



Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis

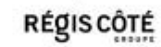


Dossier P-12-600-04

Consortium Tramway Québec-Lévis



et ses partenaires



Intitulé du document

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

RAPPORT D'ÉTAPE

PRINCIPAUX COLLABORATEURS AU RAPPORT :

CHOVIN Pascal

GÉLINAS André

GENDREAU André

INKEL Michel

JOLY Olivier

MARX Pierre

MORAIS Philippe

SCHAILLÉE Nathalie

TREMBLAY Denis

REVU PAR : Philippe Morais



PPROUVÉ PAR : André Gendreau



NUMÉRO DU DOCUMENT :		610879-0100-40ER-0001_01
REV.	DATE	TYPE DE RELÂCHE
PA	2012/08/31	Édition préliminaire pour commentaires internes
PB	2012/09/04	Édition préliminaire pour commentaires RTC
PC	2012/09/07	Édition préliminaire complétée pour commentaires RTC
00	2012/09/21	Édition finale intégrant les commentaires du RTC
01	2012/11/01	Édition finale intégrant les commentaires du RTC et du Comité technique de l'étude

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE.....		8	2.1.14		Carrefours.....	27	
DÉFINITIONS.....		8	2.2		LES AVANTAGES DU TRAMWAY PAR RAPPORT AU MÉTROBUS	29	
0		NOTE AU LECTEUR.....	9	2.3		LES CRITÈRES MÉTHODOLOGIQUES DE L'ÉTUDE D'INSERTION	31
1		INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE	13	2.3.1		Priorité au tramway et autres transports collectifs.....	31
1.1		MISE EN CONTEXTE	13	2.3.2		Maintenir ou améliorer les espaces piétons	31
1.1.1		Plan de mobilité durable.....	13	2.3.3		Assurer la fluidité des voiries.....	31
1.1.2		Projet de tramway à Québec et Lévis	13	2.3.4		Itinéraires cyclables	31
1.1.3		Particularité des analyses sur le territoire de la Ville de Lévis	14	2.3.5		Adapter l'offre de stationnement aux besoins	31
1.1.4		Organisation du projet.....	14	2.3.6		Espaces verts, environnement	31
1.1.5		Échéancier	15	2.3.7		Activité commerciale.....	31
1.2		SITUATION DANS LE PROJET	17	2.3.8		Fonctionnement de l'habitat riverain.....	31
1.2.1		Le mandat de services professionnels confié au consortium	17	2.4		L'IMPLANTATION DES STATIONS.....	33
1.2.2		Portée et objectifs de l'étude de faisabilité.....	17	2.5		L'INSERTION DE LA PLATEFORME ET CONCEPTION DES ARRÊTS	35
1.2.3		Objectifs du lot 1 – mandat 1	17	2.5.1		Insertion de la plateforme	35
1.2.4		Les livrables du lot 1 – mandat 1	18	2.5.2		Conception des arrêts.....	38
1.3		PRÉSENTATION DU LIVRABLE 1.1	23	2.5.3		Problèmes climatiques.....	39
1.3.1		Objectif	23	2.6		LES TRAITEMENTS SPÉCIFIQUES DUS AUX CONDITIONS CLIMATIQUES	41
1.3.2		Contenu	23	2.6.1		Données à prendre en compte	41
2		PRINCIPES D'INSERTION	25	2.6.2		Les problèmes à traiter	41
2.1		LES HYPOTHÈSES DE BASE DE L'ÉTUDE	25	2.6.3		L'état existant.....	42
2.1.1		Exploitation et objectifs de performance du tramway	25	2.6.4		Des avenues de solutions.....	42
2.1.2		Définition du système	25	3		VARIANTES DU PROJET	45
2.1.3		Le guidage.....	25	3.1		VARIANTE MATÉRIEL ROULANT	45
2.1.4		Alimentation en énergie électrique.....	25	3.1.1		Caractéristiques générales du matériel roulant.....	45
2.1.5		Caractéristiques physiques du matériel roulant	25	3.1.2		Type de matériel roulant.....	45
2.1.6		Tracé en plan	26	3.1.3		Conclusions et recommandations pour le matériel roulant	47
2.1.7		Tracé en profil	26	3.2		VARIANTE SYSTÈME D'ALIMENTATION TRACTION.....	49
2.1.8		Profil en travers type plateforme tramway.....	26	3.2.1		Présentation générale des systèmes d'alimentation traction	49
2.1.9		Stations	26	3.2.2		Tension d'alimentation.....	49
2.1.10		Équipements en station.....	26	3.2.3		Solutions avec captation.....	50
2.1.11		Voirie, trottoirs et pistes cyclables.....	26	3.2.4		Énergie embarquée	54
2.1.12		Accès riverains	26	3.2.5		Conclusions et recommandations pour le système d'alimentation traction.....	55
				3.3		VARIANTE CEE.....	57
				3.4		VARIANTES DE TRACÉS.....	59
				3.4.1		Variantes sur le tracé Nord-Sud (tracé n°1)	59

3.4.2	Variantes sur le tracé Est-Ouest (tracé n°2)	59
3.4.3	Les tracés à Lévis et sur le Pont du Québec	59
4	PROBLÉMATIQUES PRÉLIMINAIRES D'INSERTION	71
4.1	DESCRIPTION DES SÉQUENCES, INSERTION ET IDENTIFICATION PRÉLIMINAIRE DES PROBLÉMATIQUES D'INSERTION	73
4.2	SÉLECTION DE VARIANTES DE TRACÉ	75
4.2.1	Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquences A/B/C	75
4.2.2	Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquence E	78
4.2.3	Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquence C	79
4.2.4	Tracé Est-Ouest (n°2) – Séquence G	80
4.2.5	Tracé Est-Ouest (n°2) – Séquence D	81
4.2.6	Synthèse de la sélection des variantes de tracé.....	84
4.3	INSERTION DES STATIONS	85
4.4	SYNTHÈSE DES PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX PRÉLIMINAIRES.....	87
5	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	89
5.1	VARIANTE – MATÉRIEL ROULANT	89
5.2	VARIANTE – ALIMENTATION TRACTION	89
5.3	VARIANTE – IMPLANTATION DU CENTRE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN (CEE)	89
5.4	VARIANTE – TRACÉS	89
5.4.1	Pentes de tracés	89
5.4.2	Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquence A/B/C	89
5.4.3	Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquence C	89
5.4.4	Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquence E	89
5.4.5	Tracé Pont de Québec (n°3) – Séquence A	89
5.4.6	Tracé Est-Ouest (n°2) – Séquence G	89
5.4.7	Tracé Est-Ouest (n°2) – Séquence D	90
5.4.8	Problématiques d'insertion inter-station.....	90
5.4.9	Problématiques d'insertion au niveau des stations.....	90
6	ANNEXES	91
6.1	LIVRE 1 : NOTES TECHNIQUES	91
6.1.1	Annexe A : Note d'hypothèses générales	91
6.1.2	Annexe B : Note technique sur le matériel roulant.....	91
6.1.3	Annexe C: Note technique sur l'électrification	91
6.1.4	Annexe D : Note technique sur le CEE	91

6.2	LIVRE 2 : PLANS THÉMATIQUES, SÉQUENCES, INSERTION ET PROBLÉMATIQUES	91
6.2.1	Annexe E : Plans thématiques	91
6.2.2	Annexe F : Séquences, insertion et problématiques.....	91
6.3	LIVRE 3 : ANNEXE G - PLANS 1/1000 DE LA SITUATION EXISTANTE.....	91

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 :	Tracé proposé du tramway	13
Figure 2 :	Structure de gouvernance de l'étude	14
Figure 3 :	Les 5 mandats.....	17
Figure 4 :	Proposition d'exploitation de 4 lignes de tramway – RTC (août 2012)	18
Figure 5 :	Coupes-types et illustrations d'un tramway en position axiale.....	35
Figure 6 :	Coupe-type et illustration d'un tramway en position bilatérale	36
Figure 7 :	Coupe-type d'un tramway en position latérale avec voies de circulation à double sens de circulation	36
Figure 8 :	Coupe-type et illustration d'un tramway en position latérale avec voie de circulation à un sens de circulation	36
Figure 9 :	Illustration d'un tramway en position latérale avec voie de circulation à un sens de circulation.....	37
Figure 10 :	Coupes-types d'un tramway en position latérale, voies dissociées	37
Figure 11 :	Illustration d'un tramway en site mixte avec priorité tramway	37
Figure 12 :	Schéma et illustration d'une station à quais latéraux face à face	38
Figure 13 :	Schémas d'une station à quais latéraux décalés	38
Figure 14 :	Schéma et illustration d'une station à quai central.....	39
Figure 15 :	Coupes-types avec stockage de la neige (positions axiale et latérale).....	43
Figure 16 :	Coupe-type du déneigement de la plateforme de tramway, hors exploitation	43
Figure 17 :	Tramway de Bergen, Norvège	45
Figure 18 :	Tramway de Clermont-Ferrand, France.....	46
Figure 19 :	Train à crémaillère « Panoramique des Dômes », Auvergne, France	47

Figure 20 : LAC avec poteau axial.....	50
Figure 21 : Schéma du rail d'alimentation segmenté.....	51
Figure 22 : Principe général du système PRIMOVE.....	51
Figure 23 : Principe général du système WIPOST2	51
Figure 24: Coupe-type de l'insertion du tramway sur le Pont de Québec, en site banal	60
Figure 25 : Tracés et séquences du projet de tramway de Québec et de Lévis.....	62
Figure 26 : Tracé Nord-Sud : séquences A/B/C et variantes.....	63
Figure 27 : Tracé Nord-Sud : séquence E et variantes (1/2)	64
Figure 28 : Tracé Nord-Sud : séquence E et variantes (2/2)	65
Figure 29 : Tracé Nord-Sud : séquence C et variantes	66
Figure 30 : Tracé Est-Ouest : séquences D et variantes	67
Figure 31 : Tracé Est-Ouest : séquence G et variante (1/2)	68
Figure 32 : Tracé Est-Ouest : séquence G et variante (2/2)	69
Figure 33: Schémas de localisation des stations aux coins Charest / Dorchester /Couronne, pour le tracé de base et la variante A de la séquence C du Tracé Nord-Sud (n°1).....	85

Tableau 8 : Synthèse de l'analyse comparative des variantes de la séquence E, tracé Nord-Sud (n°1)	79
Tableau 9 : Synthèse de l'analyse comparative des variantes de la séquence C, tracé Nord-Sud (n°1)	79
Tableau 10 : Synthèse de l'analyse comparative des variantes de la séquence G, tracé Est-Ouest (n°2) ...	81
Tableau 11 : Synthèse de l'analyse comparative des variantes de la séquence D, tracé Est-Ouest (n°2) ...	83

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : Éclaircissements suite à l'émission de la version 01 du sommaire exécutif du rapport d'étape du livrable 1.1	10
Tableau 2 : Synthèse de l'analyse comparative	47
Tableau 3 : Tableau de synthèse du domaine d'application des tensions	50
Tableau 4 : Évaluation qualitative des différentes solutions de captation suivant trois niveaux.....	52
Tableau 5 : Synthèse de l'analyse de chacune de ces énergies embarquées.....	54
Tableau 6 : Avantages et inconvénients du site banal, site propre et voie unique sur le pont de Québec...	61
Tableau 7 : Synthèse de l'analyse comparative des variantes des séquences A/B/C, tracé Nord-Sud (n°1).....	77

Glossaire et définitions

GLOSSAIRE

Abréviations	Définitions
APS	Alimentation par le sol
ac	Courant alternatif
BHNS	Bus à haut niveau de service
BT	Basse tension
cc	Courant continu
CEE	Centre d'exploitation et d'entretien
GLO	Gabarit Limite d'Obstacle
LAC	Ligne aérienne de contact
MT	Moyenne tension
PCC	Poste de commande centralisé
PL	Poids lourd
PPHPS	Passagers par heure et par sens
PPU	Plan particulier d'urbanisme
RTC	Réseau de transport de la Capitale
SIG	Système d'Information Géographique
SRB	Système rapide par bus
TC	Transport en commun
TOD	Transit Oriented Development
TVR	Transport de voie réservée
V	Volt
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 voies du tramway est utilisée par les véhicules particuliers (VP, PL, BUS).
Site banal :	Les deux 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.

0 NOTE AU LECTEUR

Suite au dépôt de la révision 00 du rapport d'étape 1.1 le 21 septembre 2012 et de la révision 01 du sommaire exécutif du rapport d'étape 1.1 le 30 octobre 2012 et suite aux réunions du comité technique du projet, certains éclaircissements ont été demandés au Consortium du lot 1 et certaines décisions ont été prises par le RTC et le comité technique.

Le tableau ci-après présente un sommaire de ces éléments. Ils sont présentés dans la colonne « Réponses ». Ils viennent donc modifier / remplacer / clarifier le texte ci-après.

Tableau 1 : Éclaircissements suite à l'émission de la version 01 du sommaire exécutif du rapport d'étape du livrable 1.1

Section	Page	Par.	Commentaire	Réponses
1.1	5	3	... le coût de mise en place de l'ensemble de ce réseau de tramway à environ 1,5 milliards \$excluant le prolongement envisagé entre la 4 ^e Avenue et le boulevard Alphonse-Desjardins. Il sera de 2,0 milliards avec cette extension.	La modification proposée sera faite dans le sommaire exécutif.
1.2	6	4	La conception des 2 tracés (Nord-Sud et Est-Ouest), permet elle l'exploitation de 4 ou 6 lignes : i) Ligne Est-Ouest ii) Ligne Nord-Sud iii) Ligne Est-Sud iv) Ligne Nord-Ouest v) Ligne Ouest-Sud (non mentionnée) Primordiale vi) Ligne Nord-Est (non mentionnée) Possible dans le futur.	i) Le texte proposé diffère du contenu du rapport d'étape final du livrable 1.1. ii) Vouloir garder ouvertes toutes les possibilités d'exploitation, va nécessiter l'ajout d'une série d'aiguillages à la jonction des 2 tracés (un aiguillage par mouvement). Ceci demande de la place compte tenu des rayons de courbure minimaux à respecter et de la nécessité de localiser les parties mobiles des aiguillages hors zone circulaire par les véhicules et les piétons. Un tel aménagement sera aussi onéreux en coûts d'investissement (coût des appareils de voie, de la signalisation associée et expropriation) et d'exploitation (maintenance des appareils de voie). Par exemple, un tel aménagement au carrefour Dorchester / Charest va sans doute nécessiter de l'expropriation au carrefour. iii) La multiplicité des destinations n'est pas souhaitable au point de vue de l'utilisateur (une rame sur 2 ou 3 va à sa destination) et il doit surveiller si la rame qui arrive en station est celle qu'il doit prendre...Un transfert est possiblement mieux... iv) Garder toutes ces possibilités va créer une toile d'araignée "spectaculaire" à ce carrefour compte tenu de la LAC sur les tracés en ligne droite et les aiguillages (multitude de points d'enclenchement). v) Suite à un entretien avec le RTC, le texte suivant sera ajouté dans le sommaire exécutif : " ...sous forme de 4 à 6 lignes qui seraient : i) Ligne Est-Ouest, ii) Ligne Nord-Sud, iii) Ligne Est-Sud, iv) Ligne Nord-Ouest, v) Ligne Ouest-Sud, vi) 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), impact visuel (toile d'araignée pour la LAC) et moins bonne fréquence et lisibilité pour les usagers (1 rame sur deux ou trois va à la destination de l'utilisateur), le RTC va procéder à une analyse plus fine des origines et destinations des usagers et préciser les lignes qu'elle souhaite exploiter.
			L'analyse des besoins en déplacement prévu au livrable 3.2 permettra de déterminer les priorités de desserte dans le choix des lignes à mettre en offre de service.	Voir texte à l'item ci-dessus.
2.1	8		Dans la section équipements en station il faudrait couvrir que la pente de 5% est prévue afin de permettre l'accessibilité universelle.	Dans le sous paragraphe Équipements en station du sommaire exécutif, le texte sera revu comme suit : "...la pente est limitée à 5% afin de permettre l'accessibilité universelle, soit ..."
2.2	8	3	Il y a-t-il lieu de renforcer l'argument du tramway offrant plus de capacité qu'un BHNS en y ajoutant un qualificatif? Offre une capacité nettement/beaucoup plus importante.. le tramway offre au moins 2 fois plus de capacité qu'un BHNS.	Le qualificatif "nettement" sera ajouté dans le sommaire exécutif.
			Il serait bon de mentionner les bénéfices du tramway au niveau de l'empreinte carbone (GES)	Une puce avec le texte suivant sera ajouté dans le sommaire exécutif : « 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 BHNS sur la réduction des gaz à effet de serre. »
2.2	9		Les accès aux stations doivent être aisés, confortables, universels (dans le sens de la mobilité réduite) et sécuritaires.	N.B. : Si universel signifie « pente des rampes d'accès limitée à 5 % aux 2 extrémités de chaque quai », cela aura des impacts majeurs pour les stations dans des rues présentant des pentes importantes. La « Note d'hypothèses générales » prévoit des pentes maximales en station de 2 %. Ceci suppose déjà un reprofilage sur un peu plus de 55 m des rues qui présentent une pente de plus de 2 % pour insérer la station. Si de plus, il faut avoir des rampes d'accès avec des pentes limitées à 5 % aux 2 extrémités des quais, la rampe aval va causer des problèmes puisque la pente réelle de la rampe est limitée à 5 % moins la pente de la rue...ce qui allonge proportionnellement la longueur de la rampe. Donc un reprofilage de la rue plus important sur une plus longue distance (plus la pente de la rue est importante plus la problématique est importante...) Il en résultera peut-être même une impossibilité de mettre une station dans certaines rues en pentes.... Suite à un entretien avec le RTC , le texte du sommaire exécutif sera revu comme suite : « que les accès aux stations soient aisés, confortables , sécuritaires et universelles (toutes les stations seront accessibles par deux rampes avec 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.) »
2.3	9	3	« Les critères méthodologiques généraux.. » Inverser les mots?	Les mots « généraux » et « méthodologiques » seront inversés dans le sommaire exécutif comme proposé.
2.5	10		Il serait souhaitable de localiser les exemples d'insertion afin de bonifier l'information au lecteur.	Cette information sera ajoutée dans le sommaire exécutif.
2.5	10	4	Position bilatérale : quelle est la largeur minimale de voirie?	Il faut se référer à la page 29 de 64 de l'annexe A du livrable 1.1. pour avoir un début de réponse... i) dans un premier temps, il faut noter que les paramètres proposés à cette page doivent être revus et précisés avec le groupe de travail prévu dans la structure de gouvernance du projet. ii) sur la base du tableau de la page 29 de 64, la voirie de la figure 4 du rapport exécutif (deux voies de circulation à sens inverse) devrait être entre 6,50 m et 10 m (sans stationnement) selon le type de voirie. Donc on ou on laisse comme aujourd'hui (sans cote), ou on indique variable de 6,5 m à 10 m. Suite à un entretien avec le RTC, le texte du sommaire exécutif sera modifié comme suit à la fin du sous paragraphe Insertion de la plateforme : « 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, 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, guide qui s'applique dans le cadre de nouveaux développements. Le tableau ci-après présente de façon sommaire les principaux paramètres. »
				Le tableau de la page 29 de 64 de l'annexe A du rapport final du livrable 1.1 sera introduit dans le sommaire exécutif à la suite du texte ci-dessus.
				Les « inconvénients » des différentes insertions seront listés en points de forme dans le sommaire exécutif.
2.5	11		Les différents types d'insertion pourraient être présentés de façon synthétique dans un tableau comparatif comme vous l'avez fait pour les technologies.	Un tableau synthèse sera ajouté dans le sommaire exécutif.
3.2	14	2	« .. la tension de 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 allongés à ± 43 m et d'une exploitation.. »	La modification proposée sera faite dans le sommaire exécutif.
3.2	13		Suite aux rencontres avec les différents comités de suivi, il est proposé de faire mention d'énergie de base (captation) et d'énergie d'appoint (embarquée).	Le texte du sommaire exécutif sera revu comme suit pour avoir les deux termes dans le texte soit : énergie de base (captation) et énergie d'appoint (embarquée).
3.2	14	6	Énergie embarquée : ajouter la technologie du biberonnage dans l'analyse	Le biberonnage n'est pas une technologie d'énergie embarquée...C'est une façon de recharger les super-capacité en station... Donc pas de modification dans le texte.
3.2	14	7	Conclusion : Mentionner qu'une combinaison de système de captation (LAC) avec un système d'énergie embarquée (supercaps) permet d'effectuer le service sur 300 à 500 m sans LAC dans les milieux urbains sensibles tout en offrant également un avantage de fiabilité de service lors de bris ponctuels d'alimentation sur quelques centaines de mètres	La longueur qui peut être faite avec un système d'énergie embarquée de type super-capacité varie en fonction de plusieurs variables, entre autre le profil du tracé. Il est donc recommandé de ne pas préciser sur 300 à 500 m dans le texte. Le texte ne sera donc pas modifié puisqu'on y indique déjà « quelques centaines de mètres. »
3.4			Faire mention du diagramme d'exploitation qui prévoit un aiguillage dans Saint-Roch afin de permettre aux lignes de tramway de desservir toutes les possibilités de destinations.(voir commentaire section 1.2)	Voir commentaire section 1.2.

Section	Page	Par.	Commentaire	Réponses
3.4	16	1	Variante tracé Nord-Sud (tracé #1) – Séquence A/B/C : Il faut modifier la nomenclature des tracés : Le tracé de base est celui circulant en surface à la Place D'Youville. C'est celui de PMD. On devrait référer au tracé qui entre en tunnel au haut de la côte d'Abraham comme étant la variante A.	Suite à un entretien avec le RTC, il a été convenu de faire cette modification dans le sommaire exécutif. Il sera aussi tenu compte de cette modification dans les prochaines étapes de l'étude de faisabilité.
3.4	16	1	Les variantes B et C sont presque identiques, serait-il préférable de les nommer B1 et B2?	L'objectif de ces 2 tracés est le même; soit utiliser la section de tunnel existante, mais les tracés pour y arriver sont différents et les enjeux aussi. Nous ne voyons pas d'avantage à faire cette modification, d'autant plus qu'elle engendre plusieurs modifications lourdes (textes, cartes, plans, etc...)?
3.4	16	2	Les variantes B et C (B1 et B2) ont été identifiées comme variantes à conserver par le comité de projet et le comité directeur. Si nécessaire, la configuration des bretelles d'accès à l'autoroute Dufferin-Montmorency pourrait être revue pour permettre de rallonger la rampe et réduire la pente pour atteindre l'accès au tunnel désaffecté.	C'est noté. Sera traité dans le livrable 1.2
3.4	17	2	Conserver la variante de base 1 voie sur Dorchester et 1 voie sur de la Couronne ainsi que la variante A dans le tronçon Dorchester / de la Couronne. Il existe des craintes au sujet d'un impact important sur la circulation dans la variante A. Celle-ci provient d'une autoroute 3 voies et débouche sur 1 ou 2 voies sur Dorchester, ce qui pourrait causer un refoulement important en pointe AM. À	Attention. 1) Dans le scénario une voie tram sur de la Couronne et une voie tram sur Dorchester, on a :
3.4	18	2	le tracé de base (Lamontagne / 1re 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.	On est d'accord avec ce constat.
3.4	18	2	Vérifier la possibilité d'ajouter une option en insertion latérale en voies dissociées (Lamontagne et Boisclerc) afin de conserver la circulation automobile dans les deux directions sur Lamontagne. Les impacts sur la circulation automobile feront partie de critères de sélection de la solution retenue.	En attendant d'une recommandation du lot 3. Le cas échéant, cette variante sera regardée par le lot 1 dans le cadre du livrable 1.2.
3.4	19	2	Il faut conserver le tracé de base par Nérée Tremblay.	Suite à un entretien avec le RTC, le tracé de base sera gardé pour analyse dans le cadre du livrable 1.2. Une analyse sera faite rapidement pour identifier les impacts sur les accès aux propriétés et le réseau routier local engendrés par un reprofilage de Nérée-Tremblay.
			Est-il possible de rehausser le profil de la section comprise entre Galvani et Jean Durand pour ramener la pente en deçà de 8%?	Voir réponse ci-devant.
			L'avis technique du MTQ pour déterminer le point le plus à l'ouest pour le passage de l'insertion axiale en insertion latérale sud a été posté sur le site .FTP en date du 9 octobre 2012.	Selon cet avis, un nouveau carrefour pourrait être créé au coin de Charest et Semple. Le tramway sortirait de l'axe Charest à cet endroit pour aller rejoindre la rue Frank-Carrel. Le Groupe de travail souhaite toutefois poursuivre les discussions avec le MTQ à ce sujet pour promouvoir le développement / redéveloppement du boulevard Charest le plus à l'Ouest possible. Pour l'instant, le Consortium du lot 1 poursuit ses études en tenant compte qu'un nouveau carrefour sera créé à l'intersection de Semple / Charest. S'il y a des modifications, les ajustements seront faits plus tard.
3.4	21	1	Mentionner pourquoi l'option de tramway en site propre voie unique n'est pas retenue, ainsi que celle de l'utilisation des voies du CN.	Nous ajouterons un texte dans le sommaire exécutif pour expliquer brièvement que le tram ne peut circuler sur la voie de train (sécurité, exploitation et technique). Nous ajouterons aussi un texte dans le sommaire exécutif pour :
3.4	21	2	Mentionner que l'insertion sur le pont pourrait être modifiée en fonction du projet de réfection de la travée du pont à l'étude par le MTQ. Un groupe de travail sera formé sur ce point spécifique.	i) expliquer pourquoi la voie unique en site propre n'est pas retenue par le Consortium (il ne reste qu'une seule voie routière + la liste des désavantages au point de vue exploitation - voir page 54 de 83 du Cette mention sera ajoutée dans le texte du sommaire exécutif. Pour l'instant, en accord avec le RTC, le Consortium du lot 1 poursuit ses études sans tenir attendre les conclusions de cette étude.
Autres	1		Une vitesse commerciale moyenne de 25 km et plus pour le tramway est-elle réaliste?	Au chapitre 2.1.1 du rapport final di livrable 1.1, il est indiqué : " La vitesse commerciale doit permettre des gains de temps notables sur les déplacements. Un objectif de 25 km/h à 30 km/h paraît une bonne base de départ." Cet objectif 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 (milieu d'insertion) 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 simulations sur le tracé retenu, permettront de voir si la vitesse commerciale moyenne sur l'ensemble du réseau sera supérieure ou pas à 25 km/h. Les objectifs mentionnés ci-dessus sont atteignables dans l'hypothèse ou le tramway aura la priorité absolue aux intersections. Un texte à cet effet sera ajouté au sous paragraphe Exploitation et objectifs de performance du tramway de la section 2.1 du sommaire exécutif.
Autres	2		Matériel roulant à crémaillère	Véhicule à crémaillère Pour mémoire, dans la Note technique Matériel roulant, pour le véhicule à crémaillère il a déjà été mentionné que : 1) ce matériel est limité à des rayons de courbure de 60 sur les sections à crémaillère, 2) le marché des trains à crémaillère est plutôt un marché de niche ; un seul constructeur possède des références suffisamment fournies, 3) les matériels en service sont, pour la plupart, des matériels à voie métrique ce qui est incompatible avec des tramways à plancher bas intégral beaucoup plus accessible, 4) une adaptation serait requise pour un réseau urbain ce qui requiert des développements et validations, 5) les dispositions techniques d'une part (voie à crémaillère) du matériel roulant d'autre part (transmission) ainsi que l'absence d'effet de série en production contribuent à rendre cette technologie plus Nous pouvons aujourd'hui ajouter les éléments suivants : 1) les rayons de giration en adhérence sont plus contraignent pour le véhicule à crémaillère que le tramway standard, 2) un véhicule à crémaillère va coûter entre 4 et 5 M d'euros alors qu'une rame standard va coûter entre 2,5 et 3 M d'euros. Comme le parc en ultime (40 km et fréquence de 3 minutes) sera de l'ordre de 60 3) le train à crémaillère à un plancher plus haut au niveau des portes (0,59 m au lieu de 0,29 m au dessus du rail), ce qui suppose des quais plus haut et des rampes d'accès plus longues, 4) certains types de véhicules à crémaillère sont plus haut (3,85 m pour le modèle BDWM) que les rames standards (3,27 m) ce qui pourrait compliquer le passage du tramway sous certains ouvrages 5) le linéaire des zones en forte pente est faible par rapport au linéaire global du réseau Québec-Lévis, 6) il en coûterait plus cher d'entretien avec des véhicules à crémaillère compte tenu qu'il y a plus de pièces à entretenir avec ce type de matériel roulant et que des abrasifs sont utilisés en hiver sur le réseau routier qui est limitrophe à la plateforme du tramway et ce particulièrement sur la Côte d'Abraham et l'avenue Honoré-Mercier, deux endroits où il y aura une crémaillère.

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.

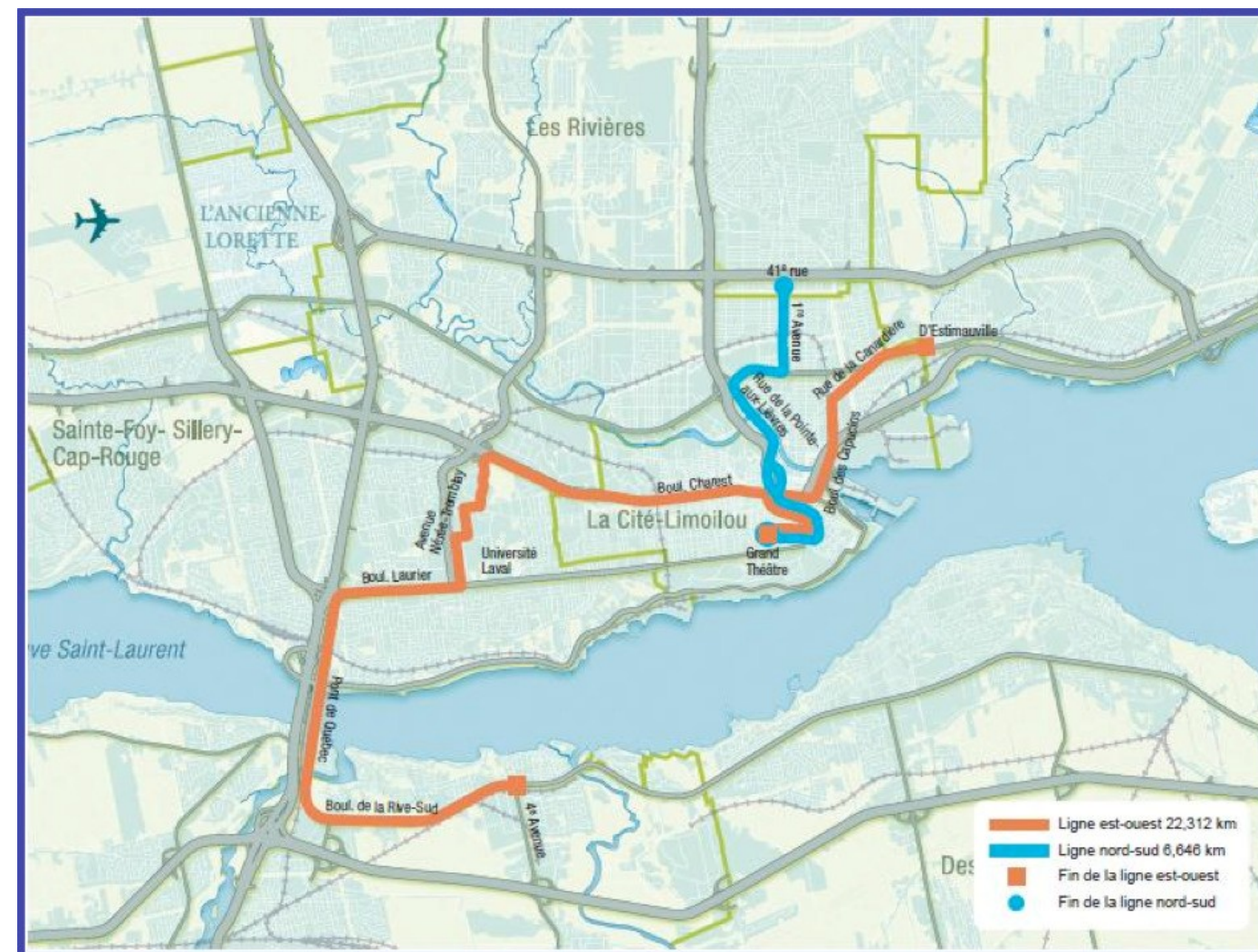
Cette vision est conforme à la vision du Plan métropolitain d'aménagement et de développement du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec adopté par la Communauté métropolitaine de Québec le 15 décembre 2011 et en attente de l'avis gouvernemental.

1.1.2 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. 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 \$.

La figure qui suit illustre le tracé proposé du tramway.

Figure 1 : Tracé proposé du tramway



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.

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

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

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

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

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

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

- le quartier Saint-Roch;
- le quartier Saint-Sauveur;
- le boulevard Charest;
- le Cégep de Sainte-Foy;
- l'Université Laval;
- le secteur Laurier dans Sainte-Foy;
- le secteur de l'ex-ville de Saint-Romuald à Lévis.

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

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

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

La Société de transport de Lévis (STLévis) en collaboration avec la Ville de Lévis prévoit réaliser, entre 2013 et 2019 environ, le réaménagement du boulevard de la Rive-Sud depuis le pont de Québec jusqu'à la route Monseigneur-Bourget, dans le but notamment d'y insérer des voies en site exclusif pour un service de bus à haut niveau de service (BHNS). Ce projet est prévu en différentes phases de planification et de réalisation. La première phase de planification est en cours soit une étude d'avant-projet pour la partie comprise entre les rues Alphonse-Desjardins et Saint-Omer. Le

reste du corridor, soit de la rue Alphonse-Desjardins au chemin du Saut, fera l'objet d'une étude de faisabilité et d'avant-projet préliminaire qui doivent débiter à l'été 2012 et se terminer à l'automne 2013. Dans le cadre de ces études d'avant-projet, la STLévis demandera à ses consultants de planifier ces voies en site exclusif de telle façon qu'elles puissent éventuellement recevoir un tramway.

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

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

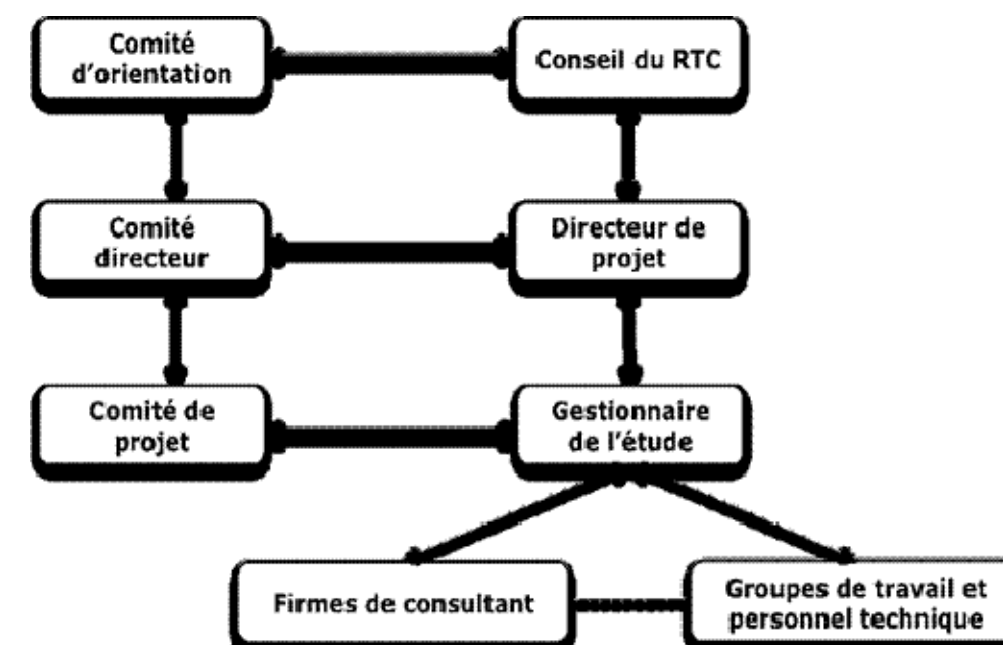
1.1.4 Organisation du projet

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

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

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

Figure 2 : Structure de gouvernance de l'étude



Comité d'orientation

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

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

Comité directeur

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

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

Comité de projet

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

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

Groupe de travail

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

1.1.5 Échéancier

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

- 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.

De plus, une consolidation des échéanciers des lots 1, 2 et 3 est à réaliser par le RTC et pourra influencer sur l'échéancier de réalisation du lot 1.

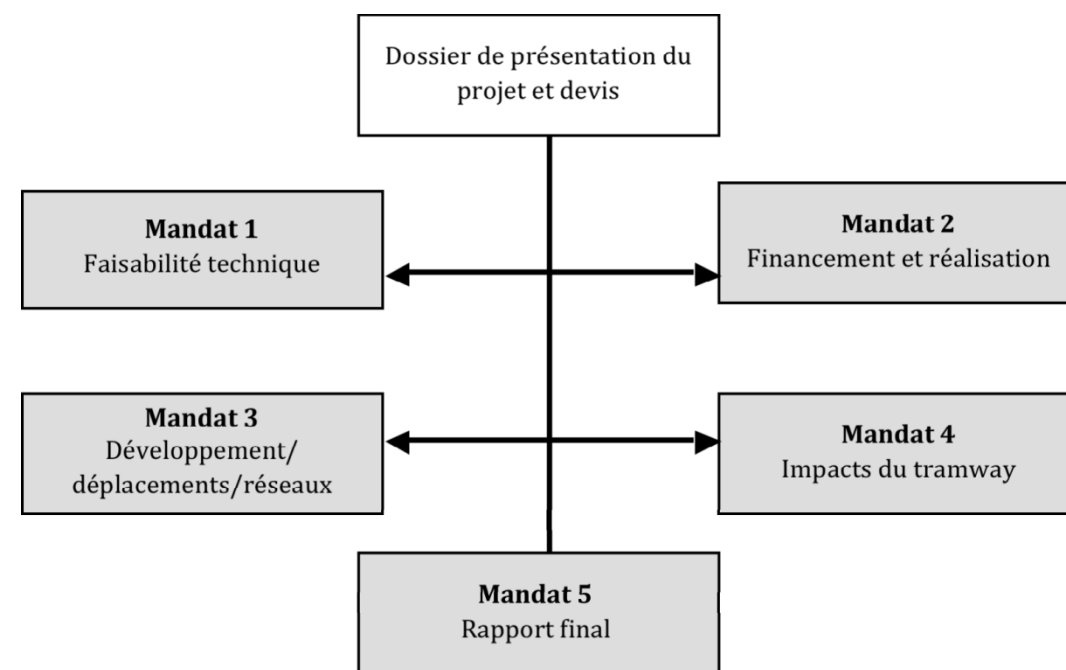
1.2 SITUATION DANS LE PROJET

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 de coupés en cinq (5) mandats.

La figure ci-après présente ces 5 mandats.

Figure 3 : Les 5 mandats



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

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

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

Le lot 1 – mandat 1 est constitué de 8 livrables. Le présent rapport est le premier de ces livrables, soit : Le projet de référence, variantes et enjeux du tramway.

1.2.2 Portée et objectifs de l'étude de faisabilité

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

Les objectifs de l'étude sont de :

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

1.2.3 Objectifs du lot 1 – mandat 1

Les principaux objectifs du mandat 1 sont les suivants :

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

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

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

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

Elles sont illustrées schématiquement ci-dessous.

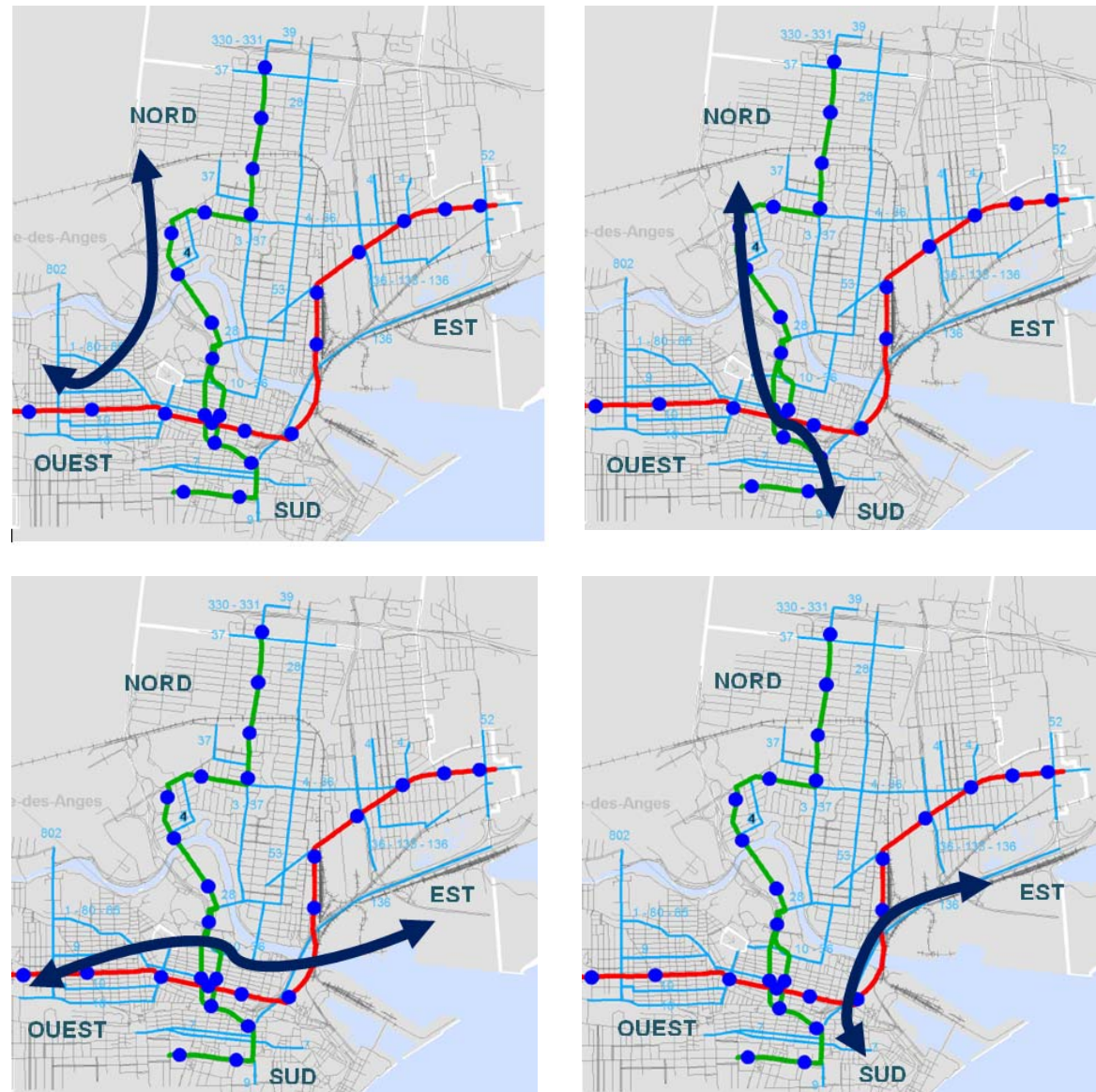


Figure 4 : Proposition d'exploitation de 4 lignes de tramway – RTC (août 2012)

1.2.4 Les livrables du lot 1 – mandat 1

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

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

Ce premier livrable a trois objectifs. Le premier est de bien identifier le projet de référence de l'étude en termes de matériel roulant, de tracé, d'alimentation électrique et de localisation du CEE. Le deuxième est d'identifier de façon préliminaire les problématiques d'insertion d'un tramway le long

du tracé de référence. Le troisième est d'identifier les variantes possibles par rapport au projet de référence qui doivent être considérées et étudiées dans la poursuite de l'étude.

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

Projet de référence

Décrire le projet de référence et en cartographier le tracé.

Variantes

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

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

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

Problématiques d'insertion

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

- illustrer les sections des insertions possibles d'un tramway en milieu urbain pour la technologie de référence et les variantes retenues. Ces sections donneront les dimensions requises autant pour la circulation en ligne droite que pour la circulation en virage;
- illustrer sur plan les insertions possibles d'une station en montrant la localisation et l'étendue des quais;
- identifier les pentes sur le tracé de référence et les variantes retenues. Le résultat devra être illustré sur un plan d'ensemble avec une légende pour des tranches de 2 % jusqu'à 6 % et des tranches de 1 % au-delà de 6 %. Les tronçons avec des pentes de plus de 6 % devront être illustrés avec une plus grande précision;
- dresser la typologie du tracé à l'étude (plans d'ensemble et plans spécifiques à chaque tronçon) quant aux types d'insertion possibles : en ligne droite, en rive sur un côté, en rive sur deux côtés, au centre. Cette typologie devra donner par tronçon les largeurs d'emprise actuelle, nombre et utilisation actuelle des voies de circulation et stationnement, largeur trottoir à trottoir, largeur bâtiment à bâtiment. Le nombre et l'horaire des places de stationnement éliminées ou maintenues devront être spécifiés;
- illustrer avec une plus grande précision, le tracé des virages à faible rayon le long du tracé et les rayons de courbure possibles avec une insertion au centre ou en rive;
- identifier sur un plan d'ensemble les tronçons où l'insertion d'un tramway pourrait se faire en demeurant à plus d'un demi mètre des valeurs critiques (généralement minimum 3,6 m ou

- maximum 6,5 m) du tirant d'air sous la caténaire (au rail). Les cas où ces valeurs critiques ne sont pas respectées doivent être décrits avec un descriptif (bulle) sur le plan d'ensemble;
- dresser un inventaire préliminaire des problématiques majeures d'insertion d'un tramway sur le tracé de référence et les options retenues, avec plan d'ensemble et liste.

Rapport d'étape

Produire un rapport d'étape faisant état des analyses et recommandations découlant du livrable 1.1. Ce rapport s'adresse aux divers comités du projet.

Livrable 1.2 : Technologie et insertion

Principes généraux

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

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

Énoncé de conception

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

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

Définition du matériel roulant

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

- le matériel roulant;

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

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

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

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

Insertion fonctionnelle du tramway

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

Le Consortium devra donc :

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

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

Insertion et aménagement de l'espace urbain

Au-delà de son insertion fonctionnelle, la mise en place d'un système de tramway a un impact important sur l'espace et le paysage urbain. Le Consortium devra donc proposer des aménagements spécifiques pour chaque secteur traversé par le tramway. Ces aménagements devront s'adapter au contexte local en fonction des volontés d'imposer le tramway comme élément structurant de l'espace public ou au contraire le fondre dans le cadre local afin qu'il s'adapte aux lieux traversés.

Le Consortium devra donc :

- définir un concept général d'image de marque pour le tramway et illustrer ce concept;
- découper la ligne en tronçons présentant des caractéristiques similaires, par exemple, du point de vue des unités de paysage, de la géométrie et de la typologie des espaces publics;

- caractériser et analyser les tronçons en regard de la morphologie urbaine, de la configuration de l'espace public et de la composante paysagère;
- identifier les contraintes et formuler les recommandations pour une insertion optimale;
- pour chaque tronçon, définir l'aménagement de l'espace urbain en tenant compte des caractéristiques du tronçon et de l'image de marque souhaitée pour le tramway;
- illustrer le concept d'aménagement de chaque tronçon;
- identifier l'ensemble des travaux requis pour réaliser cette insertion dans le but d'en calculer les coûts.

Livrable 1.3 : Mode d'alimentation du système

Définition des sous-systèmes fonctionnels

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

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

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

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

- de s'assurer de la faisabilité du système « énergie et alimentation électrique » dans le respect des normes et des lois;
- de caractériser les équipements de ce système dans un détail nécessaire et suffisant pour estimer les coûts d'investissement avec une précision de $\pm 30\%$;
- de déterminer la consommation en énergie et en puissance électrique du tramway et d'en déterminer le coût annuel avec une précision de $\pm 30\%$;
- de caractériser les requis en entretien (équipement et personnel) et d'en déterminer le coût annuel avec une précision de $\pm 30\%$;
- de proposer et d'étudier des alternatives au système d'énergie et de ligne de contact de référence (alimentation par le sol, par batteries, etc.).

Exigences générales

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

- appliquer un concept éprouvé et sécuritaire;
- tenir compte des conditions climatiques (très grande variation entre les hivers froids et l'été), du relief (dénivelé important de la ligne) et des conditions de circulation en environnement urbain;

- minimiser les impacts sur l'environnement;
- optimiser les coûts d'immobilisation et d'exploitation sur la durée de vie des infrastructures;
- optimiser l'implantation des divers équipements en milieu urbain;
- faciliter l'entretien des infrastructures et des équipements servant à l'électrification.

Identification des critères de conception

Les sujets à traiter comprennent entre autres :

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

Équipements de transformation et principes de raccordement au réseau

Les sujets à traiter comprennent entre autres :

- la caractérisation des variantes d'alimentation traction au projet de référence (ligne aérienne de contact);
- la détermination du niveau et du choix de tension de la ligne aérienne de contact (LAC);
- la détermination de la configuration de l'alimentation optimale (raccorder chaque poste de redressement au réseau d'Hydro-Québec, avoir un réseau interne de distribution alimenté à quelques points par Hydro-Québec, etc.);
- la détermination de la localisation et des puissances des postes de redressement;
- les choix technologiques associés aux équipements des postes de redressement et les principes de raccordement au réseau d'Hydro-Québec;
- la définition de l'insertion de la ligne aérienne de contact (définir les types d'insertion, définition des équipements);
- la définition des fonctions principales et équipements associés au centre de commande d'énergie;
- l'étude, la caractérisation et la comparaison des différents systèmes de récupération d'énergie de freinage;
- la mise à la terre et le traitement des perturbations harmoniques et des courants vagabonds;
- l'exploitation et l'entretien des équipements « énergie et lignes aériennes ».

Livrable 1.4 : Équipements, exploitation, maintenance et dépôt

L'objectif de ce livrable est de :

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

Équipements requis

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

Exploitation du système

Le Consortium devra décrire les principes d'exploitation recommandés et faire l'estimation du parc de matériel roulant, de la vitesse commerciale du système, ainsi que des paramètres d'exploitation nécessaires au fonctionnement du tramway. Cela contribue au calcul du coût d'exploitation du système.

Le Consortium doit :

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

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

Maintenance et dépôt

Par rapport au CEE, le Consortium devra :

- analyser les différents scénarios de localisation et proposer une localisation;
- établir les dimensions requises pour le terrain du centre;

- décrire les fonctions du CEE;
- dimensionner de façon préliminaire le CEE et décrire sommairement son mode de fonctionnement;
- établir les ressources requises pour le fonctionnement du CEE.

Livrable 1.5 : Phasage et échéancier de construction du projet

Phasage du projet

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

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

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

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

Échéancier de construction

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

- l'échéancier doit être construit pour que l'ouverture du système se fasse préféablement en juin 2026 ou au plus tard en août 2026;
- l'échéancier doit détailler les principales étapes qui sont nécessaires à la mise en place du projet de tramway, de la confection des plans et devis à l'ouverture officielle du système;
- l'échéancier doit être présenté en tenant compte des phases potentielles du projet et des variantes retenues.

Livrable 1.6 : Coûts d'immobilisation et d'exploitation

L'objectif de ce livrable est de :

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

Coût d'immobilisation du projet

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

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

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

Coûts annuels d'exploitation

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

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

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

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

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

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

1.3.1 Objectif

Les trois objectifs du *Livrable 1.1 Projet de référence, variantes et enjeux du tramway*, présentés en section 1.1.4, sont les suivants :

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

1.3.2 Contenu

Le Livrable 1.1 est structuré de la façon suivante, suite au présent Chapitre 1 d'introduction et de 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 présent livrable;
- 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, sauf pour les variantes de tracé (le choix est fait au chapitre suivant);
- 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 se retrouve dans les Annexes F et G du présent livrable et a permis de réaliser une première identification de problématiques d'insertion par séquence, selon des critères préétablis (Annexe F). Il s'en suit une proposition de sélection de variantes de tracés ainsi qu'une proposition de localisation de stations sur les tracés, présentés également dans ce chapitre;
- 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.

2 PRINCIPES D'INSERTION

L'objet du présent chapitre est principalement la présentation des différentes possibilités d'insertion fonctionnelle et urbaine d'une ligne de tramway. Ce chapitre reprend des éléments de la Note d'Hypothèses générales présentée en Annexe A.

Dans un premier temps, les hypothèses de base de l'étude sont données ainsi que les critères méthodologiques de l'étude d'insertion. Une comparaison rapide avec le système en place du Métrobus est également donnée.

Ensuite, une comparaison des différentes possibilités de positionnement de la plateforme est réalisée, puis les différentes configurations des stations sont décrites et analysées.

Enfin, les problèmes dus aux conditions climatiques spécifiques à la région de Québec sont présentés.

2.1 LES HYPOTHÈSES DE BASE DE L'ÉTUDE

L'élaboration du projet doit prendre en compte les éléments suivants :

- les contraintes d'exploitation du tramway, avec en particulier le respect de sa régularité et de la vitesse commerciale, ainsi que le bon fonctionnement des stations;
- les caractéristiques techniques liées au tramway : matériel roulant, voies, ligne aérienne, etc.;
- les caractéristiques techniques liées à la circulation routière : largeur des voies, exploitation des nœuds (carrefours), stationnement, desserte des riverains, etc.;
- les contraintes cyclistes et piétonnes;
- les choix architecturaux, traitement de sol, bâti, stations, plantations, etc.;
- les contraintes induites par les activités et en particulier le tissu commercial.

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

2.1.1 Exploitation et objectifs de performance du tramway

La régularité est primordiale et termes d'attractivité du système : le temps de parcours doit être fiable. La vitesse commerciale doit permettre des gains de temps notables sur les déplacements. Un objectif de 25 km/h à 30 km/h paraît une bonne base de travail.

La fréquence du système doit également être attractive, en heure de pointe comme en heure creuse.

En comparaison des performances du système actuel des lignes de Métrobus, bénéficiant de voies réservées, ces éléments sont de première importance.

Le système s'intégrera dans un réseau avec des rabattements par autobus classiques ou navettes, et par des voitures particulières. Il y aura donc lieu d'offrir des pôles de correspondance, bus et stationnement incitatif, qui devront être optimisés en termes de confort.

Enfin, le confort des stations est primordial ainsi que l'accessibilité globale du système.

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 seule exception à cette règle pourrait être un

site banal sur le pont de Québec, cette possibilité ayant déjà été évoquée et approuvée lors de l'étude de 2003.

2.1.2 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.

2.1.3 Le guidage

Le matériel roulant tramway est un système guidé, ce qui présente les avantages suivants :

- réduction de la largeur d'emprise de la plateforme;
- accostage avec une très faible lacune quai/seuil de porte en station pour permettre l'accessibilité à tous (fauteuils roulants, etc.);
- matérialisation du site propre;
- pérennité de la ligne, avec une forte matérialisation par les rails;
- amélioration du confort, de la sécurité et de la vitesse commerciale.

Le guidage est assuré par les rails.

Les interfaces entre le système de guidage et les autres utilisateurs de la voirie consistent en une gorge pour chaque rail, avec des incidences sur les vélos et au passage en carrefour.

Le système par rail permet d'assurer les manœuvres à l'aide de :

- branchements et communications entre voies;
- croisement.

2.1.4 Alimentation en énergie électrique

Elle est réalisée à partir d'une ligne aérienne de traction avec captage par pantographe (voir section 3.2 pour plus de détails sur le type d'alimentation traction) et retour de courant par les rails de roulement. La hauteur de la ligne peut varier entre 3,7 et 6,3 m.

Pour mémoire, il est rappelé au lecteur que le mode d'alimentation du système fait l'objet du livrable 1.3.

2.1.5 Caractéristiques physiques du matériel roulant

Pour les caractéristiques du matériel roulant, le lecteur est invité à lire la section 3.1 et l'annexe C – Note technique sur le matériel roulant du présent rapport. Pour mémoire, il est rappelé que la « définition du matériel roulant » fait partie du livrable 1.2 – Technologie et insertion.

2.1.6 Tracé en plan

Le tracé en plan doit satisfaire aux normes de confort du voyageur et de stabilité de la voie.

Pour connaître les règles de conception en plan du tracé, le lecteur est invité à consulter l'Annexe A – Note d'hypothèses générales.

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. Dans le cas d'insertions difficiles, la station peut être placée en courbe de rayon supérieur à 1 000 m.

Les zones d'appareils de voie seront placées en alignement droit.

2.1.7 Tracé en profil

Pour connaître les règles de conception du tracé en profil, le lecteur est invité à consulter l'Annexe A – Note d'hypothèses générales.

2.1.8 Profil en travers type plateforme tramway

L'entraxe des voies du tramway en alignement droit varie de :

- 3,10 m à 3,60 m pour un matériel roulant de 2,65 m de largeur;
- 2,85 m à 3,35 m pour un matériel roulant de 2,40 m de largeur;

suivant la situation des supports de ligne aérienne (à l'extérieur des voies ou entre les voies), et la dimension des supports (35 cm dans le présent cas).

Compte tenu du gabarit dynamique du matériel roulant, la largeur utile de la plateforme tramway est de 5,85 à 6,35 m. Cette largeur est de 6,35 m à 6,85 m avec les supports de la ligne aérienne implantés entre les deux voies.

Il est techniquement concevable de banaliser totalement une voie de tramway en y admettant une circulation des véhicules routiers. Ceci s'effectue bien sûr au détriment de l'efficacité du tramway (vitesse, régularité) et ne peut donc être retenu qu'exceptionnellement, sur une faible partie de la ligne. Ceci peut être le cas pour certains passages sur ou sous d'ouvrage d'art étroits ou des portions de rue étroites sans possibilité d'élargissement.

Cette disposition de la plateforme est dite en **site banalisé**.

À noter également la possibilité de réaliser une plateforme à **une seule voie** utilisée alternativement dans un sens puis dans l'autre. Cette alternative permet un gain de place en largeur, 3 à 3,25 m au lieu de 5,85 à 6,35 m suivant la largeur du matériel roulant. Cependant, cette solution nécessite des éléments de sécurité vis-à-vis des piétons et du trafic voitures, barrières ou séparateurs, et provoque des problèmes d'exploitation en cas de trop grande longueur en voie unique et/ou en cas de dysfonctionnement sur la ligne. Cette disposition limite d'autant plus la fréquence de passage du tramway que le temps de parcours de la section en voie unique est important.

2.1.9 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.

Lorsque le quai est installé le long d'une voirie, une barrière de sécurité est placée à 0,5 m de la bordure du quai.

Cette largeur doit être adaptée à la fréquentation prévisible de la station, ainsi qu'au type d'abris et d'équipements installé sur les quais.

Pour assurer une accessibilité totale quai - matériel roulant, le nez de quai est placé à environ 0,29 m du plan de roulement en hauteur, ce qui permet d'accéder dans la plateforme du matériel roulant sans marche, et la lacune horizontale est limitée.

Pour plus d'information, le lecteur est invité à consulter l'annexe A – Note d'hypothèses générales du présent rapport.

2.1.10 Équipements en station

L'accès aux quais des stations se fait à l'aide de rampes dont la pente est limitée à 5 %, 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 suivant :

- des sièges et barres d'appui;
- une poubelle;
- un distributeur de billets (au moins pour les stations à forte fréquentation);
- des composteurs de billets (ceux-ci peuvent aussi être disposés dans les véhicules);
- un panneau d'information;
- de l'information dynamique;
- de la signalétique;
- de l'éclairage propre à la station.

2.1.11 Voirie, trottoirs et pistes cyclables

Pour connaître les règles de conception relatives à la voirie, aux trottoirs et pistes cyclables, le lecteur est invité à consulter l'Annexe A – Note d'hypothèses générales du présent rapport.

2.1.12 Accès riverains

La règle générale est de maintenir l'accès aux riverains. Ceci a pour conséquence :

- dans le cas d'un double sens de circulation routière, l'installation préférentielle de la plateforme tramway est en site axial;
- dans le cas d'un sens unique de circulation routière, le site propre est nécessairement latéral, des aménagements spécifiques permettent la traversée de la plateforme pour accéder aux propriétés riveraines.

La traversée du site propre axial en dehors des carrefours aménagés n'est pas conseillée, au même titre que sur des voiries à multiples voies de circulation. Le nombre de tourne-à-gauche pour les accès riverains sera par conséquent réduit.

2.1.13 Stationnement

Le stationnement sera organisé le long des voies de circulation.

En site propre, aucun stationnement ne doit être implanté en limite de la plateforme du tramway, pour éviter les manœuvres sur cette plateforme et les risques d'engagement du gabarit du tramway.

En site mixte, le stationnement, le cas échéant, devrait être localisé du côté opposé au site mixte, entre la voirie et le trottoir pour éviter les manœuvres sur la plateforme et les risques d'engagement du gabarit du tramway.

En site banal, le stationnement longitudinal limitrophe à la plateforme tramway ne devrait pas être permis, pour éviter les manœuvres sur la plateforme du tramway. Si pour des raisons exceptionnelles, ce type de stationnement devait ponctuellement être permis, alors la largeur de la case devrait être d'au-moins 3,25 m de large (au lieu de 2,25 m) afin de permettre l'ouverture de la portière et la sécurité des usagers.

2.1.14 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 être adapté de façon à minimiser les retards pour la circulation générale reliés au passage du tramway. Les équipements (contrôleur, lanternes, etc.) devront être adaptés 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.

Cependant si on analyse le fonctionnement actuel, on peut constater que :

- sur certains tronçons, la voie n'est réservée que sur certaines plages horaires et utilisée en dehors de ces plages par du stationnement,
- quasi systématiquement les voies réservées sont interrompues quelques dizaines de mètres avant les carrefours pour permettre de créer une file,
- les arrêts sont implantés sur des trottoirs relativement étroits et ne comportent qu'un équipement restreint (abri de faible surface) ou, quand cet abri est plus important, il est situé en arrière du trottoir,
- le confort pendant le voyage est tout relatif car lié à l'état de la voirie et au mode de conduite du conducteur qui doit assurer son horaire tout en évitant les obstacles (pas ou peu de limitation d'accélération longitudinale ou transversale).

Les caractéristiques du tramway permettent une nette amélioration de ce fonctionnement :

- le tramway circule sur un site propre qui lui est réservé, pratiquement sans obstacle, et en bénéficiant d'une priorité quasi absolue aux intersections par un mode d'action sur les lumières avec détection de son arrivée au carrefour. Son temps de parcours est donc fiable en tout temps,
- le tramway circule sur des rails qui assurent un confort de roulement et de trajectoire quasi parfait pour les voyageurs. La vitesse est régulée de façon à éviter tout freinage ou accélération violent,
- le tramway est équipé de stations propres, parfaitement équipées et totalement accessibles en bordure des voies, où le voyageur est à l'aise pour l'attente ainsi que la montée et la descente des véhicules,
- Le tramway, avec des rames qui peuvent accommoder plus de 200 personnes, à des intervalles de 3 minutes ou moins, offre une capacité 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 de d'autobus et BHNS (plateforme lissée, système guide, conduite assistée qui limite les accélérations, décélérations, etc.),
- enfin les lignes de tramway sont très lisibles de par leur infrastructure, on peut suivre les rails, voir les lignes aériennes et les stations sont des lieux qui marquent le paysage.

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 et une réorganisation des trafics routiers allant dans le sens de favoriser l'utilisation du transport en commun et la vie urbaine de proximité. Avec en plus une adaptation des principes de stationnement, le nouveau réseau de transport globalisé, organisé autour des axes

structurants de tramway, devrait permettre d'atteindre l'objectif du plan de mobilité durable de doubler la part modale des transports collectifs.

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 et confortables,
- 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 généraux méthodologiques d'insertion du tramway, qui sont appliqués lors de l'insertion préliminaire faite dans le présent livrable, sont listés ci-après, par ordre de priorité donné à chacun lors de l'exercice (exemple : l'insertion du site propre du tramway a priorité sur l'insertion des places de stationnement). 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.

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

2.3.1 Priorité au tramway et autres transports collectifs

- assurer la protection optimale du site tramway pour obtenir une bonne régularité et une bonne vitesse commerciale donc préférer un site propre (exclusif) au tramway, et axial;
- établir un tracé et un profil en long les plus lissés possible (c'est-à-dire minimiser le nombre de carrefours à rayons de courbure trop petits et minimiser les pentes auxquelles le tramway serait soumis, selon les caractéristiques du type de matériel roulant sélectionné);
- positionner les stations au mieux en fonction de la clientèle potentielle, tout en tenant compte des contraintes géométriques et de la distance entre les quais;
- établir des pôles de correspondance tramway/autobus pratiques et confortables;
- créer des zones urbaines densifiées et à usages mixtes (résidentiel, commercial) selon le principe du TOD (Transit Oriented Development), autour des stations en bouts de lignes, en périphérie, dans le but de favoriser l'usage du transport collectif et réduire celui de la voiture;
- assurer la priorité maximale du tramway aux carrefours.

2.3.2 Maintenir ou améliorer les espaces piétons

- composer des espaces compatibles avec la qualité de vie et les besoins fonctionnels des quartiers desservis;
- assurer une continuité piétonne le long de l'axe tramway;
- assurer une continuité des itinéraires piétons à travers l'axe tramway et les sécuriser;
- protéger ces espaces contre toute intrusion;
- faciliter les accès aux stations.

2.3.3 Assurer la fluidité des voiries

- recherche d'un plan de circulation adapté minimisant les conflits entre le transport en commun (TC) et les véhicules particuliers (VP) et assurant une desserte optimale notamment pour les riverains;
- simplifier les carrefours et définir leur exploitation optimum;
- adapter les caractéristiques aux vitesses souhaitées;
- faciliter l'ensemble des mouvements;
- définir les principes de fluidité contrôlée (priorités aux feux de circulation).

2.3.4 Itinéraires cyclables

- assurer une bonne continuité des itinéraires cyclables le long de l'axe tramway, de préférence sur des voiries parallèles, ainsi qu'en traversée de celui-ci.

2.3.5 Adapter l'offre de stationnement aux besoins

- par le rétablissement du stationnement longitudinal existant chaque fois que possible et en particulier aux endroits à forte demande;
- par la gestion de stationnements en rue et hors rue, en particulier à proximité des commerces, avec par exemple la modification du caractère du stationnement : courte durée, moyenne durée, résidants, etc.

2.3.6 Espaces verts, environnement

- sans s'attacher aux plantations existantes, recréer un paysage urbain de qualité en créant ou en mettant en valeur des espaces verts, et en soignant la qualité des revêtements et des mobiliers urbains.

2.3.7 Activité commerciale

- maintenir les activités riveraines du projet et développer d'autres activités;
- développer l'accessibilité multimodale aux commerces;
- maintenir les surfaces nécessaires au fonctionnement propre des commerces;
- assurer les livraisons.

2.3.8 Fonctionnement de l'habitat riverain

- assurer la desserte locale des immeubles ou maisons riverains;
- permettre des interventions sur le bâti;
- assurer les interventions du service de sécurité;
- assurer les interventions des services publics et des compagnies d'utilités publiques.

Au regard de ces critères, le projet d'insertion sera traité « entre façades », en privilégiant le site propre pour le tramway et en réorganisant le reste des emprises publiques pour assurer le fonctionnement urbain des quartiers traversés.

Le tramway doit être traité avec une continuité dans les aménagements, le mobilier, les objets techniques, les matériaux, etc. afin de lui donner une signature lisible, visible et attractive. Certains sites ou secteurs pourront bien sûr être traités de façons différentes quand ils auront un caractère déjà existant.

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.

Le choix de l'implantation des stations est donc fait, idéalement, à partir d'une démarche rigoureuse du type de celle décrite ci-après :

- effectuer un relevé exhaustif et détaillé de l'existant en terme de pôles générateurs de déplacements, secteurs à forte densité de population, d'activités ou d'équipements d'agglomération;
- effectuer un diagnostic des lignes existantes et en particulier du fonctionnement des arrêts existants;
- définir les objectifs d'exploitation à partir d'une vitesse commerciale globale de la ligne, mais aussi de temps de parcours par tronçon, pour par exemple rejoindre rapidement une zone d'habitation à un pôle d'échanges, ou au centre attractif, quitte à favoriser plus tard dans ce centre-ville, le cabotage plutôt que la vitesse;
- bien connaître la demande potentielle pour adapter l'offre;
- définir les pôles de correspondances et appréhender les fonctions principales à remplir, y compris sur un aspect politique global de la ville (par exemple pour les stationnements incitatifs);
- localiser les zones souhaitables où implanter une station;
- faire une étude de terrain pour trouver, d'une part la meilleure position pour implanter les quais et les rampes d'accès et, d'autre part, pour favoriser les accès des piétons depuis les grands pôles générateurs de trafic, en particulier pour les cheminements transversaux;
- définir avec précision les éléments de confort et de sécurité pour le fonctionnement de la station.

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.

2.5 L'INSERTION DE LA PLATEFORME ET CONCEPTION DES ARRÊTS

2.5.1 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.

Enfin il est possible d'envisager de dissocier les deux voies du site propre, un sens s'effectuant dans une rue, l'autre sens s'effectuant dans une autre rue ou d'envisager un fonctionnement en site mixte avec les voitures mais avec une priorité au tramway. La dernière solution est un fonctionnement du tramway en voie unique avec sens alternés.

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

Cette position fonctionne bien avec un sens de circulation de part et d'autre de la plateforme, chaque voie circulant dans le même sens que le tramway. Si la largeur disponible est faible, on choisira les supports des lignes aériennes avec poteaux latéraux ou avec ancrage en façades. Sinon, on peut choisir des poteaux situés dans l'axe des voies du tramway.

La largeur de la plateforme est alors de 6,45 m (véhicule de 2,4 m) ou de 6,95 m (véhicules de 2,65 m) y compris une bordure de 30 cm de chaque côté.

Cette largeur passe à 6,8 m (véhicule de 2,4 m) ou 7,45 m (véhicule de 2,65 m) avec des poteaux axiaux, tel qu'illustré à la figure 5.

Dans ce cas, il est possible d'avoir 2 X 1 voies de circulation de 3,275 m et des trottoirs de 3 m.

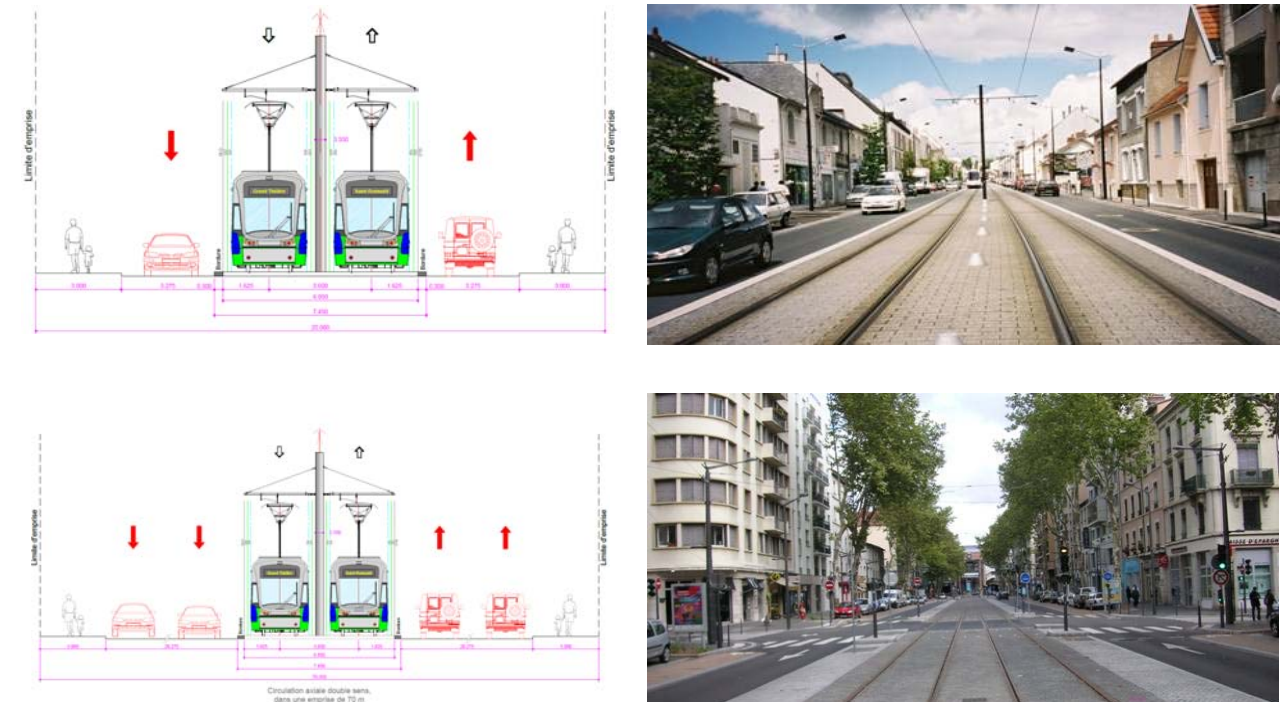
Si l'emprise disponible est plus importante, il est préférable d'encadrer la plateforme de terre-pleins qui pourront avoir une quadruple fonction :

- accueillir les quais des stations;
- rendre possible un traitement paysager dans l'axe de la voirie;
- servir de refuge pour les traversées des piétons;
- rendre possible la mise en place de voies de tourne-à-gauche spécifiques pour les voitures.

Cette option 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.

Figure 5 : Coupes-types et illustrations d'un tramway en position axiale



Position bilatérale

Le principal intérêt de cette solution est la facilité d'intégrer les stations aux trottoirs qui servent de quai dans chaque direction. Elle présente également l'avantage d'élargir l'espace piéton, la plateforme du tramway étant largement disponible dans le temps pour les piétons, qui de plus se sentent en sécurité le long du véhicule du fait de son guidage.

Cependant, cette disposition 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;
- surcoût d'investissement avec un double chantier;
- pas de possibilité de dévier le véhicule d'une voie sur l'autre;
- largeur réduite des quais qui doivent également servir de trottoir.

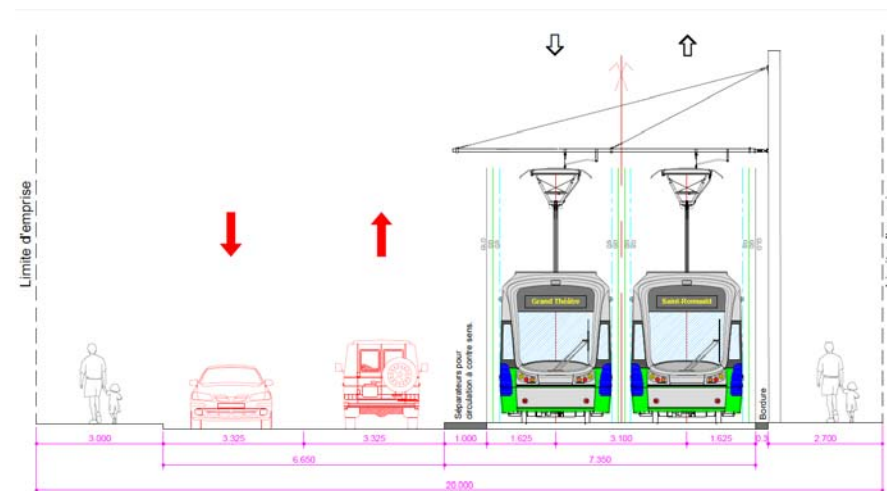
Figure 6 : Coupe-type et illustration d'un tramway en position bilatérale



Position latérale

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

Figure 7 : Coupe-type d'un tramway en position latérale avec voies de circulation à double sens de circulation



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. Il convient de prévoir un îlot séparateur entre le tramway et voirie de l'ordre de 1 m de large. Dans ces conditions, avec la plateforme de 6,35 m, l'îlot et une chaussée de 6,65 m, il est nécessaire d'avoir 20 m de largeur de voirie pour conserver des trottoirs d'au-moins 2,7 m (aux abords de la plateforme).

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

Dans ce cas, on choisit 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. On peut alors avoir :

- trottoir 2,5 m;
- plateforme tramway 6,5 m;
- voirie 4 m;
- stationnement 2,25 m;
- trottoir 2 m.
- trottoir 2 m;
- ou encore, en supprimant le stationnement, élargir les trottoirs de façon symétrique à 3,5 m ou de façon dissymétrique à 3 m côté plateforme et 4 m côté voirie (ou inversement).

Cette option offre aux voitures la possibilité d'empiéter sur la demi-plateforme contiguë pour contourner un obstacle sur la voie de circulation.

Avec cette solution, les trottoirs sont relativement confortables, d'autant plus que la plateforme reste une zone largement utilisable par les piétons, il est possible de conserver du stationnement, des plantations d'arbres sont envisageables et enfin l'implantation de stations à quais latéraux est possible, avec un traitement type zone 30, c'est-à-dire une zone où la circulation automobile est réservée à la desserte locale et où les aménagements ne permettent qu'une circulation à faible vitesse, inférieure à 30 km/h.

Cependant les accès riverains impactent fortement le tramway et sa vitesse commerciale est moins bonne.

Figure 8 : Coupe-type et illustration d'un tramway en position latérale avec voie de circulation à un sens de circulation



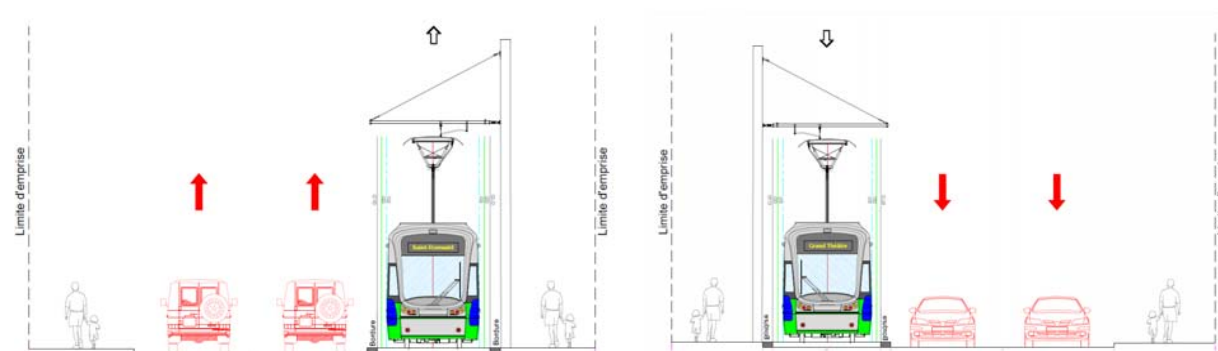
Figure 9: Illustration d'un tramway en position latérale avec voie de circulation à un sens de circulation



Voies dissociées

Cette solution est intéressante si les deux voies du tramway peuvent être implantées dans deux voiries parallèles relativement proches pour permettre de conserver les autres fonctions urbaines des voiries considérées.

Figure 10 : Coupes-types d'un tramway en position latérale, voies dissociées



Cette solution 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;
- auxquels s'ajoute le fait d'avoir des stations à quais dissociés, difficiles donc à repérer pour les voyageurs.

Site banal avec priorité tramway

Cette option correspond à une 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. A noter que si les voitures doivent attendre derrière le tramway en station, environ 30 secondes, elles roulent ensuite librement en suivant ce tramway en profitant de la priorité de ce dernier et donc perdent très peu de temps.

La circulation de véhicule routier en station présente néanmoins des risques importants pour les piétons.

Cette option doit se marier, pour certains carrefours, à une voie d'évitement pour le trafic général, soit pour un mouvement tournant, soit pour assurer l'arrivée en tête du tramway au carrefour.

Figure 11 : Illustration d'un tramway en site mixte avec priorité tramway



Voie unique

Cette solution est proposée sur de très courte distance dans les cas où il est difficile d'élargir la voirie du fait de son étroitesse, et pour réduire les coûts d'investissement.

L'inconvénient de cette solution est surtout du fait d'une exploitation plus compliquée du tramway. Cette solution limite également la capacité de transport de la ligne.

2.5.2 Conception des arrêts

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

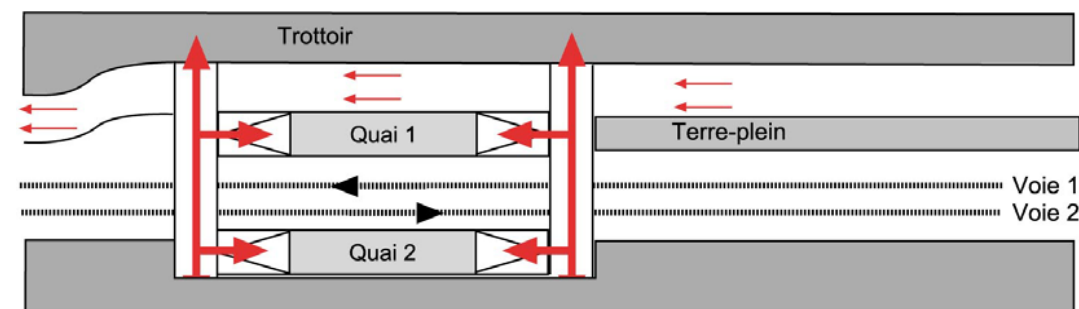
- à quais latéraux face à face;
- à quais latéraux décalés;
- à quai central.

La solution à quais latéraux face à face est la solution de base de par ses avantages :

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

Cette solution s'applique à toutes les situations de position de la plateforme, avec la contrainte de déviation des voies de circulation si celles-ci sont accolées à la plateforme en section courante. Dans le cas où la plateforme est accolée au trottoir, le quai est intégré à ce trottoir avec, si possible, un partage entre la zone d'attente et la circulation des piétons.

Figure 12 : Schéma et illustration d'une station à quais latéraux face à face

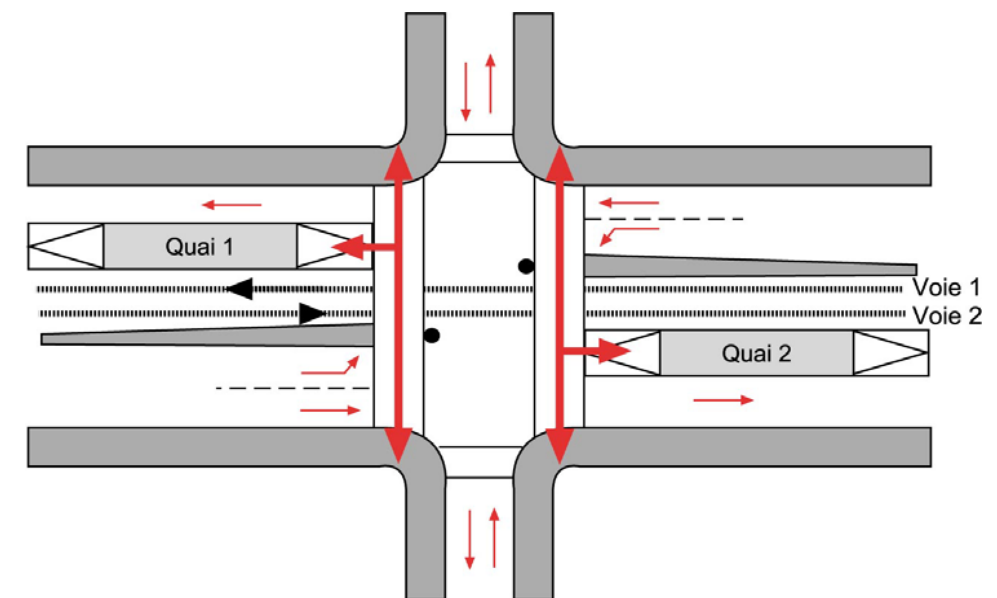


Station à quais latéraux face à face

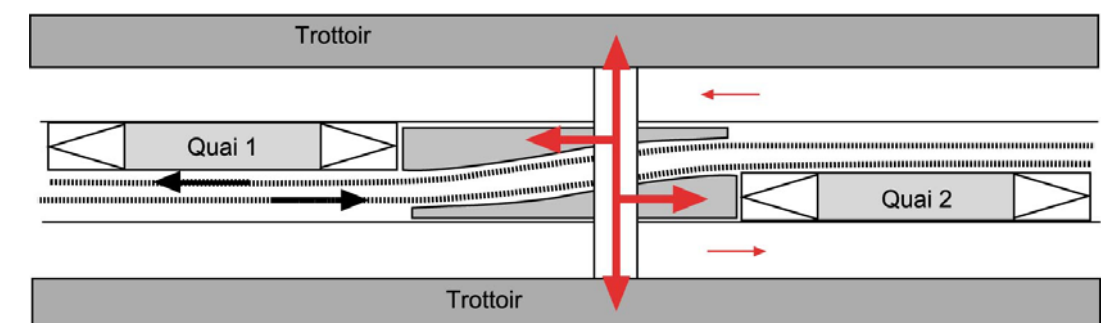


La solution à quais latéraux décalés est surtout applicable pour une plateforme en position axiale. Elle permet de mieux s'inscrire dans l'organisation d'un carrefour en implantant chaque quai après le carrefour; le tramway assure sa priorité pour franchir l'intersection et peut redémarrer de son arrêt sans délai d'attente, et il est possible de placer des voies spécifiques de tourne-à-gauche dans l'épaisseur des quais. Elle permet également de gagner en largeur d'emprise au prix d'un tracé sinueux pour les voies du tramway, mais cela pénalise la vitesse commerciale. Cette solution 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.

Figure 13 : Schémas d'une station à quais latéraux décalés



Station à quais latéraux décalés : option 1

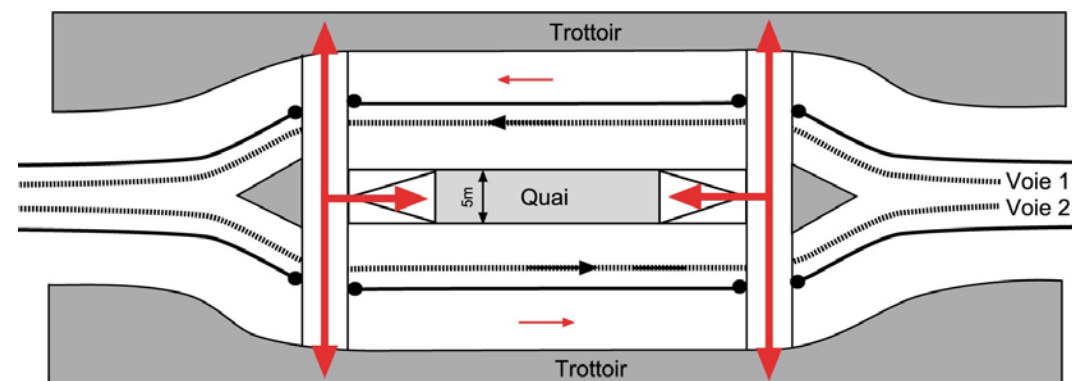


Station à quais latéraux décalés : option 2

La solution à quai central s'utilise également avec une plateforme en position axiale, elle 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).

Figure 14 : Schéma et illustration d'une station à quai central



Station à quai central

2.5.3 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.

2.6 LES TRAITEMENTS SPÉCIFIQUES DUS AUX CONDITIONS CLIMATIQUES

2.6.1 Données à prendre en compte

Le système proposé doit être conçu pour tenir compte des conditions ambiantes suivantes :

- température ambiante : -40°C à +45°C
- humidité relative : 20 à 100 %
- vitesse du vent : continue : 90 km/h, en bourrasque : 150 km/h
- précipitation : taux de pluie : 120 mm/h, taux de chute de neige : 200 mm/h
- verglas : l'équipement devra fonctionner dans l'environnement que l'on retrouve normalement dans la région de Québec.

Entre 1943 et 2000, les conditions climatiques suivantes ont été observées dans la région de Québec (station météorologique QUÉBEC/JEAN LESAGE INTL A) :

- température ambiante : -36,1°C (février 1962) à 35,6°C (juillet 1953)
- humidité relative : 72 à 85 %
- vitesse maximale des vents : 97 km/h (février 1956)
- vitesse maximales des vents (bourrasque) : 177 km/h (juin 1962)
- précipitation extrême de pluie : 81,2 mm/jour (septembre 1979)
- précipitation extrême de neige : 439,0 mm/jour (mars 1971)

À noter également les éléments suivants :

- l'épaisseur de sol gelé pendant de longs mois est de l'ordre de 2 mètres;
- un phénomène de blizzard avec ses conséquences en termes de poussière de neige s'infiltrant partout et la formation de congères;
- le brouillard glacé qui peut givrer les lignes aériennes électriques.

Il faudra donc penser au dégel, et à la fonte des neiges, et bien sûr ne pas oublier le problème de ventilation et/ou refroidissement en été.

À noter enfin le problème de l'évacuation des eaux de pluie pour les points bas du projet ou du site pour éviter des inondations des voies du tramway.

2.6.2 Les problèmes à traiter

Protection contre la neige, évacuation de celle-ci

L'objectif principal que devra remplir le tramway est d'assurer un service fiable et confortable, ce qui peut se traduire par deux buts à atteindre :

- maintenir l'exploitation en tout temps;
- assurer un minimum de confort pour les voyageurs pendant toute la durée du déplacement, accès à la station, attente, voyage et sortie de la station d'arrivée, sans oublier une correspondance éventuelle.

Exploitation du système

Le matériel roulant doit pouvoir circuler sur la plateforme, les aiguillages et la signalisation (verticale ou au sol) doivent fonctionner, l'énergie doit être distribuée. Le problème principal concerne l'accumulation de la neige sur les rails, en fonction de la garde au sol du véhicule (la garde au sol étant la hauteur libre entre les éléments les plus bas sous le matériel roulant et le plan de roulement).

On devra donc résoudre le problème de l'évacuation de la neige, avec ou sans stockage, en considérant deux cas principaux :

- soit avec chute de neige pendant la période d'exploitation;
- soit avec chute de neige hors période d'exploitation.

Pour faciliter cette évacuation, il conviendra de concevoir les aménagements afin d'éviter tout obstacle qui favoriserait les amas de neige et entraînerait des difficultés de déneigement.

Plusieurs cas particuliers seront à traiter comme par exemple la protection des stations, des trémies (zones d'insertion entre le tracé à niveau et le tracé en tunnel) et ouvrages en tranchée ou encore des zones où le profil en long implique un creux.

Bien entendu, toute solution préconisée devra tenir compte des fonctions urbaines parallèles au projet du site propre du tramway et s'inscrire dans l'environnement immédiat.

À noter également le problème particulier du remisage des rames au dépôt: il conviendra de faciliter le démarrage de l'exploitation. À noter de même le problème d'accumulation de la neige sur le toit des véhicules.

Confort des voyageurs

Le confort des voyageurs vis-à-vis de la neige concerne deux points principaux :

- le confort d'attente en station, avec donc la protection des quais contre la neige,
- la facilité d'accès aux quais des stations avec donc principalement le dégagement des espaces piétons, trottoirs, traversées, rampes ou escaliers.

Problème de la glace, brouillard verglaçant

Trois points principaux sont à traiter vis-à-vis de ce problème :

- la protection des lignes aériennes électriques pour assurer leur fonctionnement et leur stabilité;
- la protection de la caisse des véhicules pour éviter les accumulations de glace, en particulier sous le plancher;
- le maintien en service des aiguillages.

Problème du froid

Pour ce problème du froid, on retrouve les deux points cités pour la neige :

- maintenir l'exploitation du système;
- assurer le confort des voyageurs.

Exploitation du système

Il s'agit tout d'abord de garantir le fonctionnement des équipements et du matériel roulant, mais également des infrastructures telles que la plateforme (fondation des rails) ou le drainage.

Confort des voyageurs

Le confort des voyageurs concerne essentiellement celui en attente en station, ainsi que les lieux de transfert pour les pôles de correspondance : liaison entre les quais, des quais au parking, etc.

Problème de la chaleur

Il est similaire à celui du froid avec pour le confort des voyageurs le double problème de la ventilation et de la protection contre le soleil.

Éviter les inondations

Le drainage des points bas devra être assuré.

Du fait que les surfaces imperméables seront peu ou pas modifiées, le dimensionnement des conduites générales (égouts) ne serait pas remis en cause

À bien des endroits, compte tenu de la position de la plateforme du tramway, les conduites d'aqueduc et d'égouts devront être doublées.

2.6.3 L'état existant

Cette section décrit les aménagements actuels spécifiques aux conditions climatiques et les techniques mises en œuvre pour lutter contre la neige et le froid.

Conception des aménagements

- largeur des chaussées : elle est adaptée à la possibilité de stocker la neige;
- stationnements : les places sont conçues de façon à pouvoir être dégagées facilement;
- trottoirs : ils sont dégagés en priorité par des engins spécifiques;
- les passages piétons : la conception des îlots;
- le mobilier urbain : mâts d'éclairage, signalisation tricolore, barrières, corbeilles, bancs. Leurs implantations sont adaptées;
- les plantations;
- les revêtements de sol : fondation des chaussées, couches, matériaux mis en œuvre, mélange d'enrobés et de pavés, etc.

Techniques de déneigement

En journée : de jour, les engins sortent dès le début d'une précipitation. À noter que les axes utilisés par le tramway et les Métrobus sont prioritaires pour le déneigement.

La nuit, une procédure spécifique est mise en place.

2.6.4 Des avenues de solutions

Les grands types de problèmes à traiter concernent principalement les stations, l'évacuation de la neige sur l'emprise du site propre, la résistance au froid et à la glace des équipements.

Stations

Quatre objectifs à atteindre :

- maintenir les quais hors-neige;
- protéger les zones d'attente contre la neige, le froid, le vent, la pluie, la chaleur;
- éliminer la neige sur la plateforme en station;
- adapter les équipements, type et implantation pour répondre aux besoins d'exploitation.

La conception des stations ne fait pas partie du présent mandat. Toutefois, dans le but de faciliter/accélérer l'établissement des hypothèses à retenir pour la présente étude faisabilité technique, le Consortium présente en annexe de l'Annexe A – Note d'hypothèses générales ses premières observations/réflexions sur le sujet. Pour plus d'information, le lecteur est invité à consulter cette annexe.

Évacuation de la neige

En période d'exploitation

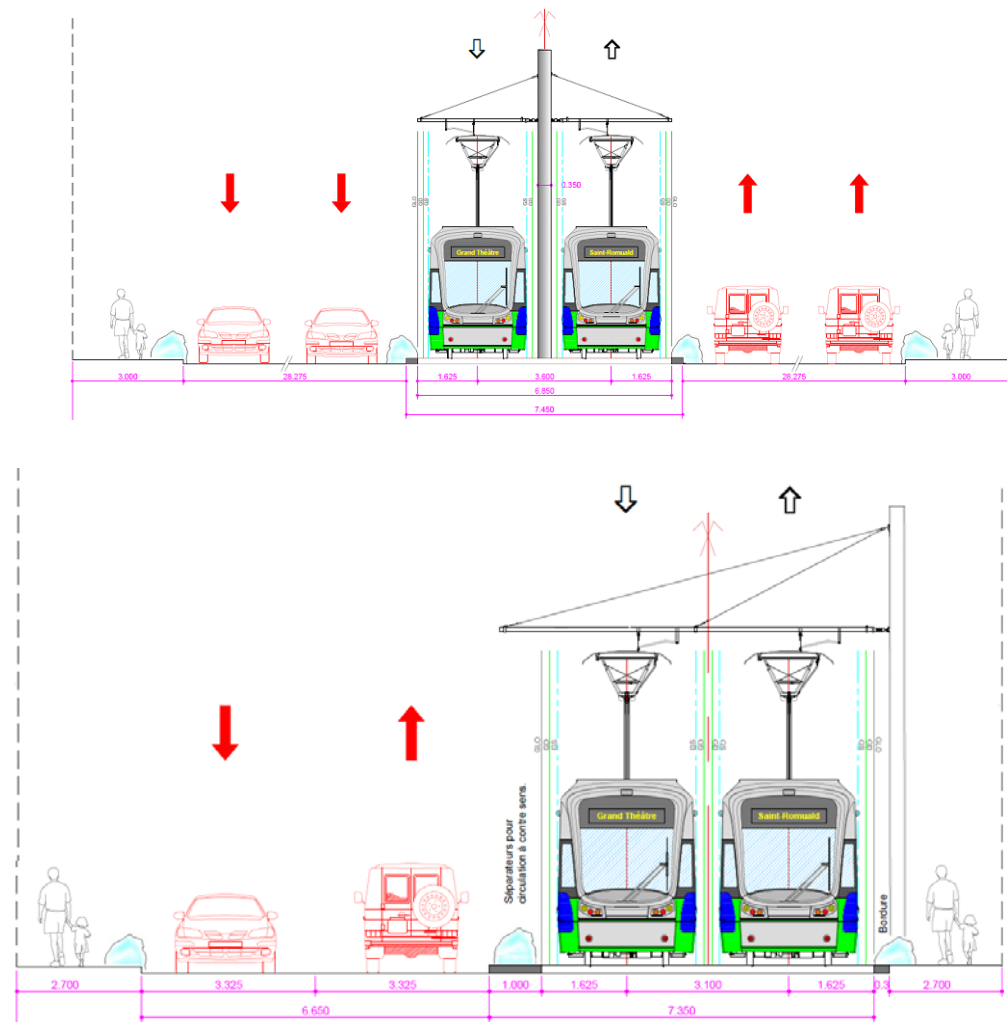
Pour les chutes de neige en période d'exploitation, il faut évacuer environ 20 cm de neige par heure. Si on veut pouvoir exploiter avec du matériel roulant à plancher bas, la garde au sol est très faible, de l'ordre de 8 cm, il convient alors d'enlever systématiquement la neige.

Pour cela, il apparaît possible de prévoir les véhicules équipés de lames inclinées en sous caisse, côté extérieur à la plateforme. Cette lame serait en fait intégrée à la carrosserie.

Dans ce cas, on prévoira une zone de stockage entre la plateforme et la voirie, cependant cette zone sera forcément réduite. On peut indiquer une bande d'environ 60 cm à partir du gabarit statique du matériel roulant en intégrant donc les surlargeurs (gabarit dynamique et lame d'air) et en augmentant légèrement la largeur de la plateforme ou en prenant sur la voirie contiguë. Les schémas ci-après donnent une telle configuration pour deux largeurs types de voirie.

Ce stockage sera de toute façon réduit et il sera évacué en même temps que la chaussée adjacente.

Figure 15 : Coupes-types avec stockage de la neige (positions axiale et latérale)



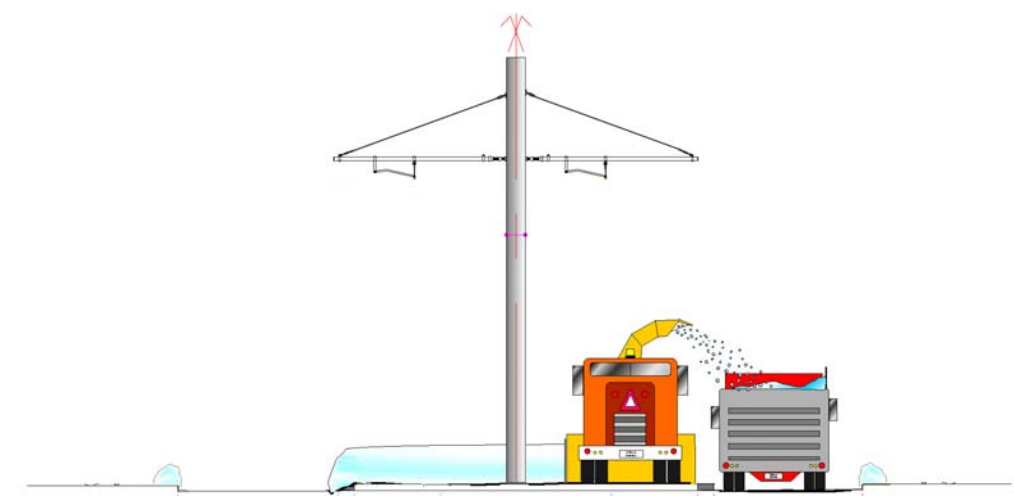
Il conviendra donc, dans ce cas, d'évacuer régulièrement la neige à partir de la voirie adjacente.

Hors exploitation

En cas de forte chute pendant la nuit, hors exploitation, on peut être amené à avoir à évacuer 30 à 60 cm de neige.

Pour cela, on peut prévoir d'équiper le réseau d'engins spécifiques rail - route muni d'une souffleuse et donc qui aspire la neige et la rejette dans des camions qui circuleraient en parallèle à cet engin. Il serait bon de prévoir des zones de stockage régulières le long de la ligne pour faciliter cette évacuation avant la mise en exploitation du matin.

Figure 16 : Coupe-type du déneigement de la plateforme de tramway, hors exploitation



Contraintes d'aménagements

Pour faciliter l'évacuation de la neige, et même tout d'abord pour éviter les accumulations intempestives, il conviendra de prévoir un aménagement sans obstacles au sol, c'est-à-dire qu'il n'est pas possible de prévoir des barrières, protections basses, poteaux support d'éclairage ou de feux de signalisation, ou encore mobiliers urbains, dans l'emprise globale de la voirie, ses bordures, les chaussées, les trottoirs et files de stationnement.

Tous les supports seront plutôt placés en limite extérieure des trottoirs et la signalisation placée en potence.

Accès aux stations

Ces accès devront être dégagés et dans certains cas protégés.

Points particuliers

Il s'agit principalement des trémies et des ouvrages en tranchée éventuels.

Le déneigement de ces ouvrages apparaissant problématique, il semble préférable de prévoir une protection permanente, bien intégrée dans le milieu récepteur.

Froid et glace

En ce qui concerne le fonctionnement des équipements, en dehors du fait que tous les équipements devront supporter la température minimale indiquée dans le cahier des charges, il faudra traiter deux points particuliers :

- un système de chauffage des aiguilles pour assurer leur bon fonctionnement en exploitation,
- un système, ou une pratique, pour protéger les lignes aériennes électriques contre les accumulations de glace, (véhicule gratteur, utilisation de produit dégivrant, système d'échauffement par effet Joule, etc.),

- un système, ou une pratique, pour dégager les gorges des rails contre les accumulations de glace.

On pourra également prévoir de placer les armoires dans des locaux conditionnés plutôt que de les laisser à l'air libre.

Pour le matériel roulant, il conviendra surtout d'éviter les accumulations de glace sous la caisse, sans doute en assurant le nettoyage régulier de la plateforme.

Enfin le bon fonctionnement des voies suppose que la fondation de la plateforme ne se déforme pas. Pour mémoire, la conception de la plateforme sera traitée dans le livrable 1.2 – Technologie et insertion.

Pour le confort des voyageurs, on prévoira que l'ouverture des portes du matériel roulant s'effectuera à la demande.

Drainage des points bas

En plus du drainage normal effectué par puisards et des canalisations, il conviendra dans le cas où le drainage ne peut pas être réalisé en gravitaire, de prévoir des réservoirs de rétention correctement dimensionnés avec des pompes de relevage fixes ou mobiles, accessibles depuis la surface.

3 VARIANTES DU PROJET

Le présent chapitre présente l'ensemble des variantes au projet de tramway, explorées, en termes de matériel roulant, système d'alimentation traction, de localisation de CEE et de tracés. De plus, pour l'ensemble de ces variantes, sont proposées des recommandations de sélection de variante, hormis pour les variantes de tracés qui sont analysées au Chapitre 4. 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.

3.1 VARIANTE MATÉRIEL ROULANT

Le texte qui suit est un résumé de la « Note technique matériel roulant » (voir Annexe B). Pour plus d'information sur les variantes de matériel roulant, les lecteurs sont invités à consulter cette note technique.

3.1.1 Caractéristiques générales du matériel roulant

Différentes solutions techniques existent pour des matériels de type tramway adaptés aux besoins d'offres de services (quelque 3 000 personnes par sens à l'heure de pointe) aux contraintes climatiques (pluie, neige, verglas, etc.) et au tracé (pentes de plus de 7 %, rayons de giration faibles, etc.) des Villes de Québec et de Lévis.

Les principales caractéristiques auxquelles doivent répondre le matériel roulant du projet de tramway de Québec et de Lévis sont énumérées ci-après :

- en premier lieu, il a été établi que, compte tenu des tracés proposés, il était requis d'avoir un matériel roulant réversible, c'est-à-dire un matériel roulant qui possède une cabine de conduite à chaque extrémité. Ce type d'architecture de matériel roulant est très courant;
- pour répondre à la demande de service mentionnée ci-devant, il a été établi que des véhicules d'une capacité de 200 places (assises et debout) pourraient convenir; un véhicule d'environ 30 à 33 m étant adapté à ce type de besoin. La plupart des constructeurs ont désormais développé des solutions qui permettent d'augmenter la capacité des matériels après leur mise en service. Il s'agit d'allonger ceux-ci d'environ 10 m par l'ajout de modules intermédiaires et d'un bogie. Dans le cas du passage d'une longueur de 30-33 m à 40-43 m, le gain en capacité est de l'ordre de 30 %;
- pour ce qui est de la largeur des véhicules de type tramway, elles sont généralement comprises entre 2,10 et 2,65 m. Les largeurs les plus communes sont 2,40 et 2,65 m et permettent de répondre adéquatement au besoin exprimé ci-devant.

Les capacités de transport qui en découlent sont de l'ordre de :

- 4000 personnes par heure et par sens avec un intervalle de 3 minutes et des rames de 30-33 m,
- 6000 personnes par heure et par sens avec soit un intervalle de 2 minutes et des rames de 30-33 m, soit un intervalle de 3 minutes avec des rames de 40-43 m,
- 8000 personnes par heure et par sens avec un intervalle de 2 minutes et des rames de 40-43 m.

3.1.2 Type de matériel roulant

Compte tenu de l'offre à satisfaire et des contraintes d'insertion, climatiques et tracés, trois types de matériel roulant ont été considérés pour le projet de tramway de Québec et de Lévis, soit : le tramway à roulement fer, le tramway à roulement pneumatique et le véhicule à crémaillère.

Roulement fer

Dans la gamme de longueur adaptée au projet, les tramways proposés par les constructeurs possèdent typiquement trois bogies dont deux ou trois peuvent être motorisés.

Le roulement fer présente les moins bonnes performances en ce qui concerne le franchissement des pentes. Des dispositions techniques complémentaires tels que les fonctions de sablage, anti-enrayage et anti-patinage permettent d'assurer des circulations même en conditions d'adhérence dégradée (feuilles mouillées, pluie, neige, etc.) avec des pentes de 6 % à 7 % en alignement droit. Il est possible d'augmenter ces valeurs à 8 ou 9 % en alignement droit avec une motorisation plus importante; soit trois bogies motorisés sur trois (motorisation à 100 %) pour un matériel d'environ 30 m. Une configuration à 40 m avec quatre bogies motorisés n'étant pas à ce jour développée, afin de garantir la possibilité d'un allongement à 40 m (motorisation de 3 bogies sur 4), il est recommandé de limiter les pentes à 8 % en alignement droit, soit par exemple à 7 % avec une courbe de rayon de 80 m.

Il est à noter que le marché à roulement fer est particulièrement concurrentiel ce qui assurera d'avoir des prix attractifs surtout si les spécificités sont réduites. À titre d'exemple, une configuration à deux bogies sur trois motorisés garantira une meilleure concurrence.

La photo ci-après, présente le tramway de la ville de Bergen en Norvège qui a été mis en service en 2010 et qui circule dans des conditions particulièrement contraignantes (fortes chutes de pluie) avec des pentes maximales de 6 %. Le constructeur STADLER a fourni le matériel roulant basé sur sa plateforme « Variobahn ». Ce véhicule d'environ 32 m de long et de 2,65 m de large est motorisé à 66 % (2 bogies sur 3 de motorisés).

Figure 17 : Tramway de Bergen, Norvège



Roulement pneumatique

Le roulement pneumatique permet à un véhicule de type tramway de franchir des pentes qui se rapprochent de valeurs franchissables par un autobus (environ 12 % à 13 % pour un véhicule de 25 ou 32 m de long). Par contre, dans la version allongée à 39 m, la capacité de franchissement de pente est réduite à environ 10 %. Le montage de pneumatiques « neige » voire pneumatiques cloutés permet de s'assurer d'une bonne adhérence dans la plupart des circonstances.

Ce matériel roulant possède par ailleurs un dispositif de guidage (constitué de deux galets en « V ») au contact d'un rail central). Celui-ci est protégé afin de ne pas être influencé par la présence d'objets. Toutefois, les risques de mal fonctionnement sont principalement liés à l'accumulation de neige ou à la présence de verglas, les efforts appliqués par les galets de guidage (environ 75 kg par galet) pourraient être insuffisants pour que le comportement du véhicule ne soit pas perturbé.

Les villes européennes dans lesquelles circule ce type de véhicule n'étant pas soumises à des conditions climatiques hivernales comparables à celles de Québec et de Lévis, ce point devra faire l'objet d'un approfondissement.

Pour ce type de véhicule, l'allongement est possible par pas de 7 m. La capacité d'un véhicule de 39 m est de 26 % supérieure à celle d'un véhicule de 32 m.

Ce matériel présente une largeur standard de 2,2 m. À longueur égale, sa capacité est donc légèrement inférieure à un tramway de 2,4 (écart d'environ 15 %).

Même si plusieurs villes en France, en Italie et en Chine sont équipées de tramway à roulement pneumatique, le marché est caractérisé par un monopole de la société LOHR. Les tramways à roulement pneumatique se posant en concurrents des tramways à roulement fer, leurs prix d'acquisitions sont relativement proches.

Les travaux liés à l'aménagement de la plateforme du tramway à roulement pneumatique sont comparables à la partie basse des tramways à roulement fer.

Il est à noter que la ville de Caen en France s'est dotée d'un TVR (Transport sur Voie Réservée) un système de bus articulés guidé, commercialisé par Bombardier (Système dont la motorisation électrique est alimentée par pantographe et ligne aérienne de contact).

Ce système a été mis en service à Caen en novembre 2002. À l'usage, ce système s'est avéré peu fiable et le TVR n'est plus commercialisé par Bombardier.

La photo ci-après, présente le tramway de la ville de Clermont-Ferrand en France qui a été mis en service en 2006. Le constructeur LOHR a fourni le matériel roulant basé sur sa plateforme « Translohr ». Ce véhicule a 32 m de long et 2,2 m de large.

Figure 18 : Tramway de Clermont-Ferrand, France



Véhicule à crémaillère

Les crémaillères sont utilisées pour permettre à des véhicules ferroviaires de franchir de très fortes pentes (de plus de 15 %).

Dans le cas des villes de Québec et de Lévis, les parties qui présentent les plus fortes pentes sont localisées en différents secteurs des deux lignes et sur des distances relativement courtes. Compte tenu du coût de la voie à crémaillère, elle ne devrait être installée qu'aux endroits requis, ce qui génèrent de fortes contraintes d'exploitation (réduction de vitesse à l'entrée et sortie de la crémaillère).

De plus, les zones pour lesquelles la crémaillère est requise ne doivent pas présenter de rayons de courbure aussi faibles que pour un matériel fer ou pneumatique (environ 60 m). Dans le cas de Québec et de Lévis, ceci pourrait générer des difficultés d'insertion.

Le marché des trains à crémaillère ne présente pas de volumes importants et est donc plutôt un marché de « niche ». Seul STADLER possède des références suffisamment fournies sur ce segment de produits.

Les matériels en service sont, pour la plupart, des matériels à voie métrique ce qui est incompatible avec des tramways à plancher bas intégral beaucoup plus accessibles. Pour une adaptation à un réseau urbain, des développements et validations seront nécessaires.

Les dispositions techniques supplémentaires du côté de la voie et du matériel roulant ainsi que l'absence d'effet de série en production contribuent à rendre cette technologie plus onéreuse que les deux autres.

La photo ci-après, présente le «Panoramique des Dômes», un véhicule à crémaillère moderne en service de puis 2012 en Auvergne, France. Le constructeur STADLER a fourni le matériel roulant. La pente maximale du tracé sur le Puy de Dôme est de 15,5 %.

Figure 19 : Train à crémaillère « Panoramique des Dômes », Auvergne, France



À ce niveau d'analyse préliminaire il ressort que :

- la technologie de tramway à roulement fer est la mieux adaptée au projet sous réserve de la confirmation de la possibilité d'un tracé présentant des pentes de préférence de l'ordre de 6 % en alignement droit (possibilité de passer à 8 % en adaptant la motorisation) et des rayons de giration supérieurs à 25 m;
- la technologie de tramway à roulement pneumatique présente une inconnue technique importante (comportement du guidage en conditions hivernales) et en termes industriels (monopole). Pour une capacité de transport similaire à celle d'un tramway fer, le matériel roulant sur pneu d'une longueur de 39 ou 46 m ne permet que le franchissement de pente de l'ordre de 10 %. Celle valeur n'est pas suffisante pour réaliser une insertion du tramway à niveau sur la rue Honoré Mercier. Elle n'est donc pas conseillée;
- la technologie à crémaillère est mal adaptée à un réseau urbain (rayons de giration) et présente un investissement lourd alors que les zones à forte pente restent limitées. Elle n'est pas conseillée.

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.

3.1.3 Conclusions et recommandations pour le matériel roulant

Le tableau ci-après présente sous forme de synthèse les aspects abordés et propose une évaluation qualitative suivant trois niveaux de risque pour le projet : faible (vert), moyen (orange) et important (rouge).

Tableau 2 : Synthèse de l'analyse comparative

Critère	Tramway à roulement fer	Tramway à roulement pneumatique	Tramway à crémaillère
Technique			
Industriel			
Financier (Investissement)			
Financier (Maintenance)			

3.2 VARIANTE SYSTÈME D'ALIMENTATION TRACTION

Le texte qui suit est un résumé de la « Note technique systèmes d'alimentation traction » (voir Annexe C). Pour plus d'information sur la variante système d'alimentation traction, les lecteurs sont invités à consulter cette annexe.

3.2.1 Présentation générale des systèmes d'alimentation traction

Les besoins en énergétiques de traction du matériel roulant dépendent principalement des pentes rencontrées sur le tracé, des longueurs d'inter-stations et de la marche type de circulation des rames.

Différents systèmes d'alimentation traction existent pour un matériel roulant de type tramway adaptés aux contraintes climatiques et de tracé des villes de Québec et de Lévis. 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 systèmes d'alimentation traction sont constitués des éléments principaux suivants :

- le matériel roulant : La motorisation est embarqué à bord du matériel roulant. Les rames doivent donc être alimentées en énergie traction. Cette alimentation sert également à alimenter les équipements auxiliaires embarqués;
- le(s) circuit(s) de distribution traction : Ce(s) circuit(s) serve(nt) à acheminer l'énergie électrique jusqu'aux rames dans une tension adaptée au matériel roulant. Le circuit est constitué d'un circuit pour acheminer l'énergie électrique de traction jusqu'aux rames (polarité positive). Ce circuit est généralement une ligne aérienne de contact (LAC);
- les équipements de conversion : Ces équipements servent à convertir une tension provenant du réseau de distribution publique en une tension adaptée pour l'alimentation du matériel roulant, appelée tension traction. Ces équipements sont généralement implantés dans des locaux techniques appelés sous-stations;
- un (des) point(s) d'acquisition de l'énergie électrique : L'acquisition de l'énergie électrique est faite sur le réseau de distribution publique (Hydro Québec).

3.2.2 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.

Les tensions en courants alternatifs

Les tensions en courants alternatif sont classées dans la catégorie Haute Tension et sont principalement utilisées pour les lignes ferroviaires, les métros de fortes capacités, les réseaux express et les lignes tram-train.

Ces tensions de courant alternatif sont principalement adaptées pour les lignes ou réseaux exploitées avec un matériel roulant de forte puissance ou très étendu.

Leurs inconvénients principaux sont :

- l'augmentation de la masse à vide du matériel roulant et la réduction de la capacité qui en découle;
- une classification dans la catégorie Haute Tension;
- la production de rayonnement électromagnétique;
- des distances importantes d'isolement à respecter;
- des montages LAC volumineux (isolateurs de fortes dimensions);
- la disponibilité des installations traction dépend directement de celle du réseau amont.

Pour ces raisons, leur utilisation pour les lignes urbaines insérée en surface est déconseillée.

Les tensions en courant continu

Les tensions en courant continu de 750 et 1 500 V sont classées en Base Tension (norme européenne), alors que la tension en 3 000 V est classée en Haute tension.

Ces tensions de courant continu sont principalement adaptées pour les réseaux urbains, les lignes ferroviaires et réseaux express régionaux.

Leurs inconvénients principaux sont :

- la production de courant vagabond. Les rails (circuit de retour de courant traction) doivent être isolés du sol afin de réduire les influences sur les installations tiers;
- dans le cas de matériel roulant de forte puissance, la lourdeur des montages caténaires;
- le nombre de sous-stations, du fait du niveau de tension distribué.

Les standards internationaux sont de référence 750 V et 1 500 V. Le 3 000 V est essentiellement utilisé dans quelques pays. Pour les nouveaux projets, ce niveau de tension est peu/pas utilisé en dehors des pays possédant déjà un parc de matériel avec cette tension.

Conclusions et recommandations pour la tension d'alimentation

Le tableau ci-après présente sous forme de synthèse les aspects abordés et propose une évaluation qualitative suivant trois niveaux : adapté (vert), peu adapté (orange) et non adapté (rouge).

Tableau 3 : Tableau de synthèse du domaine d'application des tensions

	Urbain insertion en surface	Urbain en tunnel	Péri urbain	Inter urbain
750 V				
1500 V				
3000 V				
15kV				
25 kV				

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.

Une comparaison plus fine entre le 750 Vcc et 1 500 Vcc fait ressortir que :

- au point de vue technique :
 - il y a plus de sous-station avec le 750 Vcc que le 1 500 Vcc;
 - avec le 750 Vcc, une perte d'une sous-station traction peut être facilement compensée par les sous-stations adjacentes;
- au point de vue industriel :
 - le 750 Vcc est la tension la plus courante pour le matériel roulant tramway et est adaptée aux différents type de captation;
 - de nombreux fournisseurs proposent du matériel de ces deux tensions pour les sous-stations;
- aspect financier :
 - marché plus concurrentiel côté matériel roulant pour le 750 Vcc et similaire pour les deux tensions au point de vue installations fixes.

Le choix définitif sera préconisé lorsque les valeurs des critères les plus influents (puissance du matériel roulant, intervalle et type d'exploitation en période de pointe, planning de réalisation du projet) seront connues.

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 30 m et d'une exploitation en unité simple uniquement avec un intervalle de l'ordre de 3 à 5 minutes.

3.2.3 Solutions avec captation

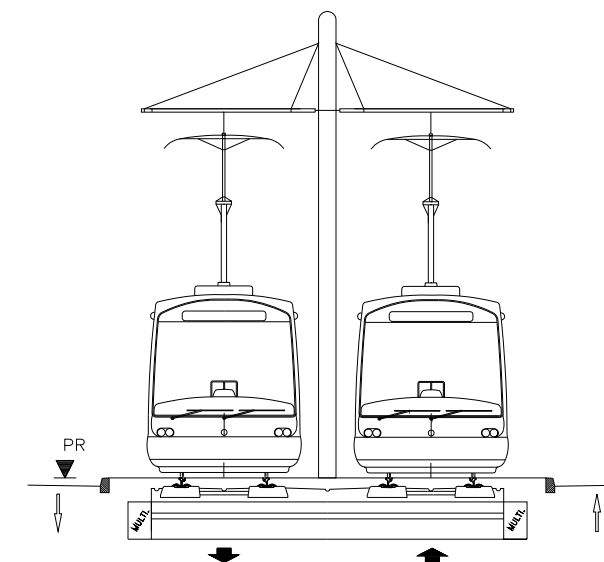
La solution avec LAC est depuis des décennies le système de référence concernant l'alimentation en énergie de traction des tramways. Cependant, depuis quelques années, certaines motivations poussent les industriels à développer des systèmes d'alimentation sans LAC en milieu urbain.

Il existe essentiellement quatre systèmes de captation, soit : la LAC, l'alimentation par le sol (APS) avec contact, l'APS sans contact et le système WIPOST de LOHR. Ces systèmes sont décrits brièvement ci-après.

Ligne aérienne de contact (LAC)

Ce système est le plus répandu pour un tramway mais nécessite la mise en œuvre de supports (poteaux latéraux ou axiaux, accrochage en façade avec transversal, fixation sous ouvrage). L'espacement longitudinal entre les supports varie de ± 15 m en courbe de faible rayon à ± 50 m en alignement droit. La figure ci-après présente une coupe avec poteau axial.

Figure 20 : LAC avec poteau axial



Alimentation par le sol (APS)

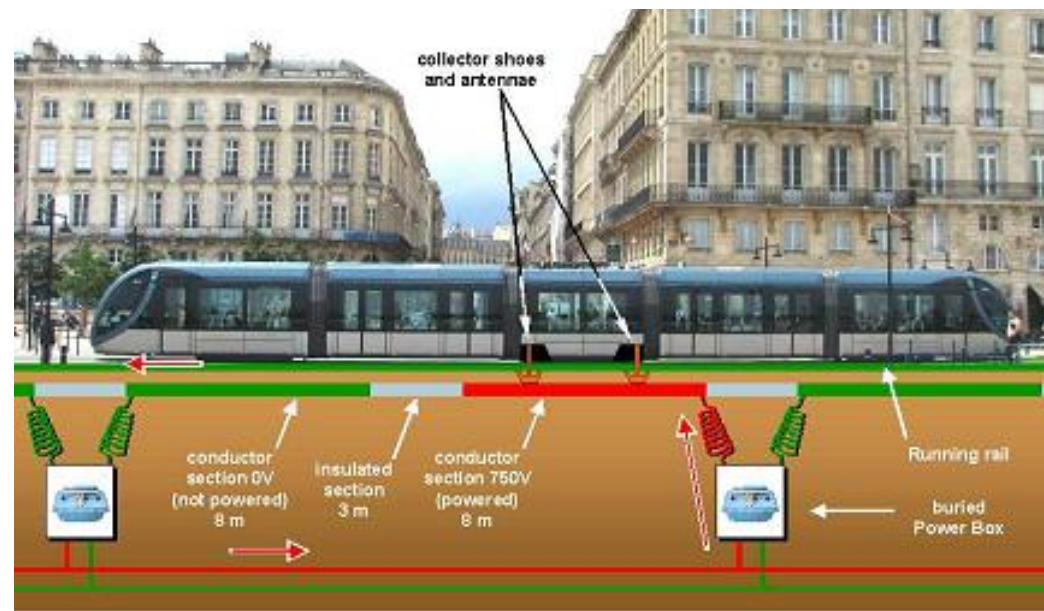
Le système d'APS a pour but de supprimer la LAC. L'APS permet de libérer la voie publique de l'ensemble des obstacles aériens. Les composantes d'alimentation comprennent des éléments au sol et des composantes à bord des véhicules. Le rail d'alimentation est situé au centre de la voie de roulement.

Le système peut aussi être combiné avec un équipement classique d'alimentation par LAC.

APS avec contact (système breveté par Alstom)

La figure ci-après présente schématiquement le système d'APS d'Alstom. Ce système a été mis en service en 2003 à Bordeaux en France et est maintenant arrivé à maturité.

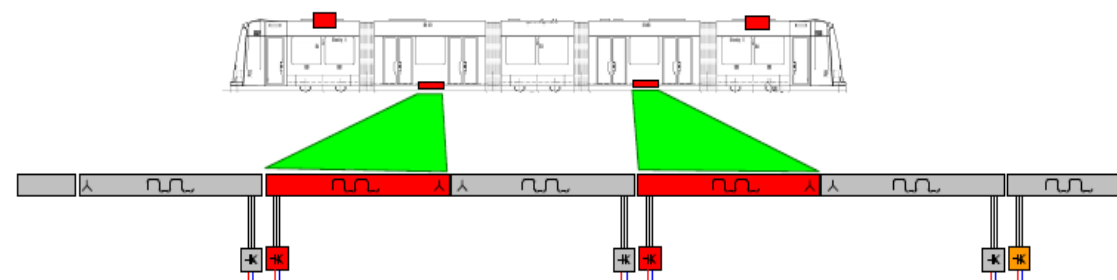
Figure 21 : Schéma du rail d'alimentation segmenté



APS sans contact (Système PRIMOVE breveté par Bombardier)

La figure ci-après présente schématiquement le système d'APS de Bombardier. Ce système est en cours de développement et l'objectif de Bombardier est de disposer d'un système homologué en septembre 2012.

Figure 22 : Principe général du système PRIMOVE



WIPOST de LOHR

WIPOST est un système d'alimentation aérien sans fil de contact. Ce système propriétaire est en cours de développement par LOHR industrie. Le WIPOST est composé de poteaux placés entre les

2 voies dont le rôle est de distribuer l'énergie 750 V à 3,6 m du sol. Le véhicule récupère cette énergie grâce à deux pistes d'alimentation installées de chaque côté de la toiture. L'espacement entre les poteaux est défini pour que le matériel roulant soit toujours en contact avec au moins un point d'alimentation.

Figure 23 : Principe général du système WIPOST2



Conclusions et recommandations pour la captation

Le tableau ci-après présente, sous forme de synthèse, une évaluation qualitative des différentes solutions de captation suivant trois niveaux : adapté (vert), peu adapté (orange) et non adapté (rouge).

Tableau 4 : Évaluation qualitative des différentes solutions de captation suivant trois niveaux

	LAC	APS (Alstom)	Primove (Bombardier)	Wipost (Lohr)
	Solution de référence (utilisée depuis plusieurs décennies)	Correcte (utilisée en exploitation depuis 8 ans)	En cours d'essais (sur un site d'essai)	Pas de visibilité sur l'avancement du développement
Fiabilité / disponibilité	Solution de référence	Correcte si rame avec autonomie embarquée	Pas de retour d'expérience	Pas de retour d'expérience
Autonomie	Aucune	Nécessaire (~ 30 – 50 m) pour s'affranchir de la panne de boîtier(s)	Nécessaire (~ 30 – 50 m) pour s'affranchir de la panne de boîtier(s)	Aucune
Durée de vie	> 30 ans	Annoncé par Alstom similaire à la LAC	Annoncé par Bombardier similaire à la LAC	Pas d'information
Coupe en travers de la plateforme	Hauteur pour la LAC Surlargeur pour les poteaux LAC	Profondeur sous plateforme pour boîtiers	Profondeur sous plateforme pour boîtiers.	Surlargeur de la plateforme pour les poteaux axiaux
Profil en long de la plateforme	Adapté, y compris les zones en pente	Adapté, y compris les zones en pente	Performance à vérifier	Pas d'information. Devrait être similaire à la LAC
Pont de Québec (~1km)	Adapté	Insertion des boîtiers à étudier	Développement en cours (Compatibilité avec les structures métalliques à vérifier)	Pas d'information. Devrait être similaire à la LAC
Eau (présence temporaire d'eau sur la plateforme)	Adapté	Performances à vérifier	Performances à vérifier	Adapté
Neige : fonctionnement	Système compatible	Système non utilisé dans un environnement similaire	Performances à vérifier	Distances d'isolement en toiture à vérifier

	LAC	APS (Alstom)	Primove (Bombardier)	Wipost (Lohr)
Neige : déneigement plateforme	Les poteaux axiaux peuvent gêner les opérations de déneigement	Très fortes contraintes de déneigement plateforme (le rail d'alimentation doit rester dégager en permanence)	Forte contraintes de déneigement plateforme (faible garde au sol sous véhicule)	Les poteaux axiaux peuvent gêner les opérations de déneigement
Givre/glace	Mesures préventives et curatives à prendre	Non utilisé dans un environnement similaire. Mesures préventives et curatives à prendre	Performances à vérifier. Mesures préventives et curatives à prendre	Pas d'information. Devrait être similaire à la LAC
Fondant	Adapté (Mise en œuvre de protection contre la corrosion des pieds des poteaux LAC)	Sur les lignes existantes avec APS, cela implique l'utilisation de fondant spécifique. L'efficacité de ces fondants dans les conditions climatique de Québec est à vérifier.	Pas d'information. Cela ne devrait pas être un problème ; les éléments fixes sont enterrés dans le sol et protégés par des couvercles « étanche ». La compatibilité des matériaux des boîtiers sera néanmoins à vérifier.	Pas d'information. Devrait être similaire à la LAC.
Amplitude thermique	Adapté	Non utilisé à ce jour dans un environnement similaire	Non utilisé à ce jour dans un environnement similaire	Pas d'information. Devrait être similaire à la LAC
Consommation électrique	Solution de référence	Identique à la solution de référence	Identique à la solution de référence	Identique à la solution de référence
Coût d'investissement	Solution de référence	1,5 à 3 fois celui de la LAC	Devrait être similaire à l'APS	Pas d'information
Coût d'exploitation	Solution de référence	Similaire à la solution LAC	Devrait être similaire à la LAC	Pas d'information
Coût de maintenance	Solution de référence	3 à 5 celui de la LAC	Devrait être similaire à l'APS	Pas d'information

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

3.2.4 Énergie embarquée

Les systèmes d'alimentation 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 abord du véhicule :
 - électrochimiques (batteries);
 - capacitifs (super-capacité);
 - électromécaniques (volant d'inertie);
- ou générée à bord :
 - pile à combustible.

Accumulateurs électrochimiques (batteries)

Une batterie est composés d'une multitude de cellules d'accumulateur montées en série et en parallèle qui permettent de stocker l'énergie puis de la restituer ultérieurement de façon régulière. Le stockage d'énergie électrique par batteries suit des progrès continuels. Les batteries peuvent être installées en toiture ou en sous-châssis de véhicule.

Accumulateurs capacitifs (super-capacités)

Les super-capacités sont des réservoirs captifs pouvant assurer des échanges denses en courants. Contrairement aux batteries, ils autorisent des charges et décharges très rapide, ce qui est utile au démarrage et pendant les phases d'accélération des véhicules par exemple. La recharge peut être réalisée pendant les phases de freinage électrique lorsque le véhicule circule en ligne ou en station lorsque le véhicule est alimenté par la LAC (biberonage). Dans ce dernier cas, le temps de rechargement serait de 20 à 30 secondes selon les constructeurs.

Avec cette technologie, des dispositions techniques particulières sont à prendre en cas de passage en tunnel. Le confinement des super-capacités dans des boîtiers est indispensable pour se prémunir des risques d'explosion et de dégagement de fumées toxiques. Ces aspects seront détaillés dans le livrable 1.2, partie matériel roulant si l'insertion fait ressortir la pertinence d'avoir un tronçon sans LAC.

Accumulateurs électromécaniques (volant d'inertie)

Le principe du volant d'inertie consiste à stocker de l'énergie mécanique dans une masse tournante. Cette énergie vient du freinage par récupération du véhicule et d'une source de maintien qui peut être la LAC. Cette énergie est disponible pour fournir les pointes de courant des démarrages, voire assurer une marche autonome en situation dégradée.

Conclusions et recommandations pour les énergies embarquées

Toutes ces technologies embarquées permettent de parcourir quelques centaines de mètres. Elles nécessitent donc d'être couplées à une technologie avec captation d'énergie.

Chacune des technologies présentées porte en elle ses propres risques pour le maître de l'ouvrage.

Le tableau ci-après présente la synthèse de l'analyse de chacune de ces énergies embarquées.

Tableau 5 : Synthèse de l'analyse de chacune de ces énergies embarquées

	Accumulateurs électrochimiques (Batteries)	Accumulateurs capacitifs (super capacités)	Accumulateurs électromécaniques (volant d'inertie)
Maturité de la solution	Correcte. Utilisée en exploitation	Correcte. Utilisée en exploitation	Inférieure aux 2 autres technologies en usage embarqué
Fiabilité / disponibilité	Bon	Bon	Bon
Autonomie	~ quelques centaines de mètre	~ quelques centaines de mètre	~ quelques centaines de mètre
Recharge	Recharge lente (> 30 minutes)	Recharge rapide lors des freinages, et recharge lente complémentaire via la LAC	Recharge rapide lors des freinages, et recharge lente complémentaire via la LAC
Encombrement	Installé en coffres sans modification du gabarit matériel roulant.	Installé en coffres de toit sans modification du gabarit matériel roulant	Installé en coffres de toit sans modification du gabarit matériel roulant
Durée de vie	5 à 10 ans (suivant type de batterie)	10 à 15 ans	10 à 15 ans
Profil en long de la plateforme	Peu adapté au tracé en pente dans le sens montée	Peu adapté au tracé en pente dans le sens montée	Peu adapté au tracé en pente dans le sens montée
Pont du Québec (~1km)	Augmentation de l'autonomie nécessaire	Augmentation de l'autonomie nécessaire	Augmentation de l'autonomie nécessaire
Neige	Équipements installés en toiture	Équipements installés en toiture	Équipements installés en toiture

Amplitude thermique	Peu adapté	Adapté	Adapté
Consommation électrique	Récupération de l'énergie au freinage	Récupération de l'énergie au freinage	Récupération de l'énergie au freinage
Coût d'investissement	Investissement initial modéré	Solution la plus onéreuse	Investissement initial modéré
Coût d'exploitation / maintenance	Voir item durée de vie	Voir item durée de vie	Voir item durée de vie
Sécurité	Précautions à prendre pour les coffres batteries	Précautions à prendre pour les coffres de super-capacités en cas de passage en tunnel	Persistance d'un risque en cas de défaillance du système

L'analyse de ce tableau fait ressortir que le système de super-capacité est un système qui se classe mieux que les deux autres systèmes.

3.2.5 Conclusions et recommandations pour le système d'alimentation traction

Ces dernières années, certaines technologies d'alimentation tramways sans LAC se sont créées (PRIMOVE, WIPOST), d'autres se sont développées (APS, batteries, super-capacités).

Parmi les technologies décrites ci-dessus, les états de développement varient. Certaines sont encore au stade des études de faisabilité (WIPOST) alors que d'autres sont au niveau expérimental (PRIMOVE) voire même en application sur des projets commerciaux (APS, batteries, super-capacités).

Outre la maturité de la technologie, ou des exigences particulières du maître de l'ouvrage (esthétique, etc.), il apparait une multitude de critères entrant en compte pour le choix d'un mode d'alimentation plutôt qu'un autre.

Parmi les plus importants figurent les conditions environnementales et la topographie du réseau sur lequel devra circuler le tramway. Basé sur ces critères, il apparait recommandé de s'orienter vers un système d'alimentation par LAC pour le réseau de Québec et de Lévis. Cette solution permet également la récupération de l'énergie de freinage des rames (échange d'énergie entre les rames en freinage par réinjection et les rames en traction, et pouvant être complété par la mise en œuvre de sous stations traction réversibles).

Cependant, il parait techniquement envisageable de combiner un système de stockage d'énergie éprouvé, tel que des super-capacités, avec la LAC. La LAC et la combinaison de celle-ci avec un système d'appoint d'énergie pourrait bonifier l'apparence (ou l'image de marque) dans certaines zones prestigieuses de la Ville de Québec (zones limitées à quelques centaines de mètres, en palier ou pentes faibles).

Il est à noter que les super-capacités peuvent, en plus de servir d'appoint d'énergie, être utilisées sur le reste de la ligne pour la récupération d'énergie. À ce jour, pour les super-capacités, la durée

de retour sur investissement est souvent similaire à la durée de vie des super-capacités. L'aspect récupération d'énergie sera traité dans le livrable 1.3.

Pour le choix du niveau de tension, les critères les plus influents sont :

- la puissance du matériel roulant (nombre de bogies motorisés);
- l'intervalle d'exploitation en période de pointe;
- le type d'exploitation en période de pointe (rame en unité simple uniquement, ou exploitation en unité multiples (2 rames accrochées);
- le planning de réalisation du projet.

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 30 mètres et une exploitation en unité simple uniquement, avec un intervalle de l'ordre de 3 à 5 minutes.

Le choix définitif sera préconisé lorsque les valeurs des critères les plus influents mentionnés ci-dessus seront connues.

3.3 VARIANTE 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.

La gestion du système tramway comprend principalement :

- le Poste de Commande Centralisée (PCC) permettant la supervision à distance de l'exploitation du tramway, ainsi que des installations fixes associées;
- les locaux techniques associés au PCC;
- les locaux pour les agents de conduite (locaux de prise de service des conducteurs, bureaux pour l'exploitation, vestiaires, boîtes aux lettres, salle de détente, etc.);
- les locaux pour les agents d'exploitation.

L'entretien des rames de tramway comprend principalement :

- la station-service comprenant la machine automatique de lavage des véhicules;
- les voies sur fosses et sur dalle avec et sans passerelles d'accès en toiture;
- les voies spécialisées de levage, de peinture, de reprofilage des roues;
- les ateliers spécialisés de maintenance sur organes déposés.

L'entretien du système tramway comprend principalement :

- l'entretien des infrastructures;
- l'entretien de la plateforme tramway;
- l'entretien des installations fixes et des systèmes du tramway.

Le remisage pour le système tramway comprend :

- le remisage des rames de tramway;
- le remisage des véhicules d'entretien;
- le remisage des véhicules nécessaire aux agents d'exploitation.

Les critères principaux influençant le choix d'un site pour l'implantation du CEE sont les suivants :

- la surface du terrain (surface totale, surface utile, forme du terrain);
- l'accessibilité à la ligne pour les rames de tramway (distance par rapport à la ligne, facilité des injections/retraits sur la ligne, distance en haut le pied à parcourir pour rejoindre une autre ligne, etc.);
- le phasage de réalisation du réseau de tramway (le site du CEE est à positionner sur le premier tronçon de ligne à réaliser);
- le volume du parc matériel roulant à remiser et à entretenir;
- l'accessibilité routière;
- les contraintes environnementales et d'insertion urbaine.

Un plan type d'agencement d'un CEE est joint en Annexe D. Il est établi pour un parc 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 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.

Pour l'implantation du CEE principal, 4 sites ont été identifiés à ce jour (août 2012). Les surfaces de ces sites varient de 50 000 m² à plus de 200 000 m².

Parmi ces sites, 2 sites sont plus particulièrement intéressants.

3.4 VARIANTES DE TRACÉS

Le tracé de base (présenté à la Figure 1), s'accompagne, en plusieurs endroits, de variantes de tracé qui sont évaluées dans le présent livrable. Les 4 tracés de tramway étudiés dans la présente étude ainsi que les variantes associées à certaines séquences de ces tracés, sont présentés aux Figures 25 à 32. Les variantes sont décrites brièvement ci-dessous, par tracé et séquence concernés :

3.4.1 Variantes sur le tracé Nord-Sud (tracé n°1)

Sur les **séquences A/B/C** : le tracé de base 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. Ce tracé permet de s'affranchir de la forte déclivité de l'avenue Honoré-Mercier (pente de plus de 10 %) par un passage en tunnel, soit depuis la fin de la Côte d'Abraham, soit depuis le début de l'avenue Honoré-Mercier. Les variantes à ces séquences sont :

- **variante A** : 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 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 base 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 base 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.

À la **séquence E (1^{re} Avenue)**, le tracé de base 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 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.

La **séquence C** concerne le tronçon entre la côte d'Abraham et la rue de la Maréchaussée. Le tracé de base prévoyait d'utiliser, pour le tramway, une voie dans Couronne vers le nord et une voie dans Dorchester vers le sud. Toutefois, deux variantes de cette séquence sont possibles, depuis la côte d'Abraham :

- **Variante A** : le tracé peut continuer à deux voies dans Dorchester;

- **Variante B** : le tracé peut continuer à deux voies dans Couronne.

Ces variantes ne sont pas illustrées sur les cartes qui suivent car elles concernent les mêmes rues que le tracé de base.

3.4.2 Variantes sur le tracé Est-Ouest (tracé n°2)

À la **séquence D (Nérée-Tremblay)**, le tracé de base passe par le Chemin des Quatre-Bourgeois, l'Avenue Nérée-Tremblay et l'Autoroute Charest 440. 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, 4 variantes ont été étudiées. Les variantes de cette séquence sont :

- **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 B, 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.

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

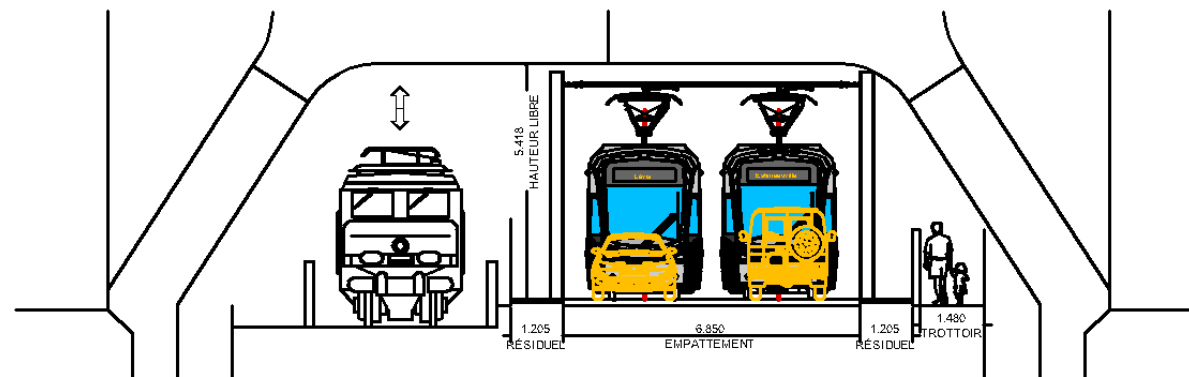
- **variante A** : du boulevard Charest Est, sur le boulevard Jean-Lesage, rue Saint-Roch, rue du Prince-Édouard, rue du Pont, 3^e Avenue, Chemin de la Canardière.

3.4.3 Les tracés à Lévis et sur le Pont du Québec

Le tracé à Lévis (tracé n°4) ne présente pas de variantes de tracé, alors que le tracé du pont de Québec présente une variante non pas de tracé mais plutôt d'insertion, à savoir :

- **variante d'exploitation en site propre** : à la place des 3 voies de circulation actuelles, 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 2 voies, une dans chaque sens, partagées par le tramway et les véhicules particuliers, tel qu'illustré à la figure suivante. 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



Le pont de Québec est un pont constitué d'une voie ferrée placée légèrement en contrebas, de 3 voies de circulation routière (chaussée d'une largeur de 9,26 m) et d'un trottoir de 1,48 m 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 détail 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.

Problématique de la circulation du tramway sur une voie ferroviaire

Sécurité

Le risque de collision train / tramway n'est pas acceptable. La structure d'une rame de tramway n'est pas apte à encaisser un choc d'un train fret, même à faible vitesse.

Exploitation

Pour le passage d'un train fret, le temps de neutralisation de la voie sera très long :

- passage d'un tramway, puis,
- temps liés à la mise en sécurité du site (s'assurer qu'il n'y a pas de tramway sur la voie, garantir qu'aucun tramway ne s'engagera sur la voie, etc.),
- temps techniques liés à la signalisation,
- temps pour le passage d'un train long circulant à faible vitesse (la distance à parcourir par les trains n'est pas seulement la zone sur le pont, mais toute la distance entre les points de mise en sécurité ferroviaire encadrant le pont),
- passage possible du tramway suivant.

Le cumul de ces temps rend incompatible la circulation de train fret pendant les horaires d'exploitation du tramway.

Techniques

Pour permettre la circulation du tramway, la voie devra être électrifiée. Cela implique :

- Électrification
 - la pose d'une ligne aérienne de contact. Le gabarit en hauteur des trains sera donc limité.
 - une pose de voie ferroviaire adaptée au retour de courant traction à courant continu du tramway (isolation, continuité, etc.).
- Matériel roulant
 - le gabarit bas d'un tramway est souvent plus contraignant que le gabarit ferroviaire.
- Voie ferrée
 - les rails de tramway sont de type à gorge et sont disposés sans inclinaison. Les rails ferroviaire sont de type Vignole et posés avec une inclinaison de 1/40^e. Le contact roue-rail serait donc différent au long du parcours d'un tramway sur la ligne. Conséquence : maintenance accrue des bandages de roue de tramway et durabilité de la voie mixte,
 - en tramway, les rails sont assemblés suivant la technologie « longs rails soudés »,
 - caractéristiques géométriques (nivellement/dressage, écartement, dévers et gauche, etc.) : les valeurs nominales ferroviaires sont à comparer à celles applicables aux tramways. Les convois ferroviaires acceptent des valeurs (de sur-écartement notamment) plus importantes que pour les tramways. Les enjeux portent essentiellement sur les valeurs de défaut acceptables par les circulations ferroviaires, mais pas pour les circulations tramway. Pour toutes les caractéristiques géométriques, il conviendra de faire concorder les normes de maintenance de la voie ferroviaire aux exigences du matériel roulant,
 - Appareils de voie : il sera nécessaire de disposer des appareils de voie qui devront être franchis par les deux types de convois (train et tramway).

Insertion en site propre

L'insertion de deux voies en site propre pour le tramway sur la chaussée requiert une plateforme minimale de 6,45 m de largeur si le matériel roulant a un gabarit statique de 2,40 m et de 6,95 m de largeur si le matériel roulant a un gabarit statique de 2,65 m. Avec une insertion en site propre du tramway, la valeur résiduelle de la chaussée varie donc de 2,31 m (avec un matériel roulant de 2,65 m) à 2,81 m (avec un matériel roulant de 2,40 m). Dans ce cas de figure, l'espace résiduel n'est donc pas suffisant pour y aménager une voie pour la circulation automobile.

Insertion en site banal

L'insertion de deux voies de tramway en site banal sur le pont requiert une plateforme de 7,00 m de large puisque les véhicules routiers ne sont pas guidés et qu'il faut s'assurer qu'ils n'entreront pas dans le gabarit limite d'obstacle du tramway. Un séparateur entre les deux voies pourrait même être requis. L'espace résiduel dans ce cas de figure est donc de 2,26 m, ce qui est insuffisant pour créer une troisième voie routière. Dans ce cas de figure, la circulation routière sur le pont de Québec serait donc limitée à deux voies, une par sens.

La vitesse commerciale du tramway peut être assez proche de celle d'un site propre si la priorité absolue est donnée au tramway; soit :

- anticipation forte de l'arrivée du tramway permettant de vider le pont des véhicules routiers :
 - pas / peu d'impact pour l'exploitation du tramway,

- le flux routier possible dépendra de la fréquence d'exploitation du tramway. Avec une fréquence de tramway à 3 minutes, le flux routier sera quasi nul. Avec une fréquence tramway à 10 minutes, le flux routier sera plus important,

- Anticipation moyenne de l'arrivée du tramway : perturbation probable de l'exploitation du tramway notamment aux heures de pointes (risques de véhicules routiers bloqués sur le pont),
- Anticipation faible de l'arrivée du tramway : non acceptable pour l'exploitation du tramway.

En site banal, s'il y a une panne d'un véhicule routier, l'exploitation du tramway sera bloquée jusqu'à l'enlèvement du véhicule routier.

Il est de plus à noter que les véhicules routiers qui pourraient circuler sur le pont seront limités en hauteur. En effet, la hauteur libre est actuellement de 5,568 m. Toutefois, compte tenu de l'espace requis pour l'accroche de la LAC, du diamètre de la LAC, de l'espace de sécurité électrique entre la LAC et le dessus des véhicules et de la hauteur du rail, la hauteur maximale des véhicules autorisés à circuler sur le pont sera de $\pm 4,2$ m.

Insertion en voie unique

La voie double doit être le principe de base de toute insertion d'un tramway puisque la robustesse de l'exploitation à long terme doit primer sur les économies à court terme et / ou des réductions d'impacts sur la circulation automobile.

La voie unique doit être l'exception et doit se justifier, avec par exemple une démolition de bâtiment impossible, un aménagement urbain trop difficile, etc.

La voie unique doit être la plus courte possible puisque sa longueur a un impact direct et proportionnel sur la cadence du service. Il est à noter que sur le pont de Québec, la voie unique aurait $\pm 2\ 000$ m, ce qui est extrêmement long.

L'exploitation en voie unique du tramway sur le pont a rapidement été écartée pour plusieurs raisons.

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 voie routière sur le pont.

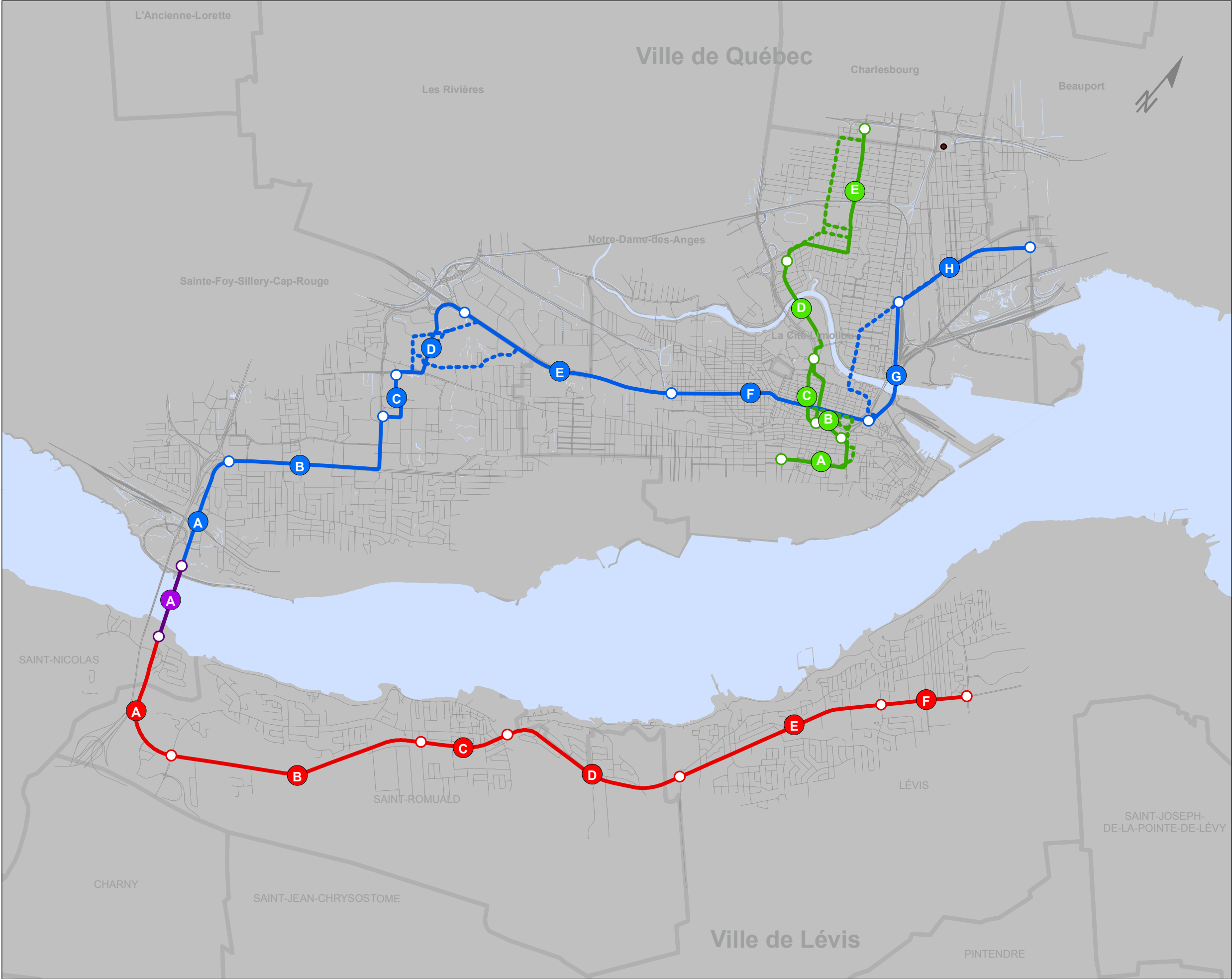
D'autre part, au point de vue d'exploitation du tramway, elle comporte trop de désavantages. Mentionnons entre autres :

- 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, par corolaire une augmentation possible du nombre de véhicules requis,
- des horaires et cadence 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).

Tableau 6 : Avantages et inconvénients du site banal, site propre et voie unique sur le pont de Québec

	Site propre	Site banal	Voie unique
Géométrie	Pas de problème particulier	Pas de problème particulier	Pas de problème particulier
Desserte	1) Les 3 variantes desservent les mêmes sites. 2) Pas d'impact sur la fréquence. 3) Offre la meilleure vitesse commerciale; donc service plus attractif.	1) Les 3 variantes desservent les mêmes sites. 2) Pas d'impact sur la fréquence. 3) La vitesse commerciale peut se rapprocher de celle du site propre si et seulement si il y a une forte anticipation de l'arrivée du tramway. Si l'anticipation de l'arrivée du tramway est moyenne, il y aura dégradation du service et l'ajout possible de rames à la flotte. Une faible anticipation de l'arrivée du tramway n'est pas acceptable pour l'exploitation du tramway. 4) Une panne d'un véhicule routier va bloquer le tramway jusqu'à l'enlèvement du véhicule routier.	1) Les 3 variantes desservent les mêmes sites. 2) Impact important sur la fréquence (12 minutes au lieu de 3 ou moins); donc service moins attractif pour Lévis. 3) Exploitation moins régulière et hausse éventuelle des temps de parcours; donc service moins attractif pour l'ensemble de la ligne et possibilité d'ajout de matériel roulant.
Insertion	Il n'y a plus de place pour les véhicules routiers sur le pont de Québec; ce qui est favorable pour l'atteinte des objets de transfert modal.	1) Il est possible de conserver une voie par sens pour les véhicules routiers.	1) Il n'y a de la place que pour 1 voie routière sur le pont. 2) Sur cette voie, pas de limite de hauteur pour les véhicules routiers (comme aujourd'hui).
Impacts	1) Réduction de la capacité voirie.	1) Si l'anticipation de l'arrivée du tramway est forte et que la fréquence du tramway est à 3 minutes, le flux routier sera quasi nul. Si la fréquence est à 10 minutes, le flux routier sera plus important. 2) La hauteur des véhicules routiers sera limité à $\pm 4,2$ m.	1) Réduction de la capacité voirie. 2) Plusieurs désavantages, entre autres : i) exploitation moins souple, ii) coûts d'investissement et d'entretien plus élevés, iii) horaires et cadence contraints.



Légende :

- Tracé Québec Nord-Sud (1)
- Variante Québec Nord-Sud (1)
- Tracé Québec Est-Ouest (2)
- Variante Québec Est-Ouest (2)
- Tracé Pont de Québec (3)
- Tracé Lévis (4)

Fond de plan :

- Fleuve Saint-Laurent
- Arrondissements
- Réseau routier
- Voie de chemin de fer

PB	2012-09-04	Édition préliminaire pour commentaires RTC
RÉV.	DATE	DESCRIPTION

CLIENT :



DOSSIER :

RTC P-12-600-04
CONSORTIUM 610879

CONSULTANT:



SNC-LAVALIN



PROJET:

Tramway de Québec et Lévis
Étude de faisabilité

ÉTAPE 1.1:

Projet de référence, variantes et enjeux du tramway

INTITULÉ DU PLAN:

Tracés et séquences

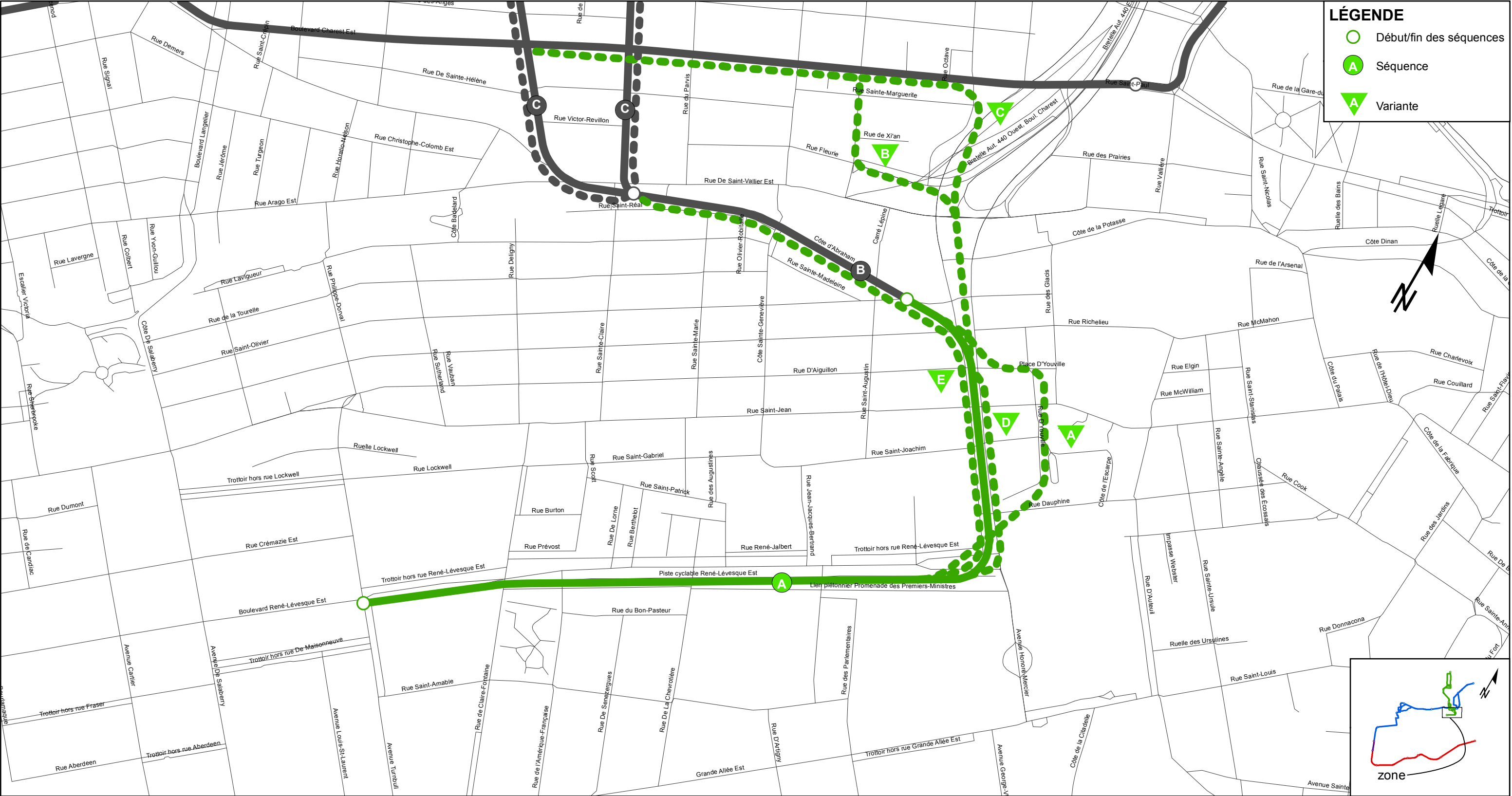
Dessiné par: Pierre-Garant Gagnon
Vérifié par: Michel Inkel
Approuvé par: Philippe Morais

Format
11 X 17

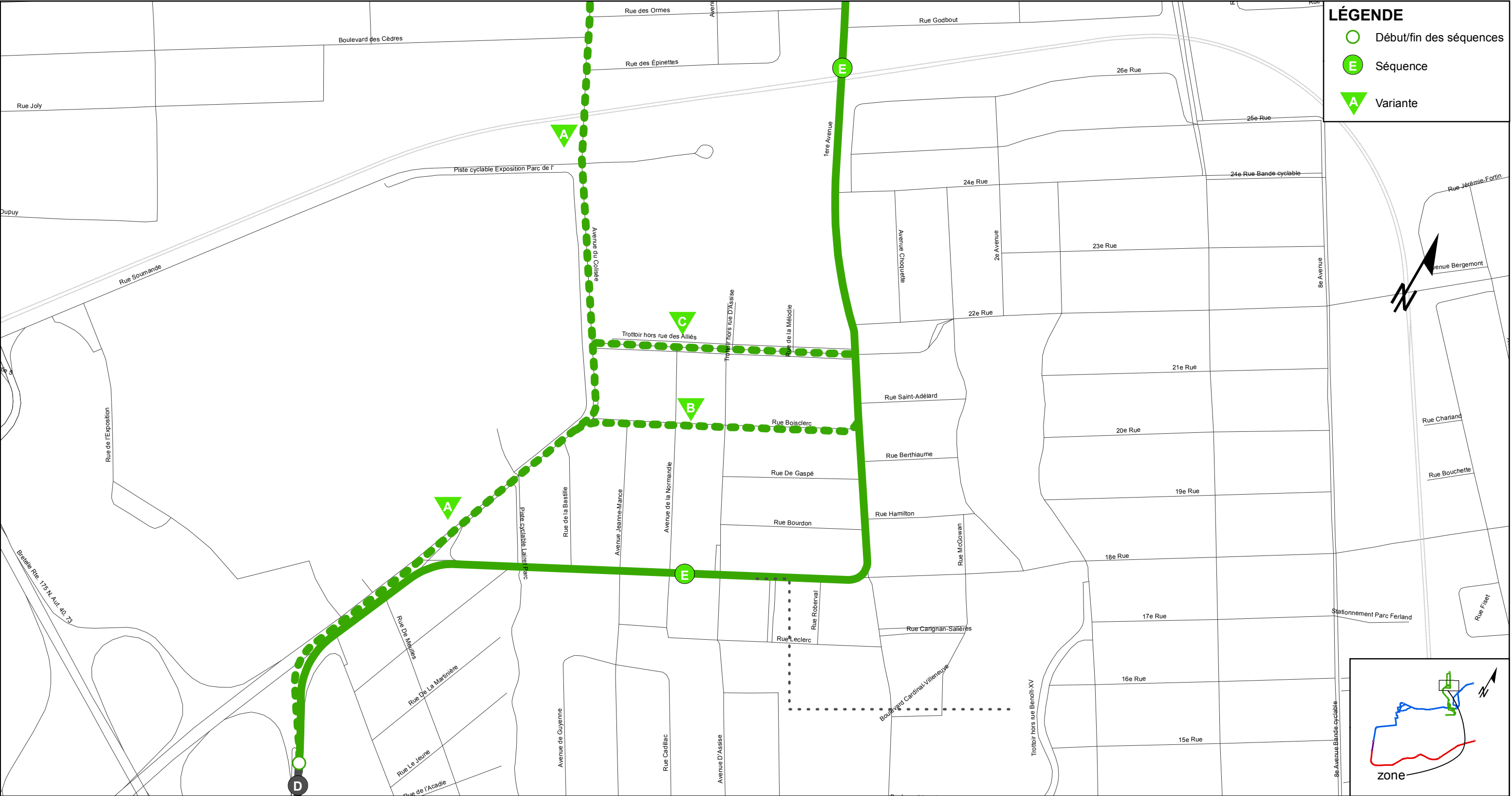
Échelle:
1 : 50 000

610879-0000-4ID0-0000

REV.
PB



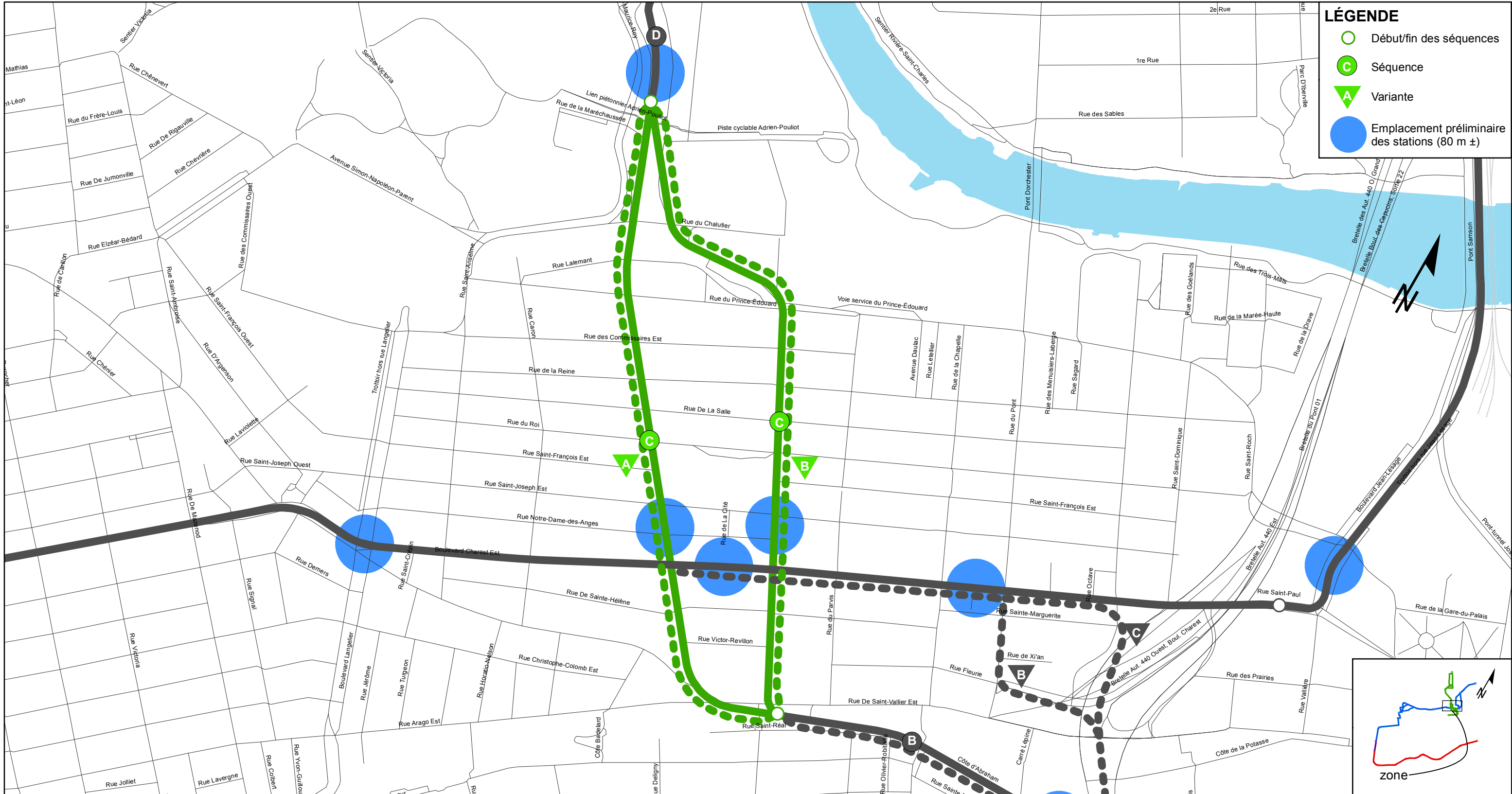
CLIENT : 	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT : 	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :		TRACÉ:		610879-0000-4ID0-1A01				
	PB	2012.09.04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.		1.1 PROJET DE RÉF., VARIANTES ET ENJEUX DU TRAMWAY		1						
	00	2012.09.21	Édition finale pour RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.				SÉQUENCE:		ÉCHELLE:				
										A - B - C		1:5000				
Dossier : RTC P-12-600-4							PROJET : Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Réseau de transport de la Capitale	INTITULÉ DU PLAN :		INVENTAIRE PRÉLIMINAIRE TRACÉ NORD-SUD - SÉQUENCE A (RENÉ-LÉVESQUE EST) / B (CÔTE D'ABRAHAM) / C (DORCHESTER) ET VARIANTES		VARIANTE(S):		01		REV. 00
	A - B - C - D - E		01													

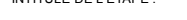


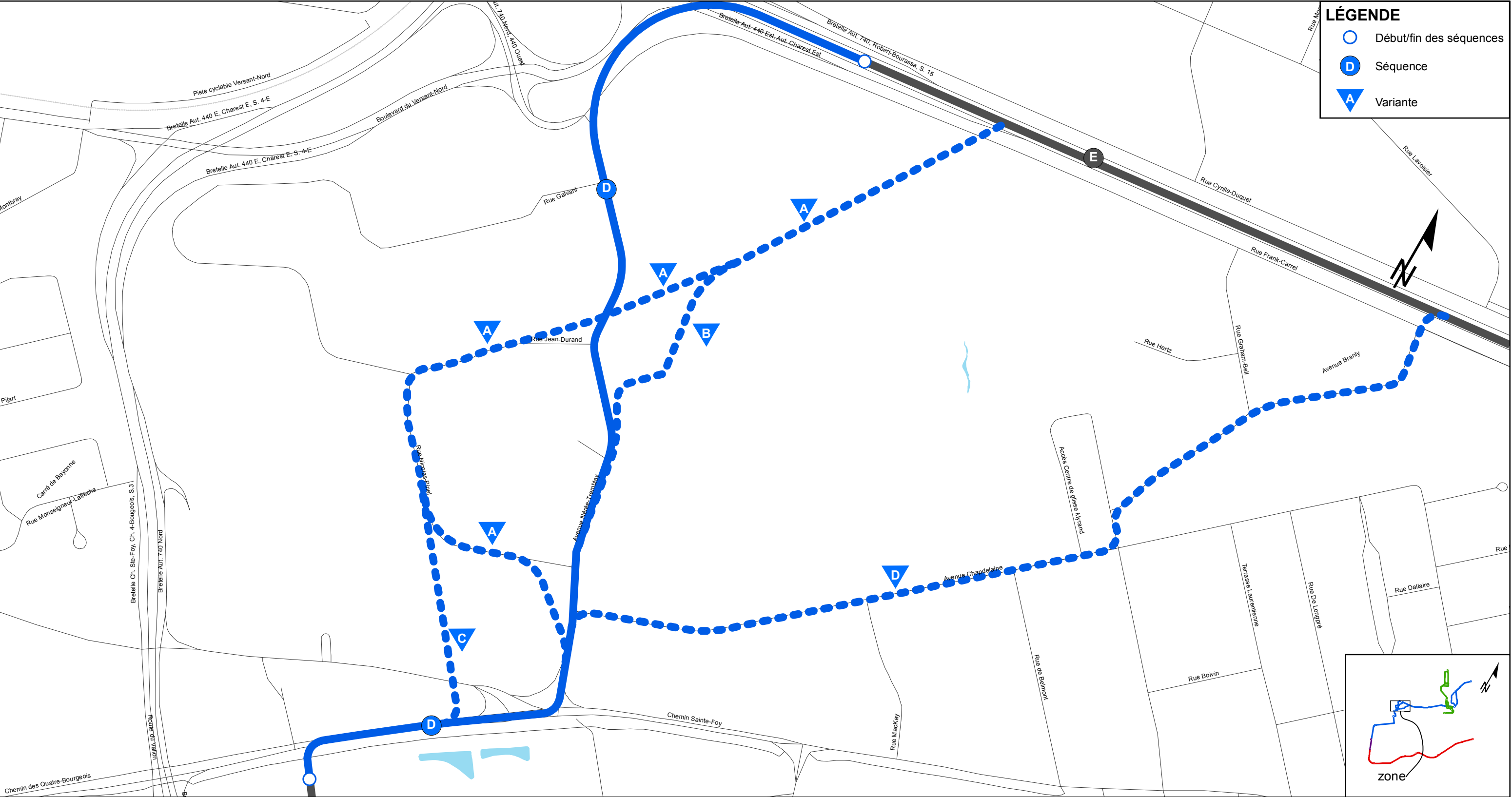
CLIENT :  Réseau de transport de la Capitale	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT :  ROCHE  SNC-LAVALIN  egisrail	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :		TRACÉ:	610879-0000-4ID0-1E01		
	PB	2012.09.04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.		1.1 PROJET DE RÉF., VARIANTES ET ENJEUX DU TRAMWAY		1			
	00	2012.09.21	Édition finale pour RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.		INTITULÉ DU PLAN :		SÉQUENCE:	ÉCHELLE:		
Dossier : RTC P-12-600-4							PROJET : Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	INVENTAIRE PRÉLIMINAIRE TRACÉ NORD-SUD - SÉQUENCE E (1ere AVENUE) ET VARIANTES		E	1:5000		
										VARIANTE(S):			
										A - B - C		01 02	REV. 00



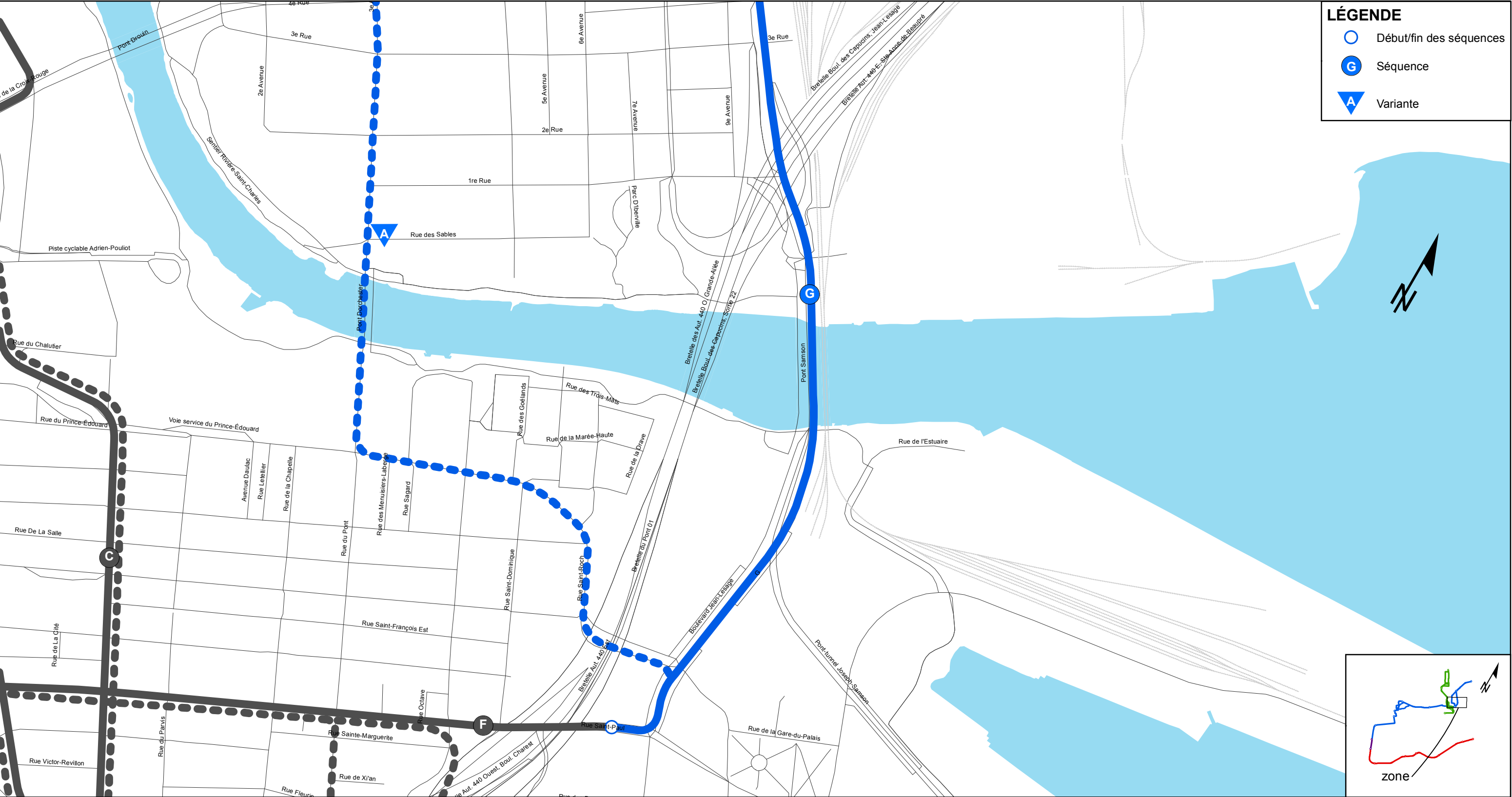
CLIENT : 	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT :   	INTITULÉ DE L'ÉTAPE : 1.1 PROJET DE RÉF., VARIANTES ET ENJEUX DU TRAMWAY		TRACÉ: 1	610879-0000-4ID0-1E02		
	PB	2012.09.04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.		INTITULÉ DU PLAN : INVENTAIRE PRÉLIMINAIRE TRACÉ NORD-SUD - SÉQUENCE E (1ere AVENUE) ET VARIANTES		SÉQUENCE: E	ÉCHELLE: 1:5000		
	00	2012.09.21	Édition finale pour RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.				VARIANTE(S): A			
Dossier :							PROJET : Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis <i>Réseau de transport de la Capitale</i>				02	02	REV. 00
RTC P-12-600-4													



CLIENT :  RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT : 	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :		TRACÉ:	610879-0000-4ID0-1C01	
	PB	2012.09.04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.		1.1 PROJET DE RÉF., VARIANTES ET ENJEUX DU TRAMWAY		1		
	00	2012.09.21	Édition finale pour RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.						
								INTITULÉ DU PLAN :		SÉQUENCE:	ÉCHELLE:	
								INVENTAIRE PRÉLIMINAIRE TRACÉ QUÉBEC NORD-SUD - SÉQUENCE C ET VARIANTES		C	1:5000	
Dossier :								PROJET : Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis <i>Réseau de transport de la Capitale</i>		VARIANTE(S):	REV.	
RTC P-12-600-4										A - B		01 01



CLIENT :  Réseau de transport de la Capitale	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT :   	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :		TRACÉ:	610879-0000-4ID0-2D01		
	PB	2012.09.04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.		1.1 PROJET DE RÉF., VARIANTES ET ENJEUX DU TRAMWAY		2			
	00	2012.09.21	Édition finale pour RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.		INTITULÉ DU PLAN :		SÉQUENCE:	ÉCHELLE:		
Dossier : RTC P-12-600-4							PROJET : Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis Réseau de transport de la Capitale	INVENTAIRE PRÉLIMINAIRE TRACÉ EST-OUEST - SÉQUENCE D (NÉRÉE-TREMBLAY) ET E (CHAREST) ET VARIANTES		D	1:5000		
										VARIANTE:			
										A - B - C - D		01 01	REV. 00



CLIENT :  Réseau de transport de la Capitale	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT :  ROCHE  SNC-LAVALIN  egisrail	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :		TRACÉ:	610879-0000-4ID0-2G01		
	PB	2012.09.04	Édition préliminaire pour commentaires RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.		1.1 PROJET DE RÉF., VARIANTES ET ENJEUX DU TRAMWAY		2			
	00	2012.09.21	Édition finale pour RTC	P.G.G.	M.I.	P.M.		INTITULÉ DU PLAN :		SÉQUENCE:	ÉCHELLE:		
Dossier : RTC P-12-600-4							PROJET : Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis <i>Réseau de transport de la Capitale</i>	INVENTAIRE PRÉLIMINAIRE TRACÉ EST-OUEST - SÉQUENCE G (DES CAPUCINS) ET VARIANTE		G	1:5000		
										VARIANTE(S): A		01 02	REV. 00

4 PROBLÉMATIQUES PRÉLIMINAIRES D'INSERTION

Le présent Chapitre 4 est constitué de :

- section 4.1, accompagnée des Annexes E, F et G : une description détaillée de chacune des séquences des quatre tracés de tramway, ainsi qu'une proposition concrète d'insertion du tramway dans des endroits représentatifs de ces séquences et une identification préliminaire, par séquence, des problématiques d'insertion du tramway;
- section 4.2 : une sélection des variantes de tracé pour les séquences ayant des variantes (présentées à la section 3.4);
- section 4.3 : une proposition préliminaire de localisation des stations ainsi que des exemples d'insertion en plan des stations;
- section 4.4 : finalement, une synthèse est faite des problématiques d'insertion du tramway, identifiées par séquence, selon leurs caractéristiques homogènes, les plus représentatives.

4.1 DESCRIPTION DES SÉQUENCES, INSERTION ET IDENTIFICATION PRÉLIMINAIRE DES PROBLÉMATIQUES D'INSERTION

La Figure 26 présente un plan général des 4 tracés de base du tramway et identifie les limites et les noms des séquences (subdivisions de tracés), ainsi que les variantes considérées pour certaines séquences (détaillées au chapitre 3.4).

La division du tracé du tramway s'est faite en quatre (4) tracés selon leur localisation et orientation globale : nord-sud ou est-ouest et Québec ou Lévis. Ensuite, chacun de ces quatre (4) tracés a été divisé en plusieurs séquences homogènes d'un point de vue taille et/ou type de milieu pour l'insertion du tramway.

La première étape réalisée ici est la **caractérisation de la situation existante**, selon les paramètres d'importance pour l'insertion d'un tramway, le long des 4 tracés et de leurs variantes. Pour ce faire, suite à des visites de terrain et à la collection des données nécessaires, les plans et cartes suivantes ont été élaborés :

- une carte des pentes naturelles sur l'ensemble des tracés de base (Annexe E);
- une carte représentant les ouvrages d'art présents le long et aux alentours des tracés de base (Annexe E);
- des plans à l'échelle 1/1000, de chaque séquence, représentant la situation existante (Annexe G). Pour chacun de ces plans, les informations suivantes sont colligées et notifiées pour la situation existante : courbes, largeur totale chaussée, largeur entre façades, nombre de voies, voies réservées, stationnement gauche, stationnement droit, possibilités d'insertion, problématiques.

Ensuite, les tracés du tramway et une **proposition d'insertion** du tramway sur ces séquences et variantes ont été réalisés. Une carte globale du type d'insertion proposée sur l'ensemble des tracés de base et variantes est présentée en Annexe E. Conformément à cette carte, l'Annexe G présente, par séquence (y compris pour les variantes) :

- un plan au 1/5000, de la situation projetée avec le tracé et les stations de tramway proposés, ainsi que l'identification de la localisation d'une coupe-type (traits verticaux);
- une planche représentant le profil de la séquence (pentes);
- un plan au 1/1000 de la situation existante, à l'endroit de la coupe-type sélectionnée;
- une planche représentant la coupe-type en situation existante ainsi que la même coupe-type en situation projetée avec l'insertion du tramway;
- finalement, un tableau identifiant de façon préliminaire les problématiques, le cas échéant, liées à l'insertion du tramway, sur la séquence présentée.

De manière générale, pour chacune des séquences des différents tronçons du tracé du tramway, le choix des emplacements des coupes-types a été guidé en fonction de la représentativité des caractéristiques géométriques du réseau routier de l'emplacement en question par rapport à celles de l'ensemble de la séquence qui s'y rattache. Conséquemment, une séquence comportant des axes routiers dont les caractéristiques géométriques sont très différentes peut se voir attribuée plus d'une coupe-type. Dans ce cas, les plans au 1/1000, la planche des coupes-types ainsi que le tableau identifiant les enjeux sont présents dans l'Annexe F pour chaque coupe-type.

La proposition préliminaire d'insertion de tramway faite dans le présent rapport se fait selon les principes d'insertion présentés au Chapitre 2, dont notamment une préférence pour une insertion axiale du tramway sur la voirie. Aussi, cette insertion suit le *Guide de conception géométrique des*

ruelles de la Ville de Québec (janvier 2008) lorsqu'applicable. Les principes, conclusions et recommandations des Notes d'hypothèses générales (Annexe A), Note techniques sur le matériel roulant (Annexe B) et l'électrification (Annexe C) ont guidé l'exercice d'insertion du tramway proposée dans le présent livrable.

Il est à noter que la séquence E du tracé est-ouest Québec n'est pas illustrée car l'insertion est dépendante de résultats à venir du lot 3 de l'Étude de faisabilité du Tramway, actuellement en cours.

4.2 SÉLECTION DE VARIANTES DE TRACÉ

Sur base de la caractérisation des séquences et variantes faite à la section précédente, ainsi que sur base de critères généraux relatifs à l'insertion du tramway, une première sélection de variantes peut être réalisée.

4.2.1 Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquences A/B/C

Après avoir traversé le boulevard Charest, le tracé de base passe dans la direction sud sur la rue Dorchester et dans la direction nord sur la rue de la Couronne, puis empruntera la Côte d'Abraham, l'avenue Honoré-Mercier et le boulevard René-Lévesque Est. Le tracé sur la Côte d'Abraham serait de type latéral, coté falaise, avec un lissage du profil en long grâce à de petits ouvrages de soutènement. La transition vers un tracé en tunnel serait envisagée avant la fin de la Côte d'Abraham afin de passer sous l'avenue Honoré-Mercier. Ceci serait possible en initiant la trémie en aval de la rue Saint-Augustin; le tunnel commençant ainsi avant de traverser l'avenue Honoré-Mercier. Le tunnel continuerait sous l'avenue Honoré-Mercier; tournant à droite sur le boulevard René-Lévesque, sous le talus sud, avec une remontée progressive en trémie à partir de la rue de l'Amérique-Française.

Les variantes proposées sur ce secteur doivent permettre de présenter des solutions techniques compatibles avec la forte déclivité de l'avenue Honoré-Mercier (pente de plus de 10 %). Ainsi, plusieurs solutions d'implantation ont été étudiées sur ce même corridor.

Variante A

Une première variante a été étudiée pour permettre de desservir directement la place d'Youville. Elle reprendrait le tracé initial à niveau avec de légers soutènements sur la Côte d'Abraham puis traverserait l'avenue Honoré-Mercier, via la rue de l'Aiguillon, pour traverser la place d'Youville jusqu'au Parc de stationnement.

Caractéristiques géométriques

Cette variante augmente de 100 m le trajet par rapport au tracé de base; en termes de courbe, le passage depuis l'avenue Honoré-Mercier vers la place d'Youville nécessitera une réorganisation de la rue d'Aiguillon (site propre en latéral Nord et rue en sens unique vers l'est) avec une reprise de profil et l'optimisation d'une courbe serrée à l'entrée en station.

Desserte

Cette variante assure une meilleure desserte de la place d'Youville et du quartier St-Jean. Elle permet d'intégrer une station en lieu et place des arrêts Bus actuels. Sur cette variante, seule la station Place Québec serait souterraine, les stations Place d'Youville et Grand Théâtre seraient à niveau.

Insertion

La variante A reprendrait le tracé initial à niveau avec de légers soutènements sur la Côte d'Abraham puis traverserait l'avenue Honoré-Mercier, via la rue de l'Aiguillon, pour traverser la place d'Youville jusqu'au Parc de stationnement. La traversée se ferait en entrant dans celui-ci par

une trémie basse de 2 à 3 mètres par rapport au niveau 1 du stationnement, puis rejoindrait le tracé de base au début du boulevard René-Lévesque. Cette trémie pourrait être placée plus à l'ouest sous la rue d'Youville pour éviter en partie l'entrée du parc de stationnement.

Impact

Suivant le positionnement de la trémie, l'entrée du parc de stationnement serait réduite sur une largeur de 5 à 10 mètres. Ainsi, certains ouvrages comme les rampes d'accès pour véhicules ou les escaliers d'accès piétons seraient à démanteler et à localiser.

L'impact sur la capacité de stationnement, si cette variante est conservée, pour analyse plus approfondie, sera évalué dans la prochaine étape de l'étude de faisabilité technique.

La création de la station d'Youville du tramway impliquera l'élimination du terminus d'autobus existant sur cette place. Compte tenu de la reconfiguration du réseau d'autobus à la mise en service du tramway, ce terminus devra ou être éliminé ou être relocalisé. Il est toutefois à noter que pendant la phase construction de ± 2 ans, le terminus devra être relocalisé.

La traversée de l'avenue Honoré-Mercier devra tenir compte des ouvrages existants (passages souterrains et aqueducs).

Variantes B et C

Ensuite, deux autres variantes ont été étudiées pour permettre le passage en souterrain dès le début de l'avenue Honoré-Mercier en utilisant les portions de tunnels existantes (ex-bretelles de l'autoroute Dufferin-Montmorency).

Caractéristiques géométriques

La longueur de ces tracés reste identique mais ces variantes impliqueraient la création d'un tronçon commun aux deux lignes de Tramway, ce qui pourrait augmenter le temps de parcours.

Les pentes des ouvrages en tunnel qui permettent de rejoindre le Grand Théâtre sont de l'ordre de 8 %, ce qui reste admissible pour les sections en alignement droit. Par contre, l'ouvrage de liaison entre le boulevard Charest et les tympans de tunnel présente des pentes d'un peu plus de 8 % jumelées à de faibles rayons de courbures (surtout pour la variante B) et à une insertion difficile entre les bretelles existantes de l'autoroute 440 (Dufferin Montmorency), ce qui rend la faisabilité de ces 2 variantes impossible.

Le passage sous une des bretelles de l'autoroute (Variante B) ou entre deux bretelles (Variante C) sont très problématiques pour des raisons de gabarit associé à la pente importante du viaduc Tramway.

Desserte

Ces variantes n'assureraient la desserte du quartier St-Roch au même titre que la ligne Est-Ouest. Du fait des contraintes de pente et d'interface avec le tunnel existant, les stations souterraines de ces tracés seraient beaucoup plus profondes que pour les autres solutions.

Sur ces variantes, la première station pourrait être proposée au premier tiers de l'avenue Honoré-Mercier (souterraine), puis au début du boulevard René-Lévesque (station Place Québec souterraine) et en extrémité de celle-ci (à niveau) avant la traversée de l'avenue Turnbull.

Insertion

Les tracés correspondants emprunteraient le boulevard Charest, pour venir s'aligner soit en empruntant la rue du Pont (alternative B), soit directement sur l'axe de l'avenue Honoré-Mercier (alternative C), pour passer en souterrain jusqu'à la fin du tracé. La transition de passage du niveau le plus bas (Avenue Charest) jusqu'au niveau des tunnels existants, se ferait par un tracé en viaduc passant entre les bretelles existantes (pente de l'ordre de 8 %). Ces variantes reprendraient le tracé en tunnel de la solution de base à partir du premier tiers de l'avenue Honoré-Mercier, mais avec des contraintes plus importantes (pente de 8 à 8,5 %).

Impact

Cette solution, qui entraîne des structures importantes (viaduc et tunnel) permet néanmoins de s'affranchir de certaines trémies contraignantes pour certains mouvements actuels sur la Colline (traversées des axes principaux).

Variantes D et E

Enfin deux alternatives sont proposées pour modifier la nature des infrastructures et donc de l'insertion du tracé de base.

Une première alternative (Variante D) permettrait de limiter la longueur du tunnel et commencer celui-ci sur l'avenue Honoré-Mercier, avec une trémie condamnant les traversées des rues Saint-Jean et Saint-Joachim. Cette solution permettrait aussi de conserver une station à niveau entre la Côte d'Abraham et l'avenue Honoré-Mercier.

Une seconde alternative (Variante E) consisterait à remonter le profil dès le début de la Côte d'Abraham, par un soutènement plus conséquent se terminant par un viaduc sur la fin de la Côte et sur l'ensemble de l'avenue Honoré-Mercier. Cet ouvrage permettrait de retrouver le niveau du boulevard René-Lévesque dès la fin de l'avenue Honoré-Mercier et ce, jusqu'à la fin du tracé. Les deux stations du Boulevard René-Lévesque seraient à niveau mais la station située entre la Côte d'Abraham et l'avenue Honoré-Mercier serait en structure supérieure.

Impact

La variante D limiterait la portion en tunnel, mais interdirait la traversée de l'avenue Honoré-Mercier sur deux rues. La variante E propose une solution plus intéressante pour l'insertion sur l'avenue René-Lévesque, mais introduit une structure surélevée importante, d'autant plus large quand elle doit intégrer une station voyageur.

Conclusion

Le tableau suivant récapitule et synthétise l'analyse comparative des 5 variantes possibles :

À priori, le tracé de base et les variantes sont techniquement faisables avec des inconvénients et avantages.

Une pondération des différents critères reste donc à faire avec le RTC pour ne conserver que les 2 ou 3 solutions les plus intéressantes pour analyse détaillée dans les subséquentes.

Tableau 7 : Synthèse de l'analyse comparative des variantes des séquences A/B/C, tracé Nord-Sud (n°1)

	Solution de Base	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D	Variante E
Géométrie	Pas de problème particulier	- Plus longue de ± 100 m - Courbe serrée à l'entrée en station	- Tronc commun aux 2 tracés - Impact possible sur le temps de parcours (à vérifier) - Pentes importantes (supérieures à 8 %) jumelées à des courbes prononcées et une insertion difficile entre les bretelles existantes de l'autoroute 440 entre Charest et les tympans du tunnel	- Tronc commun aux 2 tracés - Impact possible sur le temps de parcours (à vérifier) - Pentes importantes (supérieures à 8 %) jumelées à des courbes prononcées et une insertion difficile entre les bretelles existantes de l'autoroute 440 entre Charest et les tympans du tunnel	Rayon de courbure serré au carrefour Côte d'Abraham / Honoré-Mercier	Pas de problème particulier
Desserte	- Ne dessert pas aussi bien la Place d'Youville que la variante A 3 stations souterraines	- Assure une bonne desserte de la Place d'Youville, du Quartier St-Jean, de La Colline parlementaire - Une seule station est souterraine (Place Québec)	- Ne dessert pas aussi bien la Place d'Youville 3 stations souterraines	- Ne dessert pas aussi bien la Place d'Youville 3 stations souterraines	- Même type de desserte que la solution de base et les variantes B, C et E. 2 stations souterraines	- Même type de desserte que le tracé de base et les variantes B, C et D. - Seule solution qui n'a pas de station souterraine - La station Côte d'Abraham/Honoré-Mercier sera aérienne
Insertion	La trémie débute à l'ouest de la rue Saint-Augustin impacterait donc quelques rues secondaires	- Impacts importants sur la rue d'Aiguillon qui a été refaite récemment au Carrefour d'Aiguillon/Honoré-Mercier - À niveau jusqu'au Parc de stationnement - En latéral Nord sur d'Aiguillon - Rue d'Aiguillon à sens unique vers l'est	- Ouvrages avec pentes importantes entre Charest et le début du tunnel - Insertion difficile sur la rue du Pont compte tenu de sa faible largeur	- Ouvrages avec pentes importantes entre Charest et le début du tunnel - Moins d'obstacles au point de vue emprise, mais plus problématique compte tenu des bretelles existantes.	- Insertion en axiale sur Honoré-Mercier - Coupures de la rue Olivier pour l'implantation de la station et condamnation des traversées des rues Saint-Jean et Saint-Joachim dues à la trémie.	- En Latéral sud sur ouvrage sur Côte d'Abraham - Passage en aérien au-dessus de la voie est de Dufferin-Montmorency - En aérien sur Honoré-Mercier jusqu'à un point entre Dauphin et René-Lévesque
Impacts	L'insertion en trémie aura un impact sur l'espace résiduel pour la circulation automobile sur la Côte d'Abraham	- Impacts importants sur la rue d'Aiguillon qui a été refaite récemment au Carrefour d'Aiguillon/Honoré-Mercier - Impacts importants sur le Parc de stationnement (travaux et nombre de places perdues)	Limite les travaux à faire sur Honoré-Mercier. Seuls les travaux reliés aux stations et à la ventilation seraient impactants	Limite les travaux à faire sur Honoré-Mercier. Seuls les travaux reliés aux stations et à la ventilation seraient impactants	Travaux importants sur Honoré-Mercier. Donc Impacts sur la circulation en phase travaux	Tramway très apparent puisque en ouvrage sur Côte d'Abraham et Honoré-Mercier

4.2.2 Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquence E

Cette séquence, en tracé de base, c'est-à-dire passant par la 1^{re} Avenue, comporterait cinq stations, une au nord de la 41^e Rue Ouest, soit la station terminus, la seconde au carrefour avec la rue des Peupliers, une vers la 25^e Rue, au carrefour entre la 1^{re} Avenue et la rue Eugène Lamontagne et la dernière à proximité du site Expocité et de l'amphithéâtre.

La **variante A** de tracé est envisagée pour cette séquence afin de limiter les difficultés d'insertion qui apparaissent sur la rue Eugène Lamontagne et sur 1^{re} Avenue. Cette variante continue sur le boulevard Wilfrid-Hamel, puis vient utiliser l'avenue du Colisée avant de tourner dans la 41^e Rue Ouest pour rejoindre le terminus implanté sur la 1^{re} Avenue au nord de la 41^e Rue Ouest. Cette variante A comporterait plutôt quatre stations, la station terminus identique à celle du tracé de base, une au carrefour Colisée – Peupliers, une au carrefour Colisée – rue Soumande et une boulevard Wilfrid-Hamel au droit de la rue Jalobert.

Les deux autres **variantes B et C** ont pour objectif d'éviter la rue Eugène-Lamontagne tout en rejoignant au plus tôt la 1^{re} Avenue : la **variante B** continue sur Wilfrid-Hamel puis utilise la rue Boisclerc pour rejoindre 1^{re} Avenue, la **variante C** continue également sur Wilfrid-Hamel, utilise l'avenue du Colisée sur une courte distance et rejoint la 1^{re} Avenue par le boulevard des Alliés. Pour ces deux variantes il convient de conserver 5 stations, avec une station dans Boisclerc ou Alliés.

Caractéristiques géométriques

Le tracé de base fait 2 240 m de longueur pour la séquence E, la **variante A** (Colisée) a une longueur de 2 010 m, la **variante B** (Boisclerc) mesure 2 110 m et la **variante C** (Alliés) 2 130 m. Le tracé de base présente donc une surlongueur de 230 m par rapport à la **variante A**, 110 à 130 m par rapport aux **variantes B et C**.

La **variante A** (Colisée) possède une station en moins.

En termes de courbes, le tracé de base présente un virage délicat au carrefour 1^{re} Avenue – Eugène-Lamontagne. La **variante A** (Colisée) présente deux virages serrés entre 1^{re} Avenue et l'avenue du Colisée.

Les **variantes B et C** présentent également deux virages serrés aux extrémités de la rue Boisclerc et boulevard des Alliés.

Desserte

La solution de base assure une bien meilleure desserte locale du fait de son passage au cœur du quartier animé et attractif et de la desserte possible de l'hôpital Saint-François-d'Assise. La **variante B** (Boisclerc) est légèrement moins favorable, tandis que la **variante A** (Colisée) est moins efficace.

En contrepartie, le temps de parcours pour les voyageurs en provenance ou à destination du terminus est majoré d'environ 1,1 minute, dont près d'une minute pour la station supplémentaire, pour cette solution de base et les deux **variantes B et C**.

Insertion

Pour les axes 1^{re} Avenue ou Colisée, le site propre peut être implanté en site axial avec une voie de circulation de part et d'autre.

Pour la solution de base, le site propre passe en latéral côté sud sur la rue Eugène-Lamontagne avec possibilité de ne conserver qu'une seule voie de circulation pour la desserte des riverains.

Pour la **variante A** (Colisée), le site propre reste en axial sur le boulevard Wilfrid-Hamel.

Pour les **variantes B et C**, le site propre peut s'inscrire en latéral rue Boisclerc en conservant une voie de circulation pour le trafic local, son inscription boulevard des Alliés est plus problématique en raison de la faible largeur disponible et de la présence d'arbres de bonne taille.

Les difficultés rencontrées sont les suivantes :

- virage serré entre 1^{re} Avenue et Eugène-Lamontagne et faible largeur pour cette rue;
- largeur relativement faible de 1^{re} Avenue qui est un axe animé au niveau commercial et des activités, des élargissements ponctuels seront nécessaires sans cependant avoir d'impact sur le bâti;
- pour la **variante A** (Colisée), présence de lignes HT d'Hydro Québec sur la 41^e Rue Ouest;
- pour les **variantes B et C**, faible largeur et virage délicat aux deux extrémités des rues Boisclerc et Alliés. Pour cette dernière, les alignements d'arbres de haute tige interdisent quasiment le passage du tramway.

Impacts

La solution de base réduit la capacité de circulation sur la rue Eugène-Lamontagne qui doit être mise en sens unique pour la desserte des riverains. Sur 1^{re} Avenue, la capacité de circulation est conservée à double sens mais avec des voies réduites. Les impacts sur le stationnement et les accès riverains sont importants, il conviendra de réorganiser ces aspects par un plan de circulation adapté et une organisation des stationnements et livraisons. La circulation de transit devra être déviée sur l'axe Colisée.

Pour la **variante A**, le profil en travers avenue du Colisée sera revu avec un aménagement plus urbain comprenant une voie de circulation, une de chaque côté de la plateforme du tramway.

Pour la **variante B** (Boisclerc), on retrouve les impacts sur 1^{re} Avenue et une réduction de capacité sur la rue Boisclerc qui devra être mise en sens unique.

Conclusion

Le tableau suivant récapitule et synthétise l'analyse comparative des trois solutions possibles. La variante C n'est pas représentée car elle est éliminée à cause des alignements d'arbres interdisant quasiment le passage du tramway.

Tableau 8 : Synthèse de l'analyse comparative des variantes de la séquence E, tracé Nord-Sud (n°1)

	Base par 1 ^{re} Avenue	Variante A (Colisée)	Variante B (Boisclerc)
Géométrie	2 240 m 5 stations 1 virage serré	2 010 m 4 stations 2 virages serrés	2 110 m 5 stations 2 virages serrés
Desserte	Bonne desserte 7,7 minutes	Desserte médiocre 6,6 minutes	Bonne desserte 7,7 minutes
Insertion	Délicate sur l'ensemble du tracé	Emprises correctes	Délicate sur l'ensemble du tracé
Impacts	Aménagements urbains avec adaptation des fonctions	Réduction capacité voirie sur un itinéraire intéressant en transit	Aménagements urbains avec adaptation des fonctions

La **variante A** présente un certain intérêt en termes de longueur et d'insertion, cependant, 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 du quartier. Le choix devrait donc plutôt porter sur la solution de base par Lamontagne et 1^{re} Avenue.

4.2.3 Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquence C

Depuis la côte d'Abraham où le site propre du tramway est implanté en site latéral le long du mur de soutènement, le tracé peut soit se diviser en deux, avec une voie dans Couronne vers le nord et une voie dans Dorchester vers le sud, soit continuer à deux voies dans Dorchester (**variante A**), soit continuer à deux voies dans Couronne (**variante B**).

Cette séquence comporterait deux stations, une au bas de la côte d'Abraham et une au carrefour avec le boulevard Charest.

La circulation sur la rue empruntée par les deux voies du tramway ne serait qu'une circulation de desserte locale (à sens unique) et la circulation sur la rue non utilisée par le tramway deviendrait à double sens.

Caractéristiques géométriques

Les deux tracés, par Couronne et par Dorchester ont quasiment la même longueur. Ils ont le même nombre de stations.

Le tracé par Dorchester (**variante A**) est un peu plus lissé, avec une seule courbe à l'arrivée au bas de la côte d'Abraham, tandis que le tracé par Couronne (**variante B**) présente des courbes côté nord et surtout un virage serré pour rejoindre la côte d'Abraham.

Desserte

Les deux tracés assurent une desserte identique. On peut juste rajouter que la solution avec une voie dans chaque rue est moins lisible et moins confortable pour les stations d'échanges entre les deux axes Nord-Sud et Est-Ouest.

Les temps de parcours pour les voyageurs sont similaires, quelques dizaines de secondes en plus pour Couronne du fait des virages.

Insertion

Dans tous les cas, le site propre sera en site latéral afin de respecter les sens uniques de circulation, soit si on a une voie dans chaque rue, en conservant le fonctionnement actuel, soit si le tramway est implanté rue de la Couronne ou rue Dorchester, avec une circulation principale rétablie à double sens dans la rue non occupée par le tramway et une voie de desserte riverains dans la rue empruntée par le tramway.

La principale difficulté rencontrée concerne le virage entre la côte d'Abraham et la rue de la Couronne où le rayon est faible et où il y a une forte pente. Cette difficulté est évitée dans la solution tramway à deux voies dans Dorchester (**variante A**).

Impacts

Il existe actuellement sur les rues Dorchester et de la Couronne, trois voies de circulation, une bande de stationnement et deux trottoirs. L'une des voies de circulation est réservée pour les autobus. Compte tenu de l'emprise des rues Dorchester (± 16,75 m) et de la Couronne (± 19,30 m), de la nécessité de conserver les deux trottoirs et une bande de stationnement/livraison/débarcadère et de l'espace requis pour l'insertion du tramway, un choix devra être fait entre la perte d'une voie de circulation automobile dans chaque sens (passer de 2 voies à 1 voie) ou l'élimination des voies réservées pour autobus.

Conclusion

Le tableau suivant récapitule et synthétise l'analyse comparative des deux variantes :

Tableau 9 : Synthèse de l'analyse comparative des variantes de la séquence C, tracé Nord-Sud (n°1)

	Base par Dorchester et Couronne	Variante A (Dorchester)	Variante B (Couronne)
Géométrie	2 fois 900 m 2 stations 1 virage serré	900 m 2 stations 0 virages serrés	930 m 2 stations 1 virage serré
Desserte	Bonne desserte Confort et lisibilité moindre	Bonne desserte	Bonne desserte
Insertion	Délicate au carrefour Couronne – Abraham	Emprises correctes	Délicate au carrefour Couronne - Abraham

	Base par Dorchester et Couronne	Variante A (Dorchester)	Variante B (Couronne)
Impacts	Aménagements urbains avec adaptation des fonctions sur les deux axes Perte d'une voie pour les véhicules sur chacune des rues ou élimination des voies réservées pour autobus	Aménagements urbains sur Dorchester, aménagements plus circulation sur Couronne Une voie de desserte locale sur Dorchester. Une voie par sens sur de la Couronne pour les véhicules ou élimination des voies réservées pour autobus	Aménagements urbains sur Couronne et aménagements plus circulation sur Dorchester Une voie de desserte locale sur de la Couronne. Une voie par sens sur Dorchester pour les véhicules ou élimination des voies réservées pour autobus

La **variante A** par Dorchester est préférable à tous points de vue, en termes d'insertion en évitant le virage difficile entre Côte d'Abraham et la rue de la Couronne, en termes d'impacts en permettant de revitaliser l'axe Dorchester sans trop perturber l'axe parallèle de Couronne.

4.2.4 Tracé Est-Ouest (n°2) – Séquence G

Depuis le terminus implanté au carrefour boulevard Sainte-Anne – avenue d'Estimauville, Le tracé de base emprunte successivement le boulevard Sainte-Anne, le chemin de la Canardière, puis après le passage sous les voies ferrées le boulevard des Capucins, et le boulevard Jean-Lesage avec un franchissement de la rivière Saint-Charles sur le pont Samson. Il rejoint ensuite le boulevard Charest. Cette séquence comporterait trois stations, une au carrefour Canardière – Capucins, une au carrefour Capucins – 3^e Rue et une place de la Gare du Palais.

Une variante de tracé est envisagée pour cette séquence afin d'assurer une meilleure desserte locale. Cette **variante A** continue sur le chemin de la Canardière, puis vient utiliser la 3^e Avenue avant de tourner rue Saint Roch pour rejoindre le boulevard Jean-Lesage au droit de la place de la Gare du Palais. Cette **variante A** comporterait plutôt quatre stations, une au carrefour Canardière – Capucins, une au carrefour 5^e Rue – 3^e Avenue, une au sud de la rivière Saint-Charles et une place de la Gare du Palais.

Caractéristiques géométriques

Le tracé de base fait 1 600 m de longueur pour la séquence G, la **variante A** a une longueur de 2 000 m, soit une surlongueur de 400 m.

La **variante A** possède une station supplémentaire.

En termes de courbes, le tracé de base présente un virage délicat au carrefour Canardière – Capucins, conjugué à un problème de profil en long pour le passage sous les voies ferrées. Il est ensuite relativement direct jusqu'au virage pour rejoindre le boulevard Charest. La variante présente un virage entre Canardière et 3^{ème} Avenue, mais sans problème de profil en long, puis un tronçon tortueux au sud de la rivière Saint Charles afin de rejoindre la gare du Palais. Ce tronçon possède trois virages serrés et une courbe plus large.

A noter que pour la **variante A**, la station de la gare du Palais s'inscrit tout juste entre les deux rayons l'encadrant. Une longueur de quais de 40 mètres apparaît cependant possible à inscrire.

Desserte

La **variante A** assure une bien meilleure desserte locale du fait de son passage au cœur du quartier et non en rive, le long d'une voie ferrée, comme pour la solution de base.

En contrepartie, le temps de parcours pour les voyageurs en provenance ou à destination de la séquence H est majoré d'environ 2,7 minutes, dont 1 minute pour la station supplémentaire.

Insertion

Pour la séquence H, le site propre peut être implanté en site axial avec une voie de circulation de part et d'autre du chemin de la Canardière.

Pour la solution de base, le site propre passe en latéral côté nord – est sur l'ensemble de la séquence G, du côté de la voie ferrée de façon à faciliter le passage au droit des piles du pont de l'autoroute Dufferin-Montmorency, de la trémie du tunnel Joseph-Samson et à implanter la station Gare du Palais en liaison avec l'accès à cette gare et en plus à faciliter le virage vers le boulevard Charest.

Les difficultés rencontrées sont les suivantes :

- virage serré entre Canardière et Capucins avec un problème de profil en long : il faudra sans doute déporter un peu vers le sud le carrefour et le boulevard des Capucins,
- passage au droit de la trémie Joseph-Samson : cette trémie est relativement large et pourrait être réduite d'environ 2 à 3 m, ce qui permettrait d'inscrire le site propre du tramway en latéral le long des voies ferrées tout en gardant deux voies de circulation.

Pour la **variante A**, le site propre reste en axial sur Canardière, puis sur tout l'itinéraire à l'exception du passage sous l'autoroute et l'arrivée à Gare du Palais afin de retrouver la même station que dans la solution de base.

Les difficultés rencontrées sont les suivantes :

- emprise restreinte sur 3^e Avenue qui est un axe animé,
- virage serré entre les rues du Pont et Saint-Roch,
- série de trois virages serrés à l'arrivée Gare du Palais.

Impacts

La solution de base réduit la capacité de circulation sur l'axe Capucins – Lesage, par une réduction du nombre de voies sur Capucins, de 2x2 à 2x1, et par une réduction du nombre de voies (3x3 à 2x2) puis des largeurs de voies sur Lesage. Les impacts stationnement, arbres et riverains sont quasiment nuls.

Pour la **variante A**, le profil en travers sera revu avec un aménagement plus urbain comprenant deux voies de circulation, une de chaque côté de la plateforme du tramway, des stationnements latéraux et des trottoirs avec des plantations ponctuellement.

Conclusion

Le tableau suivant récapitule et synthétise l'analyse comparative des deux solutions :

Tableau 10 : Synthèse de l'analyse comparative des variantes de la séquence G, tracé Est-Ouest (n°2)

	Base par Capucins	Variante A (3 ^{ème} Avenue)
Géométrie	1600 m 3 stations 1 virage serré	2000 m 4 stations 4 virages
Desserte	Desserte médiocre 4,1 minutes	Bonne desserte 6,8 minutes
Insertion	Pas de difficultés sauf virage de Canardières et le long de la trémie Samson	Insertion urbaine
Impacts	Réduction capacité voirie sur un itinéraire intéressant en transit	Aménagement urbain

La **variante A** présente un certain intérêt en termes de desserte et d'aménagement urbain du fait de son passage au sein des quartiers constitués. Son inconvénient majeur vient de son allongement du fait de l'obligation de desservir la gare du Palais. Le choix entre les deux solutions doit sans doute être fait en fonction d'une réflexion plus globale pour la ligne et les besoins de la clientèle potentielle.

Une pondération des différents critères est à faire avec le RTC de même qu'une simulation par le lot 3 pour définir le nombre d'usagers sur chacun des tracés.

4.2.5 Tracé Est-Ouest (n°2) – Séquence D

Le tracé de base passe par le Chemin des Quatre-Bourgeois et l'avenue Nérée-Tremblay pour rejoindre l'Autoroute Charest 440. La liaison vers l'autoroute n'est pas étudiée dans ce premier livrable car les informations à ce jour ne permettent pas de décider de la solution la plus intéressante pour le développement du secteur. Ces informations seront fournies par le Lot n°3.

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 surélevé de franchissement de l'axe Charest et/ou une portion du tracé sur viaduc est construit. 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, 4 variantes ont été étudiées.

Les variantes proposées sur le secteur Nérée-Tremblay doivent permettre de s'affranchir de la forte déclivité (pente de plus de 10 %) d'un tracé aux courbes non négligeables au niveau de l'Avenue Nérée-Tremblay.

Variantes A et B

La recherche des variantes s'est orientée d'abord vers une solution de tracé permettant de lisser les courbes et les réduire à un niveau acceptable de 6 à 7 % en créant un nouveau corridor au niveau des terrains situés entre le cimetière et l'axe Charest (bas du cimetière et dépôt à neige).

Caractéristiques géométriques

Ces variantes présentent sur la première partie du tracé des courbes de faible rayon qui pourraient être optimisées et des pentes qui restent inférieures à 7 % qui pourraient être lissées localement en fonction de l'insertion. La fin du parcours nécessiterait une reprise importante du profil du terrain naturel mais permettrait de réduire la pente à 5 %.

Desserte

La variante A permet de se rapprocher du CÉGEP St-Foy, et des résidences universitaires en passant au niveau de l'ancienne station service du centre commercial et en empruntant la rue Nicolas-Pinel, puis la rue Jean-Durand. Ensuite, le tracé traverse l'avenue Nérée-Tremblay au niveau du Nord-Ouest d'un immeuble (passage au niveau de la piscine).

La variante B emprunte le tracé de base jusqu'au milieu de l'avenue Nérée-Tremblay pour ensuite s'insérer entre deux immeubles en lieu et place d'espaces verts et d'un parc de stationnement des résidents. Celle-ci est plus courte de 350 m mais s'éloigne du CÉGEP.

Ces tracés rejoignent l'axe Charest en évitant le cimetière actuel. Une bande de terrain de largeur inférieure à 10 mètres devra être acquise, laissant ainsi toute les possibilités pour un développement futur des terrains non occupés à ce jour.

Pour cette variante A, la première station serait proposée au plus proche du CÉGEP. Le travail important de nivellement au niveau de la traversée de l'avenue Nérée-Tremblay (extrémité de la rue Jean-Durand), permettrait éventuellement de créer un alignement avec une faible déclivité pour l'implantation d'une station intermédiaire.

La première station de la variante B, sera identique à la base (intersection du chemin des Quatre-Bourgeois avec l'avenue Nérée-Tremblay). Une station intermédiaire peut être prévue en milieu de parcours (espace restant disponible entre les deux immeubles).

Variante C

La variante C associée à la variante A permet de réduire la longueur du parcours de 200 mètres en longeant le stationnement souterrain situé en arrière de la Pyramide et évitant ainsi le carrefour Chemin des Quatre-Bourgeois /Avenue Nérée-Tremblay.

Variante D

D'autres recherches de tracés par des rues existantes n'ont pas permis de trouver de solutions intéressantes car les courbes rencontrées restaient très importantes. En effet, les éventuels tracés directs, comme la possibilité de longer le cimetière permettent de réduire les longueurs de parcours mais ne peuvent réduire les pentes. De plus, l'utilisation d'autres voiries existantes ne permettent pas d'obtenir des pentes inférieures à 8 %. En particulier la variante D, passant par l'Avenue Chapdelaine et l'Avenue Branly, présente une pente de plus de 12 %.

Conclusion

Le tableau suivant récapitule et synthétise l'analyse comparative des 4 solutions possibles :

À priori, en attendant les conclusions du Lot 3 pour l'implantation du tracé dans le secteur du boulevard Charest, la variante C associée à la variante A est la variante à finaliser dans les phases suivantes, compte tenu entre autres de la géométrie du tracé (pente, courbe et longueur) et de la desserte du secteur.

Tableau 11 : Synthèse de l'analyse comparative des variantes de la séquence D, tracé Est-Ouest (n°2)

	Solution de Base	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Géométrie	Pente de plus de 10 % avec courbes serrées	Tracé avec pentes et rayons de courbures acceptables	- Tracé avec pentes et rayons de courbures acceptables - Tracé plus court de ± 350 m que la variante A	- Tracé avec pentes et rayons de courbures acceptables - Tracé plus court de ± 200 m que la variante A	Pentes trop importantes solutions non retenues
Desserte	Une bonne partie du tracé entre Charest et Nérée-Tremblay ne dessert rien	Dessert bien le CEGEP, l'université et le secteur en général	Desserte un peu moins bien le CEGEP, mais dessert bien l'université et le secteur en général	Dessert bien le CEGEP, l'université et le secteur en général	
Insertion	À finaliser suite aux conclusions du Lot 3	- Nécessite l'acquisition d'une bande de ± 10 m au nord de la partie actuellement développée du cimetière, mais ne compromet pas le reste du terrain de part et d'autre de cette bande de 10 m - Travaux de nivellement au carrefour Nérée-Tremblay/Jean Durand - Toutes les stations sont au niveau du sol	- Nécessite l'acquisition d'une bande de ± 10 m au nord de la partie actuellement développée du cimetière, mais ne compromet pas le reste du terrain de part et d'autre de cette bande de 10 m - Toutes les stations sont au niveau du sol	- Nécessite l'acquisition d'une bande de ± 10 m au nord de la partie actuellement développée du cimetière, mais ne compromet pas le reste du terrain de part et d'autre de cette bande de 10 m - De l'acquisition sera également requise pour le passage à l'ouest de la pyramide - Évite le Carrefour Quatre-Bourgeois/Nérée-Tremblay	
Impacts	À finaliser suite aux conclusions du Lot 3	Impacts sur la piscine d'un immeuble	Utilisation d'une partie d'un parking d'un immeuble		

4.2.6 Synthèse de la sélection des variantes de tracé

Par conséquent, les variantes de tracé les moins contraignantes peuvent être résumées ici.

Sur le tracé Nord-Sud (n°1) :

- séquences A/B/C : le tracé de base et ses 5 variantes sont a priori faisables;
- séquence E (1^{re} Avenue) : solution de base (1^{re} Avenue);
- séquence C : variante A (Dorchester).

Sur le tracé Est-Ouest (n°2) :

- séquence G (des Capucins) : choix entre tracé de base (des Capucins) et variante A (3^e Avenue) à analyser plus en profondeur;
- séquence D (Nérée-Tremblay) : La variante C associée à la variante A serait la variante à finaliser dans les phases suivantes.

Il est également à rappeler que deux variantes d'insertion sont à évaluer de plus près, probablement de concert avec les travaux qui s'effectuent dans le lot 3 de l'étude de faisabilité, sur le Pont de Québec :

- tramway en site banal sur le pont : ce qui offrirait deux (2) voies de circulation (une dans chaque sens) mixtes tramway/véhicules routiers. Cela nécessiterait, entre autres l'instauration de feux de circulation aux deux approches du pont, dans la direction entrante du pont, qui serviraient à vider le pont avant le passage d'un tramway, pour des raisons de sécurité de circulation du tramway. De plus, les véhicules routiers qui pourront circuler sur le pont devront avoir un gabarit vertical maximum de $\pm 4,2$ m. Cette option a toutefois un impact direct sur le service offert par le tramway et peut avoir des impacts notables sur son niveau de service global et son adhérence à l'horaire en cas d'événements exceptionnels notamment;
- en site exclusif sur le pont : ce qui offrirait par conséquent deux (2) voies de circulation exclusive pour le tramway. Cette variante nécessiterait, entre autres :
 - l'étude et le réaménagement des voies de circulation aux abords du pont;
 - l'étude et l'aménagement nécessaires pour l'accessibilité du pont pour les véhicules d'urgence;
 - l'étude de l'impact de cette variante sur la circulation des véhicules aux abords du pont, et notamment sur le Pont Pierre-Laporte.

4.3 INSERTION DES STATIONS

Un premier exercice de localisation des stations de tramway a été élaboré menant à la carte de localisation des stations sur les tracés de base, en Annexe E. La localisation a suivi les principes suivants :

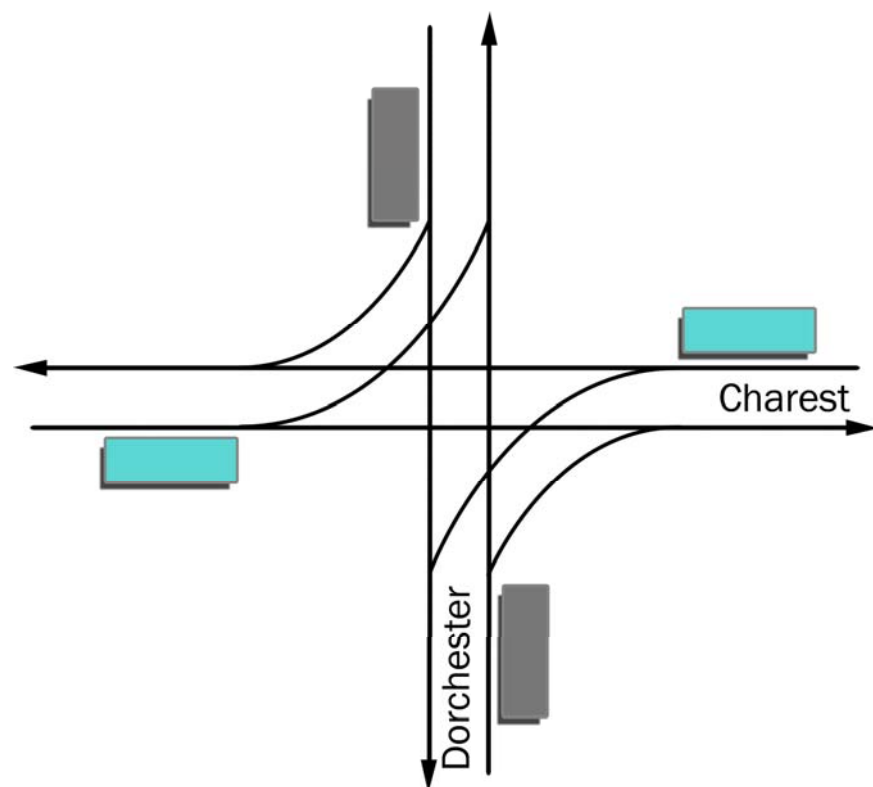
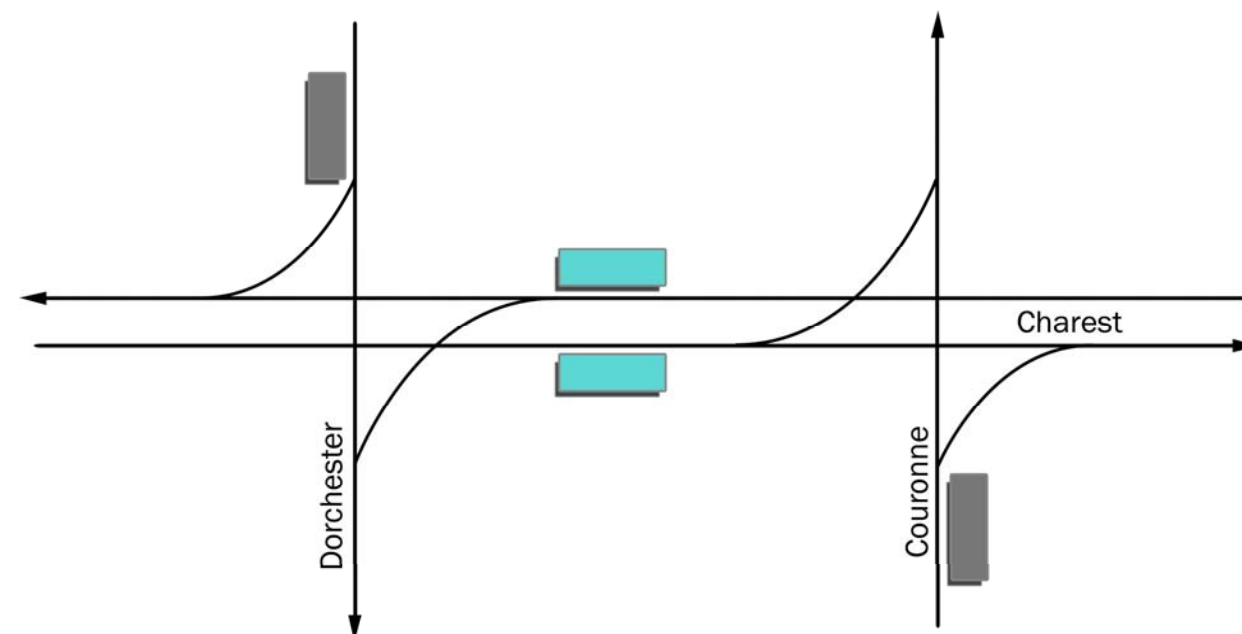
- Lorsqu'une station de Métrobus existe sur le tracé, cette station est reprise comme station tramway;
- Une station tramway aux 500 mètres est assurée sur l'ensemble des tracés.

Trois exemples d'insertion de stations, à titre illustratif, sont présentés en Annexe E. Aussi, les planches présentées en annexe de la Note d'hypothèses générales (Annexe A), présentent des coupes-types de stations.

Il est à noter que l'exploitation du tramway, à savoir le nombre et le type de lignes de tramway, influe de façon directe sur la localisation des stations. Par conséquent, le fait d'exploiter le tramway en quatre (4) lignes tel que précisé récemment par le RTC (voir section 1.2.3), influe sur ce paramètre, de la même façon que les variantes de tracé de tramway.

Afin d'illustrer cela, les figures suivantes montrent les différences de localisations des stations pour le tracé de base et la variante A (retenue) de la séquence C du Tracé Nord-Sud (n°1), avec une exploitation du tramway en quatre (4) lignes (Nord-Sud, Est-Ouest, Nord-Ouest et Est-Sud).

Figure 33: Schémas de localisation des stations aux coins Charest / Dorchester / Couronne, pour le tracé de base et la variante A de la séquence C du Tracé Nord-Sud (n°1)



4.4 SYNTHÈSE DES PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX PRÉLIMINAIRES

Sur la base de l'identification des problématiques par séquence effectuée à l'Annexe F, un tableau récapitulatif est présenté ci-dessous. Il indique si oui ou non il y a une problématique, par critère identifié. Les détails de chacune des problématiques sont présentés en Annexe F, par séquence.

	Tracé 1																					
	Séquence A	Séquence A - Variante A	Séquence A - Variante B	Séquence A - Variante C	Séquence A - Variante D	Séquence A - Variante E	Séquence B	Séquence C - Dorchester	Séquence C - Couronne	Séquence C - Dorchester - Variante A	Séquence C - Couronne - Variante A	Séquence C - Dorchester - Variante B	Séquence C - Couronne - Variante B	Séquence D	Séquence E coupe 1	Séquence E coupe 2	Séquence E coupe 3	Séquence E - Variante A coupe 1	Séquence E - Variante A coupe 2	Séquence E - Variante A coupe 3	Séquence E - Variante B	Séquence E - Variante C
Site propre, mixte ou banal	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Site axial ou latéral	N	N	N	N	N	N	N	O	O	O	O	O	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Largeur d'emprise insuffisante	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N
Pente	O	N	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Rayon de courbure	O	O	O	O	O	O	N	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Ouvrages d'art présents (obstacles)	O	O	O	O	O	N	N	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Voies réservées pour autobus	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	N	O	O	O	N	N	N	O	O
Trottoirs de largeur inférieure à 3m	N	N	N	N	N	N	N	O	O	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Nombre de voies de circulation	N	O	O	O	N	N	O	O	N	O	O	N	O	N	O	O	O	N	O	O	O	O
Voies cyclables	N	N	N	N	O	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	O	N	N	N	N
Stationnements en rue	O	N	O	O	N	N	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Espaces verts	N	N	O	O	O	O	N	N	N	N	N	N	N	N	O	O	O	O	O	O	N	N
Assurer l'accès aux commerces (véhicules de livraison, autres)	N	O	O	O	O	O	N	N	N	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Assurer l'accessibilité aux habitations (entrées charretières)	N	N	O	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Autres problématiques sur la séquence	O	O	O	O	N	N	O	O	N	N	N	N	N	O	O	O	O	O	N	N	N	N

N : pas de problématique
O : problématique identifiée

	Tracé 2																Tracé 3	Tracé 4							
	Séquence A coupe 1	Séquence A coupe 2	Séquence B coupe 1	Séquence B coupe 2	Séquence C coupe 1	Séquence C coupe 2	Séquence D coupe 1	Séquence D coupe 2	Séquence F	Séquence G coupe 1	Séquence G-variante A -coupe 1	Séquence G-variante A coupe 2	Séquence G-variante A coupe 3	Séquence H coupe 1	Séquence H coupe 2	Séquence A	Séquence A coupe 1	Séquence A coupe 2	Séquence B	Séquence C	Séquence D	Séquence E	Séquence F coupe 1	Séquence F coupe 2	
Site propre, mixte ou banal	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Site axial ou latéral	N	N	N	O	N	N	N	N	N	O	O	O	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Largeur d'emprise insuffisante	O	O	N	N	N	N	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	O	O	N	N	N	O	O	N	
Pente	O	N	N	N	O	O	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Rayon de courbure	N	N	O	O	N	O	O	N	N	O	O	O	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Ouvrages d’art présents (obstacles)	O	O	N	O	O	O	N	N	O	O	O	O	O	N	N	N	N	O	O	O	O	O	O	N	
Voies réservées pour autobus	N	N	O	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	O	O	N	O	N	N	N	N	N	
Trottoirs de largeur inférieure à 3m	N	O	N	O	N	N	N	N	N	O	O	O	O	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	
Nombre de voies de circulation	O	N	N	O	N	N	O	O	O	O	O	O	O	O	O	N	O	N	N	N	N	N	N	N	
Voies cyclables	N	N	N	O	N	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	O	N	N	N	N	N	N	N	
Stationnements en rue	N	N	N	N	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Espaces verts	N	N	O	N	O	O	O	O	O	N	N	N	N	N	N	O	N	N	O	O	O	O	O	O	
Assurer l’accès aux commerces (véhicules de livraison, autres)	N	N	N	N	N	N	O	O	O	O	O	O	O	O	O	N	N	O	O	O	O	N	O	N	
Assurer l’accessibilité aux habitations (entrées charretières)	N	N	N	N	N	N	O	O	O	O	O	O	O	O	O	N	N	O	O	O	O	N	N	N	
Autres problématiques sur la séquence	O	O	O	N	N	O	O	O	N	O	O	N	N	O	N	O	O	N	N	O	N	N	N	N	

N : pas de problématique
O : problématique identifiée

5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le présent chapitre présente les conclusions et les recommandations des variantes étudiées aux précédents chapitres et souligne les problématiques préliminaires d'insertion du tramway sur les tracés.

5.1 VARIANTE – MATÉRIEL ROULANT

La note technique sur le matériel roulant permet de conclure que le matériel roulant pour un tramway à Québec et Lévis doit :

- être un matériel roulant fer;
- être réversible (cabine de conduite à chaque extrémité);
- avoir dans une première phase ± 33 m de long avec une prévision d'allongement à $\pm$ 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) et à 75 % à terme (3 essieux sur 4).

5.2 VARIANTE – ALIMENTATION TRACTION

La note technique sur l'alimentation traction permet de conclure que :

- la tension de 750 Vcc semble mieux adaptée;
- la LAC (ligne aérienne de contact) est la solution la mieux adaptée;
- un système de stockage d'énergie éprouvé, tel que des super-capacités, pourrait être combiné avec la LAC pour franchir, le cas échéant, quelques 200 m sans LAC.

5.3 VARIANTE – IMPLANTATION DU CENTRE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN (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.

5.4 VARIANTE – TRACÉS

5.4.1 Pentes de tracés

Compte tenu du matériel roulant recommandé et de la possibilité d'exploiter à terme avec des rames de ± 43 m, il est recommandé de limiter les pentes à 8 % en alignement droit et à titre d'exemple à 7 % avec une courbe de rayon de 80 m.

5.4.2 Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquence A/B/C

Cette séquence concerne le passage de la Basse-Ville à la Haute-Ville de Québec dans le secteur de la colline parlementaire. L'analyse préliminaire effectuée dans cette première phase de l'étude de faisabilité technique permet de conclure que :

- le tracé de base et les variantes A, D et E sont à priori faisables;
- selon la pondération que l'on assigne à chacun des critères (travail à faire avec le RTC), 2 ou 3 de ces variantes pourraient s'avérer des plus intéressantes. Il est donc à prévoir que 2 ou 3 de ces tracés seront à étudier plus en profondeur dans les phases subséquentes.

5.4.3 Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquence C

Cette séquence couvre le tracé dans le secteur des rues De la Couronne et Dorchester à Québec.

L'analyse faite dans les pages précédentes du présent rapport 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 compte tenu de la géométrie sur la rue De la Couronne et de l'importante pente à la jonction de cette rue et De la Côte d'Abraham. Cette variante est donc le tracé à conserver et à finaliser dans les prochaines étapes.

5.4.4 Tracé Nord-Sud (n°1) – Séquence E

Cette séquence couvre les tracés dans le secteur du Colisée à la 41^e Rue. L'analyse faite dans les pages précédentes fait ressortir que le tracé de base (Lamontagne / 1^{re} Avenue) est le tracé à privilégier dans ce secteur compte tenu en particulier de la desserte qu'il offre. Le tracé de base est donc celui à conserver et à finaliser dans les prochaines phases.

5.4.5 Tracé Pont de Québec (n°3) – Séquence A

Cette séquence couvre le pont de Québec. Deux variantes d'insertion sont considérées, soit un site banal, soit un site propre.

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.

En parallèle, le lot 3 devrait faire l'étude et l'analyse des impacts des deux (2) scénarios et sur la base de leur recommandation, le choix mentionné ci-devant pourrait être revu.

5.4.6 Tracé Est-Ouest (n°2) – Séquence G

Cette séquence couvre le secteur du carrefour Canardière / Capucins à la gare TGV. Une variante A a été analysée dans ce secteur, soit un passage du tramway sur la 3^e Avenue au lieu de Capucins. Cette variante est plus longue mais passe plus au cœur du quartier.

Le choix entre le tracé de base et la variante A reste à faire. 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'utilisateurs (achalandage).

5.4.7 Tracé Est-Ouest (n°2) – Séquence D

Cette séquence couvre le secteur du Chemin des Quatre-Bourgeois et de l'avenue Nérée-Tremblay pour rejoindre l'Autoroute Charest 440. La liaison vers l'autoroute n'est pas étudiée dans ce premier livrable car les informations à ce jour ne permettent pas de décider de la solution la plus intéressante pour le développement du secteur. Ces informations seront fournies par le Lot n°3. En attendant ces informations, la variante C associée à la variante A est la variante à finaliser dans les phases suivantes, compte tenu entre autres de la géométrie du tracé (pente, courbe et longueur) et de la desserte du secteur.

5.4.8 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 2,40 m de largeur au lieu de 2,65 m, s'il est démontré dans les phases subséquentes 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 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.

5.4.9 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 interstation. Il faudra donc chercher des emplacements où l'emprise est plus large ou, le cas échéant, procéder à des acquisitions.

6 ANNEXES

6.1 LIVRE 1 : NOTES TECHNIQUES

6.1.1 Annexe A : Note d'hypothèses générales

6.1.2 Annexe B : Note technique sur le matériel roulant

6.1.3 Annexe C: Note technique sur l'électrification

6.1.4 Annexe D : Note technique sur le CEE

6.2 LIVRE 2 : PLANS THÉMATIQUES, SÉQUENCES, INSERTION ET PROBLÉMATIQUES

6.2.1 Annexe E : Plans thématiques

- Cartes des pentes (2 cartes)
- Carte des ouvrages d'art (1 carte)
- Cartes de l'insertion (2 cartes)
- Carte des stations (1 carte)
- Vues en plan d'insertion de stations (3 plans)

6.2.2 Annexe F : Séquences, insertion et problématiques

6.3 LIVRE 3 : ANNEXE G - PLANS 1/1000 DE LA SITUATION EXISTANTE