes d'alimentation électrique sont gérées en ayant plus de batteries que requis pour une opération normale, ce qui permet de sauter une ou plusieurs recharges. L'alimentation de certains postes de recharge peut également être fiabilisée.

#### Contraintes du tracé/plateforme

Les autobus électriques à recharge rapide sont légèrement plus haut que les autobus diesel dû au plus grand nombre d'équipements en toiture (batteries et système de captation). Cela n'a habituellement pas d'impact sur les tracés.

La motorisation électrique permet la motorisation de plusieurs essieux, afin d'améliorer les performances dans les pentes, plus particulièrement avec la présence de neige. Ainsi, les véhicules articulés lorsqu'ils seront disponibles dans ce mode d'électrification pourront avoir la même performance dans les pentes que le format 12 m.

#### Contraintes environnementales

Le nombre et le choix d'implantation des infrastructures de recharges doivent tenir compte des consommations nécessaires pour le chauffage du véhicule en période hivernale. Les performances des autobus articulés dans la neige, lorsqu'ils seront disponibles, pourront être améliorées par la motorisation de plusieurs essieux voir ci-dessus.

Le système de recharge (en toiture et le poste fixe) peut être équipé d'éléments chauffants pour éviter le givrage et l'enneigement.

#### Maturité de la technologie

La technologie électrique à recharge rapide en terminus par contact fait l'objet à ce jour de plusieurs expérimentations sous forme de démonstrateurs, mais dans des conditions climatiques assez favorables.

Aucune application de flotte importante sous forme de SRB n'est à ce jour en service.

Les motorisations électriques sont généralement plus fiables et la maintenance de celles-ci se fait plus facilement que celle des motorisations thermiques.

#### Impact environnemental

Cette technologie ne produit aucune émission de GES et de PCA.

#### Coût & Durée de vie

Les autobus sont environ 2 fois plus chers à l'achat que les autobus diesel. De plus, des remplacements de batteries sont à prévoir au cours de la vie du véhicule (de 2 à 3 environ).

Les investissements en infrastructures électriques sont à considérer uniquement en terminus.

Des investissements sont à prévoir pour adapter les baies d'entretien par l'ajout de passerelles pour l'accès en toiture notamment. Le hall de stationnement et la distribution électrique du Centre de transport peuvent avoir besoin d'être modifiés si les véhicules doivent être branchés pendant la nuit. Certains systèmes permettent de s'affranchir d'une telle opération si une recharge rapide est réalisée avant le remisage.

L'utilisation de l'électricité permet une réduction des coûts d'exploitation pour le carburant.

Des économies sur l'entretien du matériel roulant sont envisageables, mais l'organisation et la mobilisation pour l'entretien des infrastructures électriques doivent être prévues.

#### Disponibilité et concurrence

Plusieurs fournisseurs de cette technologie existent, mais pour des petits formats et chacun propose leurs propres solutions de recharge (interfaces véhicule et postes de recharge). Il n'existe aucune standardisation entre les différentes solutions.

### 2.3.7 Électrique à recharge rapide en ligne avec contact

#### Présentation

Pour une recharge en ligne, le kilométrage demandé aux véhicules entre les postes de recharge est faible, généralement de l'ordre de 1 à 2 kilomètres. Les postes sont installés à certains arrêts le long du parcours et le temps associé à la montée/descente de passagers (10-15 secondes) est utilisé pour recharger les accumulateurs. Idéalement le temps d'arrêt n'est pas prolongé au-delà de la montée/descente de passagers pour maintenir une vitesse commerciale acceptable et ne pas allonger la durée du trajet.

Les arrêts où sont installés les postes de recharge peuvent être choisis en fonction de leur achalandage (temps d'arrêt pour la recharge plus important) ou simplement en raison d'un espacement optimal (respect d'une distance prescrite entre les postes).

La recharge ultrarapide aux arrêts ne fournit qu'un appoint d'énergie et ne permet pas de recharger complètement les accumulateurs. Ces recharges d'appoint permettent donc d'allonger la distance pouvant être parcourue avant d'avoir besoin d'une recharge complète. Celle-ci est effectuée lorsque l'autobus arrive au terminus et qu'il dispose d'un temps de battement plus long, de l'ordre de quelques minutes (3-5 minutes).

La figure ci-dessous permet d'illustrer ce concept d'appoint d'énergie et comment il permet d'augmenter les distances parcourues pour une même quantité de batteries. Les valeurs utilisées sont fictives.

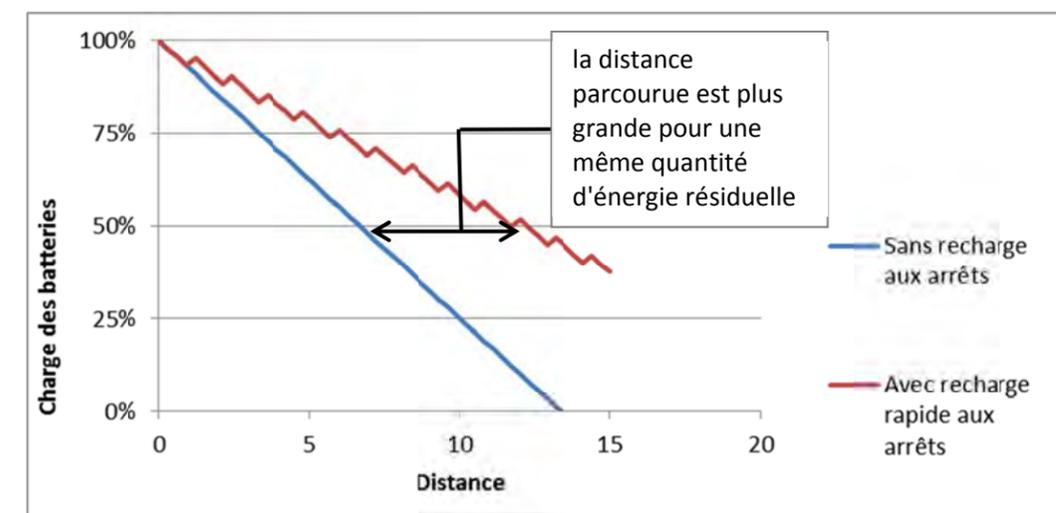


Figure 11 : Concept d'appoint d'énergie aux arrêts

Par rapport à une recharge en terminus, la recharge rapide en ligne donne la possibilité de transporter encore moins de batteries laissant encore plus de masse pour les voyageurs. L'impact sur la capacité de passagers par rapport au diesel est faible voir nul.

Les postes de recharge sont dotés d'une structure qui surplombe la voie qui ressemble en apparence et en fonctionnement à celle utilisée dans les modes de recharge en terminus. Les postes de recharge en ligne et aux terminus sont mécaniquement identiques, la différence est dans la puissance instantanée de recharge. Le poste en ligne fournit une forte puissance sur une courte période (secondes), alors que le poste au terminus fournit une puissance un peu moindre pendant une plus longue période (minutes).

Pour limiter les appels de puissance au distributeur d'électricité et la puissance admissible du branchement, les postes de recharge en ligne font généralement l'usage d'accumulateurs d'énergie fixes capables de charge et de décharge rapide (haute puissance), le plus souvent des supercondensateurs. Les accumulateurs fixes se déchargent en quelques secondes dans l'autobus et profitent de l'intervalle entre deux autobus pour se recharger. Le coût de la puissance dans la facture d'électricité est ainsi maîtrisé.

Quelques fournisseurs proposent ce mode d'électrification : ABB avec sa technologie mise en œuvre dans le projet TOSA, PVI avec son Watt System et Siemens avec son système e-Bus, pour n'en nommer que quelques-uns.

Les photos ci-dessous illustrent les bornes de recharge en ligne du projet TOSA à Genève. L'autobus est chargé aux arrêts pendant 15 secondes à l'aide d'un dispositif par conduction en toiture. L'abribus (photo de gauche) renferme une banque de supercondensateurs pour permettre d'étaler dans le temps l'appel de puissance vers le distributeur d'électricité.



Figure 12 : Poste de recharge ultrarapide avec contact - Projet TOSA

Crédit photo : ABB Inc.

## Contraintes et performances

### Format et capacité

L'offre actuelle d'autobus à recharge rapide en ligne ne couvre que les formats d'autobus de 12 m et 18 m. Selon certaines sources dans un horizon court-terme, il pourrait y avoir des autobus de 24 m.

Dans ce mode de propulsion, la quantité de batteries embarquées est beaucoup plus faible. Ces véhicules ont une masse totale équivalente à celle des autobus diesel de même taille. Dans quelques projets européens (le projet TOSA notamment), des caisses trolleybus sont utilisées. Celles-ci étant plus robustes et massives que des caisses d'autobus diesel, le poids des véhicules s'approche plus de celui d'un trolleybus.

Aucun impact sur la capacité par rapport à un autobus diesel n'est à considérer.

### Contraintes d'exploitation

La solution de recharge rapide en ligne par contact permet de réduire la capacité des batteries du véhicule en restant compatible avec les circuits commerciaux, mais la flexibilité d'exploitation est faible (ligne dédiée). Les infrastructures de recharges doivent être judicieusement localisées et se trouver en quantité suffisante pour assurer les trajets non commerciaux (HLP) et les trajets commerciaux de terminus à terminus, en particulier si le besoin en chauffage est très important.

Les temps d'attente lors des recharges en station sont peu pénalisants si l'achalandage de la ligne est fort puisque la montée/descente des voyageurs occupe presque le même temps. L'impact sur la vitesse commerciale devrait être marginal. La recharge en terminus d'une durée de 3-5 minutes environ demeure pénalisante même si plus courte que dans un système de recharge rapide en terminus uniquement. L'allocation de ce temps de recharge en terminus devrait tout de même permettre un haut niveau de service.

L'interlignage avec les autres lignes d'autobus diesel n'étant plus possible, il pourrait y avoir un impact en véhicules/chauffeurs supplémentaires sur les lignes peu équilibrées. Toutefois, l'image de marque du SRB commandant une exploitation en « superligne », cet impact ne devrait pas être majeur quelle que soit la technologie choisie.

Les pannes d'alimentation électrique sont gérées en ayant plus de batteries que requis pour une opération normale ce qui permet de sauter une ou plusieurs recharges. L'alimentation de certains postes de recharge peut également être fiabilisée.

### Contraintes du tracé/plateforme

Les autobus sont légèrement plus haut que les autobus diesel dû au plus grand nombre d'équipements en toiture (batteries et système de captation). Cela n'a habituellement pas d'impact sur les tracés.

La hauteur minimale structure de recharge au repos doit permettre la circulation de tous les véhicules appelés à emprunter la plateforme SRB. Celle-ci devra être déterminée lors d'études subséquentes après avoir identifié tous les types de véhicules pouvant circuler sur la plateforme.

La motorisation électrique permet la motorisation de plusieurs essieux, afin d'améliorer les performances dans les pentes, plus particulièrement avec la présence de neige. Ainsi, les véhicules articulés peuvent avoir la même performance dans les pentes que le format 12 m.

### Contraintes environnementales

Le nombre et le choix d'implantation des infrastructures de recharges doivent tenir compte des consommations nécessaires pour le chauffage du véhicule en période hivernale. Les performances des autobus articulés dans la neige peuvent être améliorées par la motorisation de plusieurs essieux voir ci-dessus.

Le système de recharge (en toiture et le poste fixe) peut être équipé d'éléments chauffants pour éviter le givrage et l'enneigement.

### Maturité de la technologie

La technologie électrique à recharge rapide fait l'objet à ce jour de plusieurs expérimentations sous forme de démonstrateurs, mais dans des conditions climatiques assez favorables.

Aucune application de flotte importante sous forme de SRB n'est à ce jour en service.

Les motorisations électriques sont généralement plus fiables et la maintenance de celles-ci se fait plus facilement que celle des motorisations thermiques.

### Impact environnemental

Cette technologie ne produit aucune émission de GES et de PCA.

### Coût & Durée de vie

Les autobus sont environ 2 fois plus chers à l'achat que les autobus diesel. De plus, des remplacements de batteries sont à prévoir au cours de la vie du véhicule (de 2 à 3 environ).

Les investissements en infrastructures électriques sont plus lourds car ils doivent être considérés en terminus et dans certaines stations

Des investissements sont à prévoir pour adapter les baies d'entretien par l'ajout de passerelles pour l'accès en toiture notamment. Le hall de stationnement et la distribution électrique du Centre de transport peuvent avoir besoin d'être modifiés si les véhicules doivent être branchés pendant la nuit. Certains systèmes permettent de s'affranchir d'une telle opération si une recharge rapide est réalisée avant le remisage.

L'utilisation de l'électricité permet une réduction des coûts d'exploitation pour le carburant. L'importante puissance électrique installée en ligne et en terminus fait augmenter significativement le coût de l'énergie électrique par rapport à une recharge effectuée en heure creuse au CT sur un abonnement de plus forte puissance.

Des économies sur l'entretien du matériel roulant sont envisageables, mais l'organisation et la mobilisation pour l'entretien des infrastructures électriques doivent être prévues.

### Disponibilité et concurrence

Plusieurs fournisseurs de cette technologie existent, mais pour des petits formats et chacun propose leur propres solutions de recharge (interfaces véhicule et postes de recharge). Il n'existe aucune standardisation entre les différentes solutions.

## 2.3.8 Électrique à recharge rapide en ligne par induction

### Présentation

Ce mode d'électrification s'appuie sur une recharge par induction tel que vu en 2.3.2 et sur processus de recharge rapide aux arrêts et aux terminus vu en 2.3.6 et 2.3.7.

Par rapport à un mode par contact, la recharge par induction permet d'éliminer la structure qui surplombe la voie de circulation. Le dispositif émetteur est sous la voie, n'occupe pas de place sur le trottoir et est invisible pour le reste du trafic routier.

Les puissances des systèmes par induction sont comparables à celles des systèmes par contact, mais les systèmes par induction sont généralement moins efficaces. Une rapidité de charge comparable pourrait être atteinte avec les deux types de systèmes.

Plusieurs fabricants offrent des systèmes par induction : Bombardier (Primove™), Conductix-Wampfler (IPT™) et WAVE (Wave IPT) représentent l'essentiel de l'offre actuelle.

La compagnie Bombardier a un projet pilote d'autobus de 12 m dans la ville de Braunschweig en Allemagne depuis mars 2014. Sur un trajet de 12 km, les autobus sont rechargés une fois au terminus pour 11 minutes et à un des 25 arrêts pour 30 secondes. Prochainement, sur le même tracé, des autobus articulés de 18 m devraient être mis en service en même temps que deux autres arrêts de recharge.

La compagnie Conductix-Wampfler a un projet pilote en service commercial dans la ville de Den Bosch aux Pays-Bas avec des autobus de 12 m. De plus, des minibus de 7,5 m à Turin en Italie utilisent le système IPT de recharge par induction depuis déjà 10 ans.

Les figures ci-après illustrent une infrastructure de recharge par induction.



Figure 13 : Infrastructure de recharge par induction IPT™ à Den Bosch

Crédit photo : Conductix-Wampfler



Figure 14 : Mise en place de l'infrastructure de recharge par induction IPT™ à Den Bosch

Crédit photo : Conductix-Wampfler

## Contraintes et performances

### Format et capacité

L'offre actuelle d'autobus à recharge rapide en ligne par induction ne couvre pour l'instant que les formats d'autobus de 12 m. Un projet pilote dans la ville de Braunschweig prévoit la mise en service de véhicules de 18 m prochainement.

Dans ce mode de propulsion, la quantité de batteries embarquées est beaucoup plus faible. Ces véhicules ont une masse totale équivalente à celle des autobus diesel de même taille. Aucun impact sur la capacité par rapport à un autobus diesel n'est à considérer.

### Contraintes d'exploitation

La solution de recharge fréquente aux stations permet de réduire la capacité des batteries du véhicule en restant compatible avec les circuits commerciaux, mais la flexibilité d'exploitation est faible (ligne dédiée). Les infrastructures de recharges doivent être judicieusement localisées et se trouver en quantité suffisante pour assurer les trajets non commerciaux (HLP) et les trajets commerciaux de terminus à terminus, en particulier si le besoin en chauffage est très important.

Les temps d'attente lors des recharges en station sont peu pénalisants si l'achalandage de la ligne est fort puisque la montée/descente des voyageurs occupe presque le même temps. L'impact sur la vitesse commerciale devrait être marginal. La recharge en terminus d'une durée de 3-5 minutes environ demeure pénalisante même si plus courte que dans un système de recharge rapide en terminus uniquement. L'allocation de ce temps de recharge en terminus devrait tout de même permettre un haut niveau de service.

L'interlignage avec les autres lignes d'autobus diesel n'étant plus possible, l'impact en véhicules/chauffeurs supplémentaires peut être très important sur des lignes peu équilibrées.

Les pannes d'alimentation électrique sont gérées en ayant plus de batteries que requis pour une opération normale ce qui permet de sauter une ou plusieurs recharges. L'alimentation de certains postes de recharge peut également être fiabilisée.

### Contraintes du tracé/plateforme

Les autobus à recharge rapide en ligne par induction sont de la même hauteur que les autobus diesel.

La motorisation électrique permet de la motorisation de plusieurs essieux, afin d'améliorer les performances dans les pentes, plus particulièrement avec la présence de neige. Ainsi, les véhicules articulés peuvent avoir la même performance dans les pentes que le format 12 m.

### Contraintes environnementales

Il n'existe pas de retour d'expérience de cette technologie dans le cas de contraintes environnementales sévères (froid, neige et glace). En particulier, l'impact du gel/dégel sur les équipements implantés dans la structure de la chaussée ni l'impact de la couverture de neige et les opérations de déneigement sur la voirie ne sont connus.

### Maturité de la technologie

La technologie électrique à recharge rapide fait l'objet à ce jour de plusieurs expérimentations sous forme de démonstrateurs, mais dans des conditions climatiques assez favorables.

Aucune application de flotte importante sous forme de SRB n'est à ce jour en service.

Les motorisations électriques sont généralement plus fiables et la maintenance de celles-ci se fait plus facilement que celle des motorisations thermiques.

### Impact environnemental

Cette technologie ne produit aucune émission de GES et de PCA.

### Coût & Durée de vie

Les autobus sont environ 2 fois plus chers à l'achat que les autobus diesel. De plus, des remplacements de batteries sont à prévoir au cours de la vie du véhicule (de 2 à 3 environ).

Les investissements en infrastructures électriques sont plus lourds car ils doivent être considérés en terminus et dans certaines stations.

Des investissements sont à prévoir pour adapter les baies d'entretien par l'ajout de passerelles pour l'accès en toiture notamment. Le hall de stationnement et la distribution électrique du Centre de transport peuvent avoir besoin d'être modifiés si les véhicules doivent être branchés pendant la nuit. Certains systèmes permettent de s'affranchir d'une telle opération si une recharge rapide est réalisée avant le remisage.

L'utilisation de l'électricité permet une réduction des coûts d'exploitation pour le carburant. L'importante puissance électrique installée en ligne et en terminus fait augmenter significativement le coût de l'énergie électrique par rapport à une recharge effectuée en heure creuse au CT sur un abonnement de plus forte puissance.

Des économies sur l'entretien du matériel roulant sont envisageables, mais l'organisation et la mobilisation pour l'entretien des infrastructures électriques doivent être prévues.

### Disponibilité et concurrence

Plusieurs fournisseurs de cette technologie existent, mais pour des petits formats et chacun propose leurs propres solutions de recharge (interfaces véhicule et postes de recharge). Il n'existe aucune standardisation entre les différentes solutions.

## 2.3.9 Électrique à Recharge dynamique par LAC

### Présentation

Le mode d'électrification de recharge dynamique avec LAC est basé sur la technologie trolleybus.

Le trolleybus est un autobus alimenté de façon continue au moyen d'une ligne aérienne de contact. Les trolleybus étant sur pneumatiques, la ligne aérienne est bifilaire pour permettre le retour de courant (un fil positif, un fil négatif). L'autobus capte l'énergie électrique au moyen d'un système de perches trolley situé sur le dessus du véhicule.

L'image ci-dessous illustre un trolleybus bi-articulé de 24 m.



Figure 15 : Trolleybus bi-articulé

Crédit : HESS AG.

L'alimentation de la ligne aérienne est réalisée au moyen de postes de redressement qui convertissent l'alimentation du distributeur d'électricité à une tension de 600 ou 750 V en courant continu utilisable par les trolleybus.

Le véhicule trolleybus possède une source auxiliaire de puissance électrique (APU), pour lui permettre de continuer à circuler temporairement dans le cas d'une panne électrique, de circuler dans le CT et de contourner les travaux routiers. Cet APU peut être thermique (une génératrice diesel à bord) ou électrique (batteries ou supercondensateurs). Sur les réseaux en opération le plus souvent une génératrice est utilisée, car elle permet au trolleybus de parcourir une plus grande distance en mode autonome; soit de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres (50-100 km) et parce que les batteries étaient peu performantes à l'époque. Lorsque des batteries sont utilisées, elles ne permettent que quelques kilomètres d'autonomie (~1-2 km), mais donnent l'avantage d'un service entièrement électrique.

Les trolleybus ont un long historique service et représentent une solution d'électrification éprouvée.

L'inconvénient majeur des trolleybus est l'impact visuel du système de ligne aérienne bifilaire. En effet, le mécanisme de guidage des patins de perche sur les fils et la présence de polarités électriques opposées oblige la réalisation d'ouvrages aériens plus imposants que les fils seuls. Lorsque des lignes trolleybus se croisent, il faut installer des croisements avec plusieurs isolateurs et lorsque des tracés divergent ou convergent, il faut installer des aiguillages aériens. La réalisation de certaines intersections complexes peut être mal perçue.

Toutefois, les récentes avancées au niveau des accumulateurs d'énergie (batterie Li-ion surtout) permettent des APU électriques performants ce qui donne au trolleybus la possibilité de s'affranchir des montages aériens lourds en utilisant ces accumulateurs comme solution de recharge dynamique.

#### Le trolleybus comme mode de recharge dynamique

Contrairement à l'alimentation en continu de type trolleybus traditionnelle, l'autobus est conçu pour effectuer des portions du trajet en mode autonome sur ses réserves d'énergie même lorsqu'il n'y a

pas de perturbations du service (perte d'alimentation, détours, etc.). La recharge de l'APU électrique est effectuée lorsque l'autobus est en mouvement et connecté à la LAC. Puisque la recharge est effectuée en mouvement, celle-ci n'a pas d'impact négatif sur l'exploitation.

La majeure partie du trajet est électrifié (>90 %), alors que des zones sans-fils sont réservées pour les zones denses (centre-ville), les secteurs patrimoniaux, les retours au garage, les boucles de retournement et pour éviter la construction d'ouvrages aériens imposants (virage, croisement, aiguillages, etc.). L'utilisation de lignes aériennes conserve l'avantage du trolleybus d'être une technologie éprouvée, mais sans les ouvrages aériens complexes. La LAC est plus simple de construction, de maintenance et s'intègre mieux dans le paysage urbain.

Le processus de positionner les perches trolley sur la ligne aérienne « le perchage » doit se faire à des endroits fixes. Une structure en forme de W, appelée « empercheur » placée sur les fils de contact permet de rapidement remonter les perches à l'arrêt où recommence la ligne aérienne.

Les systèmes de trolleybus de Rome et d'Eberswalde en Allemagne sont des exemples de trolleybus à recharge dynamique. À Rome, l'autonomie du véhicule est utilisée pour parcourir le centre-ville sans LAC entre la Porta Pia et la station Termini (~3 km aller-retour). À Eberswalde, les batteries embarquées permettent une distance de 18 km d'autonomie. En service commercial un parcours de 5 km sans lignes aériennes pour 20 minutes de recharge en mouvement y est envisagé. Au Québec, la STM étudie l'électrobus à recharge dynamique sur le boulevard Saint-Michel.

L'utilisation du trolleybus comme mode de recharge dynamique étant une évolution majeure, il n'est pas prévu de proposer une électrification trolleybus traditionnelle pour le SRB de Québec.

### Contraintes et performances

#### Format et capacité

L'offre actuelle d'autobus à recharge dynamique par LAC couvre l'ensemble des formats (12 m, 18 m et 24 m).

L'aménagement intérieur et la conception des structures de caisse peuvent permettre d'augmenter la capacité en passagers.

Les véhicules trolleybus sont généralement plus lourds que leur équivalent diesel en raison de la structure de caisse plus robuste. La masse axiale plus importante est souvent acceptée par la réglementation (ou par dérogation) sans réduction de la capacité en passagers. Les masses axiales maximales en vigueur au Québec ne sont pas suffisantes pour ces véhicules.

#### Contraintes d'exploitation

Le trolleybus se comporte, sur plusieurs aspects, comme un mode de transport guidé (ou ferré) :

- la flexibilité par rapport au trajet est faible et permet seulement de contourner les travaux ou les accidents;
- les dépassements de véhicules ne sont pas possibles, sauf en cas d'avarie ou à moins d'installer des aiguillages.

L'utilisation d'un APU électrique performant permet d'éviter l'installation de ligne aérienne sur les parcours HLP et sur certaines zones sensibles. Une autonomie de quelques kilomètres est possible en service, mais dépend fortement des dénivelés et du chauffage. Une autonomie de 3-

5 km en service est utilisée sur des réseaux en service à Rome et à Eberswalde. Dans le cas de Québec, nos projections permettent d'envisager pouvoir réaliser 5 à 10 % des trajets commerciaux sans fil et une distance HLP de 10 km vers le garage (si absence de dénivelés importants).

Il est important de comprendre que l'APU n'est pas un mode d'exploitation pouvant être utilisé de façon continue afin d'éliminer la LAC sur une majeure partie du tracé. De façon générale, l'usage de l'APU sera orienté par les critères suivants :

- se faire, si et seulement si, il n'y a pas d'impact sur l'exploitation et la vitesse commerciale. Le perchage/déperchage devra être réalisé à des points d'arrêts planifiés et dont le temps de manœuvre est masqué par la montée et la descente de voyageurs;
- se limiter en exploitation commerciale à 5 à 10 % du tracé;
- être utilisé en exploitation commerciale normale à un nombre restreint d'endroits soit se limiter à 1 ou 2 tronçons sans LAC d'une longueur de 300 `500 m sur un trajet;
- être utilisé en exploitation commerciale dégradée planifiée et non planifiée (déviation du parcours pour travaux/incidents, perte d'un secteur électrique, etc.);
- être utilisé hors-service pour les cas suivants :
  - aller et venir du Centre de Transport en début et fin de service;
  - dans les boucles de retournement en bout de ligne.

Pour réduire les capacités de batterie embarquées, il faut réduire les longueurs HLP et préférer si possible l'injection directe en ligne des véhicules à l'injection systématique en terminus.

Les transitions du mode non-connecté (parcours hors LAC) au mode connecté (parcours avec LAC) se font à l'arrêt à certains arrêts clairement identifiés. L'impact sur le temps d'arrêt ou le temps de parcours est négligeable. Bien que les opérations de perchage/déperchage soient simples, il est préférable de réduire au maximum le nombre de transitions pour réduire les risques de perchages infructueux qui nuiraient à la vitesse commerciale.

Les pannes d'alimentation électrique sont gérées en ayant plus de batteries que requis pour une opération normale ce qui permet de circuler jusqu'au secteur desservi par le poste de redressement suivant. Il est également possible de prévoir un réseau électrique robuste permettant le maintien des opérations avec un critère d'un poste de redressement hors service (critère n-1) commun aux installations électriques de tramway. L'alimentation de certains postes de redressement peut également être fiabilisée.

#### Contraintes du tracé/plateforme

En position perches baissées, les autobus à recharge dynamique par LAC sont légèrement plus haut que les autobus diesel dû au plus grand nombre d'équipements en toiture (chaîne de traction, batteries et système de captation).

En position perches levées, certaines interférences sont possibles avec certains ouvrages (surtout les ponts ferroviaires) ou avec des éléments de mobiliers urbains (feux de signalisation/équipements HQ). Des adaptations sont donc à prévoir, toutefois celles-ci sont très simples dans le cas d'une voie réservée.

La LAC est habituellement installée de 5,5 à 6 m de hauteur nominale par rapport au plan de roulement. La LAC peut être baissée sous les ouvrages jusqu'à environ 3,7 m ce qui permet de pouvoir passer sous la majorité de ceux-ci.

L'implantation des poteaux LAC requiert une plateforme plus large que pour les autobus diesel ou pour les autres modes d'électrification; sauf sur les tronçons où l'accrochage de la LAC peut se faire sur la façade des édifices.

La motorisation électrique permet de la motorisation de plusieurs essieux, afin d'améliorer les performances dans les pentes, plus particulièrement avec la présence de neige. Ainsi, les véhicules articulés peuvent avoir la même performance dans les pentes que le format 12 m.

#### Contraintes environnementales

Dans le cas de contraintes environnementales sévères, seul le dépôt de verglas ou de givre sur la LAC peut être problématique. La mise en place de solutions préventives/correctives de dégivrage sont à organiser en période hivernale (solutions chimiques, mécaniques ou électriques).

#### Maturité de la technologie

Technologie éprouvée depuis longtemps. Comme pour les autres types de motorisation, la technologie de batterie évolue rapidement.

De nombreux SRB utilisent ce mode de propulsion, qui est très attractif pour des lignes forts achalandages (bonne rentabilité des investissements d'électrification, optimisation des implantations des poteaux LAC).

Les différents équipements (matériel roulant et infrastructures électriques) sont très fiables.

#### Impact environnemental

Cette technologie ne produit aucune émission de GES et de PCA.

#### Coût & Durée de vie

Les trolleybus sont environ 2 fois plus chers à l'achat que les autobus diesel, mais la durée de vie des véhicules peut être prolongée. Les changements de batterie sont à prévoir au cours de la vie du véhicule (2 à 3).

Les investissements en infrastructures électriques doivent être considérés sur la majorité du parcours. Des économies importantes peuvent être réalisées par l'implantation judicieuse de zones hors LAC.

Des investissements sont à prévoir pour adapter les installations du Centre de transport (distribution électrique, zone d'entretien des perches, organisation du hall de stationnement, etc.).

L'organisation et la mobilisation pour l'entretien des infrastructures électriques tout au long de la ligne ne sont pas négligeables.

#### Disponibilité et concurrence

Marche très concurrentiel. Dans le cadre d'études récentes, plusieurs fabricants ont manifesté leur intérêt pour fournir ce type de véhicules au Québec.

### 2.3.10 Électrique à Recharge dynamique par induction

#### Présentation

Les systèmes de transfert d'énergie par induction sans contact peuvent aussi permettre la recharge dynamique. Cette recharge dynamique permet de multiplier les opportunités de temps de charge par rapport aux modes statiques, sans pénaliser l'exploitation. Les véhicules peuvent donc transporter une quantité réduite et optimale de batteries.

Les systèmes de recharge dynamique par induction fonctionnent sur le même principe que les systèmes statiques. Les segments de recharge par induction sont disposés le long du trajet sous la surface de la route. Un récepteur, placé sous l'autobus, permet de capter l'énergie transmise par les segments émetteurs.

Une communication sans fil entre le véhicule et l'infrastructure s'assure que seuls les segments sous le véhicule sont activés. Les autres segments restant non alimentés jusqu'à l'arrivée du prochain véhicule, il n'y a donc pas de pollution électromagnétique.

La recharge dynamique par induction peut être utilisée pour compléter un système de recharge statique aux terminus et aux arrêts pour éviter un temps trop long en terminus.

Dans le cas des autobus, le plus connu des projets de recharge dynamique par induction est celui mené par KAIST avec son Open Leading Electric Vehicle (OLEV) inauguré en août 2013 en Corée du Sud. Un trajet de 24 km aller-retour est équipé sur environ 15 % de la distance de leur technologie OLEV. Le dispositif par induction permet de transférer environ 100 kW de puissance en maintenant une distance de 17 cm avec le sol, avec un niveau d'efficacité autour de 70-80 % selon KAIST. Ce niveau d'efficacité reste toutefois à être défini dans des conditions climatiques hivernales similaires à la région de Québec.



Figure 16 : Autobus biberonné à Gumi, Corée du Sud

Crédit photo : KAIST



Figure 17 : Construction d' une voie OLEV

Crédit photo : KAIST

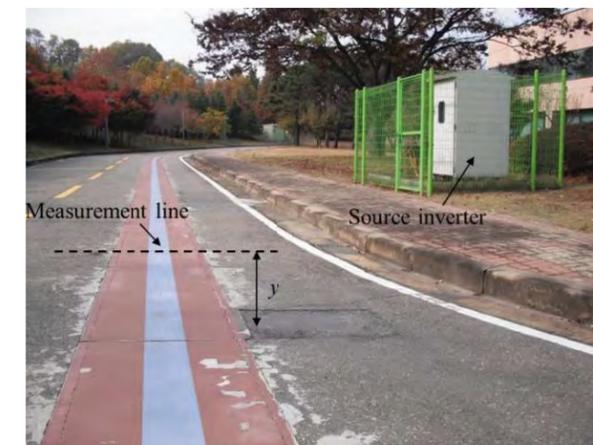


Figure 18 : Voie de recharge dynamique OLEV

Crédit photo : KAIST

#### Contraintes et performances

##### Format et capacité

L'offre actuelle d'autobus à recharge dynamique par induction ne concerne que les véhicules de 12 m.

Aucun impact sur la capacité par rapport à un autobus diesel n'est à considérer.

##### Contraintes d'exploitation

Cette solution permet d'éviter l'installation de ligne aérienne sur les parcours par la mise en place de composants dans la structure de la voirie. Le processus de transition entre les sections équipées et non équipées est transparent pour le conducteur. Aucun impact à prévoir sur les temps d'arrêt ou les temps de parcours.

La gestion des trajets HLP avec ce type de solution n'est pas bien connue.

##### Contraintes du tracé/plateforme

Les autobus à recharge dynamique par induction sont de la même hauteur que les autobus diesel.

La motorisation électrique permet la motorisation de plusieurs essieux, afin d'améliorer les performances dans les pentes, plus particulièrement avec la présence de neige. Ainsi, les véhicules articulés, lorsque qu'ils seront disponibles pourraient avoir la même performance dans les pentes que le format 12 m.

##### Contraintes environnementales

Il n'existe pas de retour d'expérience de cette technologie dans le cas de contraintes environnementales sévères (froid, neige et glace). En particulier, ni l'impact du gel/dégel sur les équipements implantés dans la structure de la chaussée ni l'impact de la couverture de neige et des opérations de déneigement sur la voirie ne sont connus.

### Maturité de la technologie

Cette solution est uniquement testée dans le cadre de projets pilotes en service commercial, mais dans un environnement climatique assez favorable.

### Impact environnemental

Cette technologie ne produit aucune émission de GES et de PCA.

### Coût & Durée de vie

Les autobus à recharge dynamique par induction sont environ 2 fois plus chers à l'achat que les autobus diesel. Des remplacements de batteries sont à prévoir au cours de la vie du véhicule (de 2 à 3 sur 16 ans).

Les investissements en infrastructures électriques doivent être considérés sur la majorité du parcours.

Les modifications requises au Centre de transport ne sont pas connues, mais des investissements sont certainement à prévoir pour adapter les installations (distribution électrique, organisation du hall de stationnement).

Les économies d'opération d'entretien sur le matériel roulant sont envisageables, mais l'organisation et la mobilisation pour l'entretien des infrastructures électriques doivent être prévues.

### Disponibilité et concurrence

Un seul fournisseur basé à Boston détient les droits pour la commercialisation de la technologie OLEV sur le continent nord-américain.

## 2.4 CONCLUSIONS

Cette note technique a permis une première définition du matériel roulant d'un SRB en termes de format, de type de motorisation et des modes d'électrification.

Un tableau comparatif en annexe A présente côte à côte les dix variantes technologiques considérées selon l'analyse des variantes réalisée en section 2.3. Pour chaque critère, des points sont accordés selon si la technologie est adaptée (4 points), peu adaptée (2 points) ou pas adaptée (0 point). La performance par rapport à un critère peut aussi être identifiée comme un élément bloquant empêchant la technologie d'être considérée comme une solution viable pour un SRB à l'heure actuelle.

Selon les critères retenus, dans la technologie thermique les variantes diesel, GNC et hybride diesel-électrique se classent toutes très bien et très près les unes des autres (à l'intérieur de 4 points). Ces trois options sont jugées viables pour un service SRB à motorisation thermique.

La technologie hybride à recharge rapide se classe moins bien étant donné, entre autres, que les projets d'aujourd'hui se font uniquement avec des autobus de 12 m, que les autobus doivent être utilisés sur de courts trajets sans trop de dénivelés et que les coûts d'investissement sont très élevés.

Du côté électrique, la recharge dynamique par LAC (le trolleybus) est le mode d'électrification qui performe le mieux. Toutefois, celui-ci obtient un pointage moins élevé que les technologies thermiques en raison surtout des coûts imposés par un système de LAC, et ce, bien que son excellente performance dans les dénivelés puisse bénéficier l'exploitation dans le tracé considéré.

La perte de capacité en voyageurs et la forte réduction de l'autonomie en hiver des autobus électriques à recharge lente ne permettent pas de les considérer pour un service SRB dans le climat québécois, sans avoir de chauffage au diesel.

Les autobus électriques à recharge rapide en terminus sont également écartés puisqu'un temps de recharge important en terminus est jugé incompatible avec un service à haute fréquence de type SRB, puisqu'ils demandent d'avoir plus de véhicules et de conducteurs.

Les autobus à recharge rapide en ligne par contact se classent moins bien que le trolleybus avec LAC principalement parce que cette technologie est encore au niveau de projets pilotes et que c'est donc aujourd'hui une technologie qui manque de maturité.

Les modes d'électrification, recharge rapide par induction et recharge dynamique par induction performant moins bien que tous les autres systèmes principalement en raison d'une méconnaissance du fonctionnement en conditions hivernales et de la maturité de la technologie.

La comparaison qualitative des solutions permet dès lors de définir les orientations suivantes.

### Pour un service SRB temporaire

Pour une solution de SRB temporaire, l'électrification est à mettre de côté, car parmi les solutions évaluées, seule la recharge dynamique avec ligne aérienne, le trolleybus, est suffisamment mature pour être implantée rapidement. Par contre, le coût élevé de l'infrastructure fixe trolleybus et sa durée de vie de 40 ans ne sont pas justifiables pour un projet d'une durée de vie de 15 à 18 ans.

Par conséquent, pour le SRB temporaire, il est plus intéressant de conserver les mêmes technologies que celles en service ou déjà en commande. Au niveau de la motorisation, cela

signifie de conserver une motorisation diesel ou hybride en série diesel/électrique. Ceci permettra d'utiliser les infrastructures d'entretien existantes et de partager le même parc de véhicules que le reste du réseau.

La motorisation au gaz naturel n'apporte pas d'avantage spécifique dans le contexte d'un SRB. Elle est intéressante seulement si c'est un virage que le RTC souhaite adopter pour sa flotte en général.

#### Pour un service SRB permanent

Si le RTC opte pour une solution de SRB permanent, la motorisation électrique s'impose comme solution à long terme conformément aux politiques gouvernementales. À ce moment, deux options sont possibles :

- si une électrification initiale est souhaitée, l'utilisation d'une technologie éprouvée comme le trolleybus est conseillée. Avec les progrès technologiques actuels, il est possible de prévoir réaliser les trajets vers le garage de 1 à 2 tronçons de 300 à 500 m sans lignes aériennes pour s'affranchir de lourds ouvrages aériens qui donnent l'impression de la toile d'araignée, tels que les aiguillages, les boucles de retournement et les croisements. Ainsi, les lignes aériennes présenteront un impact visuel minimal qui sera favorablement associé au service SRB. La recharge des accumulateurs embarqués sera dynamique et n'entraînera pas d'augmentation du temps de parcours ou du temps d'attente en terminus. Ce mode est parfaitement adapté pour un tracé avec des pentes importantes.
- si l'électrification peut être retardée ou si une solution sans lignes aériennes est demandée (recharge rapide, recharge par induction, etc.), il est recommandé de passer par une phase similaire à la phase temporaire discutée ci-devant (motorisation conventionnelle) dans l'attente de la validation de la solution d'électrification et de passer à la phase « permanent électrique » lorsque les technologies électriques sans LAC seront éprouvées.

Toutefois, il est recommandé de prévoir une largeur de plateforme suffisante pour un service trolleybus avec ligne aérienne au cas où la solution « permanente électrique éprouvée » n'est pas au rendez-vous.

Dans l'absence d'alternatives éprouvées, la solution trolleybus articulés 18 m (ou bi-articulés 24 m) avec APU électrique et recharge dynamique s'impose comme la solution d'électrification la plus intéressante et la plus accessible.

### 3 COUPES TRANSVERSALES TYPES

#### 3.1 MISE EN CONTEXTE

Sur le tracé Est-Ouest, de la 4<sup>e</sup> Avenue à D'Estimauville, les principaux aménagements du tramway qui sont proposés sont en site propre, sauf aux approches et sur le pont de Québec. La plateforme est généralement placée en position axiale, sinon latérale, ou aux approches et au Sud du pont Québec en position bilatérale.

##### 3.1.1 Plateforme tramway

Au niveau des coupes en inter-station pour l'insertion du tramway, il y a quatre (4) types de configurations en site propre rencontrés entre les stations 4<sup>e</sup> Avenue et D'Estimauville : deux en position axiale, une en position latérale et une en position bilatérale.

En position axiale, les configurations sont :

- site propre entre terre-pleins latéraux de 1,00 m ou plus;
- site propre sans terre-pleins latéraux.

En position latérale et bilatérale, les configurations sont :

- site propre en position latérale, entre un terre-plein de 1,00 m et un trottoir (ou bordure);
- site propre en position bilatérale, entre un terre-plein de 1,00 m et un trottoir (ou bordure).

Les caractéristiques générales en section en travers de la plateforme du tramway sont les suivantes :

- en site propre, la plateforme est surélevée de  $\pm 150$  mm;
- en site banal, la plateforme est clairement identifiée, mais au même niveau que la voirie;
- site propre, position axiale :
  - 2 bordures de 0,30 m de chaque côté;
  - terre-pleins si applicables;
  - plateforme de 6,35 à 6,85 m (sans ou avec poteau LAC);
  - largeur totale minimale : 6,95 à 7,45 m (hors terre-pleins);
- site propre, position latérale
  - terre-plein de 1,00 m et bordure de 0,30 m;
  - plateforme de 6,35 m;
  - Poteau LAC à l'extérieur de la plateforme;
  - Largeur totale : 7,65 m;
- site propre, position bilatérale
  - 2 bordures de 0,30 m de chaque côté;
  - plateforme de 3,25 m;
  - Poteau LAC à l'extérieur de la plateforme;
  - Largeur totale : 3,85 m par plateforme.

##### 3.1.2 Stations tramway

Les caractéristiques générales en section en travers des stations du tramway sont les suivantes :

- station à quais latéraux
  - quais de chaque côté de la plate-forme;
  - quais de 4,00 m de largeur totale chacun;
  - largeur totale : 13,85 m;
- station à quais décalés
  - quai d'un côté de la plateforme;
  - quai de 4,00 m de largeur totale;
  - largeur totale : 10,40 m;
- station à quai central
  - quai situé entre les 2 voies du tramway;
  - quai de 4,50 m de largeur totale;
  - largeur totale : 12,10 m (Du Pont) à 12,80 m (Frank-Carrel).

## 3.2 CARACTERISTIQUES DE BASE DES COUPES SRB

### 3.2.1 Plateforme SRB

Le tracé du tramway / SRB est majoritairement implanté en milieu urbain bâti où les emprises sont souvent restreintes et difficiles à élargir compte tenu du bâti qui les bordent. Les coupes types du SRB ont donc été élaborées en tenant compte, d'une part, des requis pour avoir un système SRB d'une efficacité similaire à celle du tramway, et d'autre part, du milieu récepteur. Ces deux prémices ont forcés à faire des compromis dans certaines portions du tracé. Elles illustrent les besoins d'un éventuel SRB temporaire ou permanent, selon les scénarios. Les critères de base suivants ont été retenus préliminairement pour la conception des coupes :

- matériel roulant hybride de  $\pm 2,60$  m avec des rétroviseurs de  $\pm 0,25$  m, soit une largeur totale de  $\pm 3,10$  m;
- matériel roulant électrique (trolleybus alimenté par LAC) de  $\pm 2,60$  m avec caméras en lieu des rétroviseurs;
- plateforme en site propre surélevée ou au même niveau que la voirie adjacente, mais bordée de séparateur infranchissable (terre-plein ou bordure);
- Voies réservées des autobus de 3,50 m;
- Accotements ou zone tampon de 0,50 m;
- terre-plein de 0,15 m de hauteur et de 1,00 m de largeur minimum.

### 3.2.2 Stations SRB

En tenant compte de la largeur du matériel roulant, du fait qu'il ne soit pas guidé, de la possibilité qu'un autre autobus entre en même temps en station en sens inverse, de la présence de passagers sur le quai, de sa vitesse d'entrée en station en longeant le quai en réduisant sa vitesse pour se placer en tête de station..., la largeur normale d'une voie réservée pour autobus longeant le quai en station a été fixée à 3,30 m. En site restreint, la largeur de cette voie a été fixée à 3,05 m.

Tel que prévu dans les hypothèses de base, les stations du système de SRB sont localisées longitudinalement aux mêmes endroits que celles du tramway. Il est toutefois à noter que, étant donné que les portes des autobus s'ouvrent exclusivement du côté droit des autobus, les 2 stations à quai central (Frank-Carrel et Du Pont) devront être revues pour les transformer en station à quais latéraux pour le réseau de SRB.

## 3.3 CONCEPT DES AMENAGEMENTS EN SITE PROPRE

Quinze (15) coupes types du SRB ont été élaborées afin d'illustrer les différentes situations pouvant être rencontrées sur le tracé, soit sept (7) coupes pour un SRB temporaire (non électrifié) et huit (8) coupes pour un SRB permanent (électrifié par LAC). Elles sont présentées en mode comparatif entre le tramway et le SRB : onze (11) coupes en inter-station et quatre (4) coupes en station.

### 3.3.1 Plateforme SRB

Pour le scénario du SRB temporaire, les cinq (5) coupes (01 à 05 de 15) ont été conçues de manière à utiliser l'espace disponible dans l'emprise établie pour l'insertion du tramway, mais sans devoir faire d'acquisitions supplémentaires, compte tenu du caractère temporaire de cette solution. Néanmoins, il y aura des acquisitions supplémentaires d'emprises nécessaires, particulièrement à la station Frank-Carrel, et aux autres stations où des surlargeurs minimales seront nécessaires.

Pour le scénario du SRB permanent, les six (6) coupes (08 à 13 de 15) ont été conçues de manière à utiliser l'espace optimal pour son insertion afin d'offrir sur une base permanente un service aux usagers de qualité similaire à celui du tramway (sécurité, fiabilité, vitesse, confort...). Ceci va demander plus d'acquisition que ce qui est prévu pour l'insertion du tramway.

Deux (2) concepts de coupes ont été élaborés, soit :

- site propre standard : voies de 3,50 m + accotements de 0,50 m + terre-pleins (1,00 m minimum) et / ou bordures de 0,50 m;
- site espace restreint (semi-franchissable ou franchissable) : voies entre 3,325 et 3,425 m, sans accotement, avec ou sans terre-pleins (1,00 m minimum) et / ou bordures de 0,30 m.

### 3.3.2 Stations SRB

Les coupes en station demeurent basées sur les mêmes concepts que celles du tramway. Il y a 2 types de station SRB rencontrés entre la 4<sup>e</sup> Avenue et D'Estimauville, soit à quais latéraux face à face (voir planche 06 et 14 de 15), soit à quais latéraux décalés (voir planches 07 et 15 de 15).

## 3.4 CONCEPT DES AMENAGEMENTS EN SITE BANAL

Quatre (4) coupes types du SRB ont été élaborées afin d'illustrer les deux (2) variantes proposées sur le tracé du pont de Québec, soit deux voies banales sur le tablier actuel et deux voies banales et une voie réversible au centre sur un tablier abaissé. Deux (2) coupes types pour un SRB temporaire (non électrifié) et deux (2) coupes types pour un SRB permanent (électrifié par LAC) ont été conçues et sont présentées en mode comparatif entre le tramway et le SRB.

## 3.5 DETAILS DES COUPES TYPES SRB

### 3.5.1 Coupes types en inter-station

Les différentes situations types rencontrées en inter-station sur le tracé sont illustrées dans les coupes types du SRB temporaire (coupes 01 à 05 de 15) :

- Coupe 01 de 15 : Site propre standard, insertion axiale avec terre-pleins latéraux
  - voies de 3,50 m non surélevées;
  - accotements de 0,50 m;
  - terre-pleins latéraux de 3,00 m minimum de chaque côté;
  - si requis, plantations et/ou petite signalisation positionnés dans les terre-pleins;
  - largeur totale: 8,00 m (entre les terre-pleins);
- Coupe 02 de 15 : Site propre standard, insertion axiale sans terre-plein
  - voies de 3,50 m surélevées;
  - accotements de 0,50 m;
  - bordures de 0,50 m;
  - largeur totale: 9,00 m.
- Coupe 03 de 15 : Site espace restreint, insertion axiale, semi-franchissable
  - voies de 3,425 m légèrement surélevées;
  - bordures biseautées de 0,30 m;
  - largeur totale : 7,45 m.
- Coupe 04 de 15 : Site propre, standard, insertion latérale
  - voies de 3,50 m;
  - accotements de 0,50 m;
  - terre-plein latéral/bordure de 1,00 m d'un côté;
  - largeur totale : 9,00 m.
- Coupe 04 de 15 : Site espace restreint, insertion latérale
  - voies de 3,325 m non surélevées;
  - terre-plein latéral/bordure de 1,00 m d'un côté et bordure/trottoir de l'autre;
  - largeur totale : 7,65 m;
- Coupe 05 de 15 : Site propre standard, insertion bilatérale
  - voie de 3,50 m surélevée;
  - accotement de 0,50 m;
  - bordure de 0,50 m d'un côté;
  - largeur totale : 4,50m
- Coupe 05 de 15 : Site espace restreint, insertion bilatérale, franchissable
  - voie de 3,35 m légèrement surélevée;
  - zone tampon de 0,50 m;
  - largeur totale : 3,85 m.

Les différentes situations types rencontrées en inter-station sur le tracé sont illustrées dans les coupes types du SRB permanent (coupes 08 à 13 de 15):

- Coupe 08 de 15 : Site propre standard, insertion axiale avec terre-pleins latéraux
  - voies de 3,50 m;
  - accotements de 0,50 m;
  - terre-pleins latéraux de 3,00 m minimum de chaque côté;
  - poteaux LAC dans les terre-pleins latéraux;
  - si requis, plantations et/ou petite signalisation positionnés dans les terre-pleins;
  - largeur totale: 8,00 m (entre les terre-pleins).
- Coupe 09 de 15 : Site propre standard, insertion axiale avec terre-plein central
  - voies de 3,50 m surélevées;
  - accotements de 0,50 m;
  - bordures de 0,50 m;
  - terre-plein central/bordure de 1,00 m minimum, avec poteaux LAC;
  - largeur totale : 10,00 m.
- Coupe 10 de 15 : Site espace restreint, insertion axiale avec terre-plein central, semi-franchissable
  - voies de 3,40 m légèrement surélevées;
  - bordures biseautées de 0,30 m;
  - terre-plein central/bordure de 1,00 m minimum, avec poteaux LAC;
  - largeur totale : 8,40 m.
- Coupe 11 de 15 : Site espace restreint, insertion axiale, semi-franchissable (avec accrochage de la LAC en façade)
  - voies de 3,425 m légèrement surélevées;
  - bordures biseautées de 0,30 m;
  - accrochage de la LAC en façade ou sur poteaux latéraux;
  - largeur totale : 7,45 m.
- Coupe 12 de 15 : Site propre standard, insertion latérale
  - voies de 3,50 m non surélevées;
  - accotements de 0,50 m;
  - terre-plein latéral/bordure de 1,00 m d'un côté et bordure de 0,30 de l'autre;
  - largeur totale : 9,30 m.
- Coupe 12 de 15 : Site espace restreint, insertion latérale
  - voies de 3,325 m non surélevées;
  - terre-plein latéral/bordure de 1,00 m d'un côté et bordure de 0,30 de l'autre;
  - largeur totale : 7,95 m.
- Coupe 13 de 15 : Site propre standard, insertion bilatérale
  - voie de 3,50 m surélevée;
  - accotement de 0,50 m;
  - bordure de 0,50 m d'un côté et bordure de 0,30 de l'autre;
  - largeur totale : 4,80 m.

- Coupe 13 de 15 : Site espace restreint, insertion bilatérale, franchissable
  - voie de 3,35 m légèrement surélevée;
  - zone tampon de 0,50 m;
  - bordure de 0,30 ;
  - largeur totale : 4,15 m.

### 3.5.2 Coupes types en station

Les différentes situations types en station rencontrées sur le tracé sont illustrées dans les coupes types :

- Coupes 06 et 14 de 15 : station à quais latéraux
  - quais de chaque côté de la plateforme SRB;
  - quais de 4,00 m de largeur totale chacun;
  - voies de 3,30 m chacune;
  - largeur totale : 14,60 m;
- Coupe 07 et 15 de 15 : station à quais décalés, semi-franchissable
  - quai d'un côté de la plateforme;
  - quai de 4,00 m de largeur totale;
  - voie de 3,05 m près du quai;
  - voie de 3,350 m dans l'autre sens;
  - bordure biseautée de 0,30 m;
  - largeur totale : 10,700 m.

### 3.5.3 Coupes type en site banal

Les deux variantes proposées sur le tracé du pont de Québec pour le SRB temporaire sont illustrées dans les coupes types suivantes (coupes 01 à 02 de 04) :

- Coupe 01 de 04 : Site banal, deux voies banales sur le tablier actuel
  - voies de 3,50 m;
  - accotements de 0,50 m et 0,585 m;
  - marquage de 1,00 m entre les deux voies banales;
  - largeur totale: 9,00 m.
- Coupe 02 de 04 : Site banal, deux voies banales et une voie réversible sur un tablier abaissé
  - voies de 3,25 m pour le SRB temporaire;
  - voie réversible de 3,099 m au centre ;
  - marquage de 0,33 m entre les voies ;
  - largeur totale: ± 10,259 m.

Les deux variantes proposées sur le tracé du pont de Québec pour le SRB permanent sont illustrées dans les coupes types suivantes (coupes 03 à 04 de 04) :

- Coupe 03 de 04 : Site banal, deux voies banales sur le tablier actuel

- voies de 3,50 m;
- accotements de 0,50 m et 0,585 m;
- marquage de 1,00 m entre les deux voies banales;
- largeur totale: 9,00 m.

- Coupe 04 de 04 : Site banal, deux voies banales et une voie réversible sur un tablier abaissé
  - voies de 3,25 m pour le SRB temporaire;
  - voie réversible de 3,099 m au centre;
  - marquage de 0,33 m entre les voies;
  - largeur totale: ± 10,259 m.

Le mode d'accrochage de la LAC sur le pont de Québec reste à être déterminé.

Le tableau ci-après présente pour chacune des coupes types en inter-station et en station, les largeurs requises pour insérer le tramway et le SRB ainsi que le différentiel entre ces largeurs.

Tableau 1 : Résumé des largeurs – Tramway et SRB temporaire

#	Coupes types	SRB	Tramway	Différentiel
<b>01 de 15</b>	Site propre standard, insertion axiale avec terre-pleins latéraux	8,00 m	6,95 m	<b>1,05 m</b>
<b>02 de 15</b>	Site propre standard, insertion axiale	9,00 m	7,45 m	<b>1,55 m</b>
<b>03 de 15</b>	Site espace restreint, insertion axiale, semi-franchissable	7,45 m	7,45 m	<b>0 m</b>
<b>04 de 15</b>	Site propre standard, insertion latérale	9,00 m	7,65 m	<b>1,35 m</b>
	Site espace restreint, insertion latérale	7,65 m	7,65 m	<b>0 m</b>
<b>05 de 15</b>	Site propre standard, insertion bilatérale (par voie)	4,50 m	3,85 m	<b>0,65 m</b>
	Site espace restreint, insertion bilatérale, franchissable	3,85 m	3,85 m	<b>0 m</b>
<b>06 de 15</b>	Site propre standard, Station à quais latéraux	14,60 m	13,85 m	<b>0,75 m</b>
<b>07 de 15</b>	Site espace restreint, Station à quais décalés, semi-franchissable	10,700 m	10,40 m	<b>0,300 m</b>

Tableau 2 : Résumé des largeurs – Tramway et SRB permanent

#	Coupes types	SRB	Tramway	Différentiel
08 de 15	Site propre standard, insertion axiale avec terre-pleins latéraux	8,00 m	6,95 m	1,05 m
09 de 15	Site propre standard, insertion axiale	10,00 m	7,45 m	2,55 m
10 de 15	Site espace restreint, insertion axiale avec terre-plein central, semi-franchissable	8,40 m	7,45 m	0,95 m
11 de 15	Site espace restreint, insertion axiale, semi-franchissable (accrochage de la LAC aux façades)	7,45 m	7,45 m	0 m
12 de 15	Site propre standard, insertion latérale	9,30 m	7,65 m	1,65 m
	Site espace restreint, insertion latérale	7,95 m	7,65 m	0,30 m
13 de 15	Site propre standard, insertion bilatérale (par voie)	4,80 m	3,85 m	0,95 m
	Site espace restreint, insertion bilatérale, franchissable	4,15 m	3,85 m	0,30 m
14 de 15	Site propre standard, Station à quais latéraux	14,60 m	13,85 m	0,75 m
15 de 15	Site espace restreint, Station à quais décalés, semi-franchissable	10,700 m	10,40 m	0,300 m

Tableau 3 : Résumé des largeurs – Tracé du pont de Québec – Tramway et SRB temporaire

#	Coupes types	SRB	Tramway	Différentiel
01 de 04	Site banal, deux voies banales sur le tablier actuel	9,00 m	9,00 m	0 m
02 de 04	Site banal, deux voies banales et une voie réversible au centre sur un tablier abaissé	10,259 m	10,259 m	0 m

Tableau 4 : Résumé des largeurs – Tracé du pont de Québec – Tramway et SRB permanent

#	Coupes types	SRB	Tramway	Différentiel
03 de 04	Site banal, deux voies banales sur le tablier actuel	9,00 m	9,00 m	0 m
04 de 04	Site banal, deux voies banales et une voie réversible au centre sur un tablier abaissé	10,259 m	10,259 m	0 m

L'analyse de ces tableaux fait ressortir qu'en fonction du type d'insertion en inter-station pour une insertion « standard » :

- le SRB temporaire requiert une plateforme (incluant les 2 voies pour l'insertion bilatérale) plus large de 1,05 m à 1,55 m que celle du tramway;
- le SRB permanent requiert une plateforme (incluant les 2 voies pour l'insertion bilatérale) plus large de 1,05 m à 2,55 m que celle du tramway.

Pour une insertion en « site restreint », il est possible, en contraignant les paramètres d'insertion du SRB temporaire, de l'insérer dans l'espace requis pour le tramway alors qu'avec la même approche pour le SRB permanent, selon le type d'insertion, il est nécessaire d'avoir une plateforme de 0,00 m à 0,95 m de plus que celle du tramway.

Lorsque le SRB se retrouve en site « banal », les plateformes du SRB temporaire et permanent ont la même largeur que celle du tramway.

En station, les SRB temporaire et permanent requièrent 0,75 m de plus pour une station à quais latéraux et 0,300 m de plus pour une station à quais décalés.

En inter-station, l'écart entre le SRB temporaire et le SRB permanent vient essentiellement de l'insertion des poteaux LAC dans les zones où il n'y a pas de terre-pleins latéraux.

## 4 DEFINITION DES STATIONS TRAMWAY ET SRB

Tel qu'indiqué pour les études économiques, la durée de vie d'une station est estimée à 20 ans.

### 4.1 STATIONS TRAMWAY

Dans le cas du tramway, trois (3) types de stations sont proposés sur le tracé du tramway ; soit :

- station à quais latéraux, face à face;
- station à quais latéraux décalés;
- station à quai central.

Sur le tracé Est-Ouest de 4<sup>e</sup> Avenue. La station la plus courante est la station à quais latéraux.

Cette station type est présentée à la figure suivante.

Les caractéristiques des quais tramway sont les suivantes :

- longueur, hors rampes d'accès : 40 mètres;
- largeur des quais latéraux : 4,00 mètres chacun;
- largeur du quai central : 4,50 mètres;
- élévation au-dessus du plan de roulement :  $\pm 30,0$  centimètres;
- distance entre les nez de quais latéraux : 5,85 m;
- pente maximum des rampes d'accès : 5 %.

Chaque station a deux (2) abribus par quai avec des bancs intégrés, quatre (4) autres bancs et quatre (4) corbeilles de propreté. Des bollards balisent la circulation le long des rampes et aux traverses piétonnes qui permettent l'accès aux quais. Pour les quais latéraux, un garde-corps est installé côté voirie tout au long du quai pour assurer la sécurité des piétons. Le revêtement des quais est en béton et des bordures en granit découpent le revêtement de béton. Des bandes podotactiles sont également placées sur les quais côté voie ferrée. Chaque quai est muni d'un élément signalétique (colonne Morris). Sur les abribus, les informations sur le nom de la station, la destination des rames desservant le quai, les horaires de passage du tramway, un plan du quartier, espaces publicitaires, etc. seront présentes. Un éclairage d'ambiance est prévu sur les quais, complété par des luminaires encastrés dans les abribus ainsi que dans les bollards. Des couleurs pourront être affectées à ces éclairages pour donner une identité aux stations dotées de caractère particulier.

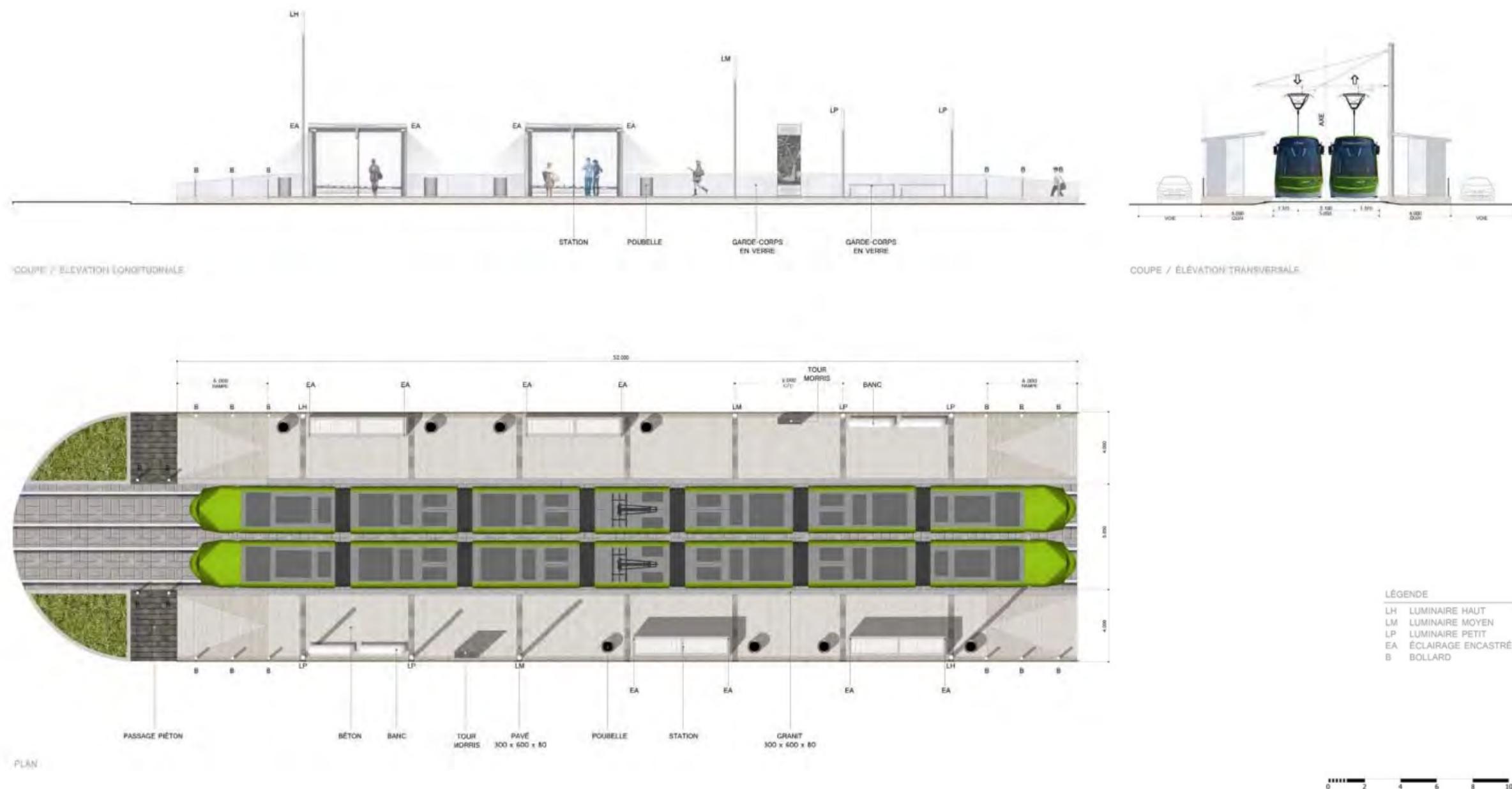
De plus, les équipements suivants seront présents à chaque station :

- 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'utilisateur de s'assurer qu'il possède un titre valide avant d'embarquer dans le tramway;
- 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) pour diffuser de l'information aux voyageurs par voie sonore.

En station se retrouvera également un bloc technique, qui inclut l'ensemble des équipements techniques nécessaires au bon fonctionnement de la station et de ses équipements.

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

Figure 19 : Station à quai face à face



## 4.2 STATIONS SRB

Le système de SRB devant proposer des caractéristiques similaires à celles du tramway; mentionnons entre autres haute fréquence, fiabilité, rapidité, capacité d'accueillir un grand nombre de passagers, infrastructures d'accueil et d'attente confortables et intégrées au milieu, les stations SRB doivent être similaires à celles du tramway.

Tel que prévu dans les hypothèses de base, les stations du système de SRB sont localisées longitudinalement aux mêmes endroits que celles du tramway.

Il est toutefois à noter que, étant donné que les portes des autobus sont exclusivement du côté droit des autobus, les 2 stations à quai central (Frank-Carrel et Du Pont) devront être revues pour les transformer en station à quais latéraux pour le réseau de SRB.

Les caractéristiques du matériel roulant du système de SRB font que quelques-unes des caractéristiques mentionnées ci-devant pour les quais du tramway seront différentes pour les quais du système de SRB; mentionnons entre autres :

- la hauteur du quai compte tenu, d'une part, de la hauteur entre le plan de roulement des autobus et du plancher des autobus et, d'autre part, de l'écart entre les niveaux des plans de roulement des autobus et des tramways;
- l'écart de distance entre les nez de quais pour les scénarios tramway et bus; et
- la longueur des quais et des rampes, le cas échéant.

Bien que similaire et longitudinalement localisés aux mêmes endroits, les quais tramway et SRB devront, lors du passage du SRB temporaire au tramway, être adaptés de façons importantes, voire refaits.

## 4.3 CONCLUSIONS SUR LES STATIONS

Compte tenu de ce qui précède, dans le cadre de la présente étude de faisabilité, il est recommandé de :

- localiser les stations longitudinalement aux mêmes endroits que les stations tramway;
- prévoir pour le système de SRB des stations similaires à celles du tramway;
- prévoir l'emprise requise au niveau des stations pour la phase SRB temporaire;
- transformer les 2 stations à quai central en station à quais latéraux et de revoir localement, le cas échéant, les acquisitions requises;
- prévoir, compte tenu de la vie utile des stations et de la durée de la phase SRB temporaire, la réfection des stations lors du passage du SRB temporaire au tramway.

## 5 ANALYSE SOMMAIRE DES IMPACTS D'INSERTION DU SRB

### 5.1 INTRODUCTION

Cette section présente l'analyse sommaire des insertions du SRB proposées sur le tracé Est-Ouest du tramway de Québec et de Lévis, de la 4<sup>e</sup> Avenue à D'Estimauville.

Réalisée à l'aide des coupes transversales types du SRB temporaire non-électrifié et du SRB permanent trolleybus, cette analyse illustre à haut niveau les impacts et les points durs à considérer pour le passage d'un SRB en lieu et place du tramway.

Pour ce faire, sont présentés, par scénario, par tracé et tronçon :

- les coupes transversales types utilisées;
- le sommaire des impacts mineurs ou majeurs résultant de l'insertion du SRB.

L'analyse fait ressortir à l'aide de trois couleurs différentes, les impacts de l'insertion d'un SRB :

- le **vert** dénote l'absence d'impact et/ou de contrainte, là où les emprises existantes ou prévues pour le tramway, incluant les terre-pleins, sont suffisantes;
- le **jaune** soulève la possibilité d'impacts et/ou de contraintes mineurs et qui sont surmontables (ex. : acquisition de terrains qui ne modifie pas la fonctionnalité du lieu);
- le **rouge** alerte sur des impacts et problématiques majeurs pouvant peut-être remettre en question l'insertion à ces endroits (ex. : acquisition onéreuse, voire impossible).

Les cartes suivantes présentent graphiquement la sévérité des impacts et points durs de l'insertion d'un SRB pour chaque scénario.

### 5.2 IMPACTS – SRB TEMPORAIRE NON-ELECTRIFIE

Compte tenu du caractère « temporaire » de ce scénario d'insertion du SRB, les principes qui guident le choix du type de site à privilégier pour l'insertion du SRB temporaire sont les suivants :

- Partout où il n'est pas requis de faire de l'acquisition supplémentaire ou de l'acquisition onéreuse, le SRB est inséré en utilisant un « site propre standard » pour conserver une qualité de service similaire à celle du tramway;
- Ailleurs, compte tenu du caractère temporaire du projet, le SRB sera inséré en utilisant un « site à espace restreint », en dépit du fait que ce type d'insertion ne permet pas de conserver une qualité de service similaire à celle du tramway.

#### 5.2.1 Tracé de Lévis - Tronçon B – Du chemin du Sault à l'est de la 4<sup>e</sup> Avenue

- **jaune**  
 Au Sud de la station de la 4<sup>e</sup> Avenue, une aire ou un trajet de retournement devra être planifié pour ramener les autobus en direction Ouest (Vers Lévis);
- **jaune**  
 Coupe 02 de 15 : le SRB est en site propre standard de la 4<sup>e</sup> Avenue au chemin du Sault, ce qui nécessite de l'emprise supplémentaire à certains endroits (la largeur de l'emprise existante varie beaucoup, donc adéquate à plusieurs endroits). Toutefois, au sud de la rue Wilson, la présence d'un cran rocheux et de la voie ferrée rend impossible l'insertion du SRB en site propre standard. Ainsi, sur 140 mètres, l'insertion du SRB se fait en site espace restreint.

#### 5.2.2 Tracé de Lévis - Tronçon A2 – Sud du pont Dominion à Est du chemin du Sault

- **vert**  
 Coupe 02 de 15 : le SRB est en site propre standard du chemin Du Sault au Sud du pont Dominion, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;

#### 5.2.3 Tracé de Lévis - Tronçon A1 – Sud du pont de Québec à Sud du pont Dominion

- **vert**  
 Coupe 05 de 15 : Au niveau du pont Dominion
  - en direction Nord, le SRB est en site espace restreint et en position bilatérale, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;
  - en direction Sud, le SRB est en site banal et en position bilatérale, l'espace prévu permet une insertion sans impact additionnel.
 Coupe 05 de 15 : Du Nord du pont Dominion au Sud du pont de Québec
  - en direction Nord, le SRB est en site propre standard et en position bilatérale, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel ;

- en direction Sud, le SRB est en site banal et en position bilatérale, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel.

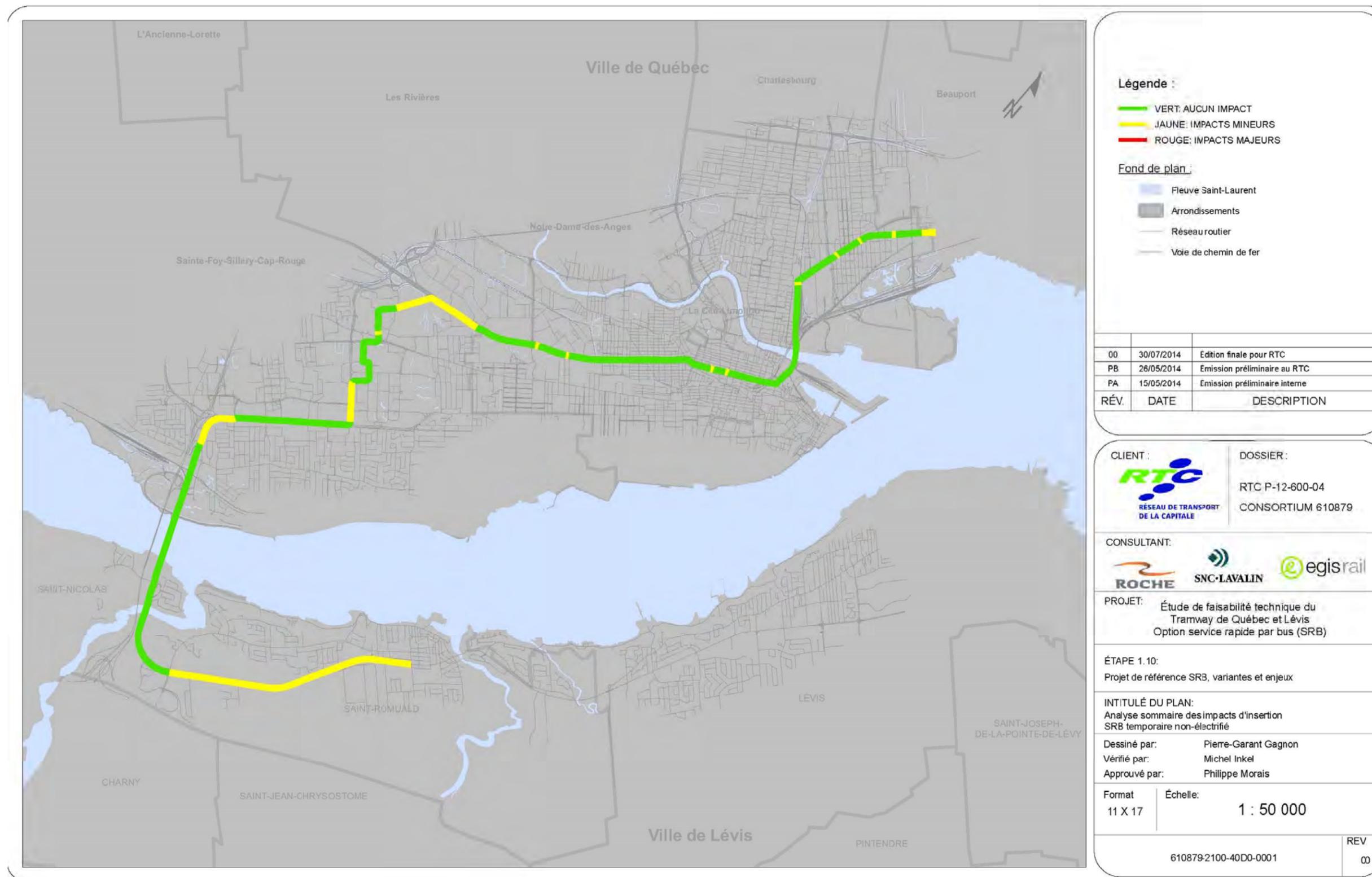
#### 5.2.4 Tracé pont de Québec

- **vert**

Au niveau du pont de Québec, un aménagement en site banal est toujours nécessaire ainsi que des largeurs de voies adaptées à l'espace qui y sera disponible. Ces deux variantes sont proposées pour le tracé du pont de Québec:

- Coupe 01 de 04 : Le SRB est en site banal avec deux voies banales sur le tablier actuel. L'espace prévu permet une insertion sans impact additionnel;
- Coupe 02 de 04 : Le SRB est en site banal avec deux voies banales et une voie réversible au centre sur un tablier abaissé. L'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel.

Figure 20 : Carte des impacts préliminaires de l'insertion d'un SRB temporaire non-électrifié



### 5.2.5 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°1 : Route 132

Le SRB est en position bilatérale avec voie réversible au centre, du Nord du pont de Québec au Sud du viaduc du chemin St-Louis, puis revient en site propre position axiale et emprunte l'étagement vers l'Avenue des Hôtels.

- **vert**  
Direction Nord, pont de Québec au Nord de la sortie 132 :
  - le SRB est en site banal, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel;
- Direction Nord, du Nord de la sortie 132 au viaduc du chemin St-Louis :
  - Coupe 05 de 15 : le SRB est en site propre standard, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel;
- Direction Sud, pont de Québec au viaduc du chemin St-Louis :
  - le SRB est en site banal, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel;
- Du chemin St-Louis à l'Avenue des Hôtels :
  - Coupe 02 de 15 : le SRB est en site propre standard, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel;
- **jaune**  
De l'Avenue des Hôtels au boulevard Laurier :
  - Coupe 04 de 15 : le SRB est en site propre standard et en position latérale, ce qui nécessitera 1,35 m d'emprise supplémentaire.

### 5.2.6 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°2 : boulevard Laurier

- **vert**  
Coupe 01 de 15 : le SRB est en site propre standard sur la longueur du tronçon, les terre-pleins et l'emprise prévus permettent une insertion sans impact additionnel.

### 5.2.7 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°3 : Autoroute Robert-Bourassa

- **jaune**  
Coupe 04 de 15 : le SRB est en site espace propre standard sur la longueur du tronçon, ce qui nécessitera 1,35 m d'emprise supplémentaire.

### 5.2.8 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°4 : Université Laval à Pyramide

- **vert**  
Campus de l'Université Laval :

- pour une insertion temporaire en vue d'une insertion tramway, l'emprise disponible et les aménagements existants (ERBUL) permettent une insertion sans impact additionnel, puisque le SRB va utiliser les voies existantes déjà réservées aux autobus. Les travaux du tramway ne seront faits que pour la phase 2;

Chemin des Quatre-Bourgeois :

- Coupe 04 de 15 : le SRB est en site espace restreint sur le chemin des Quatre-Bourgeois, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;

Du chemin Ste-Foy à la rue Nicolas-Pinel :

- Coupe 02 de 15 : le SRB est en site propre standard, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;

- **jaune**

Coupe 06 de 15 : la station Pyramide nécessitera une acquisition de 0,75 m d'emprise supplémentaire.

### 5.2.9 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°5 : rue Nicolas-Pinel (CEGEP de Ste-Foy) à la rue Frank-Carrel

- **vert**

De la rue Nicolas-Pinel à la rue Nérée-Tremblay :

- Coupe 04 de 15 : le SRB est en site espace restreint, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;

- **jaune**

De la rue Nérée-Tremblay à la rue Frank-Carrel :

- Coupe 02 de 15 : le SRB est en site propre standard, ce qui nécessitera 1,55 m d'emprise supplémentaire;

Rue Frank-Carrel :

- Coupe 04 de 15 : le SRB est en site propre standard, ce qui nécessitera 1,35 m d'emprise supplémentaire;

- **jaune**

Coupe 06 de 15 : La station à quai central Frank-Carrel devra être modifiée pour des quais latéraux, ce qui nécessitera 2,50 m d'emprise supplémentaire.

### 5.2.10 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°6 : boulevard Charest (de la rue Semples à l'avenue Saint-Sacrement)

- **vert**

Coupe 02 de 15 : le SRB est en site propre standard sur la longueur complète du tronçon, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel.

### 5.2.11 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°7 : boulevard Charest (de l'avenue Saint-Sacrement à la rue Marie-de-l'Incarnation)

- **vert**  
Coupe 01 de 15 : le SRB est en site propre standard sur la longueur du tronçon, les terre-pleins et l'emprise prévus permettent une insertion sans impact additionnel;
- **jaune**  
Coupe 06 de 15 : Les stations Saint-Sacrement et Joffre/Lescarbot nécessiteront une acquisition de 0,65 m d'emprise supplémentaire.

### 5.2.12 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°8 : boulevard Charest (de la rue Marie-de-l'Incarnation au boulevard Langelier)

- **vert**  
Coupe 03 de 15 : le SRB est en site espace restreint de la rue Marie-de-l'Incarnation au boulevard Langelier, en incluant l'acquisition de 4,0 m prévue pour le tramway, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;  
Coupe 06 de 15 : En incluant l'acquisition de 4,0 m prévue pour le tramway, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel pour les stations Marie-de-l'Incarnation, De l'Aqueduc et Langelier.

### 5.2.13 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°9 : boulevard Charest (du boulevard Langelier à la Gare du Palais)

- **vert**  
Coupe 03 de 15 : le SRB est en site espace restreint du boulevard Langelier au boulevard Jean-Lesage, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel;
- **jaune**  
Coupe 07 de 15 : Les stations à quai décalé Dorchester et Couronne devront être modifiées afin que les voies des bus soit de 3,05 m du côté du quai et de 3,35 de l'autre côté (largeurs au strict minimum selon le guide des bonnes pratiques de l'APTA<sup>3</sup>). La surlargeur encore nécessaire de 0,30 m devra être prise à même les voies auto adjacentes. L'emprise disponible pour l'insertion du SRB permanent ne permet que cet aménagement;  
Coupe 06 de 15 : La station à quai central Du Pont devra être modifiée pour des quais latéraux, ce qui nécessitera des courbes et contre-courbes de la plateforme aux approches de la station

et 2,50 m supplémentaires en largeur. L'emprise prévue permet cette insertion sans impact additionnel (se fait sur des terrains dont l'acquisition est déjà prévue dans le projet du tramway).

### 5.2.14 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°10 : boulevard Jean-Lesage/boulevard des Capucins

- **vert**  
De la rue Saint-Paul jusqu'à près de la 4<sup>e</sup> Rue (casernes de pompier) :
  - Coupe 04 de 15 : le SRB est en site espace restreint en position latérale, l'emprise disponible et prévue permet une insertion sans impact additionnel;
 Près de la 4<sup>e</sup> Rue (casernes de pompier) jusqu'au chemin de la Canardière :
  - Coupe 04 de 15 : le SRB est en site propre standard en position latérale, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel car après la caserne de pompier jusqu'au chemin de la Canardière, l'insertion du SRB se fait sur des terrains dont l'acquisition est déjà prévue dans le projet du tramway;
  - Coupe 06 de 15 : La station CEGEP-Limoilou sera élargie vers le nord pour ne pas empiéter sur les terrains au sud, l'emprise prévue permet ainsi une insertion sans impact additionnel.

### 5.2.15 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°11 : chemin de la Canardière

- **vert**  
Coupe 03 de 15 : le SRB est en site espace restreint du boulevard des Capucins au boulevard Henri-Bourassa, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;  
Coupe 04 de 15 : le SRB est en site espace restreint du boulevard Henri-Bourassa au boulevard Sainte-Anne, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;
- **jaune**  
Coupe 06 de 15 : Les stations Henri-Bourassa et Bardy nécessiteront des surlageurs d'emprises de 0,38 m d'un côté.

### 5.2.16 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°12 : boulevard Sainte-Anne (Terminus)

- **vert**  
Coupe 03 de 15 : le SRB est en site espace restreint du chemin de la Canardière à l'avenue D'Estimauville, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;
- **jaune**  
Coupe 06 de 15 : La station Niverville nécessitera un surlageur d'emprise supplémentaire de 0,75;
- **jaune**

<sup>3</sup> Desinging Bus Rapid Transit Running Ways - Recommended Practice, APTA Standards Development Program, APTA-BTS-BRT-RP-003-10, Octobre 2010

Au Nord de la station D'Estimauville, une aire ou un trajet de retournement devra être planifié pour ramener les autobus en direction Sud.

### 5.3 IMPACTS - SRB PERMANENT TROLLEYBUS

Compte tenu du caractère « permanent » de ce scénario d'insertion d'un SRB permanent, le principe suivant guide le choix du type de site à privilégier pour cette insertion :

- on ne doit avoir recours à une insertion avec un « site restreint » qu'aux endroits où il est prohibitif, voire impossible, de faire de l'acquisition supplémentaire.

#### 5.3.1 Tracé de Lévis - Tronçon B – Du chemin du Sault à l'Est de la 4<sup>e</sup> Avenue

##### ▪ jaune

Au Sud de la station de la 4<sup>e</sup> Avenue, une aire ou un trajet de retournement devra être planifié pour ramener les autobus en direction Ouest (vers Québec);

Coupe 09 de 15 : le SRB est en site propre standard de la 4<sup>e</sup> Avenue au chemin du Sault, ce qui nécessite de l'emprise supplémentaire à certains endroits (la largeur de l'emprise existante varie beaucoup, donc adéquate à plusieurs endroits);

Coupe 14 de 15 : Les stations 4<sup>e</sup> Avenue et Du Sault, nécessiteront des sur-largeurs d'emprises de 0,75 m.

#### 5.3.2 Tracé de Lévis - Tronçon A2 – Sud du pont Dominion à Est du chemin du Sault

##### ▪ vert

Coupe 09 de 15 : le SRB est en site propre standard du chemin Du Sault au Sud du pont Dominion, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel.

#### 5.3.3 Tracé de Lévis - Tronçon A1 – Sud du pont de Québec à Sud du pont Dominion

##### ▪ vert

Coupe 13 de 15 : Au niveau du pont Dominion

- en direction Nord, le SRB est en site propre standard et en position bilatérale, la voie auto devra être réduite de 5,50 m à 5,20 m, l'espace disponible est limité, mais permet une insertion sans impact additionnel;
- en direction Sud, le SRB est en site banal et en position bilatérale, l'espace disponible permet une insertion sans impact additionnel;

Coupe 13 de 15 : Du Nord du pont Dominion au Sud du pont de Québec,

- en direction Nord, le SRB est en site propre standard et en position bilatérale, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;
- en direction Sud, le SRB est en site banal et en position bilatérale, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel.

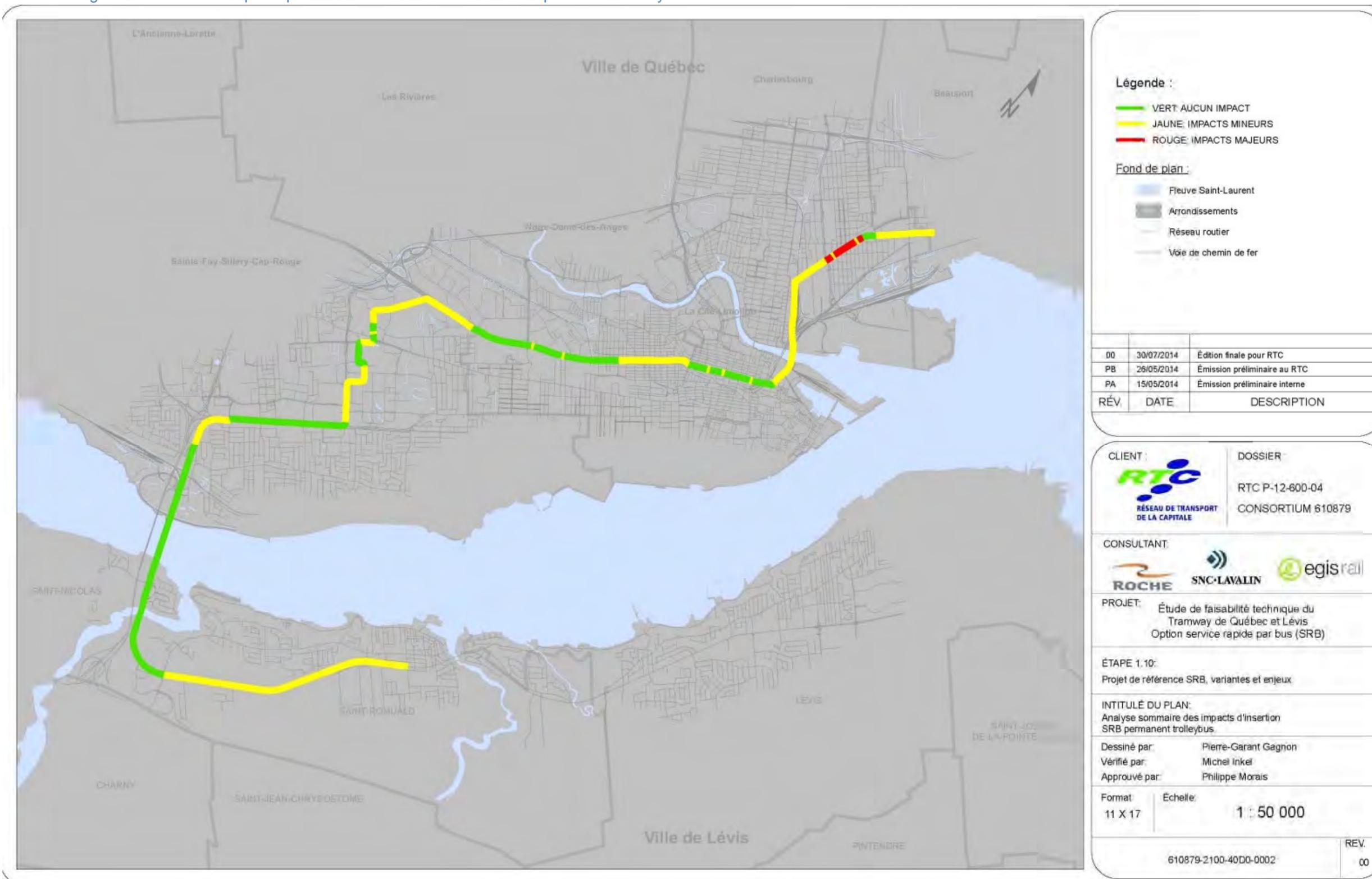
#### 5.3.4 Tracé pont de Québec

##### ▪ vert

Au niveau du pont de Québec, un aménagement en site banal est toujours nécessaire ainsi que des largeurs de voies adaptées à l'espace qui y sera disponible. Deux variantes sont proposées pour l'insertion du SRB sur le tracé du pont de Québec :

- Coupe 03 de 04 : le SRB est en site banal avec deux voies banales sur le tablier actuel. L'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;
- Coupe 04 de 04 : le SRB est en site banal avec deux voies banales et une voie réversible au centre sur un tablier abaissé. L'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel.

Figure 21 : Carte des impacts préliminaires de l'insertion d'un SRB permanent trolleybus



### 5.3.5 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°1 : Route 132

Le SRB est en position bilatérale avec voie réversible au centre, du Nord du pont de Québec au Sud du viaduc du chemin St-Louis, puis revient en site propre position axiale et emprunte l'étagement vers l'Avenue des Hôtels.

- **vert**  
Direction Nord, pont de Québec au Nord de la sortie 132 :
  - le SRB est en site banal, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel;
- Direction Nord, du Nord de la sortie 132 au viaduc du chemin St-Louis :
  - Coupe 13 de 15 : le SRB est en site propre standard, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel;
- Direction Sud, pont de Québec au viaduc du chemin St-Louis :
  - le SRB est en site banal, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel;
- Du chemin St-Louis à l'Avenue des Hôtels :
  - Coupe 09 de 15 : le SRB est en site propre standard, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel;
- **jaune**  
De l'Avenue des Hôtels au boulevard Laurier :
  - Coupe 12 de 15 : le SRB est en site propre standard et en position latérale, ce qui nécessitera 1,65 m d'emprise supplémentaire.

### 5.3.6 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°2 : boulevard Laurier

- **vert**  
Coupe 08 de 15 : le SRB est en site propre standard sur la longueur du tronçon, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel.

### 5.3.7 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°3 : Autoroute Robert-Bourassa

- **jaune**  
Coupe 12 de 15 : le SRB est en site propre standard sur la longueur du tronçon, ce qui nécessitera 1,65 m d'emprise supplémentaire.

### 5.3.8 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°4 : Université Laval à Pyramide

- **jaune**  
De l'autoroute Robert-Bourassa à la rue du Peps :

- Coupe 12 de 15 : le SRB est en site propre standard, ce qui nécessitera 1,65 m d'emprise supplémentaire;

- **vert**

De la rue du Peps au Chemin des Quatre-Bourgeois :

- Coupe 12 de 15 : le SRB est en site propre standard et utilise les voies existantes (7,60 m et plus) déjà réservées aux autobus dans les aménagements du projet ERBUL, ce qui permet une insertion sans impact additionnel;

- **jaune**

Chemin des Quatre-Bourgeois :

- Coupe 12 de 15 : le SRB est en site propre standard, ce qui nécessite de l'emprise supplémentaire à un endroit (la largeur de l'emprise existante varie, elle est donc adéquate en majeure partie);

- **vert**

Du chemin Ste-Foy à la rue Nicolas-Pinel :

- Coupe 09 de 15 : le SRB est en site propre standard, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;

- **jaune**

- Coupe 14 de 15 : La station Pyramide nécessitera une acquisition de 0,75 m d'emprise supplémentaire.

### 5.3.9 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°5 : rue Nicolas-Pinel (CEGEP de Ste-Foy) à la rue Frank-Carrel

- **jaune**

De la rue Nicolas-Pinel à la rue Nérée-Tremblay :

- Coupe 12 de 15 : le SRB est en site propre standard ce qui nécessitera 1,65 m d'emprise supplémentaire;

De la rue Nérée-Tremblay à la rue Frank-Carrel :

- Coupe 09 de 15 : le SRB est en site propre standard, ce qui nécessitera 1,55 m d'emprise supplémentaire;
- Coupe 14 de 15 : La station à quai central Frank-Carrel devra être modifiée pour des quais latéraux, ce qui nécessitera 2,50 m d'emprise supplémentaire;

Rue Frank-Carrel :

- Coupe 12 de 15 : le SRB est en site propre standard, ce qui nécessitera 1,65 m d'emprise supplémentaire.

### 5.3.10 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°6 : boulevard Charest (de la rue Semple à l'avenue Saint-Sacrement)

- **vert**  
 Coupe 09 de 15 : le SRB est en site propre standard sur la longueur complète du tronçon, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel.

### 5.3.11 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°7 : boulevard Charest (de l'avenue Saint-Sacrement à la rue Marie-de-l'Incarnation)

- **vert**  
 Coupe 08 de 15 : le SRB est en site propre standard sur la longueur du tronçon, les terre-pleins et l'emprise prévus permettent une insertion sans impact additionnel;
- **jaune**  
 Coupe 14 de 15 : Les stations Saint-Sacrement et Joffre/Lescarbot nécessiteront (compte tenu des terre-pleins prévus de 3,50 m) une acquisition de 0,65 m d'emprise supplémentaire.

### 5.3.12 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°8 : boulevard Charest (de la rue Marie-de-l'Incarnation au boulevard Langelier)

- **jaune**  
 Coupe 09 de 15 : le SRB est en site propre standard de la rue Marie-de-l'Incarnation au boulevard Langelier, en incluant une acquisition du côté nord de 6,0 m (au lieu du 4,0 m prévu au projet tramway);  
 Coupe 14 de 15 : En incluant l'acquisition de 6,0 m, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel pour les stations Marie-de-l'Incarnation, De l'Aqueduc et Langelier.

### 5.3.13 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°9 : boulevard Charest (du boulevard Langelier à la Gare du Palais)

- **vert**  
 Coupe 11 de 15 : le SRB est en site espace restreint sur la longueur du tronçon, l'emprise disponible permet une insertion sans impact additionnel;
- **jaune**  
 Coupe 15 de 15 : Les stations à quai décalé Dorchester et Couronne devront être modifiées afin que les voies des bus soit de 3,05 m du côté du quai et de 3,35 de l'autre côté (largeurs au

strict minimum selon le guide des bonnes pratiques de l'APTA<sup>4</sup>). La surlargeur encore nécessaire de 0,30 m devra être prise à même les voies auto adjacentes. L'emprise disponible pour l'insertion du SRB permanent ne permet que cet aménagement.

Coupe 14 de 15 : La station à quai central Du Pont devra être modifiée pour des quais latéraux, ce qui nécessitera des courbes et contre-courbes de la plateforme aux approches de la station et 2,50 m supplémentaires en largeur. L'emprise prévue permet cette insertion sans impact additionnel (se fait sur des terrains dont l'acquisition est déjà prévue dans le projet du tramway).

### 5.3.14 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°10 : boulevard Jean-Lesage/boulevard des Capucins

- **jaune**  
 De la rue Saint-Paul jusqu'à près de la 4<sup>e</sup> Rue (casernes de pompier) :
  - Coupe 12 de 15 : le SRB est en site espace restreint en position latérale, ce qui nécessitera 0,30 m d'emprise supplémentaire et le rétrécissement d'autant de l'entrée du tunnel Joseph-Samson;
 Près de la 4<sup>e</sup> Rue (casernes de pompier) jusqu'au chemin de la Canardière :
  - Coupe 12 de 15 : le SRB est en site propre standard en position latérale, l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel car après la caserne de pompier jusqu'au chemin de la Canardière, l'insertion du SRB se fait sur un terrain dont l'acquisition est déjà prévue dans le projet du tramway;
  - Coupe 14 de 15 : La station CEGEP-Limoilou sera élargie vers le nord pour ne pas empiéter sur les terrains au sud, l'emprise prévue permet ainsi une insertion sans impact additionnel.

### 5.3.15 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°11 : chemin de la Canardière

- **jaune**  
 Du boulevard des Capucins au boulevard Henri-Bourassa :
  - Coupe 10 de 15 : le SRB est en site espace restreint, ce qui nécessitera une surlargeur d'emprise de 0,95 m ;
- **rouge**  
 Du boulevard Henri-Bourassa au boulevard Sainte-Anne :

<sup>4</sup> Desinging Bus Rapid Transit Running Ways - Recommended Practice, APTA Standards Development Program, APTA-BTS-BRT-RP-003-10, Octobre 2010

- Coupe 12 de 15 : le SRB est en site espace restreint, ce qui nécessitera une surlageur d'emprise de 0,30 m. L'emprise étant très restreinte sur ce tronçon, il est convenu d'étudier plus à fond au livrable 1.20 les alternatives d'aménagement de l'insertion pouvant limiter le coût des acquisitions;
- **jaune**
  - Coupe 14 de 15 : Les stations Henri-Bourassa et Bardy nécessiteront des surlageurs d'emprises de 0,38 m d'un côté.

### 5.3.16 Tracé Est-Ouest - Tronçon n°12 : boulevard Sainte-Anne (Terminus)

- **vert**

Du boulevard Ste-Anne à l'Avenue Mailloux :

  - Coupe 09 de 15 : le SRB est en site propre standard et l'emprise prévue permet une insertion sans impact additionnel;
- **jaune**

De l'Avenue Mailloux à l'Avenue D'Estimauville :

  - Coupe 09 de 15 : le SRB est en site propre standard et nécessitera une surlageur d'emprise de 2,55 m;

De l'Avenue D'Estimauville à l'Avenue Jean-de-Clermont :

  - Coupe 08 de 15 : le SRB est en site propre standard et nécessitera une surlageur d'emprise de 1,65 m;

Au Nord de la station d'Estimauville, une aire ou un trajet de retournement devra être planifié pour ramener les autobus en direction Sud.

## 6 ADEQUATION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE

### 6.1 INTRODUCTION

Le choix d'un mode de transport en commun doit se baser sur plusieurs thématiques; mentionnons entre autres :

- la vision à long terme du développement de la région;
- l'adéquation de la demande en transport et la capacité de l'offre du système;
- les coûts globaux des systèmes (calcul économique);
- l'état des technologies au moment où le choix est fait;
- autres (environnement, politique, etc.).

L'objet du présent chapitre est de comparer la demande estimée en transport en commun avec la capacité de l'offre d'un système SRB à trois points particulièrement chargés du réseau pour les années 2026 et 2041; soit la Côte D'Abraham, le pont de Québec et station Lavigerie sur le tracé Est-Ouest.

La capacité de l'offre d'un système de transport dépend de deux éléments principaux ; soit la capacité du matériel roulant et la fréquence de service qui peut être mise en place.

#### 6.1.1 Capacité du matériel roulant

Tel qu'indiqué au chapitre 2 du présent rapport, en fonction des aménagements, l'autobus standard a une capacité de 80 passagers, l'autobus articulé a une capacité de 120 passagers, alors que l'autobus bi-articulé a une capacité de 150 passagers.

À titre de rappel, le tramway de 43 m de long et de 2,65 m de large offre une capacité de quelque 260 passagers.

Il est à noter que le taux de remplissage pendant une heure de point peut difficilement être de 100 %. Nous supposons pour le présent exercice qu'il est de 85 %.

#### 6.1.2 Fréquence de service

Une des conditions de base pour avoir un système de transport à haut niveau de service est de donner à ce système une priorité absolue aux carrefours pour en favoriser la vitesse et par conséquent son attractivité.

Cette priorité aux carrefours n'est toutefois pas sans impacts sur les autres véhicules routiers qui se présentent à ces carrefours. Une fréquence de 3 minutes par direction, ce qui représente en moyenne un passage d'un véhicule du système de transport toutes les 1,5 minutes aux différents carrefours, est pratiquement la fréquence maximale acceptable.

Les calculs de la capacité maximale des systèmes seront donc faits en prenant une fréquence de 3 minutes.

#### 6.1.3 Capacité des différents systèmes

Sur la base des hypothèses développées ci-devant, la capacité des différents systèmes à l'étude est :

- SRB avec autobus standard (12 m) : 1 360 voyageurs à l'heure par sens (soit  $80 * 20 * 0,85$ );
- SRB avec autobus articulé (18 m) : 2 040 voyageurs à l'heure par sens (soit  $120 * 20 * 0,85$ );
- SRB avec autobus bi-articulé : de 2 550 voyageurs à l'heure par sens (soit  $150 * 20 * 0,85$ );
- tramway de 43 m \* 2,65 m : 4 420 voyageurs à l'heure par sens ( $260 * 20 * 0,85$ ). Il est à noter qu'avec la construction du tunnel tramway entre le Grand-Théâtre et le carrefour de la Couronne/Côte d'Abraham, la fréquence du tramway peut être de 2 minutes, ce qui permet sur ce tronçon d'offrir une capacité de 6 630 voyageurs à l'heure par sens.

## 6.2 ADEQUATION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE

Les trois (3) points les plus chargés du réseau sont la Côte d'Abraham, le pont de Québec et le secteur de la station Lavigerie.

Une analyse de l'adéquation entre l'offre de transport des différents systèmes de transport considérés dans la présente étude et la demande en transport estimée à ces trois points de charge est présentée ci-après.

### 6.2.1 Côte d'Abraham

Selon les informations obtenues du mandataire du Lot 3, il est prévu en 2026, dans la direction la plus chargée en heure de pointe, quelques 2 450 voyageurs dans le secteur de la Côte d'Abraham. En 2041, ce nombre de voyageurs serait de 3 550.

Force est de constater que les SRB standard et articulé ne peuvent pas répondre à la demande anticipée à l'ouverture du système alors que le SRB bi-articulé peut à peine répondre à la demande à la mise en service. Le SRB bi-articulé ne peut toutefois pas répondre à la demande de 2041.

Le tramway peut répondre à la demande anticipée bien au-delà de l'année 2041.

### 6.2.2 Pont de Québec

Selon les informations obtenues du mandataire du Lot 3, il est prévu en 2026, dans la direction la plus chargée en heure de pointe, quelque 2 250 voyageurs sur le pont de Québec. En 2041, ce nombre de voyageurs serait de 3 300.

Force est de constater que les SRB standard et articulé ne peuvent à peine répondre à la demande anticipée à l'ouverture du système alors que le SRB bi-articulé peut répondre à la demande de 2026, mais pas la celle de 2041.

Le tramway peut répondre à la demande anticipée bien au-delà de l'année 2041.

### 6.2.3 Tronçon Est-Ouest station Lavigerie

Selon les informations obtenues du mandataire du Lot 3, il est prévu en 2026, dans la direction la plus chargée en heure de pointe, quelque 2 600 voyageurs dans le secteur de la station Lavigerie du tracé Est-Ouest. En 2041, ce nombre de voyageurs serait de 3 800. Ce secteur serait le point le plus chargé du réseau.

Force est de constater que les SRB standard et articulé ne peuvent pas répondre à la demande anticipée à l'ouverture du système alors que le SRB bi-articulé peut à peine répondre à la demande à la mise en service, mais pas pour 15 ans.

Le tramway peut répondre à la demande anticipée bien au-delà de l'année 2041.

## 6.3 CONCLUSIONS

Le tableau ci-après présente de façon sommaire l'analyse de l'adéquation de l'offre de transports des différents systèmes à l'étude avec la demande de trois des points les plus chargés du tracé.

Tableau 5 : Adéquation de l'offre et de la demande de transport

Demande de transport (voyageurs / heure de pointe / sens)			Offre de transport (voyageurs / heure / sens)			
			Autobus standard (12 m)	Autobus articulé (18 m)	Autobus bi-articulé (24 m)	Tramway (43 m X 2,65 m)
Tronçon	Année	Voyageurs	1 360	2 040	2 550	4 200 (1)
Pont de Québec	2026	2 250				
	2041	3 300				
Côte d'Abraham	2026	2 450				
	2041	3 550				
Secteur Lavigerie	2026	2 600				
	2041	3 800				

Note 1 : Pour une fréquence de 3 minutes. En tunnel de Côte d'Abraham au Grand-Théâtre, la fréquence pourrait être de 2 minutes et l'offre de ± 6 630 voyageurs par heure par sens.

Si les prévisions d'achalandage se concrétisent, il ressort de l'analyse qui précède que :

- le SRB standard et articulé ne sont pas une solution satisfaisante en 2026 et encore moins en 2041;
- le SRB bi-articulé peut à peine répondre à la demande lors de la mise en service en 2026, mais pas pour une période de 15 ans;
- le tramway peut répondre à la demande anticipée entre 2026 et 2041 et bien au-delà.

## 7 REFLEXION SUR LE PHASAGE SRB/TRAMWAY

L'introduction de la notion de phasage en implantant un SRB temporaire sur la partie 4<sup>e</sup> Avenue-D'Estimauville du tracé Est-Ouest n'est pas sans enjeux. L'importance de ces enjeux est différente selon que la définition ultime du projet à mettre en place est prise avant les prochaines phases d'études ou une fois la phase temporaire réalisée.

### 7.1 DECISION PRISE UNE FOIS LA PHASE TEMPORAIRE REALISEE

Dans le cas où la décision serait prise une fois la phase temporaire réalisée, les impacts seraient très importants.

Deux scénarios sont possibles ; soit que les réseaux souterrains sont déviés et que la plateforme du tramway est faite en partie, soit que les réseaux souterrains ne sont pas déviés et que la plateforme est une plateforme SRB et non une plateforme tramway. Dans les deux cas, l'insertion d'une plateforme transport en commun nécessite de revoir de façon importante l'aménagement de l'emprise de façade à façade.

#### 7.1.1 Scénario réseaux souterrains déviés et plateforme tramway faite en partie

Dans ce cas, si, suite à la phase temporaire, il était décidé de continuer avec un SRB permanent, des sommes importantes non nécessaires auraient été investies pour la plateforme du tramway (quelque 65 M\$) et une somme de quelque 78 M\$ aurait été investie pour la déviation des réseaux souterrains. Ce dernier investissement serait soit un investissement non requis s'il était décidé de ne pas dévier les réseaux pour le SRB permanent était la solution retenue pour fiabiliser le service<sup>5</sup>. Il est de plus à noter que ces travaux prolongent la phase de réalisation des travaux et occasionnent des inconvénients aux riverains.

Si à la fin de la phase temporaire, il était décidé de passer au tramway, les impacts seraient moins importants puisque les réseaux souterrains auraient déjà été déviés et qu'une partie de la plateforme tramway serait déjà en place. Toutefois, bien que l'aménagement de façade à façade n'ait pas à être refait, des travaux importants resteraient à faire au niveau de la plateforme TC, mentionnons entre autres l'enlèvement de la finition SRB de la plateforme, la pose du rail et des appareils de voie, la pose du revêtement, la pose des poteaux LAC, la pose de l'armement de la LAC sur les poteaux LAC et le déroulement de la LAC. Il est à noter que pendant cette phase de travaux :

- Il y aura des restrictions de disponibilité de la plateforme pour les autobus;

- les autobus devront, lorsque la plateforme TC n'est pas disponible circuler avec les voitures sur un réseau routier qui aura été amputé de quelques voies dans un premier temps par la construction de la plateforme TC et dont la capacité restante sera, dans un deuxième temps, réduite par l'encombrement engendré par les travaux requis pour passer du SRB au tramway;
- les riverains auront une deuxième vague d'impacts à subir;
- les automobilistes auront aussi une deuxième vague d'impacts à subir.

Il est de plus à noter que la plateforme du tramway, la multitubulaire et les massifs des poteaux LAC auront une partie non négligeable de leur vie utile de passée ; soit de 15 à 18 ans sur 40 ans.

#### 7.1.2 Scénario sans déviation des réseaux souterrains et sans plateforme tramway

Si, suite à la phase temporaire, il était décidé de passer à un SRB permanent, les impacts engendrés par cette transition seraient minimes puisque limités, le cas échéant, à l'électrification du SRB, sauf si la politique adoptée était de dévier les réseaux souterrains dans le cadre d'un projet de SRP permanent.

Toutefois, si la décision était de passer à un tramway, les impacts seraient majeurs. Les travaux de déviation des réseaux souterrains nécessiteraient de refaire l'aménagement de façade à façade, de construire la plateforme du tramway dans un milieu où le nombre de voies de circulation a déjà été réduit pour permettre l'insertion de la plateforme TC.

<sup>5</sup> Il est à noter que les agglomérations ayant mis en place un SRB en site propre faisant partie de leur première couche de service, comme c'est le cas pour le présent projet, ont dévié les réseaux souterrains afin de s'assurer de la fiabilité du service et d'éviter de générer les impacts sur la clientèle TC et automobile lors de périodes de travaux d'aqueducs. Dans le cas du présent projet, cette décision reste à prendre.

## 7.2 DECISION PRISE AVANT LES PROCHAINES PHASES D'ETUDES

Si la décision sur le projet ultime est prise avant les prochaines phases d'études, il sera alors possible de mettre en place dès la phase temporaire les bonnes composantes du système.

### 7.2.1 Scénario SRB temporaire suivi d'un SRB permanent

Dans ce scénario, les réseaux seront ou ne seront pas déviés selon la décision à venir sur ce sujet et la plateforme TC sera conçue pour répondre aux besoins spécifiques du SRB et non à celle d'un tramway ; ce qui, comme indiqué ci-devant, évite des coûts tout à fait inutiles en plus de minimiser les impacts sur les riverains et les automobilistes. Les impacts engendrés par cette transition seraient minimes puisque limités, le cas échéant, à l'électrification du SRB s'il n'a pas été électrifié en phase 1.

### 7.2.2 Scénario SRB temporaire suivi d'un tramway

Dans ce cas de figure, les réseaux souterrains seraient déviés, l'aménagement de façade à façade faite et la plateforme du tramway partiellement construite. Le passage du SRB au tramway occasionnerait quand même des inconvénients non négligeables compte tenu des travaux qui restent à faire (l'enlèvement de la finition SRB de la plateforme, la pose du rail et des appareils de voie, la pose du revêtement, la pose des poteaux LAC, la pose des armements sur les poteaux et le déroulement de la LAC). Rappelons comme mentionné ci-devant que pendant cette phase de travaux ;

- il y aura des restrictions de disponibilité de la plateforme pour les autobus;
- les autobus devront, lorsque la plateforme TC n'est pas disponible circuler avec les voitures sur un réseau routier qui a été amputé de quelques voies dans un premier temps par la construction de la plateforme TC et dont la capacité restante sera, dans un deuxième temps, réduite par l'encombrement engendré par les travaux requis pour passer du SRB au tramway;
- les riverains auront une deuxième vague d'impacts à subir;
- les automobilistes auront aussi une deuxième vague d'impacts à subir.

Il serait même avisé, dès les phases d'études à venir, d'analyser la possibilité de procéder aux déviations de réseaux là où ces derniers sont les plus désuets seulement et de conserver les sections les plus récentes.

## 7.3 CONCLUSIONS SUR LE PHASAGE SRB/TRAMWAY

Il ressort de ce qui précède qu'il est requis d'avoir défini le projet ultime avant les prochaines phases d'études pour éviter des coûts et des impacts négatifs inutiles sur les riverains et les automobilistes.

Si la décision sur le projet ultime est prise avant le début de la phase temporaire, il en ressort que :

- le passage du SRB temporaire au SRB permanent se ferait sans enjeux majeurs;
- le passage du SRB temporaire au tramway se ferait avec des impacts négatifs non négligeables qui devront faire l'objet d'une planification détaillée et d'un plan de mitigation.

## 8 CONCLUSIONS

Les différentes analyses qui ont été faites dans le présent livrable ont permis de tirer une série de conclusions qui permettent de jeter un éclairage sur le projet de référence du SRB, les variantes et les enjeux.

Ces conclusions sont présentées ci-après par thème.

### 8.1 MATERIEL ROULANT

L'analyse des différentes technologies de matériel roulant et de système d'alimentation d'un éventuel SRB temporaire ou permanent à Québec a permis d'en arriver aux conclusions suivantes numérotées de C-1 à C-11 :

**C-1** : Pour un SRB temporaire, il est plus intéressant de conserver les technologies déjà en service au RTC ou sur le point d'être commandées. Le RTC étant sur le point d'acheter des autobus hybrides (diesel – batterie), ce type de matériel semble donc un choix intéressant.

**C-2** : Pour un SRB permanent, la solution électrique s'impose comme solution à long terme. Si une électrification s'impose dès la mise en service (2026), le trolleybus est la solution éprouvée à retenir. Si l'électrification peut attendre la phase 2 du projet (15 à 18 ans après la mise en service), il est recommandé de débiter avec technologie hybride, comme pour la phase temporaire, et de passer plus tard à une technologie électrique sans LAC, lorsqu'une des nombreuses technologies en voie de développement sera éprouvée. Au cas où une technologie sans LAC ne serait pas disponible pour la phase 2, la phase 1 pourrait prendre en compte une plateforme SRB suffisamment large pour y insérer des poteaux LAC éventuellement.

### 8.2 IMPACT DU SRB SUR L'INSERTION

L'analyse des coupes types et des impacts d'insertion des SRB temporaire et permanent permet de conclure que :

#### SRB temporaire :

**C-3** : l'insertion du SRB temporaire requiert moins d'espace que le SRB permanent en inter-station (jusqu'à 1,0 m) et le même espace en station;

**C-4** : l'insertion du SRB temporaire phase 1 peut se faire en « site standard » sur une bonne partie du tracé sans impacts importants (peu ou pas d'acquisition supplémentaire). Sur les tronçons suivants : pont Dominion direction Nord, Chemin Quatre-Bourgeois, des rues Nicolas-Pinel à Nérée-Tremblay, de la rue Marie-de-l'Incarnation à la 4<sup>e</sup> Rue et du boulevard Henri-Bourassa à l'avenue D'Estimauville, l'insertion peut se faire en « site espace restreint » dans l'espace déjà prévu pour le tramway donc sans impacts;

#### SRB permanent :

**C-5** : l'insertion du SRB permanent phase 1 peut se faire en « site standard » sur une bonne partie du tracé, mais les impacts sont plus importants (généralement plus d'acquisition) que pour le SRB temporaire. Toutefois, sur les tronçons suivants l'insertion doit même se faire en « site espace restreint » : pont Dominion direction Nord, du boulevard Langelier à la 4<sup>e</sup> Rue, du boulevard Des Capucins au boulevard Sainte-Anne. Il est à noter que, d'une part, même en insertion « site espace restreint » les impacts ne sont pas neutres (des acquisitions sont requises) et que, d'autre part, le tronçon qui va du boulevard Henri-Bourassa au boulevard Sainte-Anne est très problématique;

**C-6** : Deux stations à quai central du tramway devront être transformées en station à quais latéraux.

### 8.3 ADEQUATION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE DE TRANSPORT

L'analyse de la demande en transport observée aux points les plus chargés du tracé, si cette dernière est avérée fait ressortir, que :

**C-7** : Les SRB standard (12 m) et articulé (18 m) ne peuvent pas répondre adéquatement à la demande, et ce, même à la mise en service du système en 2026.

**C-8** : Le SRB bi-articulé (24 m) peut à peine répondre à la demande à la mise en service (2026) et qu'il aura atteint ses limites bien avant l'année 2041.

**C-9** : Le tramway peut répondre à la demande de 2026 à 2041 et bien au-delà.

**C-10** : Le SRB ne pouvant répondre à la demande de transport 2026-2041, il faut ou abandonner cette approche ou revoir la demande en transport en commun sur le tracé du tramway; ce qui implique une révision du Plan de mobilité durable et/ou une modification importante l'offre de transport en commun sur le territoire de Québec.

### 8.4 PHASAGE SRB/TRAMWAY

La réflexion sur le phasage SRB/tramway a fait ressortir clairement que :

**C-11** : Il est requis d'avoir défini le projet ultime avant les prochaines phases d'études pour éviter des coûts et des impacts inutiles sur les riverains et les automobilistes.

## 9 ANNEXES

### 9.1 ANNEXE A – TABLEAU CHAÎNE TRACTION ET ALIMENTATION

Tableau 6 : Tableau chaîne traction et alimentation

	Item	Thermique			Hybride à recharge rapide (diesel/électrique)	Électrique					
		Diesel	GNC	Hybride (diesel/électrique)		Recharge au CT/ Recharge lente		Recharge rapide / Biberonnage		A recharge dynamique	
						en terminus par contact	en ligne par induction	en terminus par contact	en ligne par induction	par LAC trolleybus	par induction
Format	Longueur et capacité du MR (nb de voyageurs)	-12 m, ~80 voyageurs -18 m, 110-130 voyageurs -24 m, 160-180 voyageurs	-12 m, 75-80 voyageurs -18 m, 110-130 voyageurs - réduction de 5% par rapport au diesel	-12 m, ~80 voyageurs -18 m, 110-130 voyageurs -24 m, 160-180 voyageurs	- projets avec autobus 12 m uniquement	-12 m, ~65 voyageurs -18 m - perte de la capacité de voyageurs de l'ordre de 20% dû aux batteries	- projets avec autobus 10,2-12 m uniquement - impact sur la capacité 5-20%	-12 m, ~80 voyageurs -18 m, 110-140 voyageurs -24 m probable dans un horizon court terme - impact faible ou nul sur la capacité - capacité en voyageur un peu plus élevée que le diesel si une caisse trolleybus est	- projets avec autobus 12 m uniquement - une version de 18 m est projetée par Bombardier à Braunschweig - impact faible ou nul sur la capacité (5%)	-12 m, ~80 voyageurs -18 m, 120-140 voyageurs -24 m, 180-200 voyageurs - capacité en voyageur un peu plus élevée dû à une caisse plus robuste et à plus d'espace intérieur (équipements en toiture)	- projets avec autobus 12 m uniquement - impact faible ou nul sur la capacité
Contraintes d'exploitation/planification	Autonomie	- 500+ km	- 400 - 500 km	- comparable à un bus diesel	- 8 km en mode électrique - comparable à un bus diesel mode diesel	- 200-250 km entre deux recharges complètes (sans chauffage) - le chauffage électrique peut réduire de moitié l'autonomie - les circuits dans de fortes pentes permettront moins d'autonomie	- 500+ km, si les infrastructures de recharge sont présentes en quantité suffisante - 40 km entre deux recharges complètes, sans chauffage (système Proterra) - le chauffage électrique peut réduire de moitié l'autonomie - les circuits dans de fortes pentes permettront moins d'autonomie	- 500+ km, si les infrastructures de recharge sont présentes en quantité suffisante - tracé de 8 km pour un pilote	- 500+ km, si les infrastructures de recharge sont présentes en quantité suffisante - tracé de 15 km pour un pilote	- autonomie illimitée sur un parcours avec LAC - les projets actuels utilisent des parcours sans LAC en service de 3 à 5 km environ - de 5-10% de trajet non-électrifié est envisageable à Québec (projection) - les circuits dans de fortes pentes permettront moins d'autonomie ou devront être électrifiés (secteur honoré-mercier dans le cas du tracé retenu)	- 500+ km, si les infrastructures de recharge sont présentes en quantité suffisante - tracé de 24 km pour un pilote
	Flexibilité des trajets	Grande flexibilité	Grande flexibilité	Grande flexibilité	- Grande flexibilité - L'autobus doit être exploité sur des lignes équipées de poste de recharge pour fonctionner en mode électrique	Grande flexibilité	Moyenne	Faible	Faible	Faible	Faible
	Impact du temps de recharge (ou de ravitaillement)	- ravitaillement rapide	- ravitaillement légèrement plus long qu'un bus diesel, mais compatible avec le temps d'entretien journalier	- ravitaillement rapide	- Le temps de recharge en terminus oblige à avoir plus de véhicules/conducteurs si la fréquence est élevée ou si l'exploitant utilise beaucoup l'interlignage.	- Requiert une gestion minutieuse au CT, les véhicules ne peuvent pas sortir n'importe quand.	- Impact non-négligeable de la recharge en terminus. Le temps de recharge élevé en terminus oblige à avoir plus de véhicules/conducteurs si la fréquence est élevée ou si l'exploitant utilise beaucoup l'interlignage.	- Impact non-négligeable de la recharge en terminus. Le temps de recharge en terminus oblige à avoir plus de véhicules/conducteurs si la fréquence est élevée ou si l'exploitant utilise beaucoup l'interlignage. - Impact négligeable de la recharge aux arrêts	- Impact non-négligeable de la recharge en terminus. Le temps de recharge en terminus oblige à avoir plus de véhicules/conducteurs si la fréquence est élevée ou si l'exploitant utilise beaucoup l'interlignage. - Impact négligeable de la recharge aux arrêts	- Impact faible ou nul	- Impact faible ou nul
	Impact des pannes électrique	n/a	n/a	n/a	- circulation en mode diesel	- possibilité de fiabiliser l'alimentation du CT pour continuer la recharge	- impact contrôlé - véhicules avec plus d'autonomie que requis - possibilité de fiabiliser l'alimentation des postes de recharges	- impact contrôlé - véhicules avec plus d'autonomie que requis - possibilité de fiabiliser l'alimentation des postes de recharges	- impact contrôlé - véhicules avec plus d'autonomie que requis - possibilité de fiabiliser l'alimentation des postes de recharges	- impact contrôlé - véhicules avec autonomie - robustesse du réseau électrique LAC	- impact contrôlé - véhicules avec plus d'autonomie que requis
Contraintes du tracé/plateforme	Hauteur du quai des stations	- Hauteur du plancher entre 250 mm et 350 mm dans les versions plancher bas.	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire
	Largeur de plateforme	Largeur standard.	Même performance que le diesel	Même performance que le diesel	Même performance que le diesel	Même performance que le diesel	Même performance que le diesel	Même performance que le diesel	Même performance que le diesel	- Nécessite plus d'espace pour les poteaux LAC	Même performance que le diesel
	Gabarit en hauteur	Hauteur standard.	Véhicules légèrement plus haut pour les réservoirs de gaz en toiture	Véhicules légèrement plus haut pour les équipements en toiture	Véhicules légèrement plus haut pour les équipements en toiture	Hauteur standard.	Véhicules légèrement plus haut pour les équipements en toiture	Véhicules légèrement plus haut pour les équipements en toiture	Hauteur standard.	- autobus trolley légèrement plus haut qu'un bus diesel avec perche rabattues. - la LAC est installée @ 5,5-6 m de hauteur nominale - la LAC doit être abaissée pour les ouvrages plus bas. - la LAC n'est pas une contrainte pour véhicules de gabarit standard aux intersections	Hauteur standard.
	Profil en long (pente maximale / traction)	Les véhicules articulés ont de la difficulté à monter la Côte d'Abraham Honoré-Mercier dans la neige.	Même performance que le diesel	- Possibilité d'améliorer les performances dans les pentes si une configuration en série est utilisée et que plusieurs essieux sont motorisés. - le fonctionnement en parallèle des moteurs peut générer un couple plus important que celui d'un moteur diesel seul.	- Possibilité d'améliorer les performances dans les pentes si une configuration en série est utilisée et que plusieurs essieux sont motorisés.	- Performance dans les pentes égales ou meilleures qu'un bus diesel - Possibilité de distribuer la traction (motoriser plusieurs essieux)	- Performance dans les pentes meilleures qu'un bus diesel - Possibilité de distribuer la traction (motoriser plusieurs essieux)	- Performance dans les pentes meilleures qu'un bus diesel - Possibilité de distribuer la traction (motoriser plusieurs essieux)	- Performance dans les pentes meilleures qu'un bus diesel - Possibilité de distribuer la traction (motoriser plusieurs essieux)	- Performance dans les pentes égales ou meilleures qu'un bus diesel - Possibilité de distribuer la traction (motoriser plusieurs essieux)	- Performance dans les pentes meilleures qu'un bus diesel - Possibilité de distribuer la traction (motoriser plusieurs essieux)
	Masse axiale et masse totale en charge	- Masse supérieure au normes en format articulé. - la Masse totale en charge d'un articulé de 18 m est d'environ 27 500 kg	- Les autobus sont légèrement plus lourds que leur contrepartie diesel (~1 200 kg de plus à 12 m)	- Les autobus sont légèrement plus lourds que leur contrepartie diesel (~1 200 kg de plus à 12 m)	- environ 300-400 kg de plus qu'un bus hybride, ou selon la masse des batteries ajoutées	Plus lourd qu'un autobus diesel de même taille.	- Masse comparable à un véhicule diesel ou à un véhicule trolleybus selon le type de caisse retenu	- Masse comparable à un véhicule diesel ou à un véhicule trolleybus selon le type de caisse retenu	- Masse comparable à un véhicule diesel ou à un véhicule trolleybus selon le type de caisse retenu	Plus lourd qu'un autobus diesel de même taille. Les chassis et les caisses sont généralement plus robustes. Masse totale en charge de 30 000 kg commune en version articulée.	- Masse comparable à un véhicule diesel ou à un véhicule trolleybus selon le type de caisse retenu
Pont de Québec	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	- L'installation de la LAC sur le pont peut être contraignante. - Le pont de Québec peut être franchi en autonomie (1 km)	- Compatibilité du système par induction avec le pont n'est pas connu - Le pont de Québec peut être franchi en autonomie (1 km)
ites environnementales	Froid/Amplitude thermique	Aucune contrainte si autobus stationnés à l'intérieur.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte. ( valider l'impact du froid sur l'autonomie des batteries)	- Impact très négatif du chauffage sur l'autonomie	- Impact négatif du chauffage sur l'autonomie	- Impact négatif du chauffage sur l'autonomie	- Impact négatif du chauffage sur l'autonomie	- Impact du chauffage sur l'autonomie en mode autonome	- Impact du chauffage sur l'autonomie en mode autonome
	Neige - impacts sur le fonctionnement	La neige/glace cause des problèmes au format articulé pour monter les pentes.	La neige/glace cause des problèmes au format articulé pour monter les pentes.	- Possibilité d'améliorer les performances dans les pentes si une configuration en série est utilisée et que plusieurs essieux sont motorisés.	- Possibilité d'améliorer les performances dans les pentes si une configuration en série est utilisée et que plusieurs essieux sont motorisés. - possibilité d'un système de recharge rapide chauffé pour éliminer la glace/neige (véhicule et poste fixe)	Aucune contrainte.	- Meilleures performances dans les pentes enneigées si plusieurs essieux sont motorisés. - possibilité d'un système de recharge rapide chauffé pour éliminer la glace/neige (véhicule et poste fixe)	- Meilleures performances dans les pentes enneigées si plusieurs essieux sont motorisés. - possibilité d'un système de recharge rapide chauffé pour éliminer la glace/neige (véhicule et poste fixe)	- Meilleures performances dans les pentes enneigées si plusieurs essieux sont motorisés. - Pas de retour d'expérience pour l'infrastructure	Aucune contrainte.	- Meilleures performances dans les pentes enneigées si plusieurs essieux sont motorisés. - Pas de retour d'expérience pour l'infrastructure
	Neige - exigences de déneigement	Référence	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Aucune contrainte supplémentaire	- Pas de retour d'expérience	Aucune contrainte supplémentaire.	- Pas de retour d'expérience

	Item	Thermique			Hybride à recharge rapide (diesel/électrique)	Électrique					
		Diesel	GNC	Hybride (diesel/électrique)		Recharge au CT/ Recharge lente	Recharge rapide / Biberonnage			À recharge dynamique	
							en terminus par contact	en ligne par contact	en ligne par induction	par LAC trolleybus	par induction
Contra	Givre/glace - impacts sur le fonctionnement	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	- Aucune contrainte. - Système de recharge rapide chauffé pour éliminer la glace/neige (véhicule et poste fixe)	- Aucune contrainte supplémentaire	- Pas de retour d'expérience - Possibilité d'un système de recharge rapide chauffé pour éliminer la glace/neige (véhicule et poste fixe)	- Pas de retour d'expérience - Possibilité d'un système de recharge rapide chauffé pour éliminer la glace/neige (véhicule et poste fixe)	- L'impact de gels/dégels répétés sur les structure sous la voirie n'est pas connu	- Le système de LAC doit être dégivré en présence de verglas ou de givre. Des solutions chimiques, mécaniques ou électriques existent.	- L'impact de gels/dégels répétés sur les structure sous la voirie n'est pas connu
	Fondants et abrasifs	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	Aucune contrainte.	- Utilisation de fondant à éviter au dessus des systèmes à induction installés dans la voie	Aucune contrainte.	- Utilisation de fondant à éviter au dessus des systèmes à induction installés dans la voie
Maturité de la technologie	Maturité de la technologie (éprouvé)	Technologie de référence, longtemps éprouvée.	Oui	Technologie jeune, mais connaît un large déploiement	Projet pilote en service commercial (projet de 3 bus)	Oui	Projet pilote en service commercial, mais pas dans nos conditions climatiques	Projet pilote en service commercial, mais pas dans nos conditions climatiques	Projet pilote en service commercial, mais pas dans nos conditions climatiques	Technologie longtemps éprouvée.	Projet pilote en service commercial, mais pas dans nos conditions climatiques
	Utilisé dans une application SRB/BHNS	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non, mais le projet pilote TOSA utilise des bus articulés 18 m	Non	Oui.	Non
	Fiabilité	Élevée.	- plus de bris, lié en partie au plus grand nombre de senseurs	- plus de bris, lié en partie au plus grand nombre de senseurs	- Aucune information indépendante	- Dépend surtout de l'historique du véhicule considéré.	- Aucune information indépendante	- Aucune information indépendante	- Aucune information indépendante	Élevée.	- Aucune information indépendante
Impact environnemental	Consommation	Référence	- consommation de carburant 10% plus élevée que le diesel si l'on compare l'efficacité énergétique laisse un potentiel pour amélioration - carburant beaucoup moins cher	- 30% de réduction	- Réduction selon le nombre de kilomètres en mode électrique, réduction de 80% des GES envisageable (compte tenu de la topographie du tracé à Québec, cette valeur sera plus faible).	100% électrique	100% électrique	100% électrique	100% électrique	100% électrique	100% électrique
	Gaz à effet de serre	Référence	Comparable au diesel, légèrement moins (+/-10%) Bilan de GES excellent si le gaz naturel provient de la biométhanisation	- 30 % de réduction	Réduction selon le nombre de kilomètres en mode électrique, réduction de 80% des GES envisageable	- 0 GES	- 0 GES	- 0 GES	- 0 GES	- 0 GES	- 0 GES
	Principaux contaminants aériens (PCA)	Référence	Beaucoup plus faible	- 30% de réduction	- 80% de réduction (compte tenu de la topographie du tracé à Québec, cette valeur sera plus faible).	- 0 PCA	- 0 PCA	- 0 PCA	- 0 PCA	- 0 PCA	- 0 PCA
Coût & Durée de vie	Durée de vie du MR	16 ans	16 ans	16 ans	16 ans	16 ans	16 ans	16 ans	16 ans	16 ans (18-20 ans si réflexion à mi-vie)	16 ans
	Coût d'investissement	- 12 m -500 000 \$ - 18 m -690 000 \$	- Autobus environ 50 000\$ plus cher que leur version diesel. - une station de ravaillement en GNC doit être construite au CT - le garage doit être modifié (ventilation, détection de gaz, etc.) - le coût d'un nouveau garage bi-carburant est à peu près le même qu'un garage diesel - le coût d'investissement supplémentaire peut être récupéré en quelques années grâce aux économies en carburant	- 12 m -690 000 \$ - 18 m -950 000 \$ - environ 35% plus cher que leur équivalent diesel.	- autobus environ 2 fois plus cher qu'un diesel (estimation) - 2-3 remplacements de batteries à prévoir sur 16 ans.	- autobus environ 2 fois plus cher - 1-2 remplacements de batteries à prévoir sur 16 ans. (BYD soutient une durée de vie de 16 ans pour ses batteries) - coût pour les chargeurs en atelier (10 000\$/véh.) - coût de modification du CT (plateforme d'accès en toiture, hall de stationnement, distribution électrique)	- autobus environ 2 fois plus cher - 2-3 remplacements de batteries à prévoir sur 16 ans - coût moyen de l'infrastructure fixe	- autobus environ 2 fois plus cher - 2-3 remplacements de batteries à prévoir sur 16 ans - coût moyen à élevé de l'infrastructure fixe	- autobus environ 2 fois plus cher - 2-3 remplacements de batteries à prévoir sur 16 ans. - coût de modification du CT (plateforme d'accès en toiture, hall de stationnement, distribution électrique)	- autobus environ 2 fois plus cher qu'un diesel - 2-3 remplacements de batteries à prévoir sur 16 ans - coût élevé de l'infrastructure fixe (LAC en alignement 1 M\$/km, postes de redressement, etc.) - des déplacements de réseau aériens HQ et télécom peuvent être requis - coût de modification du CT (plateforme d'accès en toiture, hall de stationnement, distribution électrique)	- autobus environ 2 fois plus cher - 2-3 remplacements de batteries à prévoir sur 16 ans - coût élevé de l'infrastructure fixe - coût de modification du CT (plateforme d'accès en toiture, hall de stationnement, distribution électrique)
	Coût d'exploitation	Référence	- Économies importantes en raison du coût du gaz naturel - 0,5 \$/L de diesel équivalent	- 30% de réduction, lié à la consommation	- Coût pour le fonctionnement électrique moindre que le diesel	- Réduction des coûts en énergie	- Réduction des coûts en énergie	- Réduction des coûts en énergie.	- Réduction des coûts en énergie.	- Réduction des coûts en énergie.	- Réduction des coûts en énergie.
	Coût de maintenance	Référence	- Maintenance 10-15% plus élevée que le diesel.	- Maintenance plus élevée que le diesel.	- Maintenance comparable à un bus hybride - Il faut ajouter la maintenance des postes de recharge	- Coût d'entretien comparable à un bus diesel - L'entretien évité sur le matériel roulant est transféré à la gestion de la recharge au CT.	- Coût de entretien un peu plus élevé - L'entretien évité sur le matériel roulant est transféré à l'infrastructure fixe.	- Coût de entretien un peu plus élevé - L'entretien évité sur le matériel roulant est transféré à l'infrastructure fixe.	- Coût de entretien un peu plus élevé - L'entretien évité sur le matériel roulant est transféré à l'infrastructure fixe.	- Coût de maintenance de véhicules inférieur. - La maintenance du système LAC s'ajoute à la maintenance des véhicules.	- Coût de entretien un peu plus élevé - L'entretien évité sur le matériel roulant est transféré à l'infrastructure fixe.
Disponibilité et concurrence	Disponibilité au Canada	Oui	Oui	Oui	À vérifier.	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui. Le fabricant de bus manitobain NewFlyer est expérimenté avec cette technologie.	À vérifier. OLEV Technologies basé à Boston détient les droits de commercialisation nord-américains.
	Concurrence	Marché concurrentiel	Marché concurrentiel	Marché concurrentiel	Deux fournisseurs connus à ce jour. Les solutions de recharge propriétaires obligent de choisir un partenaire technologique.	Marché concurrentiel	Quelques fournisseurs. Les solutions de recharge propriétaires obligent de choisir un partenaire technologique.	Quelques fournisseurs. Les solutions de recharge propriétaires obligent de choisir un partenaire technologique.	Quelques fournisseurs. Les solutions de recharge propriétaires obligent de choisir un partenaire technologique.	Marché concurrentiel Plusieurs fabricants ont manifesté de l'intérêt lors d'études d'implantation au Québec.	Fournisseur unique pour l'instant.

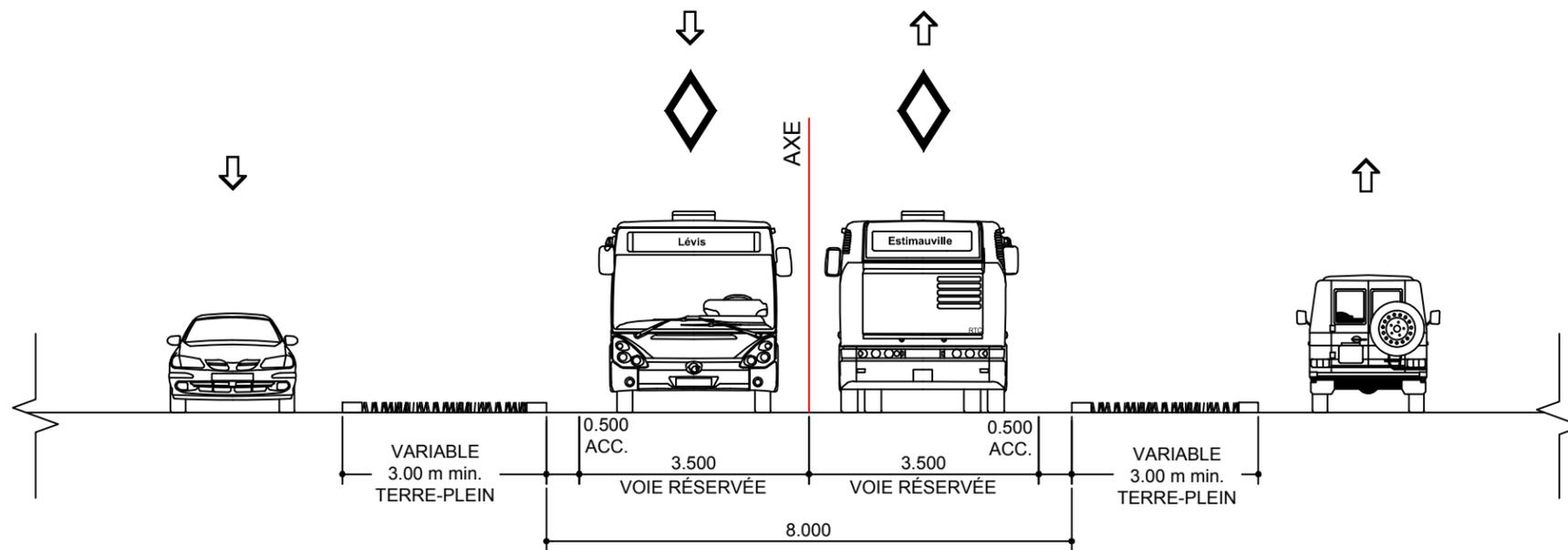
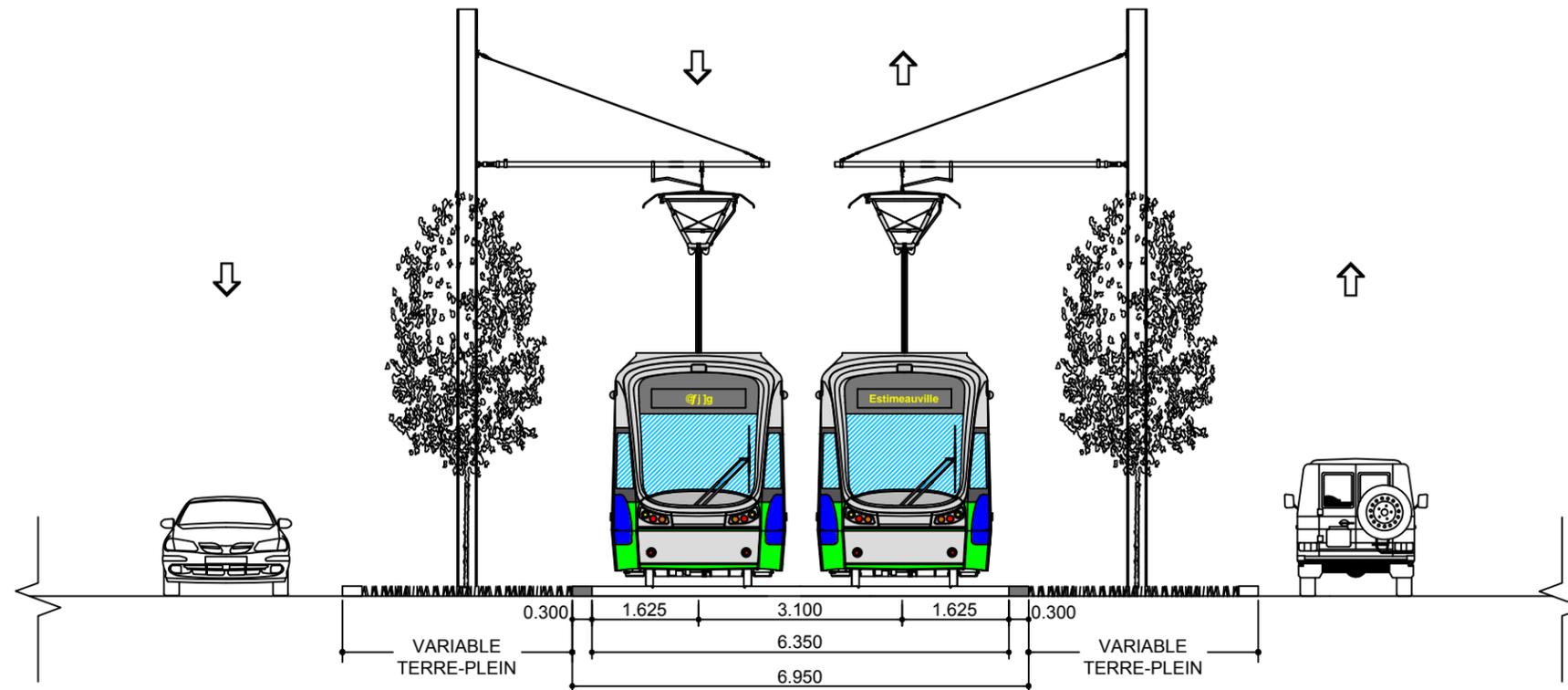
Vert	22	22	23	17	19	15	16	13	19	13
Orange	5	6	5	5	4	7	8	6	7	4
Rouge	1	0	0	6	3	5	4	9	2	11
Rouge éclatant (bloquant)	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
<b>Total pondéré</b>	<b>98</b>	<b>100</b>	<b>102</b>	<b>78</b>	<b>84</b>	<b>74</b>	<b>80</b>	<b>64</b>	<b>90</b>	<b>60</b>

#### Légende

	Pondération
Adapté	4
Peu adapté	2
Pas adapté	0
Élément bloquant	-

---

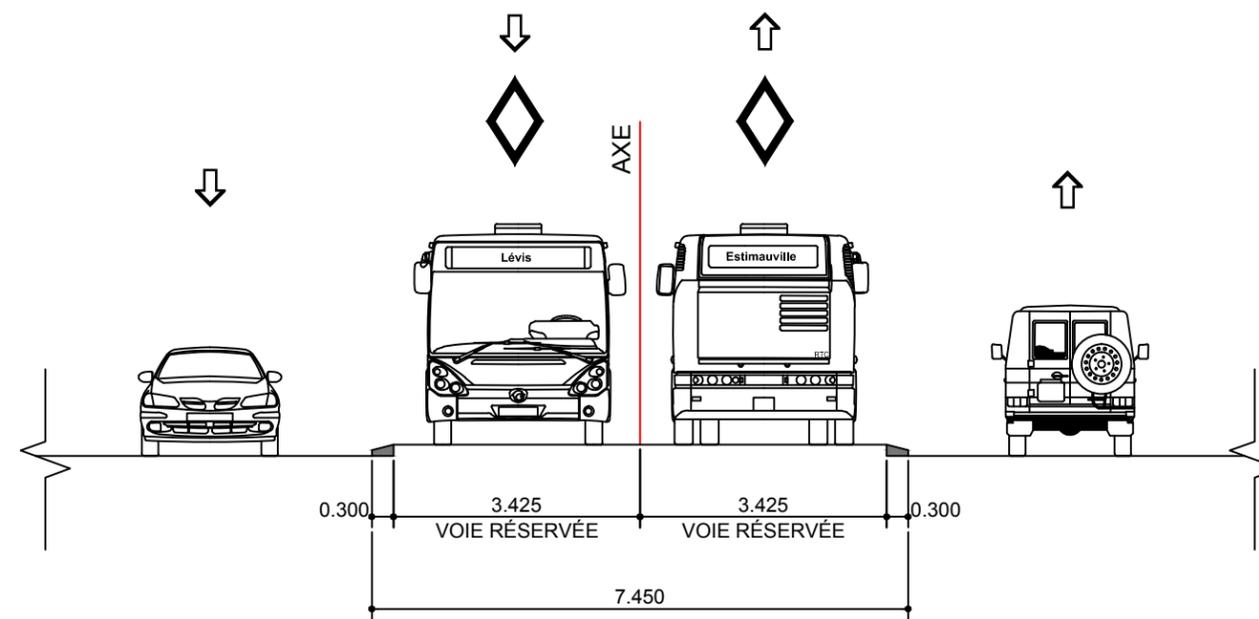
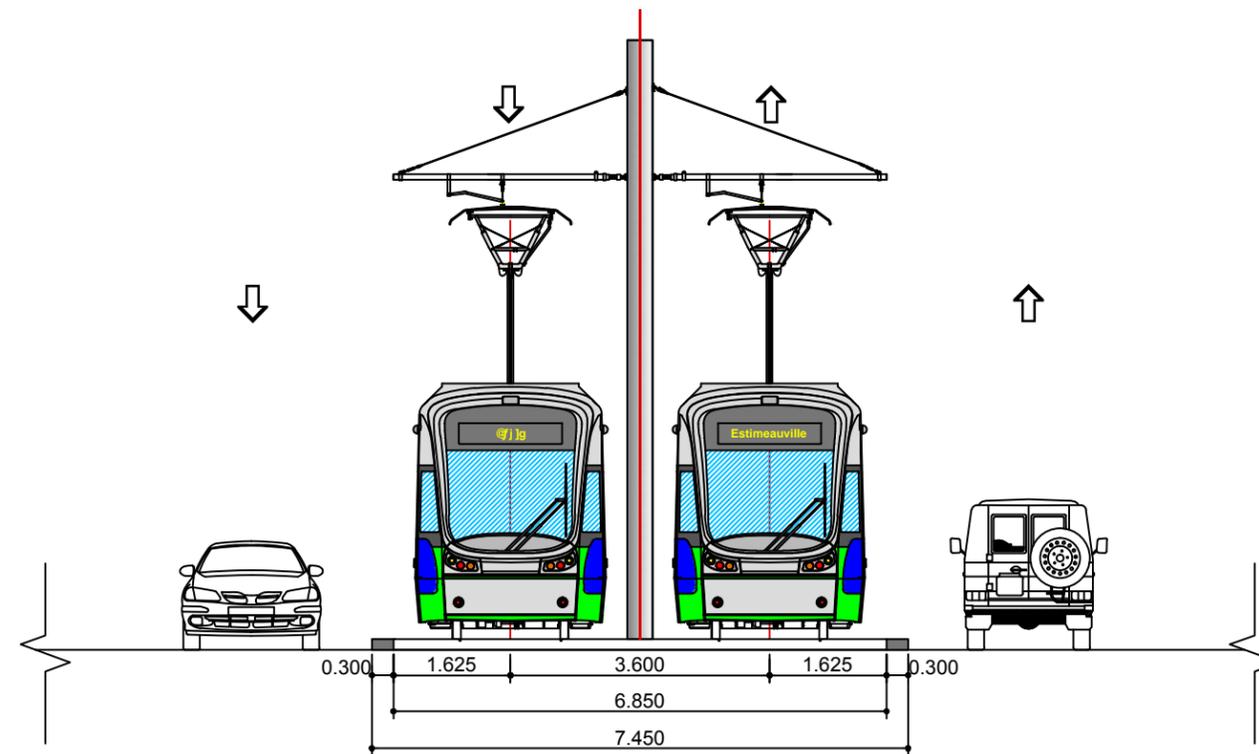
## 9.2 ANNEXE B – COUPES TRANSVERSALES TYPES SRB



SRB - SITE PROPRE STANDARD  
INSERTION AXIALE  
TERRE-PLEINS LATÉRAUX

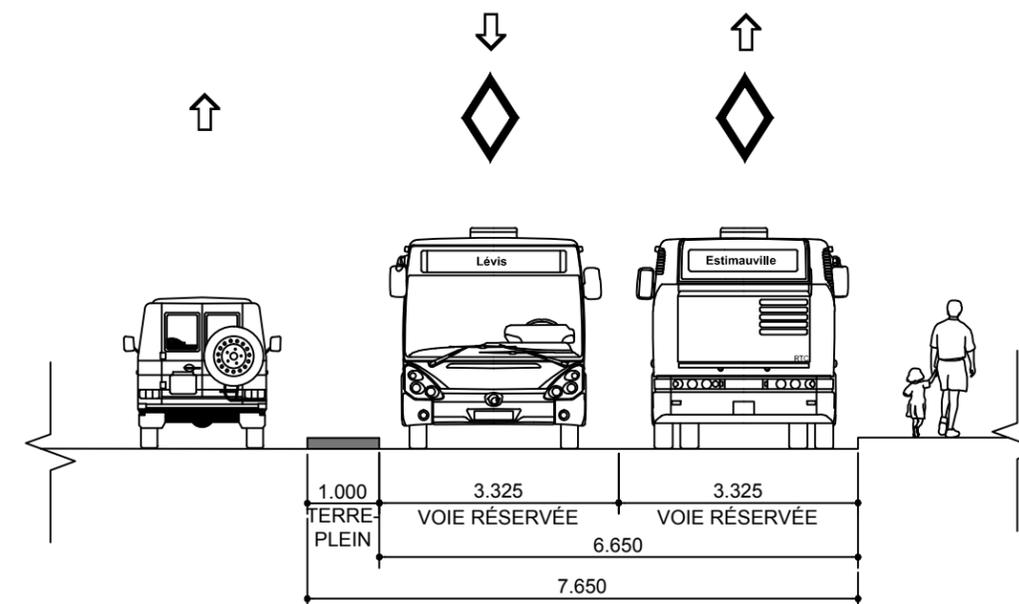
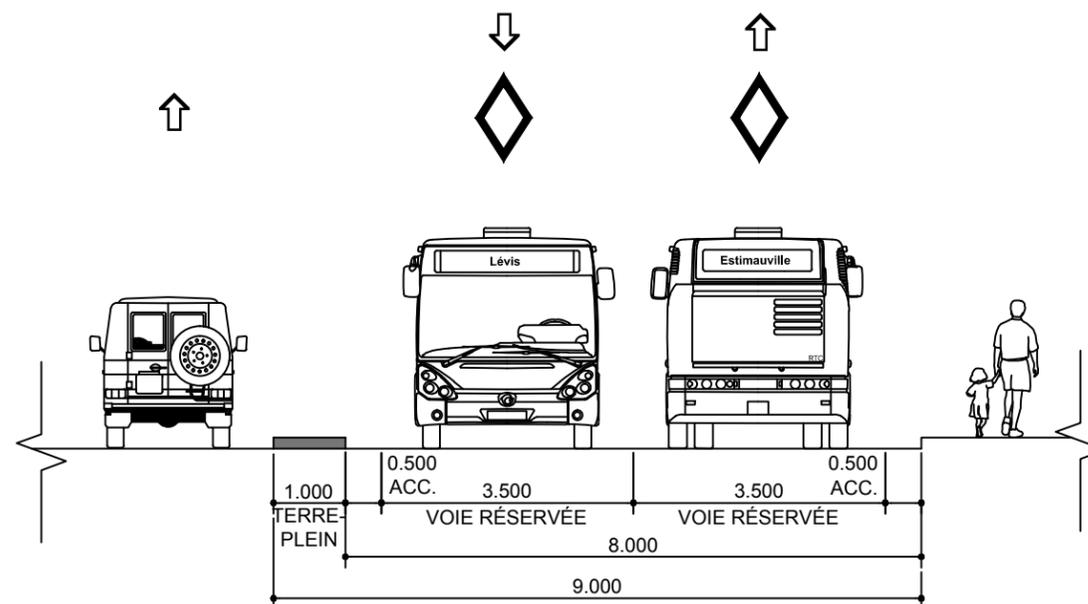
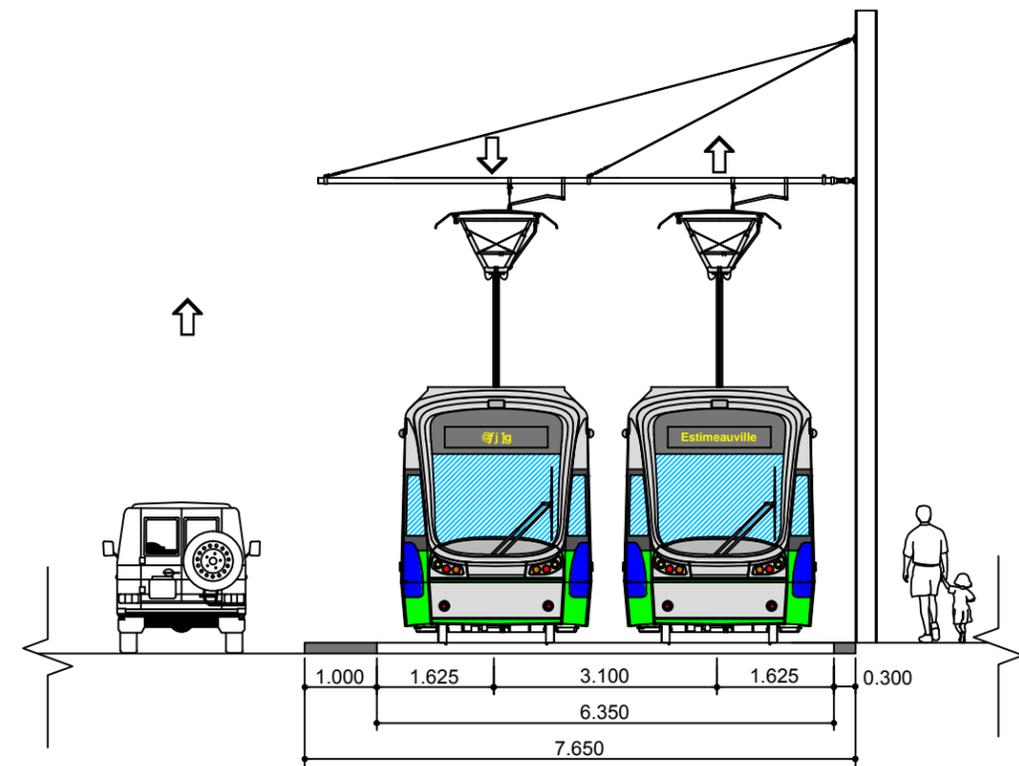
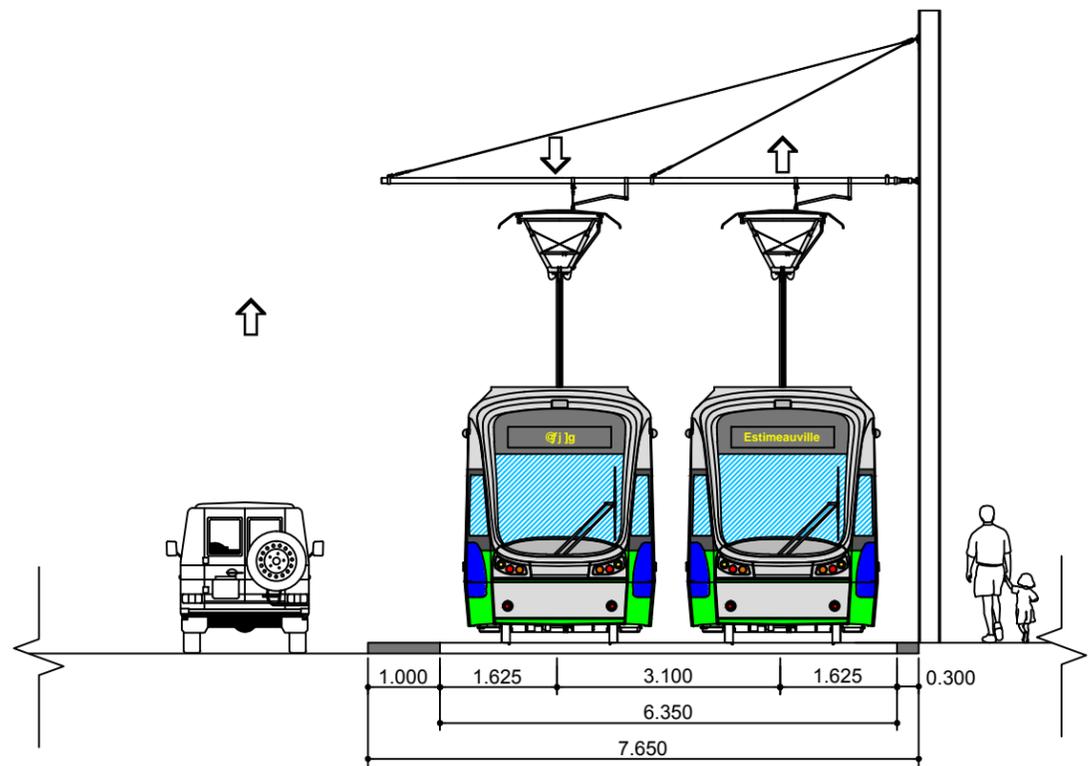
<b>CLIENT :</b>  RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	<b>CONSULTANT :</b>    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0001	
	PA	2014-05-14	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	P.M.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-		
	PB	2014-05-23	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	P.M.		<b>PROJET :</b> Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :	ÉCHELLE : 1:100
	PC	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	M.I.	A.G.	P.M.			INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST SRB - TEMPORAIRE NON ÉLECTRIFIÉ	-	
Dossier :	OO	2014-07-25	Édition finale au RTC	C.A.	M.I.	A.G.		VARIANTE :		01 15 REV. 00	
P-12-600-04	.	.	.	.	.	.					





**SRB - SITE ESPACE RESTREINT  
INSERTION AXIALE  
SEMI-FRANCHISSABLE**

<b>CLIENT :</b>  RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	<b>CONSULTANT :</b>    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0003
	PA	2014-05-14	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	P.M.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-	
	PC	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	M.I.	A.G.	P.M.			INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :
Dossier :							<b>PROJET :</b> Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST SRB - TEMPORAIRE NON ÉLECTRIFIÉ	VARIANTE :	1:100
P-12-600-04									-	03 15

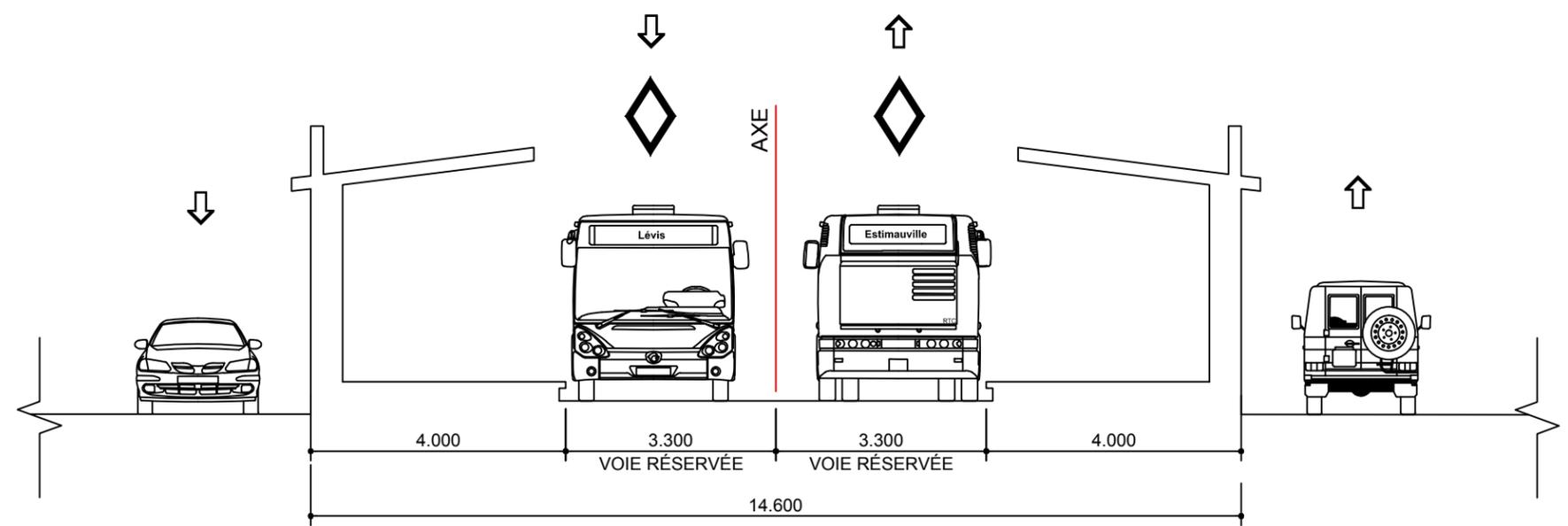
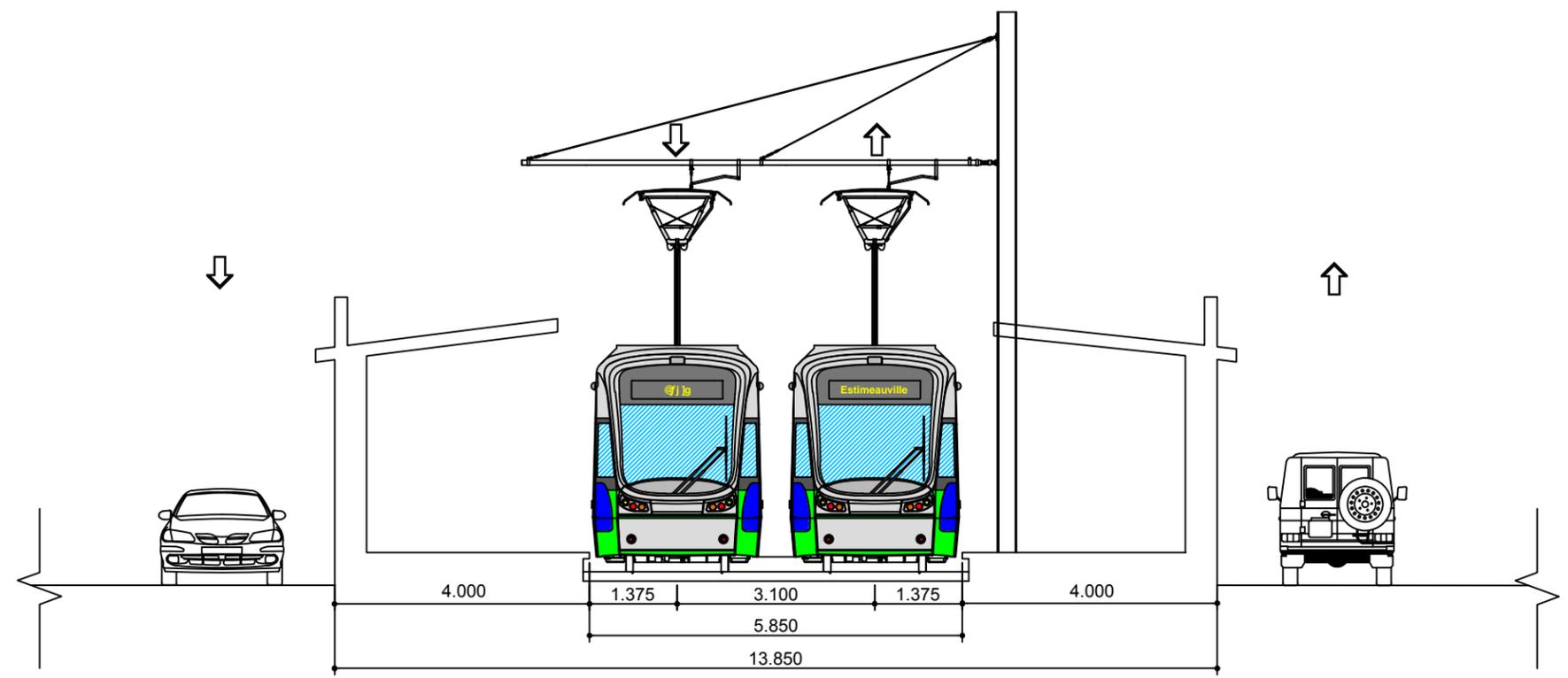


SRB - SITE PROPRE STANDARD  
INSERTION LATÉRALE

SRB - SITE ESPACE RESTREINT  
INSERTION LATÉRALE

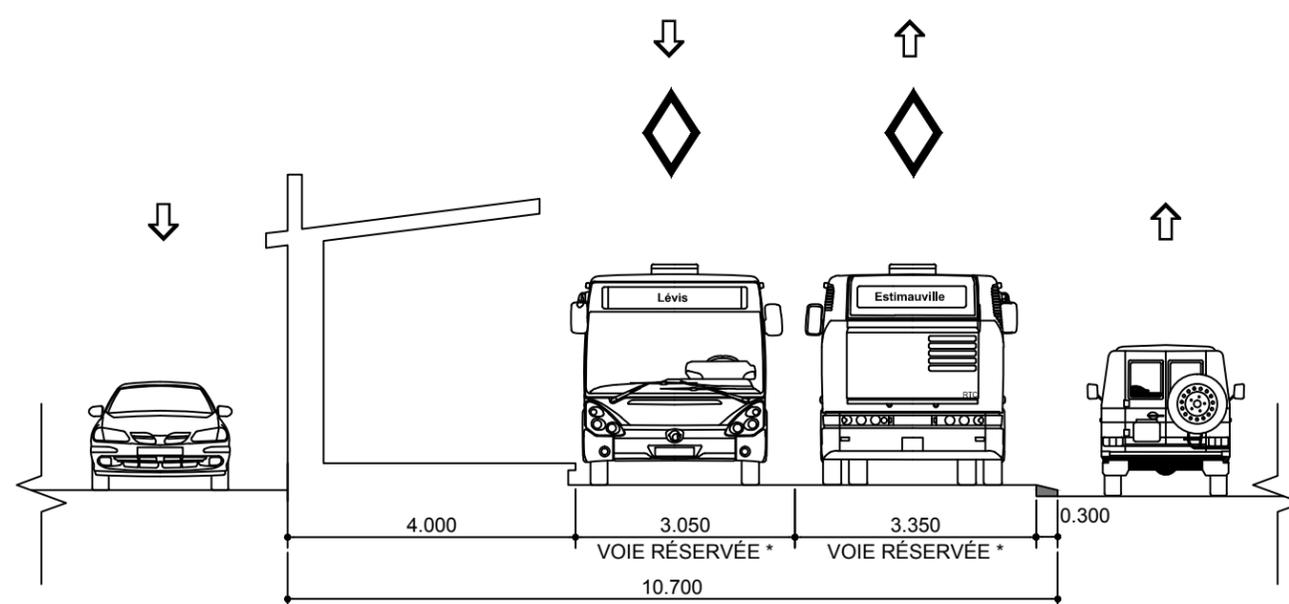
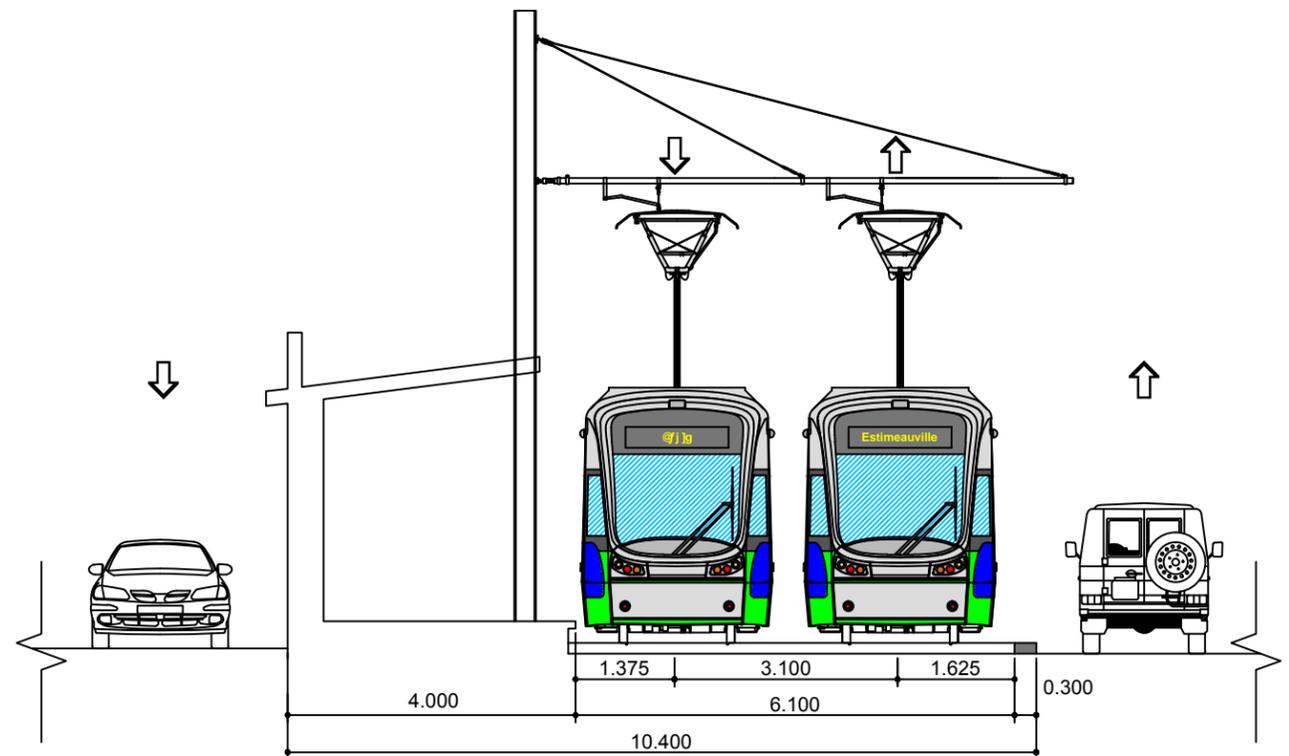
 CLIENT : Réseau de transport de la Capitale	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT :    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0004	
	PA	2014-05-14	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	P.M.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-		
	PB	2014-05-23	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	P.M.		PROJET : Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) Réseau de transport de la Capitale	INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :	ÉCHELLE : 1:100
	PC	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.			INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST SRB - TEMPORAIRE NON ÉLECTRIFIÉ	-	
Dossier :	OO	2014-07-05	Édition finale au RTC	C.A.	M.I.	A.G.		VARIANTE :		04 15	REV. 00
P-12-600-04	.	.	.	.	.	.					





**SRB - SITE PROPRE STANDARD  
STATION - QUAIS LATÉRAUX**

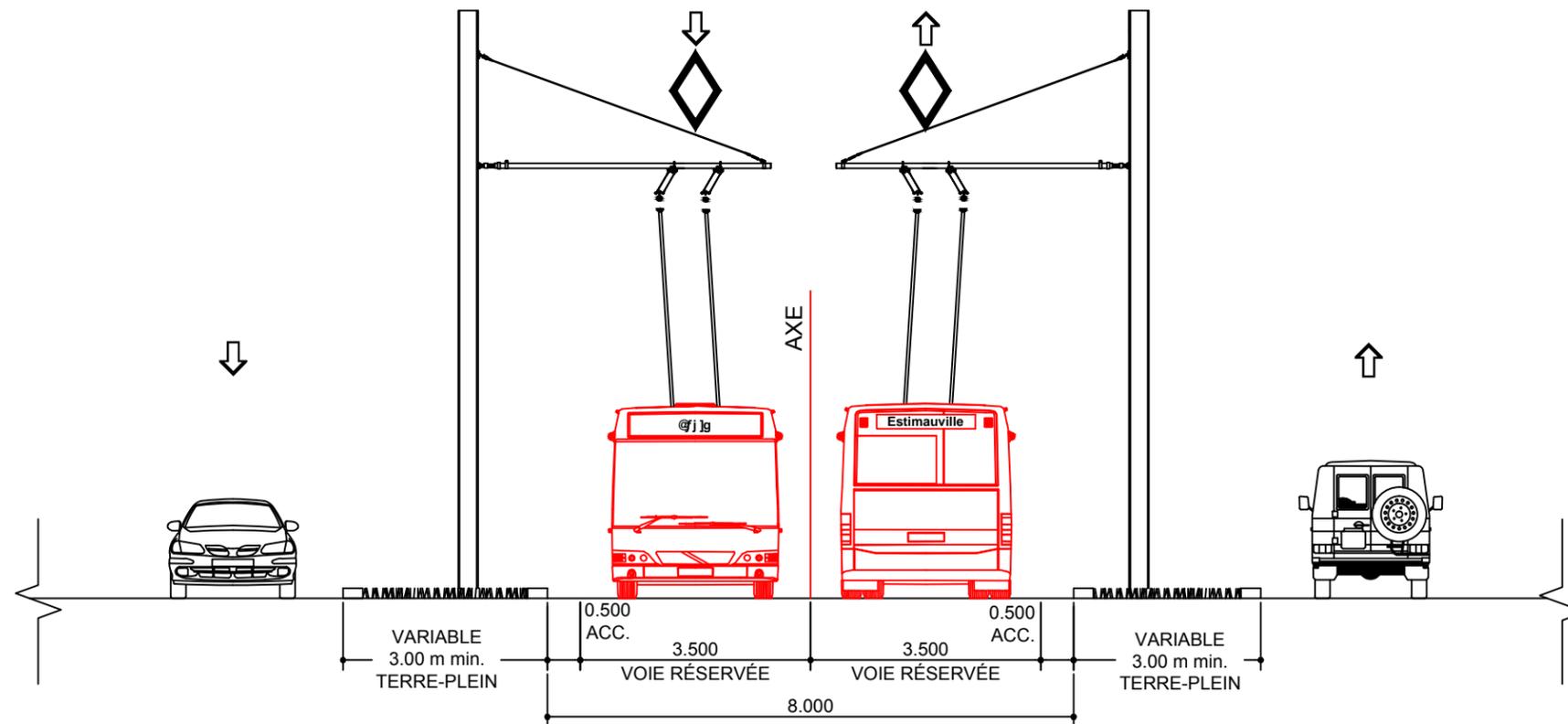
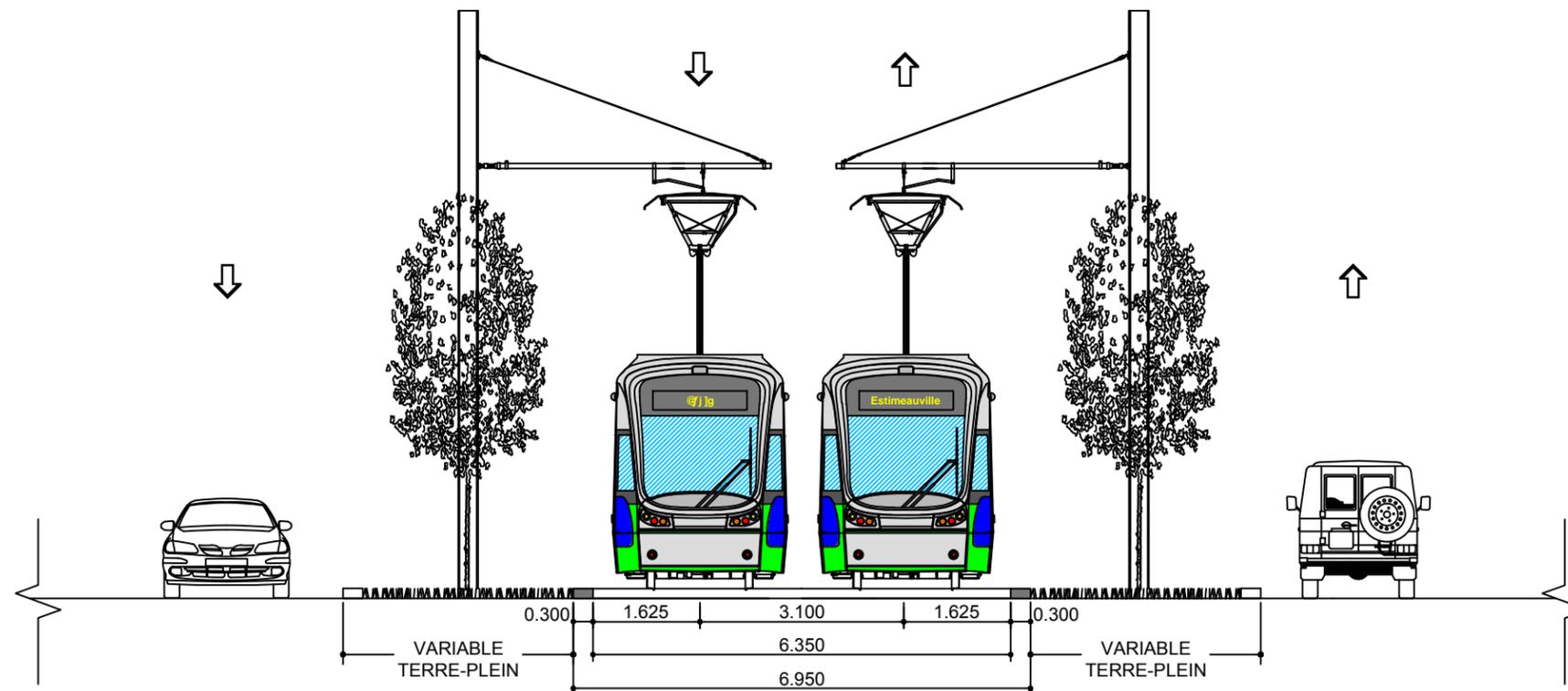
<b>CLIENT :</b>  RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	<b>CONSULTANT :</b>    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0006
	PA	2014-05-14	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	P.M.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-	
	PC	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	M.I.	A.G.	P.M.		INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :	
Dossier :							PROJET : Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST SRB - TEMPORAIRE NON ÉLECTRIFIÉ	VARIANTE : -	ÉCHELLE : 1:100
P-12-600-04										06 15 REV. 00



SRB - SITE ESPACE RESTREINT  
SEMI-FRANCHISSABLE  
STATION À QUAIS DÉCALÉS

\* NOTE: Largeurs au strict minimum selon le guide  
des bonnes pratiques de l'APTA

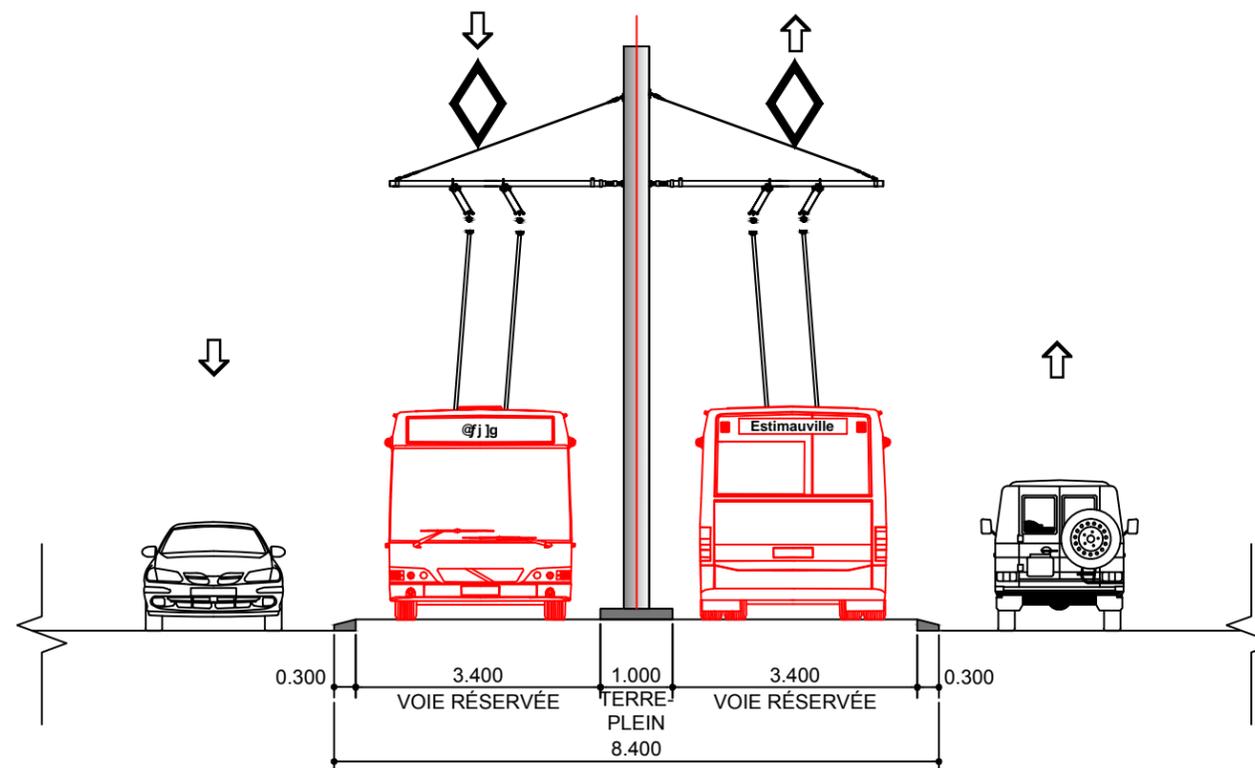
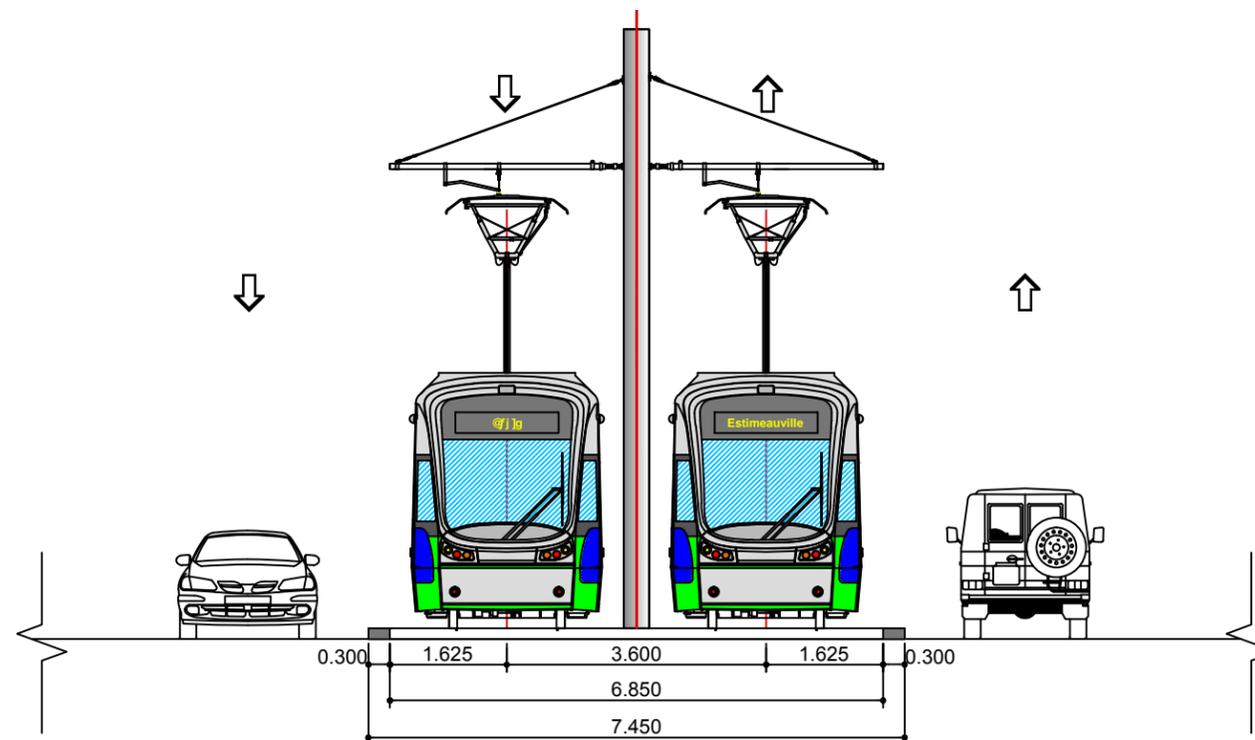
 CLIENT : Réseau de transport de la Capitale	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT :    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0007
	PA	2014-05-14	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	P.M.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-	
	PC	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	M.I.	A.G.	P.M.		PROJET : Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :
OO	2014-07-25	Édition finale au RTC	C.A.	M.I.	A.G.	INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST SRB - TEMPORAIRE NON ÉLECTRIFIÉ	-		VARIANTE :	07 15
Dossier : P-12-600-04										



**SRB - SITE PROPRE STANDARD**  
**INSERTION AXIALE - TERRE-PLEINS LATÉRAUX**

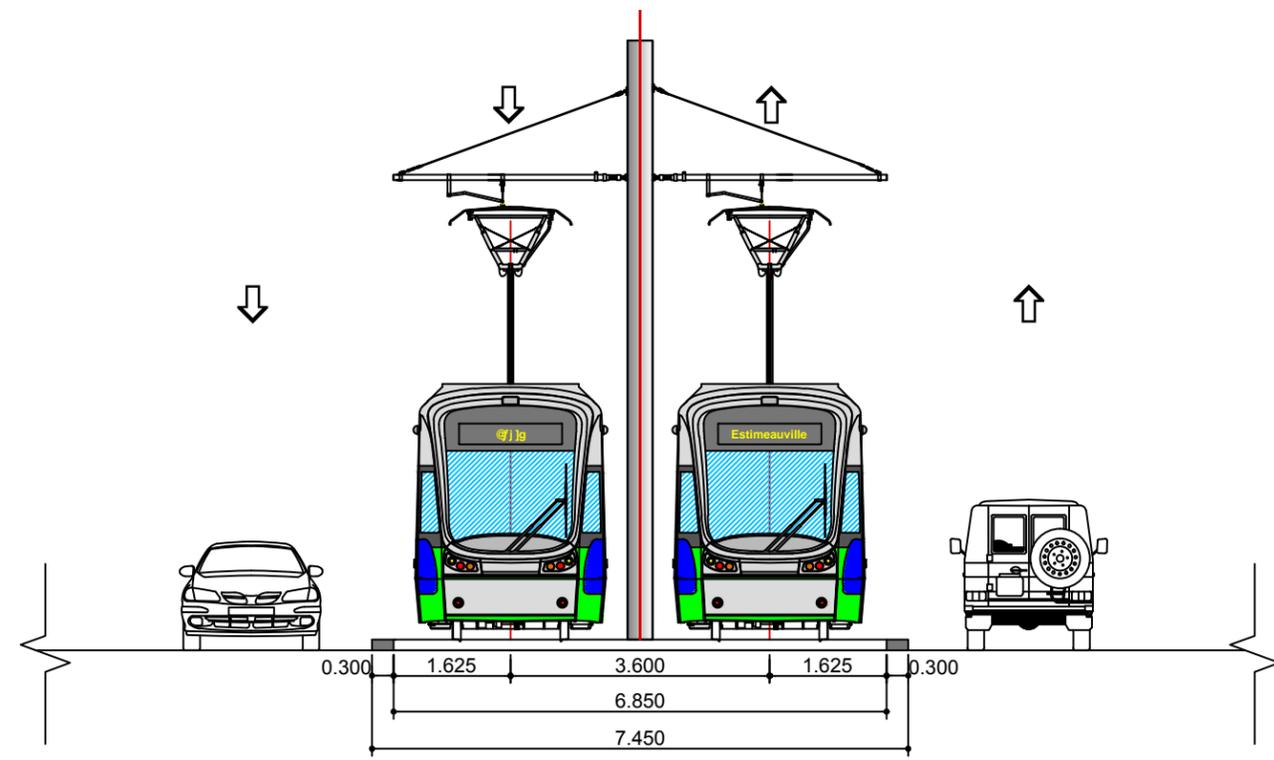
<b>CLIENT :</b>  RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	<b>CONSULTANT :</b>    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0008
	PA	2014-07-04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-	
	PB	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :	
Dossier :	.	.	.	.	.	.	Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST	-	1:100
P-12-600-04	.	.	.	.	.	.		SRB PROPOSÉ - TROLLEYBUS	VARIANTE :	-



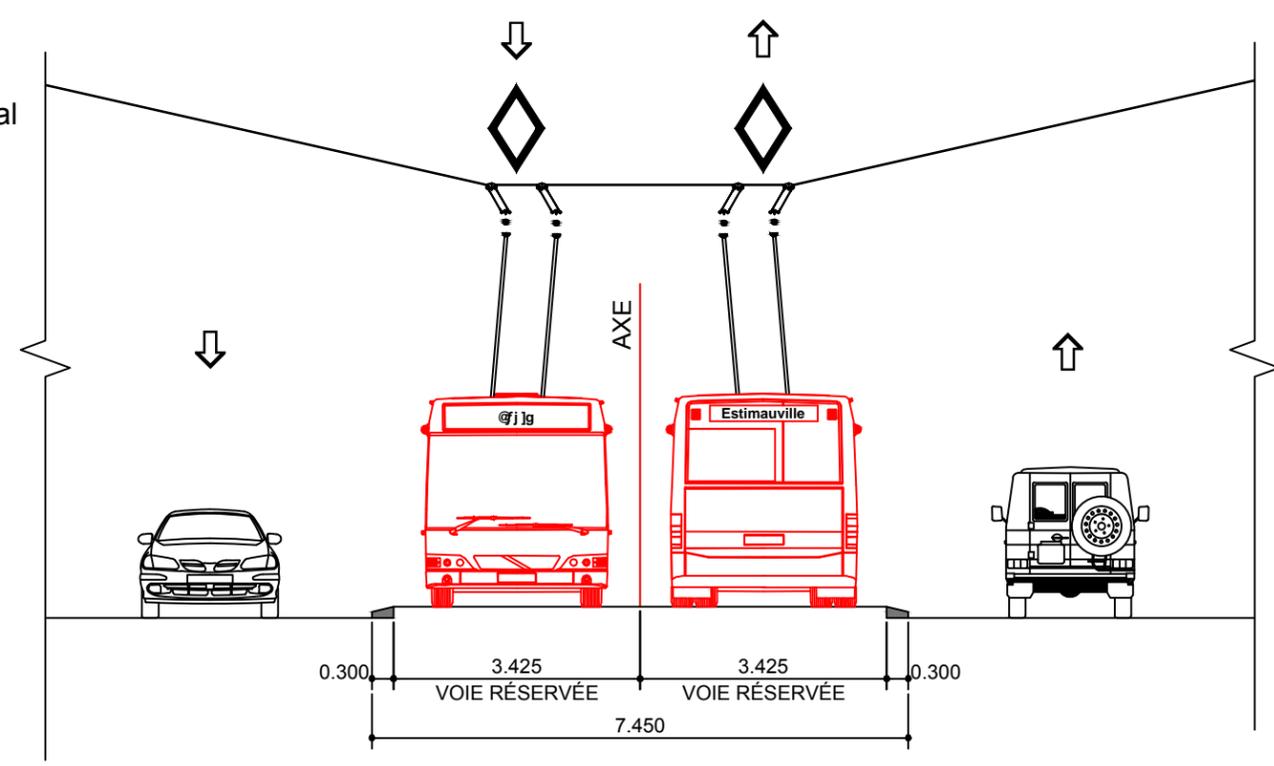


**SRB - SITE ESPACE RESTREINT  
INSERTION AXIALE - TERRE-PLEIN CENTRAL  
SEMI-FRANCISSABLE**

<b>CLIENT :</b>  RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	<b>CONSULTANT :</b>    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0010	
	PA	2014-07-04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-		
	PB	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		<b>PROJET :</b> Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :	ÉCHELLE : 1:100
OO	2014-07-25	Édition finale au RTC	C.A.	M.I.	A.G.	INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST SRB PROPOSÉ - TROLLEYBUS	-				
Dossier :	.	.	.	.	.	.		VARIANTE :		10	REV.
P-12-600-04	.	.	.	.	.	.				15	00



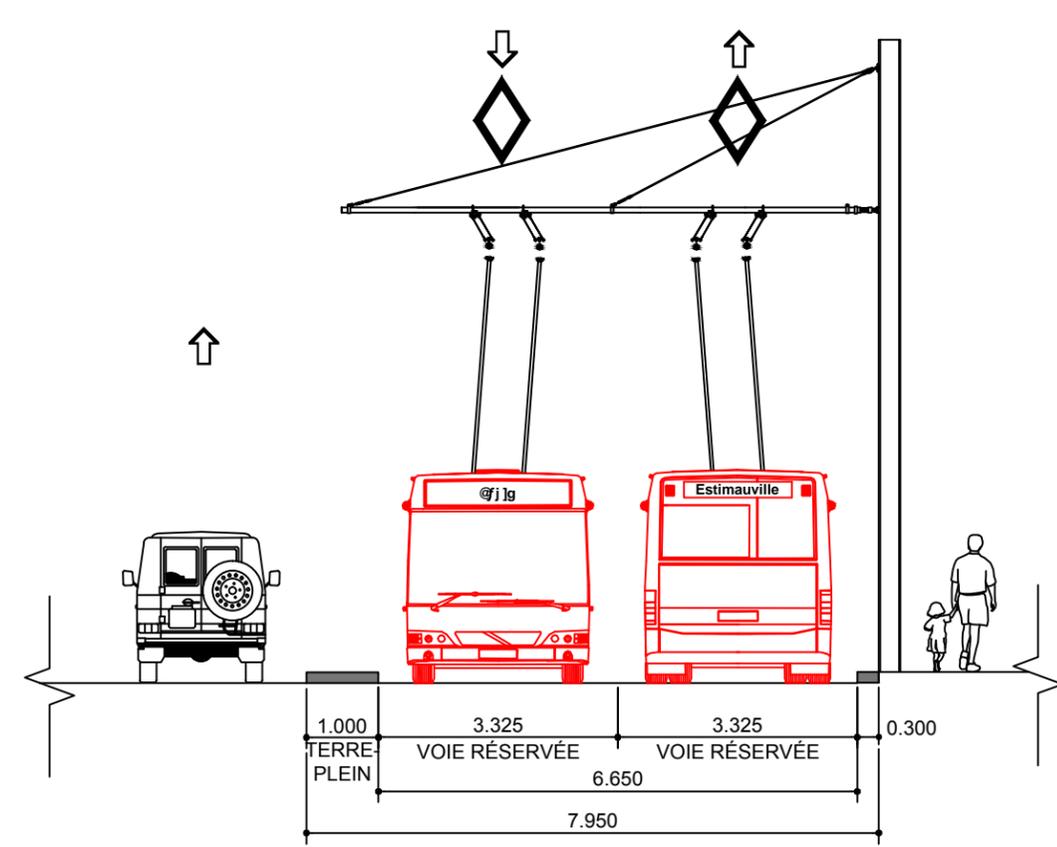
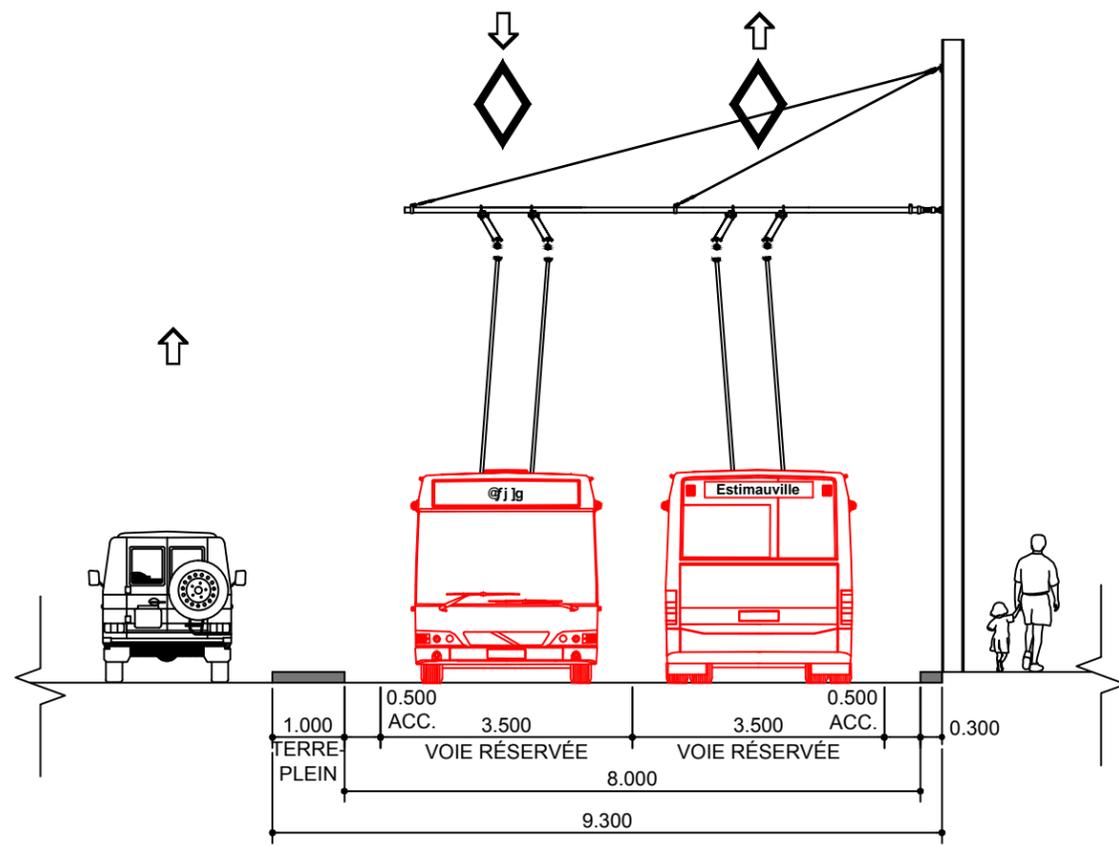
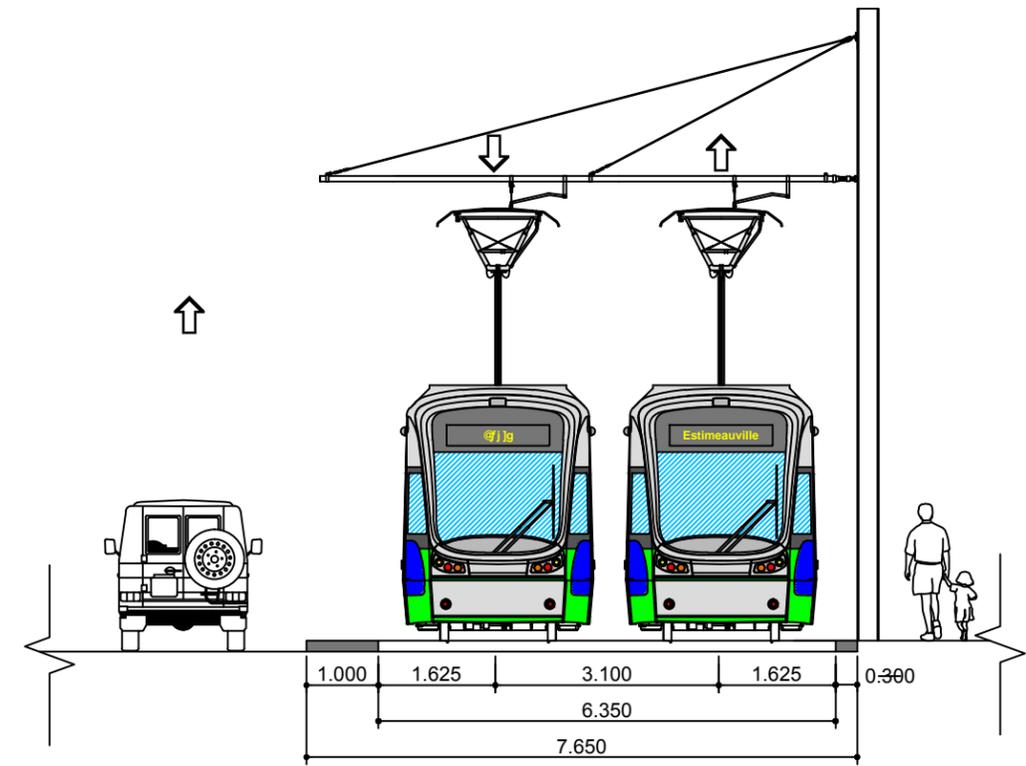
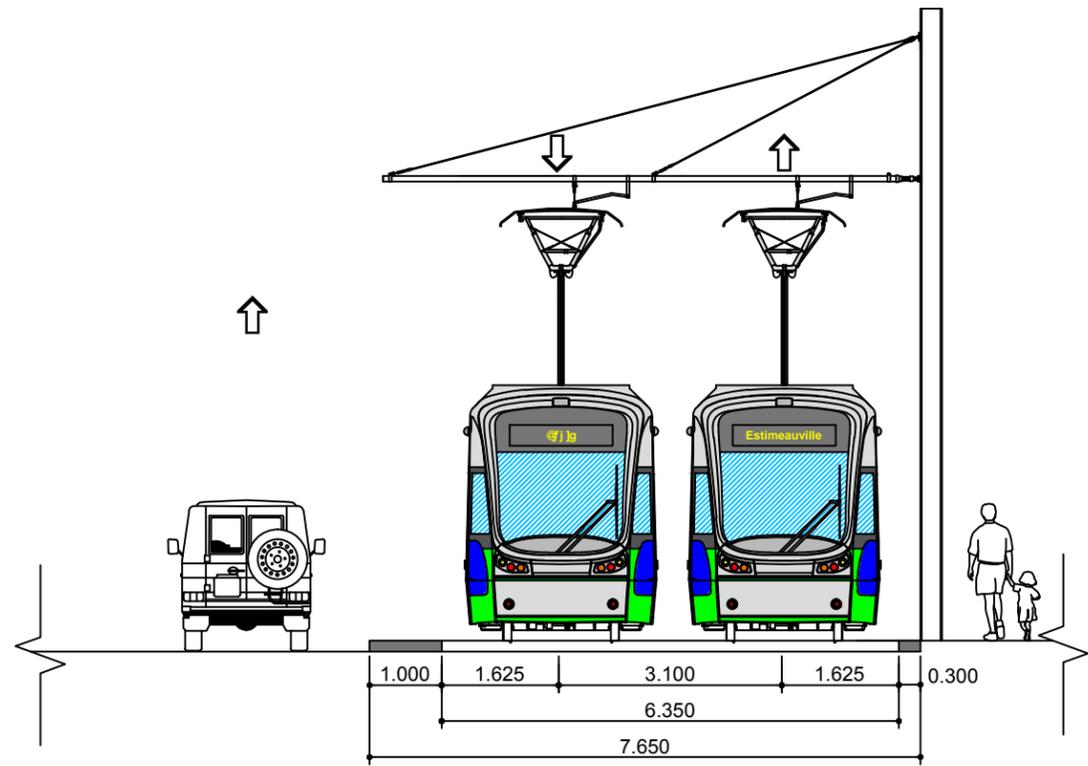
Accrochage  
en façade ou  
sur poteau latéral



Accrochage  
en façade ou  
sur poteau latéral

**SRB - SITE ESPACE RESTREINT  
INSERTION AXIALE SEMI-FRANCHISSABLE**

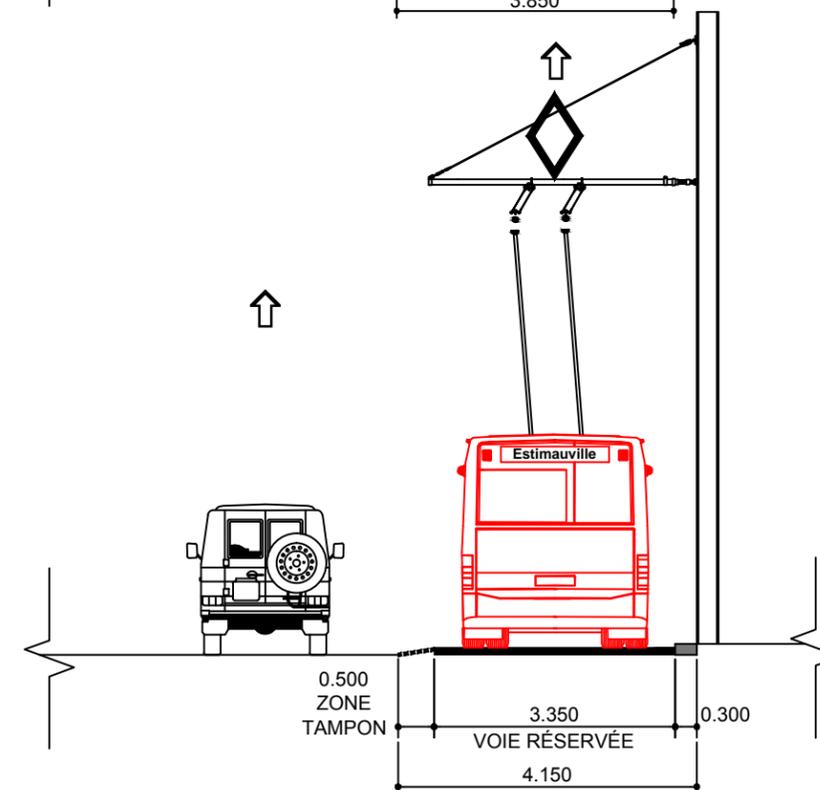
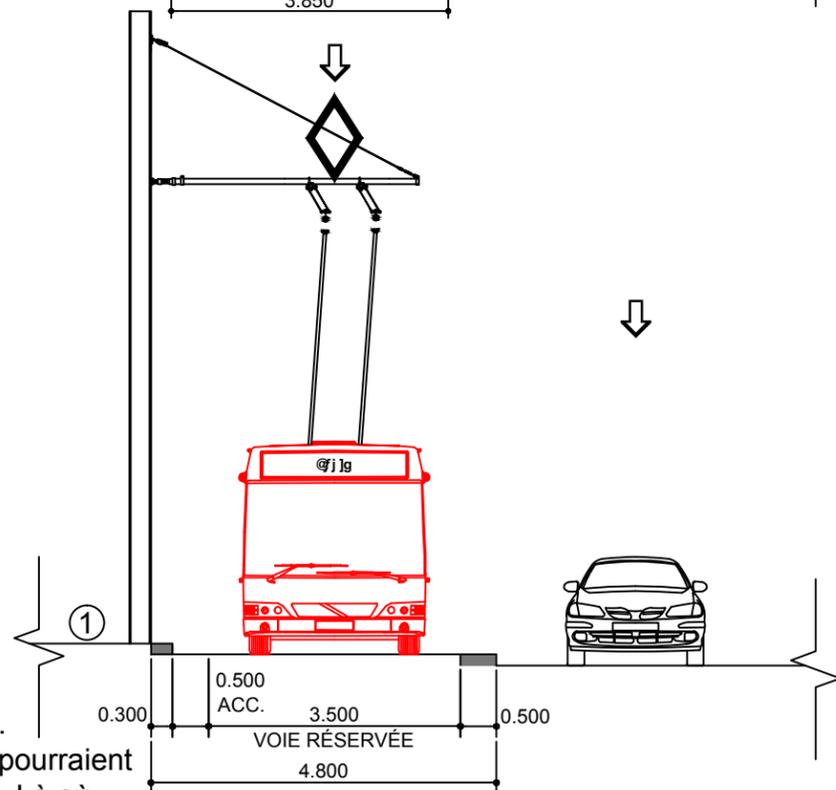
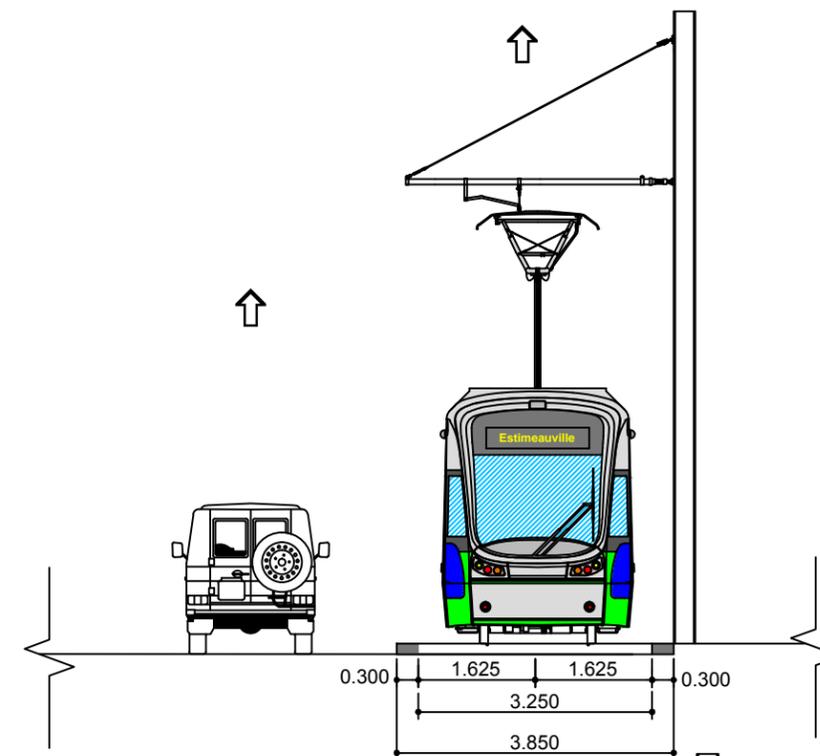
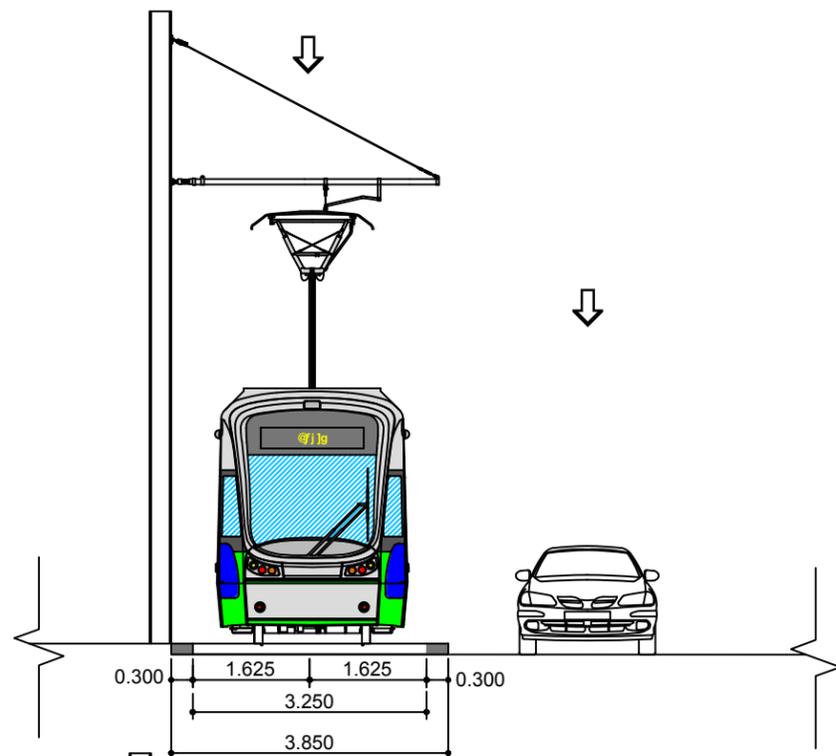
<b>CLIENT :</b>  RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	<b>CONSULTANT :</b>    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0011  ÉCHELLE : 1:100
	PA	2014-07-04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-	
	PB	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :	
OO	2014-07-25	Édition finale au RTC	C.A.	M.I.	A.G.	PROJET :	INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST SRB PROPOSÉ - TROLLEYBUS	VARIANTE :	11 15 REV. 00	
Dossier :	.	.	.	.	.	.	Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) <i>Réseau de transport de la Capitale</i>			
P-12-600-04	.	.	.	.	.	.				



SRB - SITE PROPRE STANDARD - INSERTION LATÉRALE

SRB - SITE ESPACE RESTREINT - INSERTION LATÉRALE

<b>CLIENT :</b>  RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	<b>CONSULTANT :</b>    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0012
	PA	2014-07-04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-	
	PB	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :	
	OO	2014-07-25	Édition finale au RTC	C.A.	M.I.	A.G.	PROJET :	INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST	-	1:100
Dossier :	.	.	.	.	.	.	Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	SRB PROPOSÉ - TROLLEYBUS	VARIANTE :	12 / 15
P-12-600-04	.	.	.	.	.	.		-	-	REV. 00

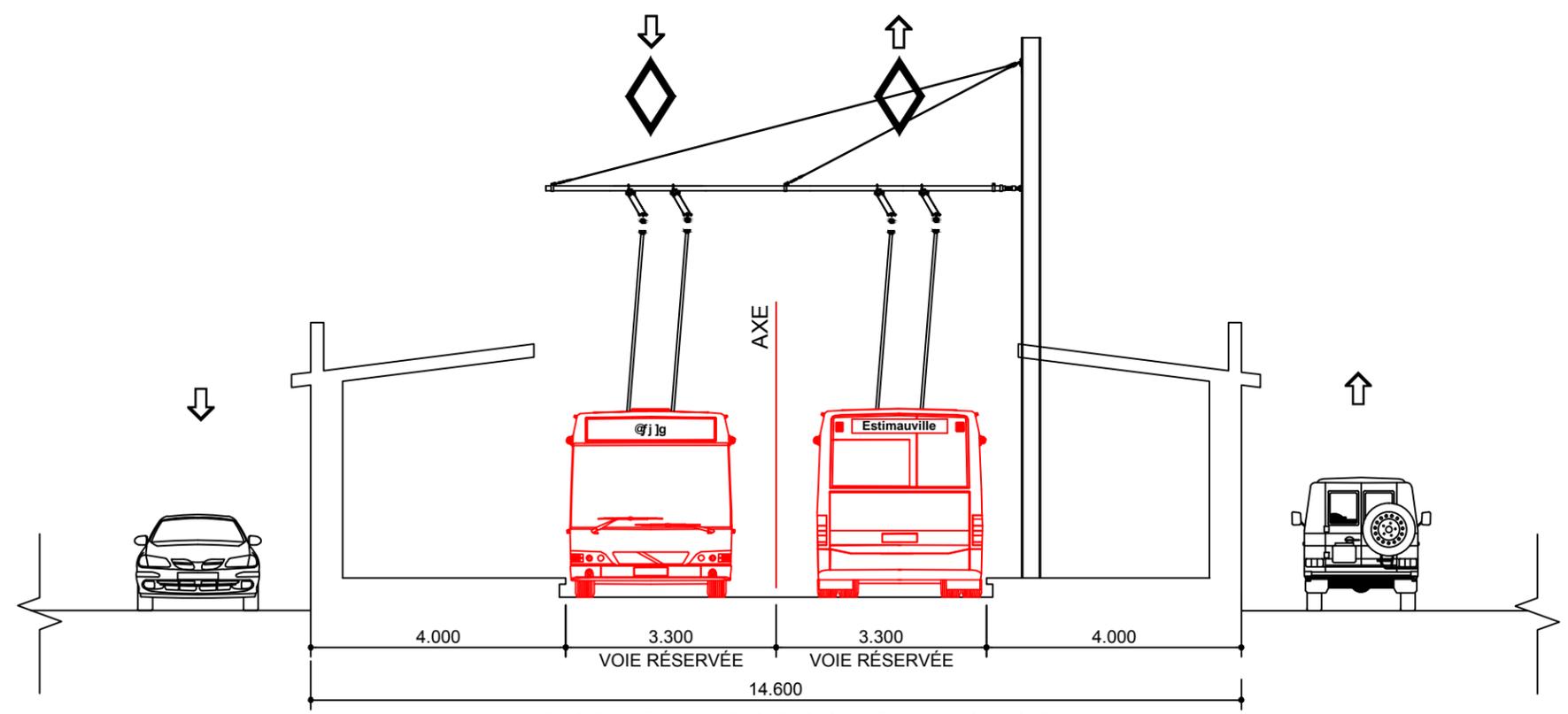
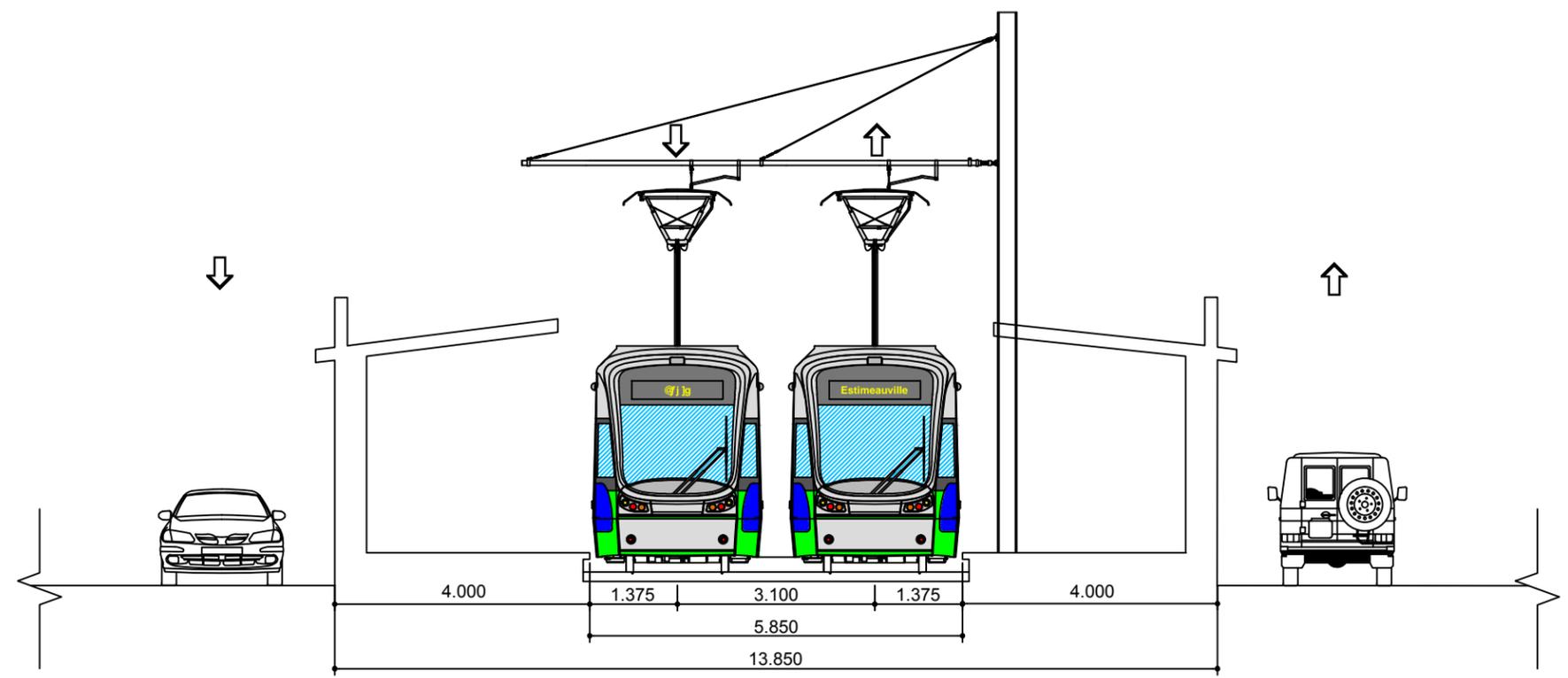


① Le trottoir devra être surélevé. Des impacts sur les riverains pourraient survenir (entrées, portes, etc). Là où requis, la voie réservée sera abaissée et la bordure élargie à 1,00 m.

SRB - SITE PROPRE STANDARD  
INSERTION BILATÉRALE

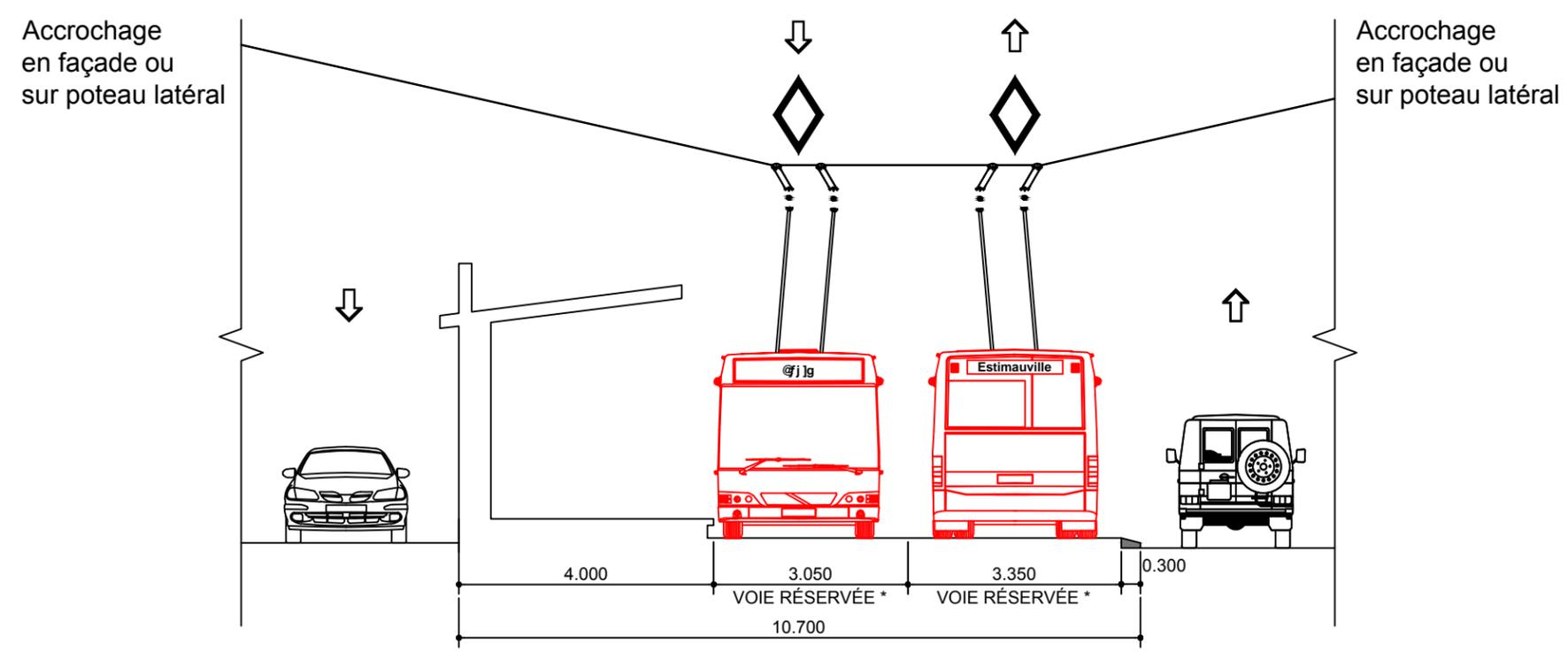
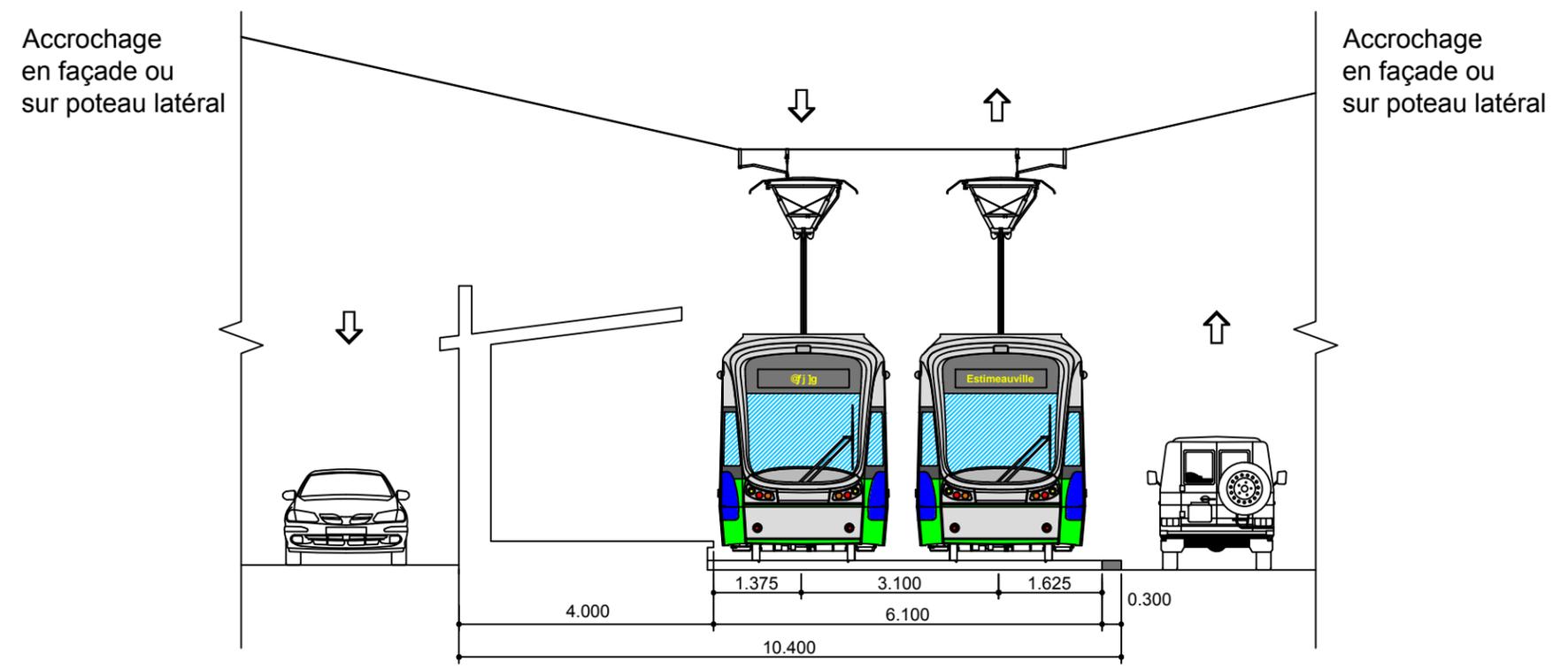
SRB - ESPACE RESTREINT - INSERTION BILATÉRALE  
VOIE SURÉLEVÉE DE 50 mm FRANCHISSABLE

 Réseau de transport de la Capitale	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT :    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0013
	PA	2014-07-04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-	
	PB	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :	
Dossier :							PROJET : Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB)	INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST SRB PROPOSÉ - TROLLEYBUS	VARIANTE :	1:100
P-12-600-04										



**SRB - SITE PROPRE STANDARD  
STATION - QUAIS LATÉRAUX**

<b>CLIENT :</b>  RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	<b>CONSULTANT :</b>    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0014
	PA	2014-07-04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-	
	PB	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.				
	OO	2014-07-25	Édition finale au RTC	C.A.	M.I.	A.G.	<b>PROJET :</b> Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :	ÉCHELLE : 1:100
Dossier :	-	-	-	-	-	-		INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST	-	
P-12-600-04	-	-	-	-	-	-		SRB PROPOSÉ - TROLLEYBUS	VARIANTE :	-

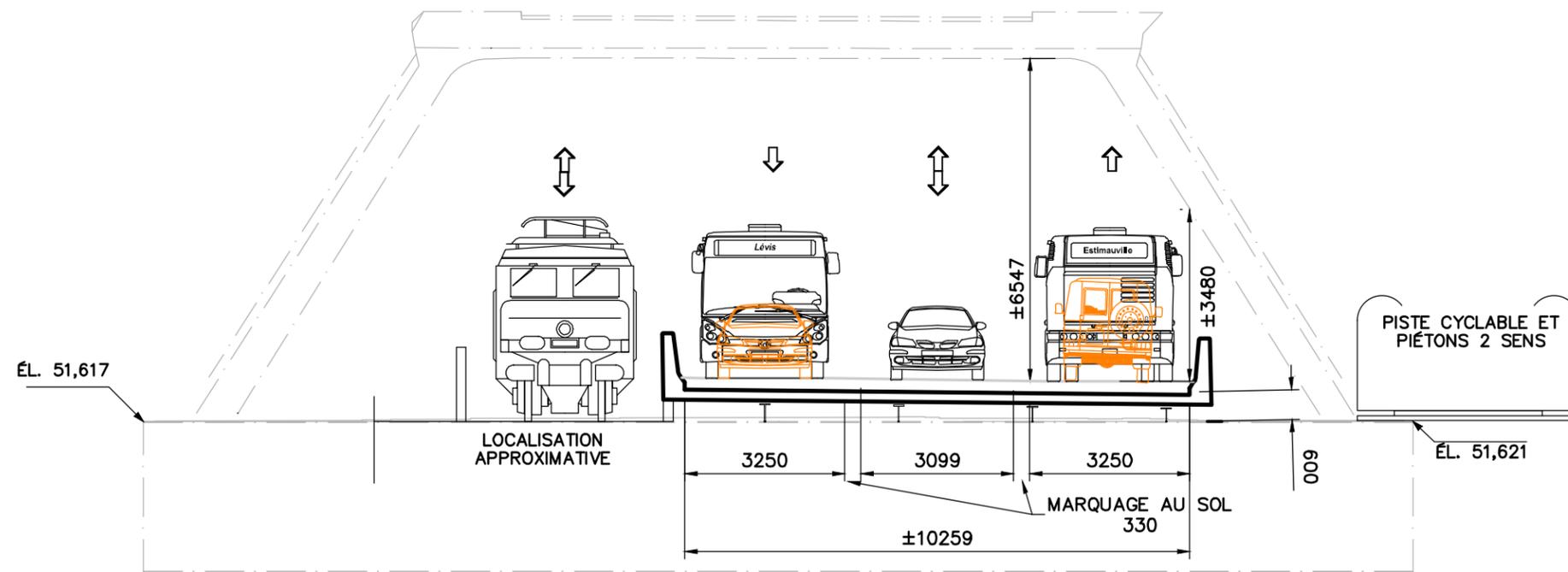
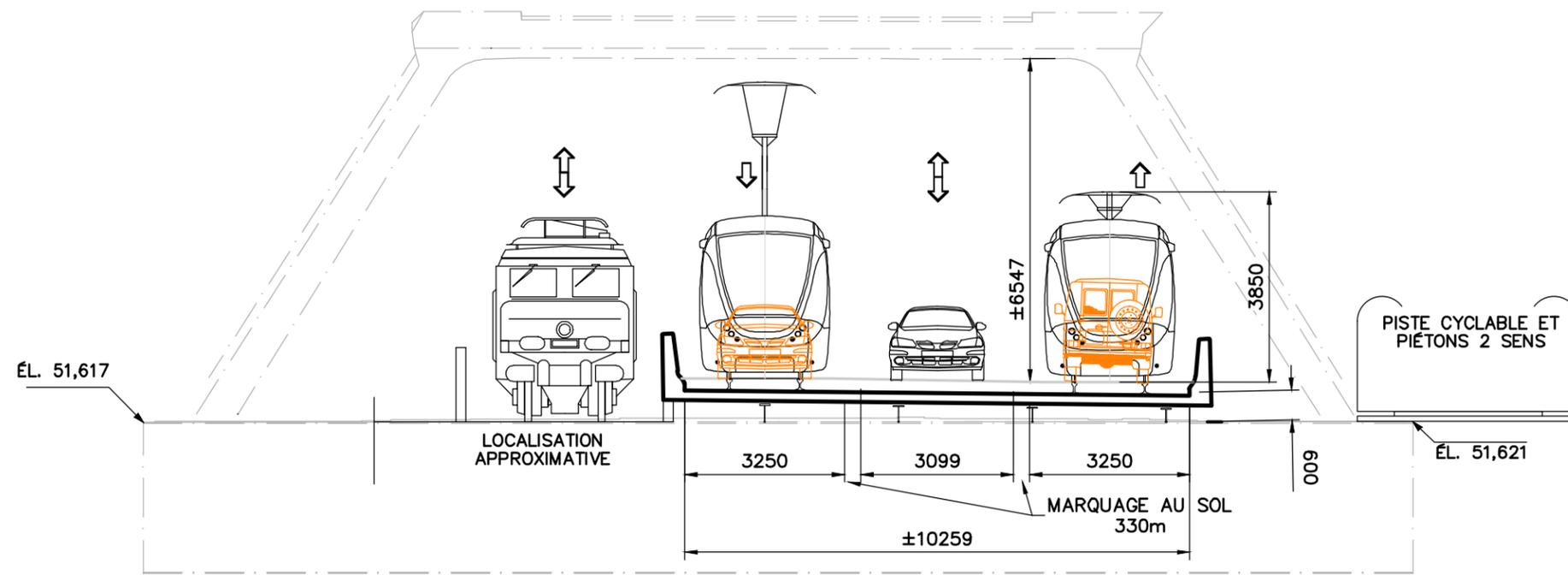


**SRB - SITE ESPACE RESTREINT SEMI-FRANCHISSABLE  
STATION À QUAIS DÉCALÉS**

\* NOTE: Largeurs au strict minimum selon le guide des bonnes pratiques de l'APTA

<b>CLIENT :</b>  RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	<b>CONSULTANT :</b>    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0015	
	PA	2014-07-04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	-		
	PB	2014-07-11	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	A.G.		<b>PROJET :</b> Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :	ÉCHELLE :
OO	2014-07-25	Édition finale au RTC	C.A.	M.I.	A.G.	INSERTION TRACÉ QUÉBEC EST-OUEST SRB PROPOSÉ - TROLLEYBUS	-		1:100		
Dossier :	-	-	-	-	-	-		VARIANTE :	-	15	REV.
P-12-600-04	-	-	-	-	-	-		-	-	15	00





DEUX VOIES BANALES + UNE VOIE RÉVERSIBLE SUR TABLIER ABAISSÉ  
SITUATION PROPOSÉE, PONT DE QUÉBEC, DIRECTION QUÉBEC

CLIENT :  RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT :    	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRACÉ :	610879-1000-4BDD-0017	
	PA	2014-09-02	Édition préliminaire pour commentaires RTC	C.A.	M.I.	P.M.		LIVRABLE 1.10 - PROJET DE RÉFÉRENCE SRB - VARIANTES ET ENJEUX	3		
Dossier : P-12-600-04							PROJET : Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Option Service Rapide par Bus (SRB) <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE :	ÉCHELLE : N.A.	
								INSERTION TRACÉ PONT DE QUÉBEC SRB - TEMPORAIRE NON ÉLECTRIFIÉ	A		VARIANTE :
									2	02 / 04	REV. PA



