



Intitulé du document

LIVRABLE 1.1 – PROJET DE RÉFÉRENCE, VARIANTES ET ENJEUX DU TRAMWAY

RAPPORT D’ÉTAPE – SOMMAIRE EXÉCUTIF

NUMÉRO DU DOCUMENT :		610879-0100-40ER-0002_02
REV.	DATE	TYPE DE RELÂCHE
PA	2012/10/02	Édition préliminaire pour commentaires internes
PB	2012/10/04	Édition préliminaire pour commentaires au RTC
PC	2012/10/25	Édition finale intégrant les commentaires du RTC
00	2012/10/26	Édition finale intégrant les commentaires du RTC
01	2012/10/30	Édition finale intégrant les commentaires du RTC
02	2012/11/09	Édition finale intégrant les commentaires du comité d'orientation

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE ET DÉFINITIONS 4

1 INTRODUCTION 5

1.1	MISE EN CONTEXTE	5
	Plan de mobilité durable.....	5
	Projet de tramway à Québec et Lévis	5
	Particularité des analyses sur le territoire de la Ville de Lévis.....	5
	Organisation du projet.....	5
	Portée et objectifs de l'étude de faisabilité.....	5
	Échéancier	6
1.2	LOT 1 – MANDAT 1	6
	Objectifs du lot 1 – mandat 1	6
	Livrables du lot 1 – mandat 1	7
1.3	PRÉSENTATION DU LIVRABLE 1.1	7
1.4	PRÉSENTATION DU SOMMAIRE EXÉCUTIF.....	8

2 PRINCIPES D'INSERTION 9

2.1	LES HYPOTHÈSES DE BASE DE L'ÉTUDE	9
2.2	LES AVANTAGES DU TRAMWAY PAR RAPPORT AU MÉTROBUS.....	9
2.3	LES CRITÈRES MÉTHODOLOGIQUES DE L'ÉTUDE D'INSERTION	10
2.4	L'IMPLANTATION DES STATIONS.....	10
2.5	L'INSERTION DE LA PLATEFORME ET CONCEPTION DES ARRÊTS	11
	Insertion de la plateforme.....	11
	Conclusions et recommandations pour l'insertion de la plateforme	13
	Conception des arrêts	15
	Conclusions et recommandations pour la conception des arrêts	15
2.6	PROBLÈMES CLIMATIQUES	15

3 VARIANTES DU PROJET ET PROBLÉMATIQUES D'INSERTION 16

3.1	VARIANTES MATÉRIEL ROULANT	16
	Conclusions et recommandations pour le matériel roulant.....	16
3.2	VARIANTES SYSTÈME D'ALIMENTATION TRACTION	16
	Tension d'alimentation	17
	Énergie de base (captation)	17
	Énergie d'appoint (embarquée).....	17
3.3	VARIANTES CEE	18
3.4	VARIANTES DE TRACÉS ET PROBLÉMATIQUES D'INSERTION	18
	Variante sur le tracé Nord-Sud (tracé n°1) – Séquences A/B/C	19
	Variante sur le tracé Nord-Sud (tracé n°1) – Séquence C	20
	Variante sur le tracé Nord-Sud (tracé n°1) – Séquence E	21
	Variante sur le tracé Est-Ouest (tracé n°2) – Séquence D	22
	Variante sur le tracé Est-Ouest (tracé n°2) – Séquence G	23
	Variante d'insertion sur le Pont du Québec (tracé n°3).....	24

	Le tracé à Lévis (tracé n°4).....	24
3.5	PROBLÉMATIQUES D'INSERTION INTER-STATION	24
3.6	PROBLÉMATIQUES D'INSERTION AU NIVEAU DES STATIONS	25

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 :	Tracé proposé du tramway	5
Figure 2 :	Proposition d'exploitation de quatre (4) lignes de tramway – RTC (août 2012)	6
Figure 3 :	Coupe-type et illustration d'un tramway en position axiale	12
Figure 4 :	Coupe-type et illustration d'un tramway en position bilatérale	12
Figure 5 :	Coupe-type d'un tramway en position latérale avec voies de circulation à double sens et à un seul sens de circulation.....	12
Figure 6 :	Coupes-types d'un tramway en position latérale, voies dissociées	13
Figure 7 :	Illustration d'un tramway en site banal avec priorité tramway.....	13
Figure 8 :	Schéma d'une station à quais latéraux face à face.....	15
Figure 9 :	Schémas d'une station à quais latéraux décalés	15
Figure 10 :	Schéma et illustration d'une station à quai central.....	15
Figure 11 :	Roulement fer - Tramway de Bergen, Norvège	16
Figure 12 :	Roulement pneumatique - Tramway de Clermont-Ferrand, France	16
Figure 13 :	Train à crémaillère « Panoramique des Dômes », Auvergne, France	16
Figure 14 :	LAC avec poteau axial	17
Figure 15 :	APS avec contact - Schéma du rail d'alimentation segmenté.....	17
Figure 16 :	APS sans contact Principe général du système PRIMOVE.....	17
Figure 17 :	Principe général du système WIPOST2.....	17
Figure 18 :	Tracés et séquences du projet de tramway de Québec et de Lévis	18
Figure 19 :	Tracé Nord-Sud : séquences A/B/C et variantes	19
Figure 20 :	Tracé Nord-Sud : séquence C et variantes	20
Figure 21 :	Tracé Nord-Sud : séquence E et variantes	21
Figure 22 :	Tracé Est-Ouest : séquence D et variantes	22
Figure 23 :	Tracé Est-Ouest : séquence G et variantes	23
Figure 24 :	Coupe-type de l'insertion du tramway sur le Pont de Québec, en site banal.....	24

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 :	Hypothèses relatives à la voirie, au trottoir et aux pistes cyclables	11
Tableau 2 :	Principaux avantages et inconvénients des types d'insertion d'un tramway.....	14

GLOSSAIRE ET DÉFINITIONS

GLOSSAIRE

Abréviations	Définitions
APS	Alimentation par le sol
BHNS	Bus à haut niveau de service
CEE	Centre d'exploitation et d'entretien
LAC	Ligne aérienne de contact
PL	Poids lourd
RTC	Réseau de transport de la Capitale
VP	Véhicule particulier
STLévis	Société de transport de Lévis

DÉFINITIONS

Centre d'échange :	Point de convergence et d'échange des usagers du tramway avec le réseau d'autobus ou avec tout autre mode de transport; le centre d'échange peut être un terminus d'autobus, un stationnement incitatif pour automobiles, un stationnement pour un système d'auto-partage, un stationnement pour vélo ou un regroupement total ou partiel de toutes ces fonctions.
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 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

1.1 MISE EN CONTEXTE

Plan de mobilité durable

Suite à une large consultation de la population au cours des mois de septembre et d'octobre 2010, le maire de Québec rendait public le rapport final du Plan de mobilité durable de la Ville de Québec, le 9 novembre 2011. 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 qui sont liées, dans le domaine du transport, 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.

Projet de tramway à Québec et Lévis

Pour structurer, consolider et développer le territoire urbain par le transport public et pour atteindre l'objectif de doubler la part modale du transport collectif au cours des vingt (20) prochaines années, le **Plan de mobilité durable propose la mise en place de deux (2) lignes de tramway** soit une ligne est-ouest de 22,3 km et une ligne nord-sud de 6,6 km. Il est à noter qu'à ce tracé de 28,9 km, il est aussi envisagé un projet d'extension de 7,7 km sur la Rive-Sud entre la 4^e Avenue et le boulevard Alphonse-Desjardins.

Le réseau de tramway proposé par le Plan de mobilité durable sera l'élément structurant du réseau de transport collectif, avec le quartier Saint-Roch comme plaque tournante. Le Plan de mobilité durable évalue de façon sommaire le coût de mise en place de l'ensemble de ce réseau de tramway à environ 1,5 milliard \$ excluant le prolongement envisagé entre la 4^e Avenue et le boulevard Alphonse-Desjardins. Il sera de 2,0 milliards avec cette extension. La Figure 1 illustre le tracé proposé du tramway.

Particularité des analyses sur le territoire de la Ville de Lévis

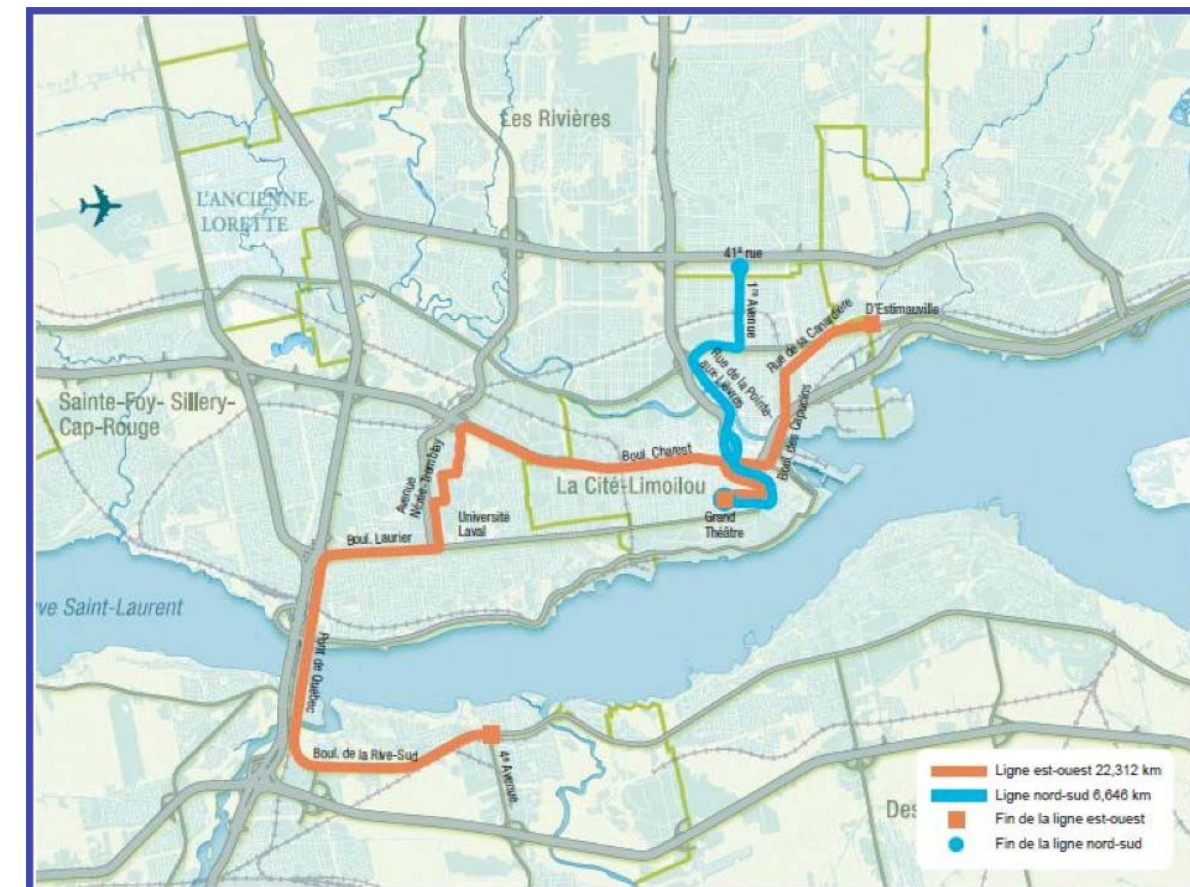
La Société de transport de Lévis (STLévis) en collaboration avec la Ville de Lévis prévoit réaliser, entre 2013 et 2019 environ, le réaménagement du boulevard de la Rive-Sud, dans le but notamment d'y insérer des voies en site exclusif pour un service de bus à haut niveau de service (BHNS). Dans le cadre de ces études d'avant-projet, la STLévis demandera à ses consultants de planifier ces voies en site exclusif de telle façon qu'elles puissent éventuellement recevoir un tramway.

Organisation du projet

La maîtrise d'ouvrage de l'étude relève du conseil d'administration du RTC. La responsabilité administrative est assurée par le directeur de projet qui est le cadre supérieur du RTC de qui relève l'étude. Le gestionnaire de l'étude, qui relève du RTC, est la personne responsable de mener à bien la réalisation de l'étude. Outre le RTC et la Ville de Québec, divers organismes participeront à

l'étude dont : la Communauté urbaine de Québec, la Ville de Lévis, le Ministère des transports du Québec, la Société de transport de Lévis, Hydro-Québec, etc.

Figure 1 : Tracé proposé du tramway



Portée et objectifs de l'étude de faisabilité

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

Les objectifs de l'étude sont de :

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

Échéancier

L'échéancier de l'étude de faisabilité technique du tramway (lot 1 – mandat 1) dépend principalement des dates suivantes :

- remise du livrable 1.1 – version préliminaire du rapport le 4 septembre 2012;
- livrable final – Lot 1 – version préliminaire au plus tard le 30 novembre 2013;
- livrable final – Étude de faisabilité – version préliminaire au plus tard le 30 avril 2014.

Une consolidation des échéanciers des lots 1, 2 et 3 est à réaliser par le RTC et pourrait influencer l'échéancier de réalisation du lot 1.

1.2 LOT 1 – MANDAT 1

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 regroupées en cinq (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).

Objectifs du lot 1 – mandat 1

Les principaux objectifs du mandat 1 sont les suivants :

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

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

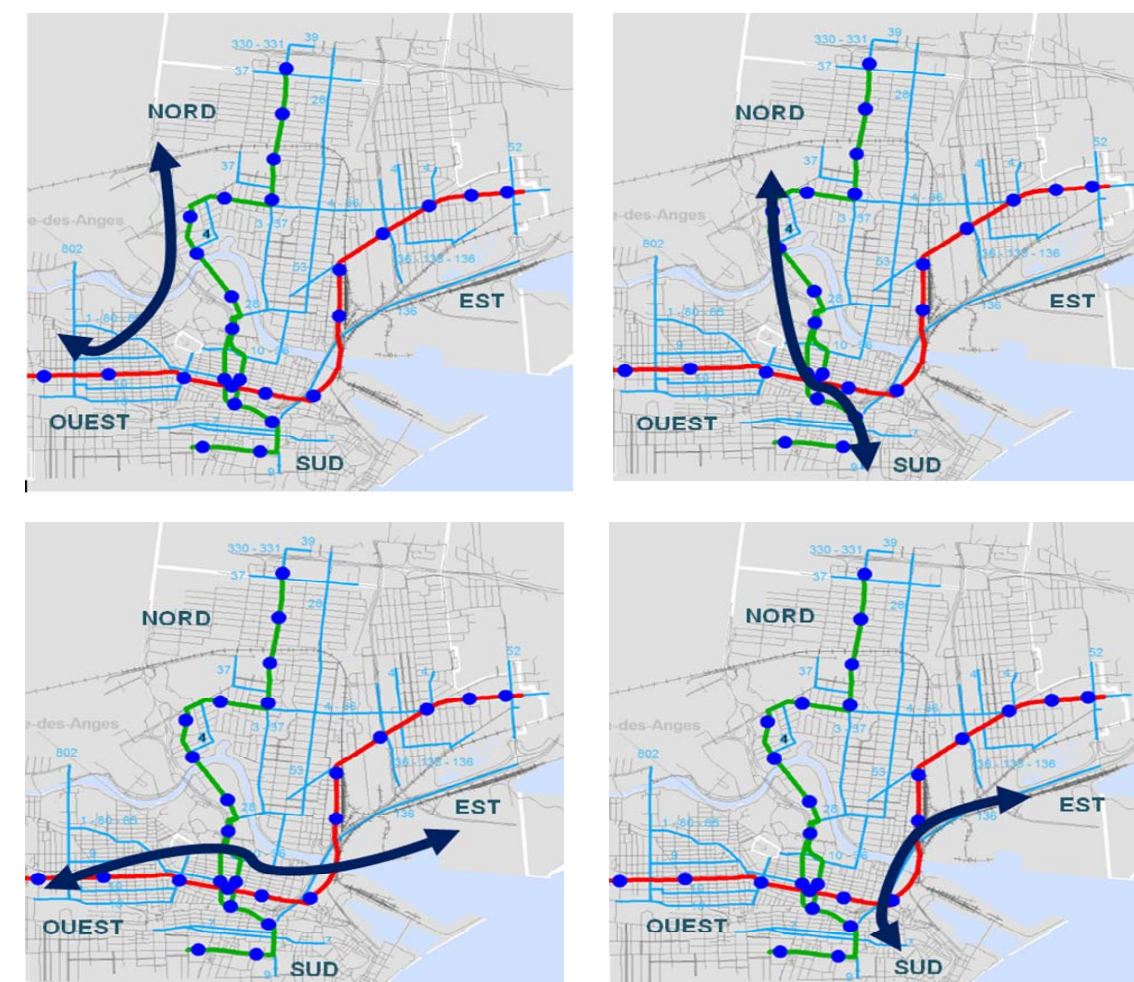
Il est à noter que les termes de référence du dossier prévoyaient l'étude de deux (2) tracés pour une opération organisée sur la base de deux (2) lignes uniquement : une ligne Est-Ouest et une ligne Nord-Sud. Les hypothèses présentées récemment (août 2012) par la RTC s'orienteraient

plutôt vers deux (2) tracés (Nord-Sud et Est-Ouest), mais exploités sous forme de quatre (4) lignes à six (6) lignes qui seraient :

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

Toutefois, compte tenu des impacts engendrés par le désir de garder ouvertes toutes ces possibilités d'exploitation tant sur l'aménagement physique (espace requis pour l'insertion des aiguillages), l'impact visuel et la moins bonne fréquence et lisibilité pour les usagers, le RTC procèdera à une analyse plus fine des origines et destinations des usagers dans le but de préciser les lignes qu'elle souhaite exploiter.

Figure 2 : Proposition d'exploitation de quatre (4) lignes de tramway – RTC (août 2012)



Livrables du lot 1 – mandat 1

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

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

Ce premier livrable a trois (3) objectifs :

- l'identification du projet de référence de l'étude en termes de variantes de matériel roulant (inventaire), de tracé, d'alimentation électrique et de localisation du CEE (sites potentiels);
- l'identification préliminaire des problématiques d'insertion d'un tramway le long du tracé de référence;
- l'identification des variantes possibles par rapport au projet de référence qui doivent être considérées et étudiées dans la poursuite de l'étude.

Livrable 1.2 : Technologie et insertion

Ce livrable rassemblera les hypothèses d'études générales applicables à tous les domaines techniques. Ce livrable prendra en compte toutes les normes applicables qu'elles soient internationales, nationales ou locales. À partir de la technologie de référence et des variantes retenues au livrable 1.1, le livrable 1.2 adressera :

- la définition du matériel roulant;
- la définition de la plateforme, des stations et des pôles d'échanges;
- l'élaboration d'un énoncé de conception (hypothèses) relatif aux problématiques d'insertion;
- l'insertion fonctionnelle du tramway;
- l'insertion et l'aménagement de l'espace urbain.

Livrable 1.3 : Mode d'alimentation du système

Ce livrable rassemblera à partir de la technologie de référence, des variantes retenues au livrable 1.1 et des principes de base à considérer, le Consortium procèdera dans le cadre de ce livrable à :

- l'identification des critères de conception (normes, contraintes et impacts);
- l'identification des principes de raccordement au réseau et des équipements de transformation requis;
- la définition du mode d'exploitation et d'entretien.

Livrable 1.4 : Équipements, exploitation, maintenance et dépôt

Ce livrable définira l'ensemble des systèmes et équipements requis pour le bon fonctionnement du tramway, décrira les principes d'exploitation recommandés et estimera le parc de matériel roulant, de la vitesse commerciale du système, ainsi que des paramètres d'exploitation nécessaires au fonctionnement du tramway. Cela contribuera au calcul du coût d'exploitation du système.

Livrable 1.5 : Phasage et échéancier de construction du projet

Ce livrable analysera et déterminera la possibilité de mettre en place le projet de tramway par phases. Selon le cas, un découpage des phases du projet, une priorité et un échéancier de mise en place des différentes phases de construction du projet seront proposés. Une concertation avec le mandataire des mandats 3 et 4 (lot 3) pour tenir compte de l'impact des déplacements, de l'achalandage et des avantages ainsi que des coûts sur le phasage du projet est requise.

Livrable 1.6 : Coûts d'immobilisation et d'exploitation

Ce livrable précisera les coûts d'immobilisation et d'exploitation du système tramway Québec-Lévis par phase, sur une base annuelle, en dollars 2012 avec une précision de $\pm 30\%$.

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

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

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

Livrable 1.8 : Rapport technique du mandat 1

Le Consortium devra produire un rapport technique qui présente de façon claire les inventaires, les constats, les analyses et les résultats du mandat 1 de l'étude de faisabilité portant sur la faisabilité technique du tramway.

1.3 PRÉSENTATION DU LIVRABLE 1.1

Les trois (3) objectifs (voir section 1.2) du livrable 1.1 Projet de référence, variantes et enjeux du tramway ont été répondus par les chapitres suivants qui le constituent :

- Chapitre 1 – Introduction et Mise en contexte;
- **Chapitre 2 – Principes d'insertion** : des principes généraux d'insertion du tramway sont discutés et les critères méthodologiques d'insertion sont exposés. Ces éléments ont servi d'orientation pour l'insertion préliminaire du tramway dans les Villes de Québec et de Lévis, proposée dans le livrable 1.1;
- **Chapitre 3 – Variantes du projet** : des variantes de matériel roulant, d'alimentation électrique, de localisation du CEE et de tracés sont présentées. Un choix préliminaire en termes de variantes est fait;
- **Chapitre 4 – Problématiques préliminaires d'insertion** : une description détaillée de chaque séquence des tracés de tramway est donnée ainsi qu'une proposition concrète d'insertion du tramway dans les endroits représentatifs de ces tracés. Cette description sous forme de plans et coupes-types a permis de réaliser une première identification de problématiques d'insertion par séquence, selon des critères préétablis. Il s'en suit une proposition de sélection de variantes de tracés ainsi qu'une proposition de localisation de stations sur les tracés;
- **Chapitre 5 – Conclusions et recommandations** : ce chapitre conclut sur les variantes du projet retenues et sur les problématiques préliminaires d'insertion du tramway sur les tracés.

1.4 PRÉSENTATION DU SOMMAIRE EXÉCUTIF

- Le présent sommaire exécutif se veut un résumé du livrable 1.1 et est structuré sensiblement de la même façon que celui-ci :
- Chapitre 1 – Introduction;
- Chapitre 2 – Principes d'insertion;
- **Chapitre 3 – Variantes du projet et problématiques préliminaires d'insertion** : les chapitres 3, 4 et 5 du livrable 1.1 sont condensés en un seul chapitre.

2 PRINCIPES D'INSERTION

Ce chapitre présente les différentes possibilités d'insertion fonctionnelle et urbaine d'une ligne de tramway. Dans un premier temps, les **hypothèses de base de l'étude** sont données ainsi que les **avantages du tramway par rapport au Métrobus**. Ensuite, les **critères méthodologiques** de l'étude d'insertion et de **l'implantation des stations** sont présentés. Enfin, les possibilités et principes retenus de **l'insertion de la plateforme tramway et de la conception des arrêts**, ainsi que les problèmes à considérer en regard aux **conditions climatiques** spécifiques à la région de Québec sont présentés.

2.1 LES HYPOTHÈSES DE BASE DE L'ÉTUDE

Les hypothèses principales de base de l'étude sont citées ci-après.

Exploitation et objectifs de performance du tramway

La régularité est primordiale et termes d'attractivité du système : le temps de parcours doit être fiable. Pour être favorablement compétitif avec les services de transport en commun existants à Québec et Lévis, **le site propre sera réservé au système tramway et donc interdit à la circulation générale et non utilisé par les lignes d'autobus ni par les taxis**.

La vitesse commerciale du tramway doit permettre des gains de temps notables sur les déplacements. Un objectif de 25 km/h à 30 km/h est envisagé et sera facilement atteint et même dépassé sur les séquences des tracés 3 (pont de Québec), 4 (Lévis) et sur la séquence A du tracé 2 (Est-Ouest sur le territoire de la ville de Québec) compte tenu de la localisation du tracé et de la distance entre les stations. Toutefois, pour les autres séquences, puisqu'elles sont en milieu urbain plus dense et que les stations sont plus proches, la vitesse commerciale moyenne sera plus près de 20 à 21 km/h. Les objectifs mentionnés ci-dessus sont atteignables dans l'hypothèse où le tramway aura la priorité absolue aux intersections.

Définition du système

Le principe de départ est d'effectuer l'insertion sur la base d'un **matériel roulant de type tramway moderne à roulement fer sur fer** (voir section 3.1 pour la justification de ce choix) et à **traction électrique circulant sur un site propre**.

Le guidage

Le matériel roulant tramway est un **système guidé** et le guidage est **assuré par les rails**.

Alimentation en énergie électrique

Elle est réalisée à partir d'une **ligne aérienne de contact avec captage par pantographe** et retour de courant par les rails de roulement. La hauteur de la ligne peut varier entre 3,7 et 6,3 m.

Profil en travers type plateforme tramway

Compte tenu du gabarit statique du matériel roulant qui sera retenu (2,4 m ou 2,65 m), **la largeur utile de la plateforme tramway est de 5,85 à 6,35 m en alignement droit**. Cette largeur est de 6,35 m à 6,85 m avec les supports de la ligne aérienne implantés entre les deux voies.

Tracé en plan

Le tracé en plan doit satisfaire aux normes de confort du voyageur et de stabilité de la voie. **Les stations seront placées de manière préférentielle sur des alignements droits** pour assurer une bonne visibilité du quai par le conducteur et faciliter l'accès des voyageurs dans le tramway.

Stations

La longueur des quais des stations est adaptée à celle du matériel roulant, en tenant compte de la position des portes. Des prédispositions doivent être intégrées dans le projet initial pour permettre d'augmenter les longueurs de quais si un rallongement des rames est prévu à terme. **Les stations ont une largeur de quai minimum de 3,20 m lorsqu'elles sont à quais latéraux**. Les stations à quai central ont un quai d'une largeur minimale de 4,5 m.

Équipements en stations

L'accès aux quais des stations se fait à l'aide de rampes dont la pente est limitée à 5 % afin de permettre l'accessibilité universelle, soit depuis le trottoir, soit depuis une traversée piétonne de la chaussée. Les quais sont équipés d'abris pour les voyageurs en attente et du mobilier requis (sièges et barres d'appui, poubelle, distributeur de billets, composteurs de billets, panneau d'information, de l'information dynamique, de la signalétique, de l'éclairage propre à la station, etc.).

Voirie, trottoirs et pistes cyclables

Comme prémisses de base à l'insertion du tramway, la **voirie existante devra être complètement revue pour permettre le raccordement de la plateforme du tramway**. A priori, le projet du tramway favorisera le volet de transport actif (vélo, marche, etc.), là où l'insertion est possible.

Accès riverains

La règle générale est de **maintenir l'accès aux riverains**, selon le mode d'insertion du tramway.

Stationnement

Le **stationnement sera organisé, si possible, le long des voies de circulation**, selon le mode d'insertion du tramway. Par contre, aucun stationnement ne doit être implanté en limite de la plateforme du tramway.

Carrefours

Les carrefours munis de panneaux d'arrêt dans les quatre directions devront être modifiés pour permettre l'ajout de feux de circulation. Tous les feux de circulation situés le long du tracé seront munis d'un système de préemption qui permettra au tramway de traverser les intersections de façon prioritaire. Le phasage des feux devra également être adapté ainsi que les équipements (contrôleur, lanternes, etc.) pour permettre ces modifications.

2.2 LES AVANTAGES DU TRAMWAY PAR RAPPORT AU MÉTROBUS

Le tramway est censé remplacer certains tronçons de certaines lignes du Métrobus pour améliorer le service à la clientèle et participer à l'augmentation de la part modale du transport collectif par rapport à l'usage de la voiture particulière.

Les lignes du Métrobus comportent de nombreux couloirs réservés implantés en rive le long des trottoirs et une certaine forme de priorité aux carrefours par des adaptations de la signalisation

lumineuse. De plus, des services express répondent au mieux aux origines – destination de la clientèle en favorisant les temps de parcours.

Par contre, si on analyse le fonctionnement actuel du Métrobus, on peut constater que les caractéristiques du tramway permettent une nette amélioration de ce fonctionnement :

- le tramway circule sur un site propre qui lui est réservé;
- le tramway circule sur des rails qui assurent un confort de roulement et de trajectoire quasi parfait pour les voyageurs;
- le tramway est équipé de stations propres, parfaitement équipées et totalement accessibles en bordure des voies;
- le tramway offre une capacité nettement plus importante que les BHNS;
- l'ensemble du système tramway, véhicules et stations, est accessible, ce qui participe au confort de tous;
- le tramway offre un meilleur confort aux usagers que les systèmes d'autobus et les BHNS;
- le tramway utilisant une énergie propre, l'électricité, pour l'alimentation de son système de propulsion et de ses auxiliaires a donc un impact positif plus important qu'un BHNSD sur la réduction des gaz à effet de serre;
- enfin, les lignes de tramway sont très lisibles de par leur infrastructure.

L'installation d'un tramway apporte un changement en termes d'image du transport collectif et de par son occupation du domaine public, occupation qui doit s'accompagner d'un réaménagement de l'espace urbain au moins « entre façades » des axes empruntés, avec une amélioration des déplacements actifs (vélo, marche, etc.) et une réorganisation des trafics routiers allant dans le sens de favoriser l'utilisation du transport en commun et la vie urbaine de proximité.

Pour cela, il faut bien sûr que le tramway et son réseau associé soient conçus de façon à assurer son succès, avec en particulier les conditions suivantes :

- que le système dans son ensemble soit fiable;
- que la vitesse commerciale soit élevée et compétitive avec les autres modes de déplacement et surtout que les temps de parcours soient fiables;
- que la fréquence soit attractive, afin de limiter les temps d'attente;
- que les accès aux stations soient aisés, confortables, sécuritaires et universels (toutes les stations seront accessibles par deux (2) rampes (une à chaque extrémité du quai) avec une pente de 5 % ou moins sauf si la pente du terrain naturel ne le permet pas. Dans ce cas, il y aura au moins une rampe d'accès avec une pente de 5 % ou moins);
- que les stations soient bien aménagées pour rendre confortables les temps d'attente, en particulier vis-à-vis des conditions climatiques;
- que les correspondances entre lignes de tramway soient minimisées;
- que les échanges intermodaux soient facilités et confortables;
- que l'ensemble du système soit sécuritaire;
- que les véhicules offrent un confort suffisant, en termes d'offre en places assises, informations, climat, etc.

2.3 LES CRITÈRES MÉTHODOLOGIQUES DE L'ÉTUDE D'INSERTION

Les critères méthodologiques généraux d'insertion du tramway appliqués sont listés ci-après, par ordre de priorité donné à chacun lors de l'exercice d'insertion préliminaire du tramway effectuée dans le livrable 1.1. L'insertion se fait également en tenant compte de façon prioritaire de l'emprise disponible, façade à façade, et elle nécessite dans la plupart des cas un réaménagement complet de la voirie et des équipements associés sur l'ensemble de cette emprise. Les critères sont, dans l'ordre :

- priorité au tramway et autres transports collectifs;
- maintenir ou améliorer les espaces piétons;
- assurer la fluidité des voiries;
- itinéraires cyclables;
- adapter l'offre de stationnement aux besoins;
- espaces verts, environnement;
- activité commerciale;
- fonctionnement de l'habitat riverain.

Ces critères sont également utilisés ultérieurement dans le livrable 1.1, pour identifier les problématiques d'insertion (réduction du nombre de voies de circulation par exemple).

2.4 L'IMPLANTATION DES STATIONS

L'implantation des stations, leur localisation, leur conception, les possibilités d'accès depuis les pôles générateurs de clientèle, sont les éléments fondamentaux d'un projet de transport en commun.

Le succès d'un axe lourd de transport est largement tributaire de sa capacité à desservir au plus près les pôles de population et d'emploi de l'agglomération ainsi que les grands équipements. Aussi, on peut dire que le tracé doit en fait être la simple liaison entre les points d'arrêts, et qu'il est donc conditionné par le choix de l'emplacement judicieux de chaque station. Cependant, ce succès dépend également de la façon de voyager entre ces points d'arrêts, avec régularité, sans perte de temps et avec un temps de parcours, donc une vitesse commerciale, concurrentielle.

Les tracés qui sont développés dans la présente étude relèvent essentiellement du Plan de mobilité durable élaboré par la Ville de Québec qui définit les grands pôles d'activité à desservir, les axes de développement urbains avec une politique de réaffirmer la prédominance du centre-ville et d'éviter l'étalement urbain. La localisation précise des stations s'inspire, dans un premier temps, de la localisation des stations Métrobus déjà existantes sur les tracés du tramway, puisque le tramway risque de remplacer, en certains endroits, les lignes du Métrobus.

En ce sens, pour les fins du livrable 1.1, l'objectif d'implantation des stations est d'avoir une (1) station tous les ± 500 m sur la base de la localisation des stations Métrobus le long des tracés tramway, des points de rencontre avec les lignes de bus importantes qui croisent le tracé tramway et des pôles générateurs de déplacements.

2.5 L’INSERTION DE LA PLATEFORME ET CONCEPTION DES ARRÊTS

Insertion de la plateforme

L’insertion d’un **site propre** peut se concevoir en considérant plusieurs principes d’organisation dans le choix de la position de la plateforme et de l’aménagement :

- positions de la plateforme : axiale; latérale, bilatérale ;
- aménagement et fonctionnement de la voirie :
 - double sens de circulation automobile;
 - mise en sens unique, avec une seule voie de circulation;
 - présence ou non d’espaces de stationnement en rive.

Il est possible d’envisager de dissocier les deux (2) voies du site propre, un sens s’effectuant dans une rue, l’autre sens s’effectuant dans une autre rue. Le **site mixte**, quant à lui, correspond à la situation où une des deux (2) voies du tramway est utilisée par les véhicules particuliers (VP, PL, BUS), alors que le **site banal** correspond à la situation où les deux (2) voies du tramway sont utilisées par les véhicules particuliers.

Les cotes pour les largeurs de voiries et des trottoirs présentées dans les Figures 3 à 6 sont provisoires et à titre d’information. Comme indiqué dans la note d’Hypothèses générales (sous-livrable 1.1), ces paramètres seront revus et précisés avec le groupe de travail prévu dans la structure de gouvernance du projet; ces paramètres ayant essentiellement été tirés du *Guide de conception géométrique des rues de la ville de Québec* (janvier 2008, Ville de Québec), guide qui s’applique dans le cadre de nouveaux développements. Le tableau ci-après présente de façon sommaire les principaux paramètres.

Tableau 1 : Hypothèses relatives à la voirie, au trottoir et aux pistes cyclables

DESCRIPTION	DIMENSIONS (EN METRES)
Trottoir	3,00 ; soit 1,75 + 1,25 pour mobilier urbain et éclairage
Deux voies de circulation dans le même sens :	
Artère principale	7,50 (3,50 + 4,00)
Artère secondaire	7,00 (3,35 + 3,65)
Collectrice principale	6,75 (3,25 + 3,50)
Locale principale industrielle	7,50 (3,50 + 4,00)
Deux voies de circulation en sens inverse du même côté de la plateforme tramway :	
Collectrice secondaire	7,50 (2 x 3,75)
Locale principale résidentielle	6,50 (2 x 3,25)
Locale secondaire résidentielle	10,00 (2 x 5,00 incluant 2 bandes cyclables)
Locale tertiaire résidentielle	9,00 (2 x 4,50 incluant 2 bandes cyclables)
Locale secondaire industrielle	7,50 (2 x 3,75)
Une voie de circulation de part et d’autre de la plateforme non franchissable du tramway	4,00
Voie de tourne à gauche	3,15
Voie de tourne à droite	3,20
Terre-plein sans émergence	1,00
Terre-plein avec émergence	1,5 pour lampadaire ou feux circulation
Refuge piéton	2,5 (minimum 2,00 exceptionnellement)
Piste cyclable (1 sens) sur voirie	1,50
Piste cyclable (1 sens) hors - rue	2,0
Piste cyclable (2 sens) hors – rue éloignée du pavage	3,00
Piste cyclable + piéton (1 sens)	3,00
Piste cyclable + piéton (2 sens)	4,50

Position axiale : (largeur de voirie minimale nécessaire 20 m)

Cette position (voir Figure 3) favorise la vitesse du tramway, facilite la circulation et la desserte des riverains en ce qui concerne les accès aux propriétés. Mais elle présente certains inconvénients :

- pas de possibilité de stationnement pour une voirie inférieure à 20 m;
- trottoirs bordés directement par la circulation automobile;
- difficulté éventuelle d'implantation des stations.

Position bilatérale

Le principal intérêt de cette solution (Figure 4) est la facilité d'intégrer les stations aux trottoirs qui servent de quai dans chaque direction. Cependant, elle présente de nombreux inconvénients :

- gêne maximale pour les accès riverains et les accès aux rues perpendiculaires;
- suppression des stationnements le long des trottoirs, trop contraignants, en termes de manœuvre sur le site propre;
- mauvaise lisibilité du site propre plutôt assimilé à un couloir de transport en commun autobus;
- risques de blocage de l'exploitation du tramway par des véhicules engageant son gabarit;
- pas de possibilité de dévier le véhicule d'une voie sur l'autre;
- largeur réduite des quais qui doivent également servir de trottoir.

Position latérale

Avec 2 sens de circulation : (largeur de voirie minimale nécessaire 20 m)

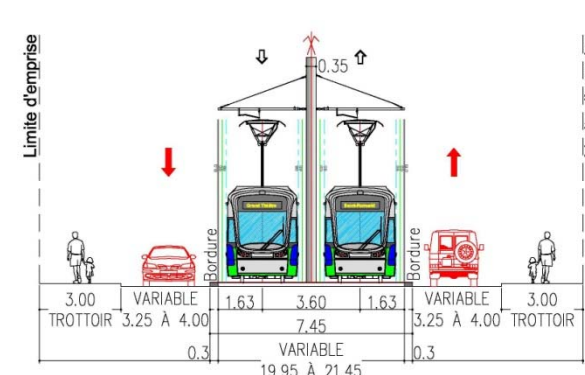
Quel que soit le parti d'implantation (d'un côté ou de l'autre), le tramway croise la circulation « à l'anglaise », c'est-à-dire sur la droite de la voie de circulation longeant la plateforme (Figure 5).

Avec un seul sens de circulation : (largeur de voirie minimale nécessaire 17 m)

Dans ce cas (Figure 5), on choisit de préférence l'implantation de la plateforme de façon à ce que le tramway et les voitures sur la voie de circulation contiguë roulent dans le même sens et ce, dans le but de limiter la largeur du séparateur à 30 cm au lieu de 1 mètre.

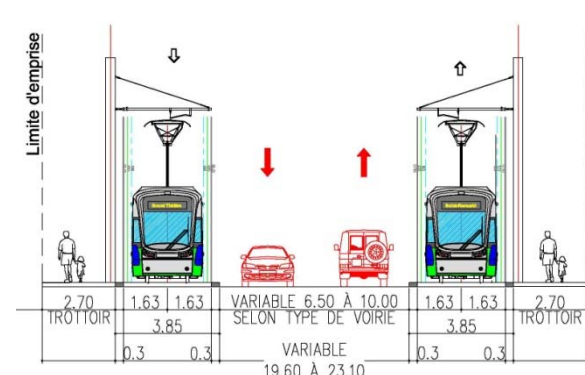
Le principal inconvénient de la position latérale est que les accès riverains impactent fortement le tramway et sa vitesse commerciale est, par conséquent, moins bonne.

Figure 3 : Coupe-type et illustration d'un tramway en position axiale



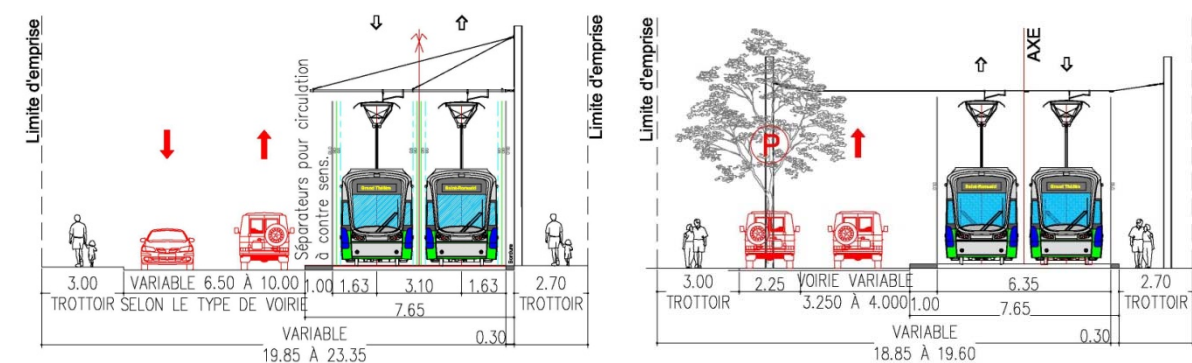
Nantes, France

Figure 4 : Coupe-type et illustration d'un tramway en position bilatérale



Marseille, France

Figure 5 : Coupe-type d'un tramway en position latérale avec voies de circulation à double sens et à un seul sens de circulation



Voies dissociées

Cette solution (Figure 6) est intéressante si les deux (2) voies du tramway peuvent être implantées dans deux (2) voiries parallèles relativement proches pour permettre de conserver les autres fonctions urbaines des voiries considérées, mais elle présente certains inconvénients de la solution bilatérale :

- mauvaise lisibilité du site propre,
- coût d'investissement majoré avec deux chantiers et deux voiries à réaménager,
- pas de possibilité de dévier une voie sur l'autre,
- stations à quais dissociés, difficiles donc à repérer pour les voyageurs.

Site banal avec priorité tramway

Cette option (Figure 7) correspond à une (1) voie de circulation dans chaque sens avec une séparation, continue ou ponctuelle, rendant impossible l'action de doubler, et pour lesquelles on assure la priorité d'accès du tramway en faisant en sorte que la circulation soit dégagée devant. Ceci s'effectue quasi naturellement grâce au blocage en station des voitures derrière le tramway à l'arrêt ainsi qu'à l'ajout de feux de circulation en amont et en aval du site banal pour bloquer d'une part la circulation avant l'arrivée du tramway et dégager, d'autre part la circulation en avant du tramway. Les principaux inconvénients de ce type d'insertion sont les suivants :

- la circulation de véhicules routiers en station présente des risques importants pour les piétons ;
- il faut prévoir pour certains carrefours, une voie d'évitement supplémentaire pour le trafic général, soit pour un mouvement tournant, soit pour assurer l'arrivée en tête du tramway au carrefour.

Voie unique

Cette solution est proposée sur de très courtes distances dans les cas où il est difficile d'élargir la voirie du fait de son étroitesse, et pour réduire les coûts d'investissement. Les principaux inconvénients de cette solution sont :

- l'exploitation plus compliquée du tramway, moins régulière, liée au cadencement ;
- la hausse des temps de parcours ;
- l'augmentation possible du nombre de véhicules ;
- la limite de capacité de transport de la ligne.

Conclusions et recommandations pour l'insertion de la plateforme

La **position axiale** est à favoriser, pour l'insertion de la plateforme tramway, sauf dans les séquences où il y a peu ou pas de riverains ou encore dans le cas d'une voirie à sens unique. Dans ces cas, la **position latérale** est indiquée. La position bilatérale présente de nombreux désavantages et est donc évitée.

Dans le but d'atteindre les objectifs du Plan de mobilité durable de la Ville de Québec, seul le **site propre** est à considérer. Le **site banal** doit être envisagé seulement dans le cas de contraintes majeures d'insertion, compte tenu des impacts de ce type de sites sur la vitesse commerciale du tramway et la fiabilité de son exploitation. La voie unique est, quant à elle, à éviter compte tenu de ses effets sur l'exploitation et la fiabilité du système.

Le Tableau 2 résume les avantages et inconvénients de chacun de types d'insertion présentés.

Figure 6 : Coupes-types d'un tramway en position latérale, voies dissociées

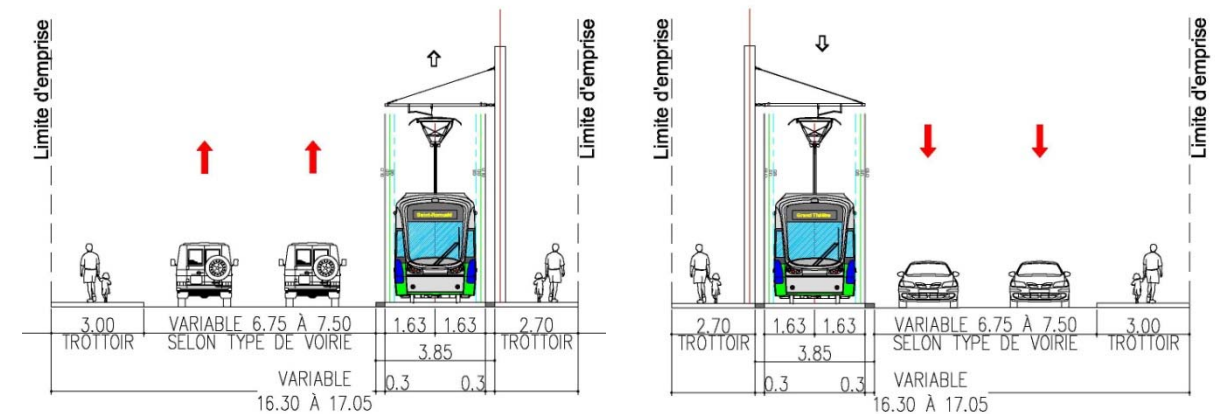


Figure 7 : Illustration d'un tramway en site banal avec priorité tramway



Nantes, France

Marseille, France

Tableau 2 : Principaux avantages et inconvénients des types d'insertion d'un tramway

Position axiale		Position bilatérale		Position latérale		Voies dissociées		Site banal avec priorité tramway		Voie unique	
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
Favorise la vitesse du tramway	Pas de possibilité de stationnement si voirie inférieure à 20 m	Facilité d'intégrer les stations aux trottoirs	Gène maximale pour les accès riverains et aux rues perpendiculaires	Moins pénalisante qu'une position bilatérale	Gène pour les accès riverains et aux rues perpendiculaires sur le côté d'insertion du tramway	Peut permettre de conserver les fonctions urbaines des voiries	Mauvaise lisibilité du site propre	Limite les coûts lorsqu'ouvrages majeurs (édifices, ponts, etc.) ne permettent pas l'insertion en site propre	Plus contraignant pour l'exploitation du tramway (vitesse, etc.)	Limite les coûts lorsqu'ouvrages majeurs (édifices, ponts, etc.) ne permettent pas l'insertion en site propre ou en site banal	Plus contraignant pour l'exploitation du tramway (vitesse, capacité, etc.)
Facilite la circulation	Trottoirs bordés par la circulation automobile		Suppression des stationnements le long des trottoirs	S'insère bien dans des zones où il n'y a pas de riverains sur un côté de la rue (le long d'une voie ferrée, d'un parc, etc.)	Suppression des stationnements le long du trottoir limitrophe du tramway		Coût d'investissement plus élevé		La priorité devant être donnée au tramway, il y a réduction de capacité de la voirie en site banal		La voie unique doit se limiter à quelques mètres. Plus elle est longue, plus l'exploitation (fréquence, entre autres) est impactée
Facilite l'accès des riverains	Difficulté éventuelle de l'insertion des stations		Mauvaise lisibilité du site propre		Risques de blocage du tramway par des véhicules engageant le GLO		Pas de possibilité de dévier une voie sur l'autre		Les véhicules routiers doivent suivre le tramway (pas de dépassement sur le site banal même lorsque le tramway est à l'arrêt en station)		Cette voie ne peut être en site banal
			Risques de blocage du tramway par des véhicules engageant le GLO		Un des quais doit servir de trottoir		Stations à quais dissociés, donc difficile de repérer pour les usagers		La circulation en station présente un risque important pour les piétons		
			Pas de possibilité de dévier les véhicules d'une voie sur l'autre								
			Largeur réduite des quais qui doivent également servir de trottoir								

Conception des arrêts

La conception d'une station peut se faire de trois manières principales différentes :

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

La **solution à quais latéraux face à face** (Figure 8) est la solution de base de par ses avantages :

- simplification pour les voyageurs avec un quai par direction;
- convivialité de l'entité station formant un ensemble isolé de la voirie, tourné vers le tramway;
- confort du tracé du tramway en alignement droit;
- facilité pour quitter le quai en sécurité, le quai formant l'îlot piéton.

La **solution à quais latéraux décalés** (Figure 9) est surtout applicable pour une plateforme en position axiale. Elle permet de mieux s'inscrire dans l'organisation d'un carrefour en implantant chaque quai après le carrefour (option 1). Elle permet également de gagner en largeur d'emprise au prix d'un tracé sinueux pour les voies du tramway (option 2) ce qui pénalise la vitesse commerciale et nuit au confort des voyageurs par l'absence de protection en vis-à-vis de chaque quai et présente quelques risques en termes de sécurité pour les piétons qui traversent les voies du tramway. En bref, cette solution doit être évitée.

La **solution à quai central** (Figure 10) s'utilise également avec une plateforme en position axiale et peut apporter un gain de place ou faciliter des échanges mais elle présente plusieurs inconvénients:

- difficulté des flux voyageurs avec deux rames à quai;
- tracé sinueux pour le tramway;
- nécessité de placer des îlots piétons pour assurer leur sécurité entre la voie du tramway et la ou les voies de circulation (le tramway à l'arrêt cache la vue pour les voyageurs venant du quai).

Conclusions et recommandations pour la conception des arrêts

La **solution à quais latéraux face à face** sera celle qui sera privilégiée pour l'insertion du tramway à Québec et Lévis, pour des raisons de confort des usagers et d'entretien du matériel roulant et de la voie ferrée.

2.6 PROBLÈMES CLIMATIQUES

Les particularités climatiques de Québec auront des incidences sur le tramway, à trois niveaux différents :

- sur la conception des équipements, systèmes et du matériel roulant pour en assurer le bon fonctionnement en tout temps (forts écarts de températures été/hiver);
- sur la conception de la chaîne de déplacements, dans le but d'assurer un confort important pour le voyageur tout au long de son déplacement (montées, descentes, accès piétonniers aux stations, abris, etc.);

- sur la conception des aménagements pour prendre en compte les problèmes de déneigement et de stockage de la neige.

D'ores et déjà, on peut dire qu'il conviendra de faciliter l'accès du site propre pour déblayer la neige et ainsi maintenir les installations du tramway dégagées, d'éviter des infrastructures ou équipements qui favoriseraient l'accumulation de la neige et que les stations auront un maximum de protection contre les intempéries. De plus, globalement, des zones de stockage de la neige seront prévues, par exemple en élargissant les bandes de stationnement ou en utilisant les alignements d'arbres.

Figure 8 : Schéma d'une station à quais latéraux face à face

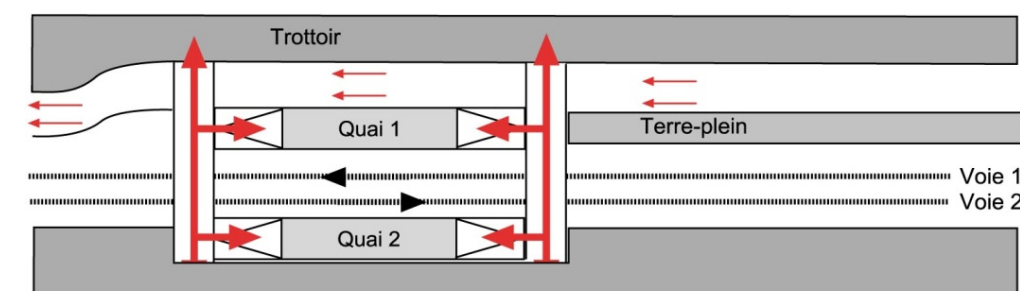


Figure 9 : Schémas d'une station à quais latéraux décalés

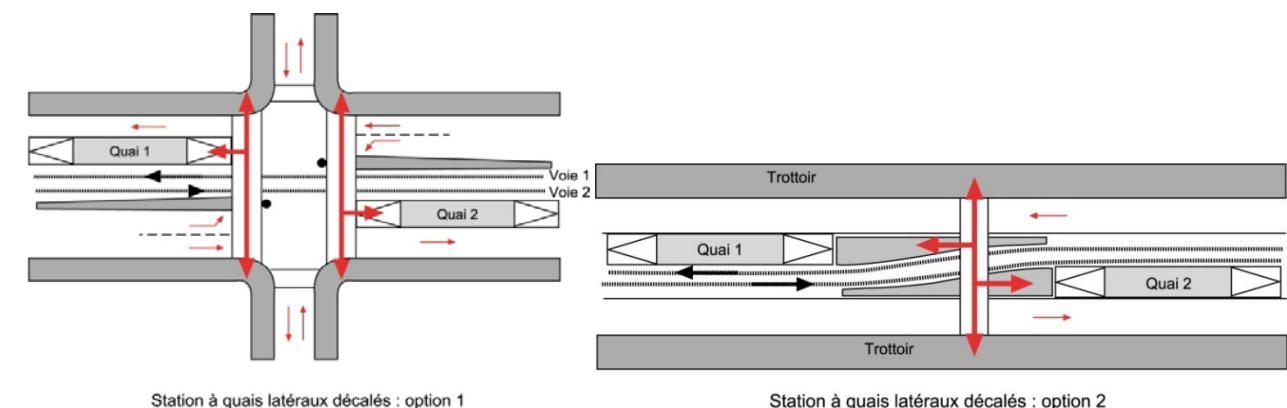
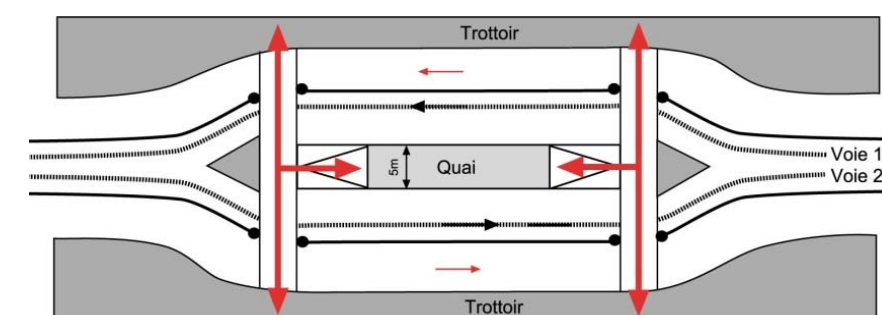


Figure 10 : Schéma et illustration d'une station à quai central



3 VARIANTES DU PROJET ET PROBLÉMATIQUES D'INSERTION

Les variantes au projet de tramway explorées au livrable 1.1 sont : le **matériel roulant**, les **systèmes d'alimentation traction**, les sites de **localisation de CEE** et les **tracés**. La considération et la sélection de ces variantes sont une étape clé du projet de tramway, puisque ces variantes déterminent de façon intrinsèque l'insertion précise du projet dans les villes de Québec et de Lévis. Ce chapitre présente ces variantes ainsi que des recommandations en termes de choix de variantes à considérer dans la suite de l'étude de faisabilité. Ensuite, des conclusions en termes de **problématiques générales d'insertion inter-stations** et **au niveau des stations**, sont présentées. L'ensemble des conclusions en matière d'insertion découle d'une description détaillée des séquences des tracés du tramway (plans, coupes, photos), et d'un exercice d'insertion préliminaire du tramway tout le long de ceux-ci, avec une identification préliminaire des principales problématiques d'insertion, selon les critères méthodologiques définis dans le chapitre 2.

3.1 VARIANTES MATÉRIEL ROULANT

Les variantes de matériel roulant analysées : Roulement fer, Roulement pneumatique et à crémaillère.

Figure 11 : Roulement fer - Tramway de Bergen, Norvège



Figure 12 : Roulement pneumatique - Tramway de Clermont-Ferrand, France



Figure 13 : Train à crémaillère « Panoramique des Dômes », Auvergne, France



Conclusions et recommandations pour le matériel roulant

À ce niveau d'analyse préliminaire, il ressort de cette analyse que le matériel roulant pour un tramway à Québec et Lévis doit :

- **être une technologie de tramway à roulement fer** sous réserve de la confirmation de la possibilité d'un tracé présentant des pentes de préférence de l'ordre de 6 % en alignement droit avec une possibilité de passer à 8 % en adaptant la motorisation ou, par exemple, une pente de 7 % avec une courbe de rayon de 80 mètres;
- **être réversible** (cabine de conduite à chaque extrémité);
- **avoir dans une première phase ± 33 m de long** avec une prévision d'allongement de ± 10 m à terme;
- **avoir une largeur de 2,65 mètres** afin d'offrir un meilleur confort aux passagers et rendre le mode tramway le plus concurrentiel possible par rapport au mode voiture particulière, dans le but de doubler l'achalandage du transport collectif dans la région (objectif du Plan de mobilité durable);
- **être motorisé à 100 % en phase initiale** (3 essieux sur 3 pour des rames de ± 33 m de long) et à 75 % à terme (3 essieux sur 4 pour des rames de ± 43 m de long).

Dans cette analyse, l'aspect financier n'a été considéré que du point de vue matériel roulant. Il est clair que le choix du matériel roulant le mieux adapté est également lié aux conséquences techniques et financières de ses caractéristiques sur l'ensemble du projet et en particulier sur l'infrastructure.

3.2 VARIANTES SYSTÈME D'ALIMENTATION TRACTION

Les différents systèmes d'alimentation traction qui existent pour un matériel roulant de type tramway adaptés aux contraintes climatiques et de tracé des villes de Québec et de Lévis ont été analysés préliminairement. L'analyse a été faite en prenant en compte les deux domaines de l'alimentation traction, à savoir les installations fixes de traction et le matériel roulant. Les variantes du **type de tension d'alimentation**, des **solutions d'énergie de base (captation)** et des **types de systèmes d'énergie d'appoint (embarqués)** sont traitées.

Tension d'alimentation

Le choix de la tension d'alimentation traction concerne à la fois les installations fixes de traction et le matériel roulant. Les tensions d'alimentation traction standardisées dans les transports urbains et ferroviaires au niveau international sont les suivants (norme EN 50163 notamment) : **750 Vcc, 1 500 Vcc, 3 000 Vcc, 15 000 Vac et 25 000 Vac**.

Conclusions et recommandations pour la tension d'alimentation

Le projet du tramway de Québec et de Lévis étant majoritairement en zone urbaine avec une insertion en surface, il en découle que le choix de tension se réduit au 750 Vcc ou 1 500 Vcc. À ce niveau d'analyse préliminaire, la **tension 750 Vcc semble la mieux adaptée au projet du tramway de Québec et de Lévis**, dans le cas de rames de ± 33 m pouvant être allongé à ± 43 m et d'une exploitation en unité simple uniquement avec un intervalle de l'ordre de 3 à 5 minutes.

Énergie de base (captation)

La solution avec LAC (Figure 14) est depuis des décennies le système de référence concernant l'alimentation en énergie de traction des tramways. Cependant, depuis quelques années, certaines motivations poussent les industriels à développer des systèmes d'alimentation sans LAC en milieu urbain sensible. Il existe essentiellement quatre (4) systèmes d'énergie de base (captation), soit : la **ligne aérienne de contact (LAC)**, l'**alimentation par le sol (APS) avec contact** (Figure 15), l'**APS sans contact** (Figure 16) et le **système WIPOST** (Figure 17).

Conclusions et recommandations pour la captation

L'analyse préliminaire fait clairement ressortir que le système de LAC est la solution la mieux adaptée pour le tramway de Québec et de Lévis.

Énergie d'appoint (embarquée)

Les systèmes d'énergie d'appoint (embarqués) sont utilisés pour assurer principalement deux fonctions :

- le lissage des fortes variations de puissance (freinage, démarrage, etc.) lorsqu'il est couplé avec un autre moyen de captage d'énergie;
- l'alimentation secondaire en cas d'interruption volontaire (franchissement d'inter-station sans captage continu d'alimentation) ou accidentelle de captage (avarie technique).

Cette énergie peut être :

- emmagasinée dans des accumulateurs situés à bord du véhicule :
 - électrochimiques (batteries);
 - capacitifs (super-capacité);
 - électromécaniques (volant d'inertie);
- ou générée à bord :
 - pile à combustible.

Conclusions et recommandations pour les énergies embarquées

Toutes ces technologies d'énergies d'appoint (embarquées) ont une autonomie de seulement quelques centaines de mètres. Elles nécessitent donc d'être couplées à une technologie avec

énergie de base (captation). Chacune des technologies présentées porte en elle ses propres risques pour le maître de l'ouvrage. L'analyse fait ressortir que **le système de super-capacité est un système qui se classe mieux que les deux autres systèmes**.

Figure 14 : LAC avec poteau axial

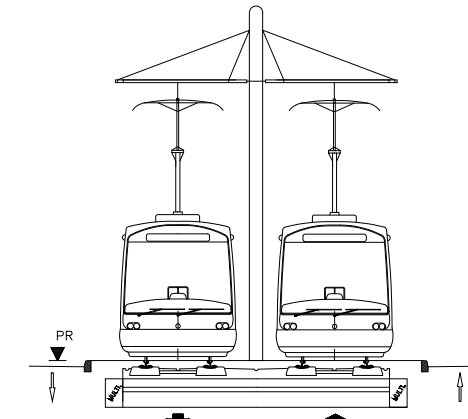


Figure 15 : APS avec contact - Schéma du rail d'alimentation segmenté

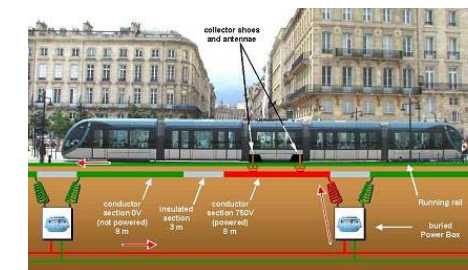


Figure 16 : APS sans contact Principe général du système PRIMOVE

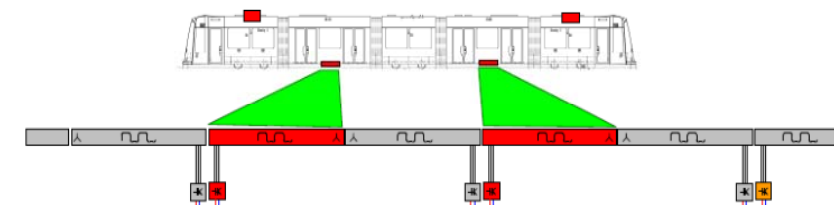


Figure 17 : Principe général du système WIPOST2



3.3 VARIANTES CEE

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

Un plan type d'agencement d'un CEE fut établi pour un parc de matériel roulant d'environ 50 rames de 30-33 m ou 40 rames de 40-43 m. L'emprise nécessaire est de l'ordre de 55 000 à 60 000 m². Dans le cas d'un parc de matériel roulant plus important, de l'ordre de 70 rames, le besoin en surface pour le CEE est de l'ordre de 80 000 m². Un CEE peut être étendu de façon graduelle au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles rames de matériel roulant. Pour un parc de matériel roulant plus important et/ou un réseau tramway très étendu, il est préférable de privilégier la réalisation d'un 2^e centre d'entretien. Ceci permet principalement de réduire le kilométrage à parcourir en haut le pied par chaque rame. Dans le cas de l'extension de la ligne de tramway à Lévis jusqu'au boulevard Alphonse-Desjardins, il est recommandé de prévoir un 2^e Centre (secondaire) de remisage et d'entretien.

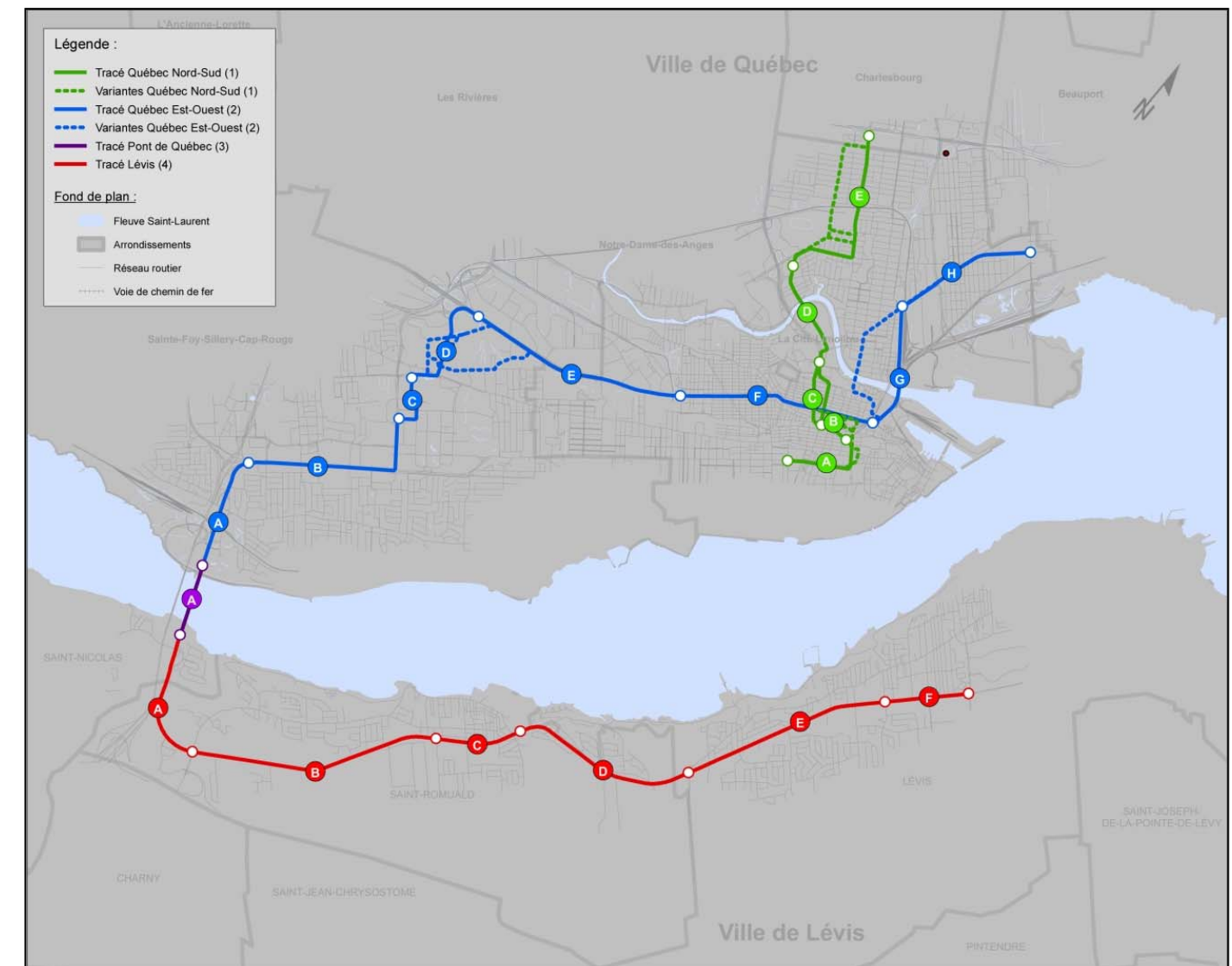
Conclusions et recommandations CEE

À ce jour, **quatre (4) sites ont été identifiés** pour l'implantation du centre d'exploitation et d'entretien. Compte tenu de leur superficie et de leur localisation par rapport aux tracés, **deux (2) de ces sites sont particulièrement intéressants**. Cette analyse devra se poursuivre dans les étapes subséquentes de l'étude puisque d'une part, le site optimum doit se trouver près des tracés qui seront mis en place dans un premier temps et que, d'autre part, le phasage de la mise en place du tramway n'est pas encore connu.

3.4 VARIANTES DE TRACÉS ET PROBLÉMATIQUES D'INSERTION

Le tracé de référence (présenté à la Figure 18), s'accompagne, en plusieurs endroits, de variantes de tracé. Les variantes sont présentées ci-dessous, par tracé et séquence concernés et les recommandations en matière de sélection de variantes sont émises.

Figure 18 : Tracés et séquences du projet de tramway de Québec et de Lévis



Variantes sur le tracé Nord-Sud (tracé n°1) – Séquences A/B/C

Les variantes

Cette séquence concerne le passage de la Basse-Ville à la Haute-Ville de Québec dans le secteur de la colline parlementaire. Sur ces séquences A/B/C, il y a cinq (5) variantes analysées, en plus du tracé de référence¹, tel que l'illustre la Figure 19 :

- **tracé de référence** : de la rue Dorchester, sur la Côte d'Abraham, vers la rue et la place d'Youville, puis passage par le parc de stationnement souterrain existant afin de rejoindre le boulevard René-Lévesque Est par un tunnel jusqu'à la fin du tracé du tramway;
- **variante A** passe dans la direction sud de la rue Dorchester (et dans la direction nord sur la rue de la Couronne), sur la Côte d'Abraham, sous l'avenue Honoré-Mercier et le boulevard René-Lévesque Est, où il serait en tunnel, afin de s'affranchir de la forte déclivité de l'avenue Honoré-Mercier (pente de plus de 10 %), soit depuis la fin de la Côte d'Abraham, soit depuis le début de l'avenue Honoré-Mercier;
- **variante B** : de la rue Dorchester, sur le boulevard Charest Est, sur la rue du Pont, vers le prolongement Est de la rue Fleurie, entre les deux bretelles de la 440 vers le sud (en tunnel), sur l'avenue Honoré-Mercier (en tunnel) et sur le boulevard René-Lévesque Est (en tunnel);
- **variante C** : de la Rue Dorchester, sur le boulevard Charest Est jusqu'aux bretelles de la 440, vers le sud se dirigeant entre les deux bretelles de la 440 (en tunnel), sur l'avenue Honoré-Mercier (en tunnel) et le boulevard René-Lévesque Est (en tunnel);
- **variante D** : étudiée sur les hypothèses du tracé de référence mais avec un tunnel commençant sur l'avenue Honoré-Mercier, avec une trémie condamnant les traversées des rues Saint-Jean et Saint-Joachim, le reste du tracé restant identique;
- **variante E** : étudiée sur les hypothèses du tracé de référence mais avec une remontée du profil avec un ouvrage de soutènement sur le Côte d'Abraham puis un viaduc sur l'ensemble de l'avenue Honoré-Mercier et un tracé à niveau sur le Boulevard René-Lévesque.

Conclusions et recommandations

L'analyse préliminaire effectuée dans cette première phase de l'étude de faisabilité technique permet de conclure que :

- le **tracé de référence** et la **variante A** sont à priori faisables et retenus pour études plus détaillées dans le cadre du livrable 1.2;
- les **variantes D et E** sont aussi à priori faisables, mais sont abandonnées à la demande du RTC suite aux rencontres que le RTC a eues avec les différents comités du projet;
- suite aux rencontres avec les différents comités, le RTC a demandé que les **variantes B et C** ne soient pas abandonnées dans les phases subséquentes bien elles présentent des

problématiques de géométrie et d'insertion plus grandes : pentes importantes (supérieures à 8%) jumelées à des courbes prononcées et insertion difficile entre les bretelles existantes de l'autoroute 440 entre Charest et les tympans du tunnel, en plus d'avoir des impacts importants possibles sur le temps de parcours.

Figure 19 : Tracé Nord-Sud : séquences A/B/C et variantes



¹ Note : Après discussion avec le RTC, il a été décidé d'inverser le tracé de référence et la variante A dans le sommaire exécutif.

Variantes sur le tracé Nord-Sud (tracé n°1) – Séquence C

Les variantes

La séquence C concerne le tronçon entre la côte d'Abraham et la rue de la Maréchaussée dans le secteur des rues De la Couronne et Dorchester à Québec (Figure 20). Le tracé de référence prévoyait d'utiliser, pour le tramway, une voie dans Couronne vers le nord et une voie dans Dorchester vers le sud. Toutefois, deux (2) variantes de cette séquence sont possibles, depuis la côte d'Abraham :

- **Variante A** : le tracé peut continuer à deux (2) voies dans Dorchester;
- **Variante B** : le tracé peut continuer à deux (2) voies dans Couronne.

Conclusions et recommandations

L'analyse faite dans le livrable 1.1 fait ressortir que la **variante A** (les deux (2) voies du tramway sur la rue Dorchester et la rue De la Couronne à double sens pour les véhicules) est la solution à privilégier puisque :

- en termes d'insertion, elle évite le virage difficile (avec pente importante) entre la Côte d'Abraham et la rue de la Couronne ;
- en termes d'impacts, elle permet de revitaliser l'axe Dorchester sans trop perturber l'axe parallèle de la Couronne.

La **variante A est donc le tracé à conserver et à finaliser** dans les prochaines étapes de l'étude de faisabilité². Les impacts sur la circulation seront évalués par le lot 3.

Figure 20 : Tracé Nord-Sud : séquence C et variantes



² À la demande du comité technique, le tracé de référence sera aussi étudié dans le cadre du livrable 1.2. Une analyse plus poussée du reprofilage de la rue de la Couronne entre la Côte d'Abraham et Charest sera faite dans un premier temps pour vérifier la faisabilité du tracé de référence.

Variantes sur le tracé Nord-Sud (tracé n°1) – Séquence E

Les variantes

À la séquence E (1^{re} Avenue), le tracé de référence passe de la rue de la Pointe-aux-Lièvres, par le boulevard Wilfried-Hamel, l'avenue Eugène-Lamontagne, la 1^{re} Avenue, jusqu'à la 41^e Rue Est. Les variantes de cette séquence (voir Figure 21) sont :

- **variante A** : de la rue de la Pointe-aux-Lièvres, par le boulevard Wilfried-Hamel, l'Avenue du Colisée, la 41^e Rue Ouest vers la 41^e Rue Est;
- **variante B** : de la rue de la Pointe-aux-Lièvres, par le boulevard Wilfried-Hamel, la rue Boisclerc, la 1^{re} Avenue, jusqu'à la 41^e Rue Est;
- **variante C** : de la rue de la Pointe-aux-Lièvres, par le boulevard Wilfried-Hamel, le Boulevard des Alliés, la 1^{re} Avenue, jusqu'à la 41^e Rue Est.

Conclusions et recommandations

L'analyse fait ressortir les principaux éléments suivants :

- la **variante A** présente un certain intérêt en termes de longueur et d'insertion, mais ce n'est pas le tracé idéal en termes de desserte et d'aménagement urbain du fait de son passage en dehors du centre attractif des quartiers environnants;
- la **variante C** offre, sur la rue des Alliés, une faible largeur disponible et la présence d'arbres de bonne taille, rendant difficile le passage du tramway, en plus de présenter deux (2) virages serrés sur son tracé;
- la **variante B**, en plus de présenter deux (2) virages serrés sur son tracé, offre une moins bonne desserte des quartiers environnants que le tracé de référence;
- le **tracé de référence** (Lamontagne / 1^{re} Avenue) est le tracé à privilégier dans ce secteur compte tenu en particulier de la desserte qu'il offre et du nombre plus réduit de problématiques de géométrie et d'insertion qu'il présente, comparativement aux variantes, en termes de géométrie, d'insertion et d'impacts sur l'aménagement urbain.

Le tracé de référence est donc celui à conserver et à finaliser dans les prochaines phases de l'étude.³

Figure 21 : Tracé Nord-Sud : séquence E et variantes



³ À la demande du Comité technique, la possibilité d'ajouter une option en insertion latérale en voies dissociées (Lamontagne et Boisclerc) sera étudiée. Le lot 1 est en attente d'une recommandation du lot 3 à cet effet, sur les aspects circulation et desserte. Cette option, le cas échéant, sera étudiée dans le cadre du livrable 1.2.

Variantes sur le tracé Est-Ouest (tracé n°2) – Séquence D

Les variantes

À la séquence D (Nérée-Tremblay), le tracé de référence passe par le Chemin des Quatre-Bourgeois, l'Avenue Nérée-Tremblay et l'Autoroute Charest 440 (Figure 22). Ce tracé présente une forte déclivité (pente de plus de 10 %) au niveau de l'avenue Nérée-Tremblay entre les rues Galvani et Jean Durand et n'est viable que si un ouvrage de franchissement de l'axe Charest et une portion de voie sur viaduc sont construits. Ce point pourra être étudié suivant les orientations de tracé à fournir par le lot n°3. Afin de permettre le franchissement de ce point dur, quatre (4) variantes ont été étudiées :

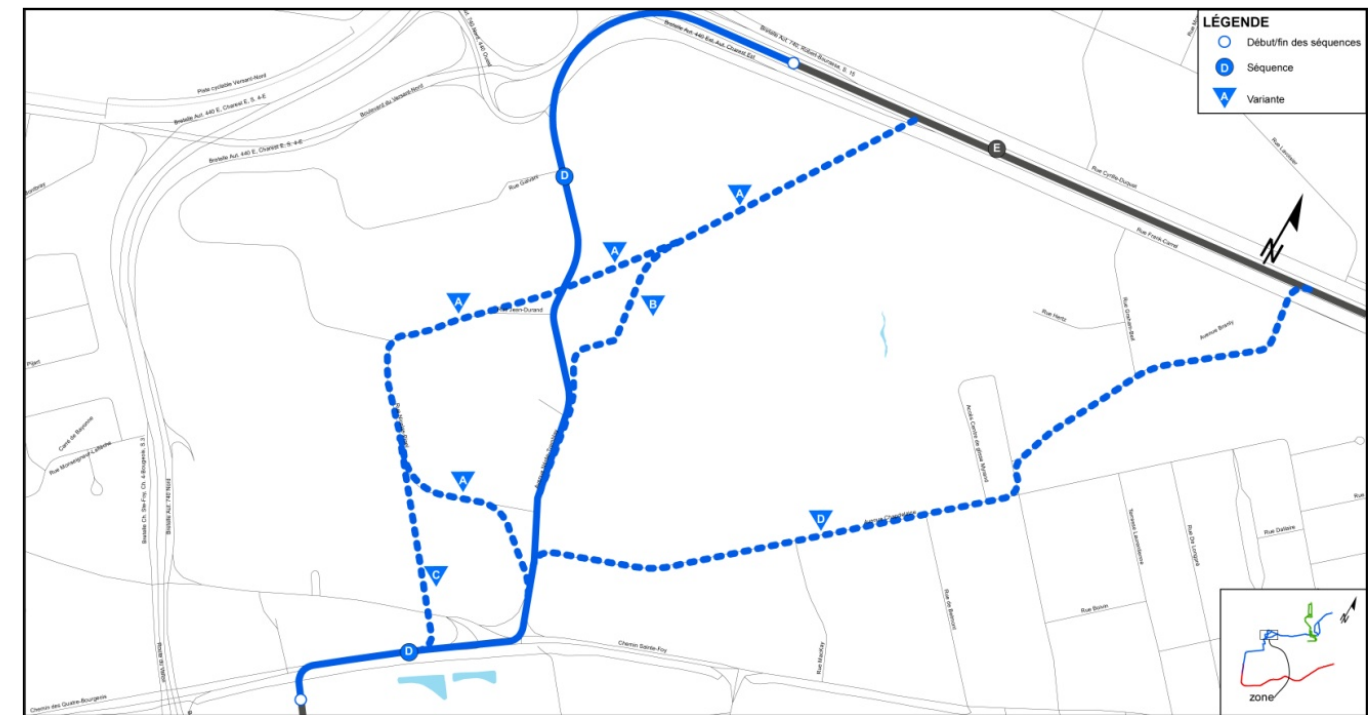
- **variante A** : avenue Nérée-Tremblay, rue Nicolas-Pinel, rue Jean-Durand, puis dans le terrain vacant jusqu'à l'Autoroute Charest 440;
- **variante B** : avenue Nérée-Tremblay sur 500 m, puis à droite vers le groupe d'immeubles (avant rue Jean-Durand) rejoint la variante A au niveau du terrain vacant;
- **variante C** : Chemin des Quatre-Bourgeois, à l'ouest du centre commercial en forme de pyramide, pour rejoindre le tracé de la variante A, soit la rue Nicolas-Pinel, la rue Jean-Durand, puis dans le terrain vacant jusqu'à l'Autoroute Charest 440;
- **variante D** : Chemin des Quatre-Bourgeois, avenue Nérée-Tremblay, avenue Chapdelaine, avenue Branly, Autoroute Charest 440.

Conclusions et recommandations

L'analyse des variantes de cette séquence montre que :

- la **variante D** n'est pas à retenir à cause des pentes trop fortes;
- la **variante B** est faisable d'un point de vue de la géométrie, mais a une moins bonne desserte (notamment du CÉGEP) que les **variantes A et C**;
- en attendant les informations nécessaires du lot 3, la **variante C** associée à la **variante A** est la variante à finaliser dans les phases suivantes de l'étude de faisabilité, compte tenu de la géométrie du tracé (pente, courbe et longueur) et de la desserte du secteur.
- le **tracé de référence** présente une forte déclivité (pente de 10 %) au niveau de l'avenue Nérée-Tremblay entre les rues Galvani et Jean-Durand⁴.

Figure 22 : Tracé Est-Ouest : séquence D et variantes



⁴ À la demande du Comité technique, une analyse sera faite dans le cadre du livrable 1.2 des impacts sur les accès aux propriétés et le réseau routier local engendrés par un reprofilage de Nérée-Tremblay.

Variantes sur le tracé Est-Ouest (tracé n°2) – Séquence G

Les variantes

À la séquence G (des Capucins), le tracé de référence passe du boulevard Charest Est, sur le boulevard Jean-Lesage, le Pont Samson, le boulevard des Capucins, vers le Chemin de la Canardière (Figure 23). La variante de cette séquence est :

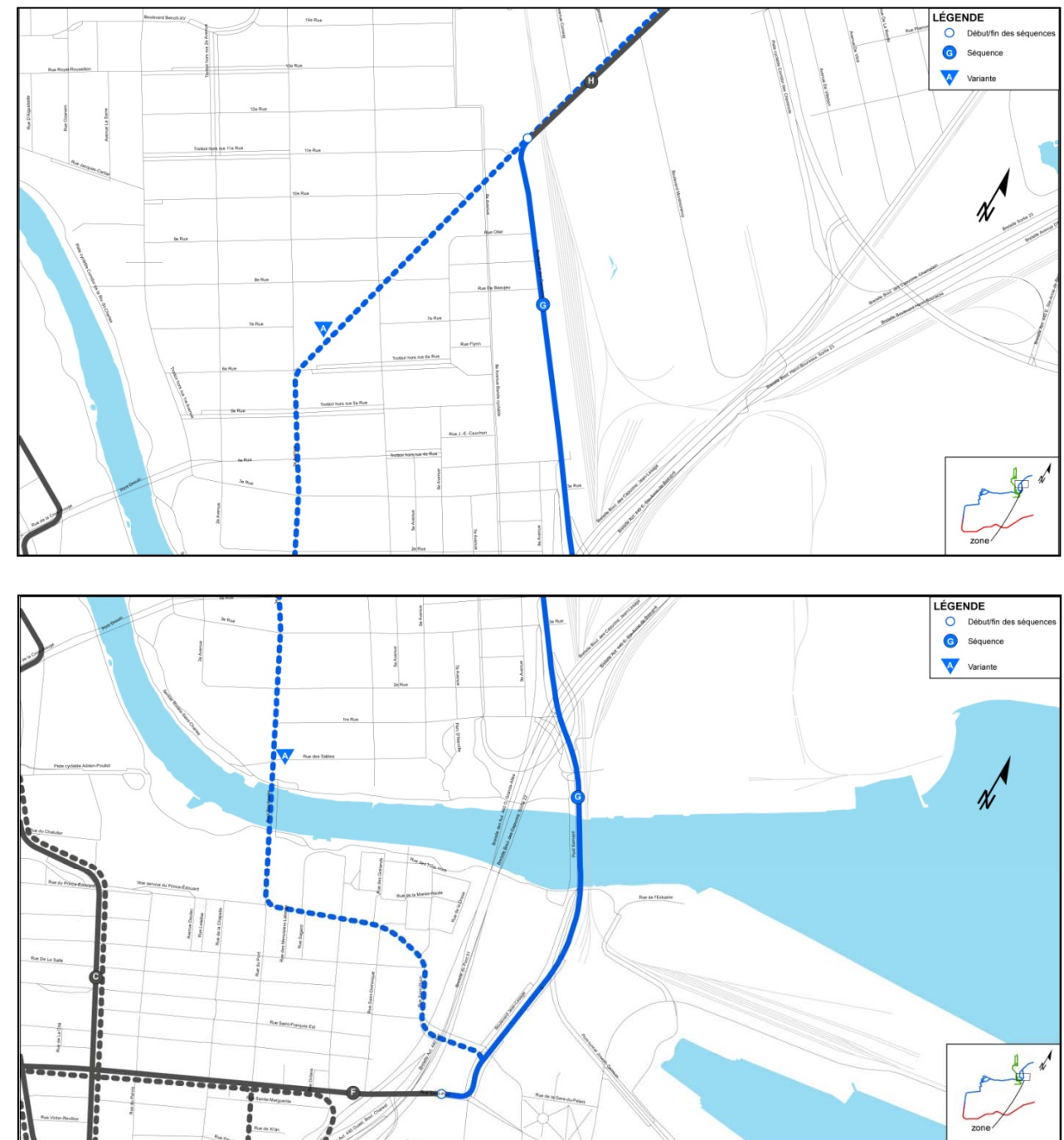
- **variante A** : du boulevard Charest Est, sur le boulevard Jean-Lesage, rue Saint-Roch, rue du Prince-Édouard, rue du Pont, 3^e Avenue, Chemin de la Canardière.

Conclusions et recommandations

L'analyse de cette séquence et de sa variante révèle que :

- la **variante A** est plus longue, du fait de l'obligation de desservir la gare du Palais, et présente quatre (4) virages serrés, mais offre une bien meilleure desserte des quartiers environnants, que le **tracé de référence**;
- le choix entre le **tracé de référence** et la **variante A** doit sans doute être fait en fonction d'une réflexion plus globale pour la ligne et les besoins de la clientèle potentielle. Des actions sont à prendre pour finaliser ce choix :
 - il faut pondérer les critères de comparaison de ces deux (2) tracés avec le RTC;
 - le lot 3 doit faire une simulation pour montrer quel scénario attire le plus d'usagers (achalandage).

Figure 23 : Tracé Est-Ouest : séquence G et variantes



Variantes d'insertion sur le Pont du Québec (tracé n°3)

Le pont de Québec est un pont constitué d'une voie ferrée placée légèrement en contrebas, de trois (3) voies de circulation routière et d'un trottoir du côté aval. L'insertion du tramway sur cet ouvrage doit se faire sur la partie « chaussée existante » puisque :

- les problématiques de circulation de rames de tramway sur une voie ferroviaire sont de plusieurs types (voir détails ci-après);
- il est nécessaire de conserver un trottoir sur le pont pour des raisons de sécurité;
- le gabarit vertical au-dessus du trottoir ne permet pas d'y insérer un tramway.

Il est à noter que deux (2) variantes ont été écartées par le Consortium dès le départ soit la circulation du tramway sur la voie ferroviaire et l'insertion en voie unique. En bref, ces variantes ont été écartées pour les raisons suivantes :

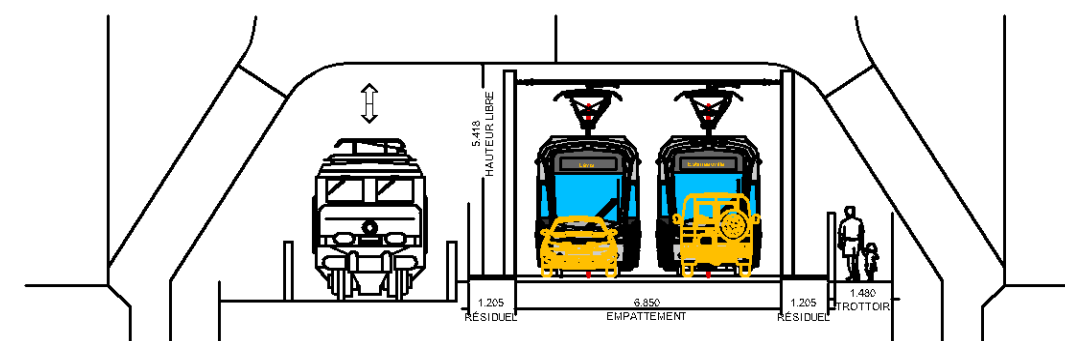
- circulation du tramway sur une voie ferroviaire :
 - pour des raisons de sécurité : le risque de collision tramway/train n'est pas acceptable puisque la structure d'une rame de tramway n'est pas apte à encaisser un choc d'un train.
 - pour des raisons d'exploitation : le temps de neutralisation de la voie pour s'assurer qu'un tramway et un train ne se retrouvent pas en même temps sur la voie rend incompatible la circulation d'un train pendant les horaires d'exploitation du tramway.
 - pour des raisons techniques : mentionnons entre autres une limite de la hauteur des trains compte tenu de la LAC, des rails et appareils de voies différentes.
- voie unique :
 - dans un premier temps, la plateforme du tramway en voie unique serait de l'ordre de 4,30 m avec un matériel roulant de 2,40 m de gabarit statique (soit 3,00 m de plateforme, bordure de 0,3 m côté intérieur, bordure de 1,0 m côté chaussée) et de 4,55 m avec un matériel roulant de 2,65 m de gabarit statique. Il resterait donc pour les véhicules routiers une largeur de 4,71 m à 4,96 m en fonction du type de matériel roulant retenu. Ces largeurs résiduelles ne permettent que la création d'une routière sur le pont.
 - d'autre part, au point de vue d'exploitation du tramway, elle comporte trop de désavantages. Mentionnons entre autres : une exploitation moins souple, des coûts supplémentaires d'investissement et d'entretien pour les aiguillages, la signalisation et la sécurité, une exploitation moins régulière liée à la localisation, la longueur de la section et au cadencement, une hausse éventuelle des temps de parcours avec une exploitation moins robuste, pas corolaire une augmentation possible du nombre de véhicules requis, des horaires et cadences contraints.
 - à titre d'information, compte tenu de la longueur qu'aurait la voie unique sur le pont de Québec, la cadence maximale pour avoir une exploitation robuste serait d'au-moins 12 minutes (valeur à confirmer en phase ultérieure si ce scénario était retenu).

Les variantes

Le tracé du pont de Québec présente deux (2) variantes non pas de tracé mais plutôt d'insertion, à savoir :

- variante d'exploitation en site propre** : à la place des trois (3) voies de circulation actuelles, deux (2) voies de tramway en site propre seraient présentes, ce qui impliquerait la suppression complète de la circulation automobile sur le pont de Québec;
- une variante d'exploitation en site banal**, c'est-à-dire deux (2) voies, une dans chaque sens, partagées par le tramway et les véhicules particuliers, tel qu'illustré à la Figure 24. Il est à noter que dans ce cas, compte tenu de la présence de la LAC et du gabarit vertical disponible sur le pont au-dessus de la chaussée, seuls les véhicules routiers de $\pm$ de 4,2 m et moins seraient autorisés sur le site banal.

Figure 24: Coupe-type de l'insertion du tramway sur le Pont de Québec, en site banal



Conclusions et recommandations

Les analyses des deux (2) variantes d'insertion (site propre et site banal) mènent aux conclusions suivantes :

- il est recommandé de poursuivre les études du lot 1 avec un site banal** puisqu'il est plus contraignant en termes d'insertion et qu'il est plus facile de faire évoluer un site banal vers un site propre qu'un site propre vers un site banal. De plus, en 2003, le site banal avait été approuvé;
- malgré les limites qu'elle présente, la variante A voie unique sera conservée à la demande du Comité technique du projet;
- en parallèle, le lot 3 devra faire l'étude et l'analyse des impacts sur la circulation des trois (3) scénarios (site propre, site banal et voie unique) et sur la base de leur recommandation, le choix mentionné ci-devant pourrait être revu.

Le tracé à Lévis (tracé n°4)

Le tracé à Lévis (tracé n°4) ne présente pas de variantes de tracé.

3.5 PROBLÉMATIQUES D'INSERTION INTER-STATION

Comme on peut le constater sur plusieurs planches d'insertion (1^{re} Avenue, Lamontagne, Boisclerc, etc.) compte tenu de l'emprise actuelle, il est difficile, voire impossible, de conserver des voies de circulation et du stationnement / zone de livraison suite à l'insertion du tramway.

Il est donc recommandé :

- d'opter pour un matériel roulant de 2,65 m** avec une possibilité de redescendre à une largeur de 2,40 m si, dans les phases subséquentes de l'étude, il est démontré que l'insertion

est trop problématique et que cette réduction de 0,50 m en alignement droit permet de rétablir une fonctionnalité supplémentaire (voie de circulation, bande de stationnement, etc.), sur une longueur conséquente;

- **de revoir la largeur des trottoirs**; soit prévoir dans les espaces restreints des trottoirs de 1,75 m à 2,00 m au lieu des 3,00 m prescrits dans le Guide de conception des rues de la Ville de Québec. Il est à noter d'ailleurs que ce guide s'applique aux nouveaux développements et non aux zones existantes. Cette modification permettrait un gain de 2,00 m à 2,50 m;
- si l'espace résiduel n'est pas suffisant pour deux (2) voies de circulation et au moins une (1) bande de stationnement / zone de livraison dans l'emprise, il faudrait alors mettre la rue à sens unique; la direction du sens unique devant être précisée par le lot 3.

3.6 PROBLÉMATIQUES D'INSERTION AU NIVEAU DES STATIONS

Compte tenu de la largeur des quais, l'insertion au niveau des stations est plus problématique qu'en inter-station. Il faudra donc chercher des emplacements où l'emprise est plus large ou, le cas échéant, procéder à des acquisitions.