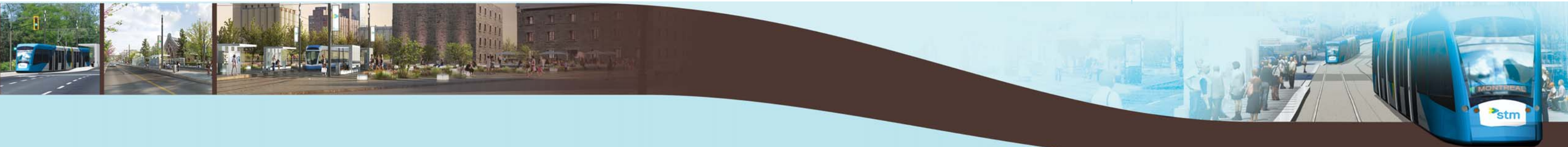




TRAMWAY de Montréal

PHASE 2
Étude de faisabilité de la première ligne



Volume A - Synthèse technique de l'étude de faisabilité

PHASE 2 – ÉTUDE DE FAISABILITÉ DE LA PREMIÈRE LIGNE

Volume A – Synthèse technique

TRAMWAY DE MONTREAL

21 octobre 2011

090802	25	A	ALL	RAP	CGS	01	03
Projet	Phase	Livrable	Lieu	Forme	Émetteur	Numéro	Version



SIGNATURES

	Rédigé par	Vérifié par
Prénom, Nom	Philippe Grisez / François Lajarige	Vincent Ermatinger, ing., M.Sc.A. OIQ: 140097
Fonction	Directeur technique / Spécialiste tramway	Responsable planification
Signature		

	Validé par	Approuvé par
Prénom, Nom	Claude Messier, ing. MBA OIQ: 35856	Pierre-André Dugas, ing. OIQ 25694
Fonction	Directeur technique adjoint	Directeur de projet
Signature		

VERSIONS

Version	Date	Nature du document
1.0	2011-09-02	Rapport préliminaire
2.0	2011-09-13	Rapport préliminaire
3.0	2011-10-21	Rapport final

Référence complète

Consortium GENIVAR - SYSTRA (2009) PHASE 2 – ÉTUDE DE FAISABILITÉ DE LA PREMIÈRE LIGNE, Volume A – Synthèse technique pour la Ville de Montréal, Montréal, 72 pages et annexes.


M:\Montreal\M1140\XM114012\01-Structure\25 Phase 2\00-Rapports publics Phase 2-Janvier 2013\Janvier 2013\090802_25_A-II_ALL_RAP_CGS_01_v4.0_Synthèse Technique_20130101.doc

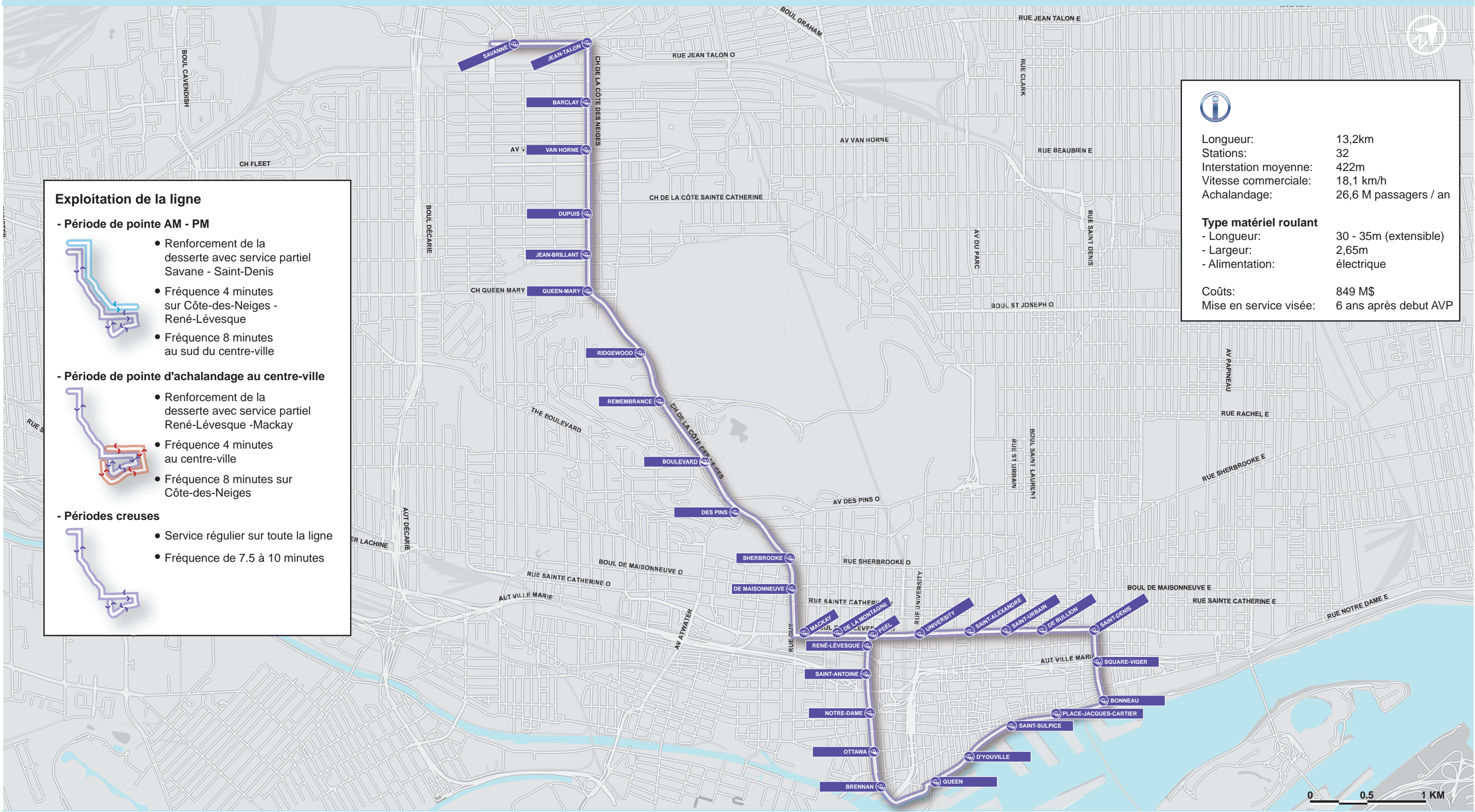




Exploitation de la ligne

- Période de pointe AM - PM**
 - Renforcement de la desserte avec service partiel Savane - Saint-Denis
 - Fréquence 4 minutes sur Côte-des-Neiges - René-Lévesque
 - Fréquence 8 minutes au sud du centre-ville
- Période de pointe d'achalandage au centre-ville**
 - Renforcement de la desserte avec service partiel René-Lévesque - Mackay
 - Fréquence 4 minutes au centre-ville
 - Fréquence 8 minutes sur Côte-des-Neiges
- Périodes creuses**
 - Service régulier sur toute la ligne
 - Fréquence de 7.5 à 10 minutes

	Longueur:	13,2km
	Stations:	32
	Interstation moyenne:	422m
	Vitesse commerciale:	18,1 km/h
	Achalandage:	26,6 M passagers / an
Type matériel roulant		
	- Longueur:	30 - 35m (extensible)
	- Largeur:	2,65m
	- Alimentation:	électrique
Coûts:		
	Mise en service visée:	6 ans après debut AVP



MISE EN GARDE GÉNÉRALE

Le présent rapport fait partie d'une série de volumes réalisés par le consortium Genivar-Systra dans le cadre de l'étude de faisabilité de la première ligne du tramway de Montréal, et ce, pour le compte de la Ville. Cette étude de faisabilité est la seconde phase du projet et fait suite à l'analyse du réseau initial (phase 1).

La phase 2 avait pour but de définir le cadre technique du projet avec un volet important portant sur l'insertion urbaine du tramway. L'étude a permis de qualifier et quantifier les principaux impacts, les coûts, l'échéancier de réalisation et d'autres aspects propres à un projet de tramway afin de définir sa faisabilité et ainsi fournir à la Ville de Montréal et à ses partenaires les renseignements pertinents pour statuer sur la poursuite du projet.

Il importe de mentionner que les résultats présentés dans les différents volumes produits par le consortium Genivar-Systra n'ont pas été approuvés par les instances de la Ville. De plus, il convient de rappeler que tous les résultats doivent être considérés comme préliminaires et seront complétés, corrigés ou validés lors de la phase suivante, soit l'avant-projet.

MISE EN GARDE SPÉCIFIQUE

Le présent rapport fait référence à la réalisation d'un centre d'entretien et d'exploitation (CdEE) sur le site Victoria, localisé sur la rue Jean-Talon Ouest. Or, compte tenu des contraintes financières imposées par ce choix, il est à noter que ce choix de site est aujourd'hui rejeté par la Ville de Montréal.

En ce sens, l'identification d'un nouveau site pour accueillir cette infrastructure fera partie des activités à réaliser lors de la prochaine phase, soit l'avant-projet.

PRÉAMBULE

Le document de synthèse regroupe 4 parties qui peuvent être abordées pour l'essentiel de façon indépendante :

- La partie A « **DESCRIPTION DE LA PREMIÈRE LIGNE** » présente de façon purement descriptive les éléments caractéristiques de la première ligne : tracé retenu, intermodalité, demande de transport, services offerts, aménagement urbain, matériel roulant, échéancier de réalisation du projet et coûts d'investissement et d'exploitation
- La partie B « **JUSTIFICATION DU PROJET** » justifie l'ensemble des choix qui ont mené le projet dans son état actuel depuis le Plan de Transport de 2007. Cette partie fournit les justifications pour le choix suivants : mode de transport, futur réseau maillé de tramway, phasage et première ligne, tracé et implantation des stations, insertion et d'aménagement, offre de transport et autres choix techniques majeurs (site du Centre d'Entretien, mixité bus/tramway sur le boulevard René-Lévesque) ;
- La partie C « **PRINCIPES DE CONCEPTION** » rassemble les concepts généraux qui s'appliquent à l'ensemble des éléments constitutifs de la ligne. Cette partie aborde successivement les hypothèses d'études générales, les principes d'exploitation et d'entretien, les principales caractéristiques du matériel roulant, les principes d'aménagement urbain, les principes de conception des stations, les infrastructures et systèmes de transport.
- La partie D « **INTRODUCTION DES ÉTUDES SECTORIELLES DE LA PHASE 2** » qui détaille le contenu de l'ensemble des rapports produits en Phase 2 et qui permet ainsi au lecteur cherchant des informations techniques plus précises de savoir où trouver ces éléments dans l'importante masse de documents produits dans le cadre de ce projet.

TABLE DES MATIERES

A – Description de la première ligne	1
1.0 Description de la première ligne	3
1.1 Organisation de la première ligne	3
1.2 Pentés	3
1.3 Intermodalité	4
2.0 Description de la demande de transport	5
2.1 Achalandage annuel	5
2.2 Profil de charge	5
2.3 Caractéristiques de la demande	6
3.0 Description de l’offre de transport	6
3.1 Services de transport	6
3.2 Vitesse commerciale	6
3.3 Amplitude du service	7
3.4 Grille d’exploitation type d’un jour ouvrable de base	7
4.0 Aménagement	8
5.0 Matériel roulant	13
5.1 Principales caractéristiques	13
5.2 Aménagement et accessibilité	13
5.3 Confort	13
5.4 Design du matériel roulant	13
6.0 Calendrier du projet	14
7.0 Coût de la première ligne de tramway	16
7.1 Coûts d’investissements initiaux	16
7.2 Coûts d’exploitation et d’entretien	17
B – Justification du projet	19
8.0 Bref historique du projet	21
8.1 Genèse du projet	21
8.2 Jalons décisionnels principaux du projet	21
9.0 Objectifs du projet	21
10.0 Justification du choix du mode de transport	22
10.1 Autobus	22
10.2 Système Rapide par Bus (SRB)	22
10.3 Tramway	22
10.4 Synthèse	23
11.0 Justification du choix du réseau initial de tramways	23
11.1 Réseau proposé dans le plan de transport de la ville de Montréal	23
11.2 Analyse de la demande de déplacement dans le corridor du tramway	24
11.3 Proposition d’organisation du réseau initial de tramways	25
12.0 Justification du choix de la première ligne	26
12.1 Choix de la 1 ^{ère} étape de réalisation du réseau	26
12.2 Étapes de mise en œuvre du réseau initial	27

13.0 Justification du tracé	28
13.1 Le tracé retenu	28
13.2 Répartition géographique des stations de tramway	29
13.3 Variantes d’itinéraires	29
14.0 Partis pris d’insertion	33
15.0 Choix d’aménagement	38
15.1 Principes retenus	38
15.2 Les matériaux de l’espace public	38
15.3 Les végétaux	39
15.4 L’éclairage	39
15.5 Les stations	40
16.0 Justification de l’offre de transport	41
16.1 Justification du service de transport aux périodes de pointe	41
16.2 Justification de l’intervalle d’exploitation à l’heure de pointe	41
16.3 Justification de l’amplitude de service	42
16.4 Justification de la grille d’exploitation type d’un jour ouvrable de base	42
16.5 Justification du dimensionnement du parc de matériel roulant	42
C –Principes de conception	43
17.0 Hypothèses d’études générales	45
17.1 Référentiel normatif	45
17.2 Valeurs de dimensionnement climatiques	45
17.3 Tracé des voies	45
17.4 Gabarit limite d’obstacle (GLO)	45
17.5 Exploitation	45
18.0 Principes d’exploitation et d’entretien	46
18.1 Exploitation	46
18.2 Entretien	47
19.0 Matériel roulant	48
19.1 Principales caractéristiques	48
19.2 Accessibilité du véhicule	48
19.3 Aménagement du véhicule	48
19.4 Confort	48
19.5 Performance du véhicule	49
19.6 Informations destinées aux voyageurs	49
19.7 Environnement opérationnel	49
20.0 Principes d’aménagement urbain	50
20.1 Critères d’aménagement	50
20.2 Parti pris d’aménagement	51
21.0 Principes fonctionnels de conception des stations	52
21.1 Configuration des stations	52
21.2 Agencement des stations	54
21.3 Équipements des stations	55
22.0 Infrastructures	56
22.1 Plateforme voie ferrée	56
22.2 Voirie	56
22.3 Drainage	57

22.3	Drainage.....	57
22.4	Réseaux souterrains	58
22.5	Ouvrages d'art.....	59
23.0	Systèmes de transport.....	60
23.1	Énergie et ligne aérienne de contact.....	60
23.2	Signalisations routière et ferroviaire.....	61
23.3	Systèmes d'exploitation.....	61



LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Caractéristiques de la première ligne du tramway de Montréal	3
Figure 1.2	Pentes le long de la première ligne du tramway de Montréal.....	4
Figure 1.3	Intégration de la première ligne du tramway dans l'offre en transport collectif de l'agglomération	5
Figure 2.1	Profil de charge du tramway - Heure de pointe du matin (HPAM)	5
Figure 3.1	Grille d'exploitation type d'un jour ouvrable de base	7
Figure 6.1	Calendrier du projet.....	15
Figure 7.1	Répartition des postes	16
Figure 7.2	Comparaison des postes avec les références françaises	17
Figure 10.1	Capacités des différents modes de transport	22
Figure 11.1	Le réseau initial de tramways du plan de transport de Montréal	24
Figure 11.2	La typologie de la demande sur les différents secteurs du réseau	24
Figure 11.3	La structure du réseau initial.....	25
Figure 11.4	Intégration du réseau de tramway dans l'offre en transport collectif	26
Figure 12.1	Tracé de la première ligne du tramway.....	26
Figure 12.2	1ère étape de réalisation : ligne "Côte-des-Neiges / Centre-ville"	27
Figure 12.3	2ème étape de réalisation : ligne "Côte-des-Neiges / Centre-ville"	28
Figure 13.1	Tracé de la première ligne du tramway de Montréal	28
Figure 13.2	Localisation des stations.....	29
Figure 13.3	Évaluation de la variante Notre-Dame	30
Figure 13.4	Évaluation de la variante Saint-Hubert	31
Figure 13.5	Variante d'itinéraire : tunnel sur Côte-des-Neiges	31
Figure 13.6	Variante tunnel: coupes type	32
Figure 14.1	Synthèse des partis pris d'insertion	33
Figure 15.1	Les matériaux de l'espace public.....	38
Figure 15.2	Principe d'implantation de la trame végétale	39
Figure 15.3	Principe d'éclairage en section	39
Figure 15.4	Principe d'éclairage en station	39
Figure 15.5	Principales dimensions des éléments des stations	40
Figure 16.1	Profil de charge du tramway - Heure de pointe du matin (HPAM)	41
Figure 16.2	Itinéraire des services à la période de pointe du matin	41
Figure 16.3	Grille d'exploitation type d'un jour ouvrable de base	42
Figure 17.2	Voie double en alignement droit avec poteaux centraux.....	45

Figure 21.1	Typologie des quais des stations	53
Figure 21.2	Lignes directrices des hauteurs en station.....	54
Figure 21.3	Station à achalandage faible.....	55
Figure 21.4	Station à achalandage moyen.....	55
Figure 21.5	Station à achalandage fort	55
Figure 22.1	Structure de chaussée	57
Figure 22.2	Drainage – type 1: insertion axiale et chaussée en couronne	57
Figure 22.3	Drainage – type 2: insertion axiale et chaussée en dévers	57
Figure 22.4	Drainage – type 3: insertion latérale et chaussée en couronne.....	58
Figure 22.5	Drainage – type 4: insertion latérale et chaussée en dévers	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	Localisation des stations de la première ligne	3
Tableau 1.2	Correspondances multimodales aux stations du tramway.....	4
Tableau 7.1	Décomposition par poste	16
Tableau 7.2	Coût du tramway ventilé par poste.....	16
Tableau 7.3	Coût annuels d'exploitation du tramway	17
Tableau 11.1	Statistiques d'achalandage de SLR en Amérique du nord	25
Tableau 11.2	Synthèse de l'achalandage des trois lignes du réseau initial.....	25
Tableau 17.1	Limitation de vitesse en fonction du rayon en courbe.....	45
Tableau 17.2	Limitation de vitesse en fonction de facteurs externes	46
Tableau 22.1	Paramètres géométriques de conception	56
Tableau 23.1	Pente maximale en fonction de la vitesse.....	61



A – DESCRIPTION DE LA PREMIÈRE LIGNE



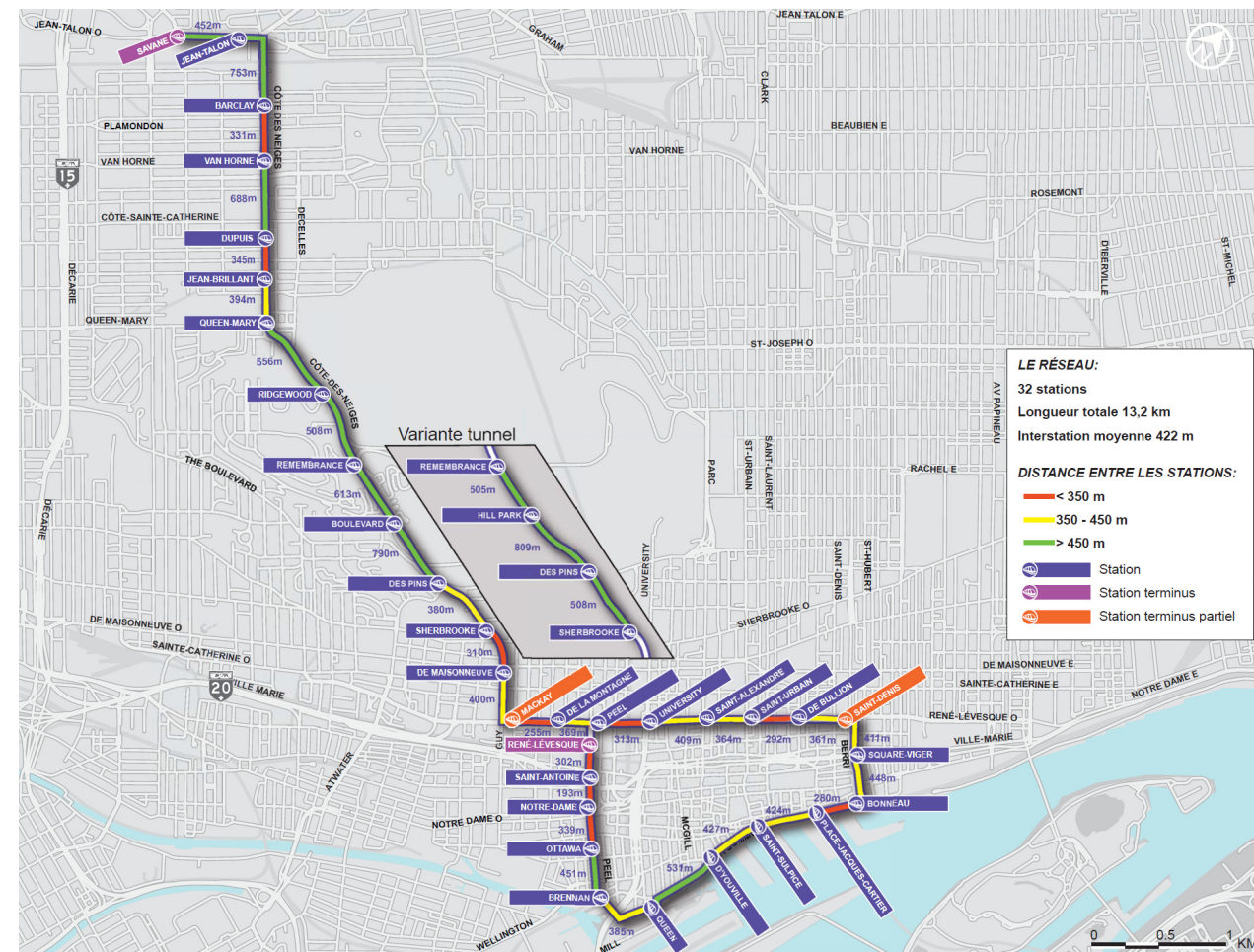
1.0 DESCRIPTION DE LA PREMIÈRE LIGNE

1.1 ORGANISATION DE LA PREMIÈRE LIGNE

La première ligne du tramway de Montréal s'étend sur 13,2 km entre le secteur de Côte-des-Neiges (terminus Jean-Talon / Savane) et le centre-ville (terminus Peel / René-Lévesque), en empruntant les axes viaires suivants :

- Jean-Talon ;
- Côte-des-Neiges / McDougall / Docteur Penfield ;
- Guy ;
- René-Lévesque ;
- Berri ;
- de la Commune ;
- Peel.

Figure 1.1 Caractéristiques de la première ligne du tramway de Montréal



Afin d'assurer la desserte des résidents, emplois et pôles générateurs situés à proximité de cette ligne, 32 stations ont été identifiées, avec un espacement moyen de 420m.

Tableau 1.1 Localisation des stations de la première ligne

N°	Nom de la station	Interstation (mètre)	N°	Nom de la station	Interstation (mètre)
1	Savane	-	18	Saint-Alexandre	410
2	Jean-Talon	450	19	Saint-Urbain	360
3	Barclay	750	20	De Bullion	290
4	Van Horne	330	21	Saint-Denis	360
5	Dupuis	690	22	Square-Viger	410
6	Jean-Brillant	350	23	Bonneau	450
7	Queen-Mary	390	24	Place-Jacques-Cartier	280
8	Ridgewood	560	25	Saint-Sulpice	420
9	Remembrance	510	26	D'Youville	430
10	Boulevard	610	27	Queen	530
11	des Pins	790	28	Brennan	390
12	Sherbrooke	380	29	Ottawa	450
13	De Maisonneuve	310	30	Notre-Dame	340
14	Mackay	400	31	Saint-Antoine	200
15	de la Montagne	260	32	René-Lévesque	300
16	Peel	370		Moyenne	420
17	University	310		Distance totale	13 200

Dans le cadre d'un exercice de planification d'aménagement du site de l'hippodrome, une extension de ligne de 1,5km vers l'ouest sur Jean Talon a également été étudiée. Bien que faisable techniquement, cette extension n'est pas présentée dans le présent document.

1.2 PENTES

Le profil en long se caractérise par des pentes généralement inférieures à 4%, entrecoupées de sections plus courtes sur lesquelles les pentes sont de l'ordre de 4 à 8%.

Trois secteurs présentent des pentes supérieures à 8%. Il s'agit de :

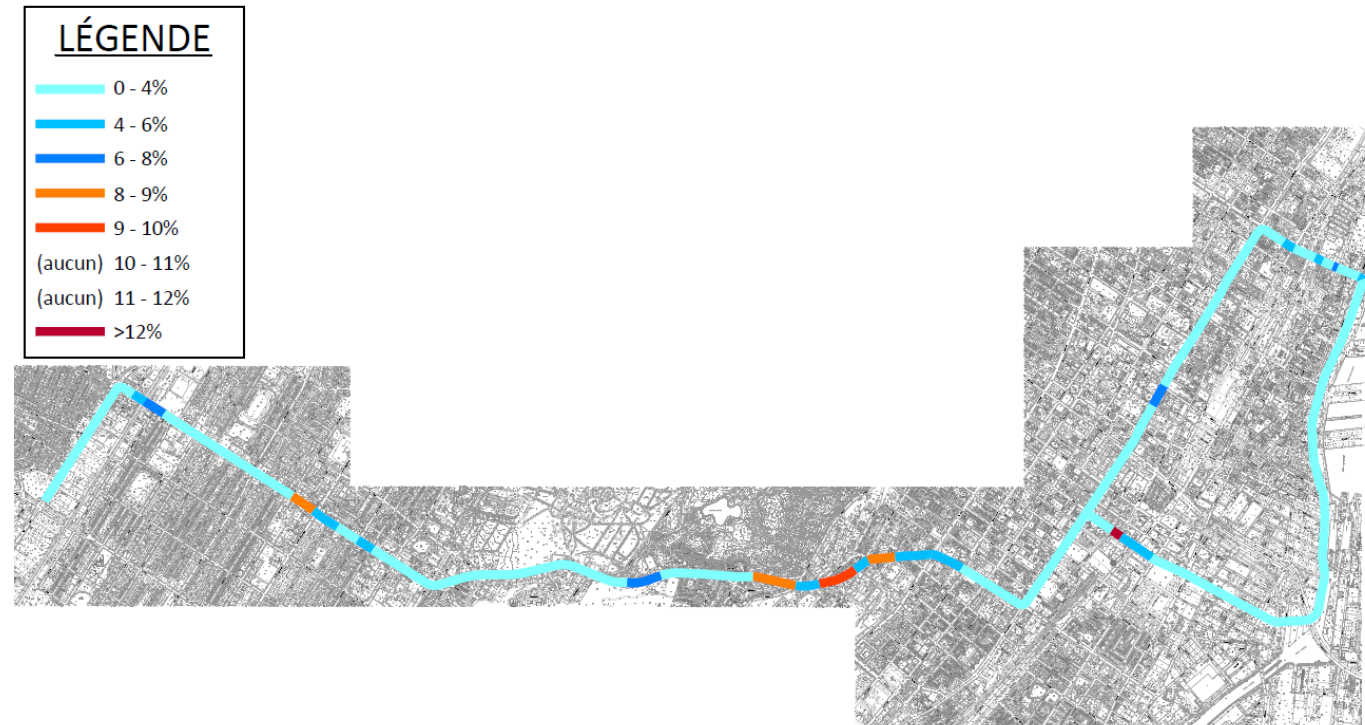
- Côte-des- Neiges entre de la Peltrie et Côte-Sainte- Catherine;
- l'itinéraire Côte –des-Neiges / docteur Penfield / Côte-des-Neiges entre The Boulevard et Summerhill;
- Peel entre St-Antoine et de La Gauchetière.

La présence de fortes pentes a pour conséquence :

- De nécessiter des adaptations du matériel roulant (motorisation de tous les essieux) pour permettre le franchissement des pentes dans les conditions d'exploitation les plus contraignantes;
- De ne pouvoir satisfaire les critères de conception d'accessibilité universelle (pente inférieure à 2%) pour les stations Des Pins, Sherbrooke, et Saint Antoine.

Une variante d'insertion en tunnel a été imaginée et étudiée sur Côte-des-Neiges entre Dr Penfield et The Boulevard dans le but de rendre la station Des Pins accessible aux personnes à mobilité réduite et de mieux desservir l'Hôpital Général de Montréal.

Figure 1.2 Pentés le long de la première ligne du tramway de Montréal



1.3 INTERMODALITÉ

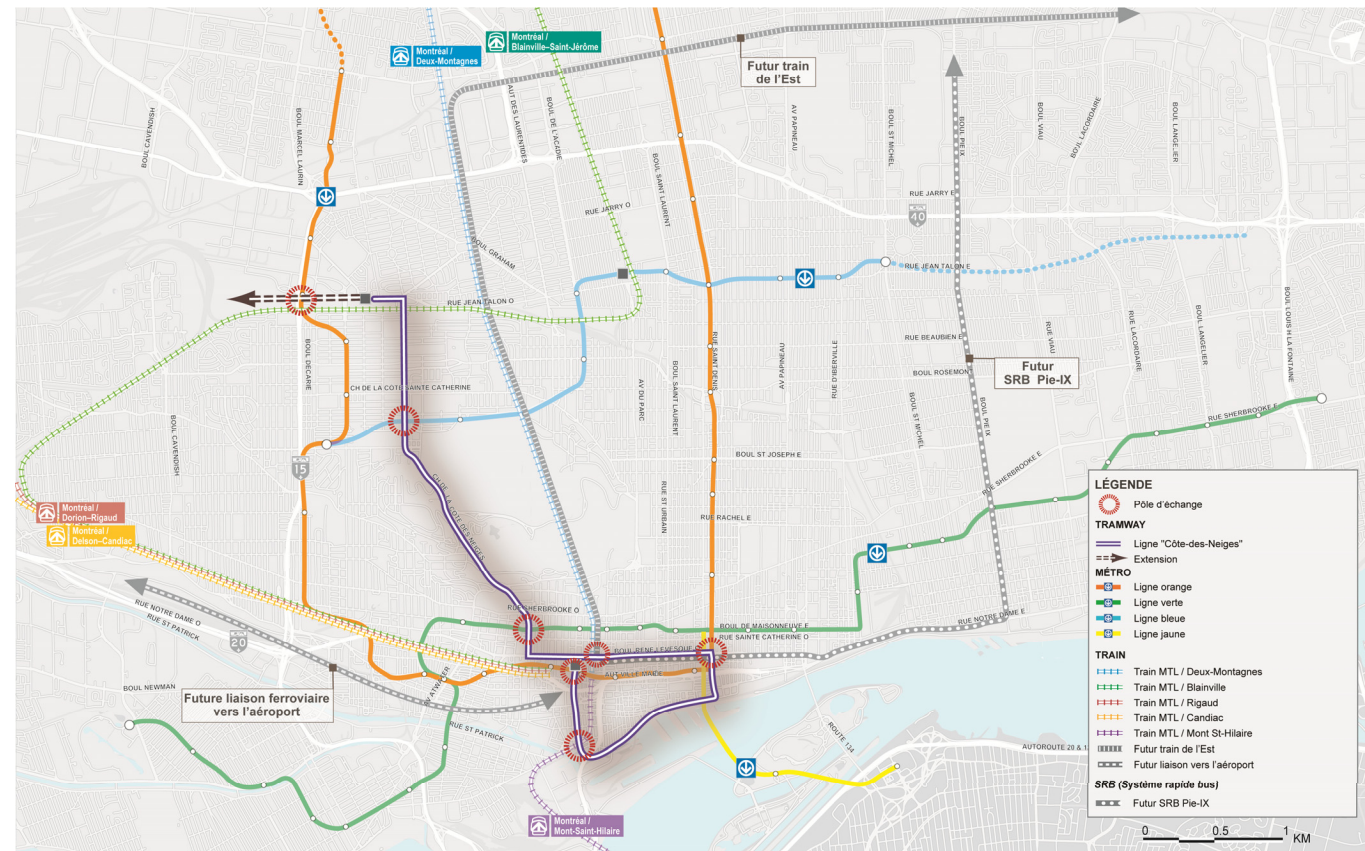
La première ligne du tramway de Montréal s'intègre particulièrement bien dans l'offre en transport collectif de l'agglomération. De nombreuses correspondances sont ainsi offertes:

- avec les lignes verte, orange et bleue du métro pour desservir le corridor de René-Lévesque, entre Guy et Berri, ainsi que le sud du centre-ville;
- avec les lignes d'autobus transversales et en rabattement sur le tramway, notamment dans le secteur de Côte-des-Neiges;
- avec les trains de banlieue et les autobus interurbains en raison de l'étendue du réseau souterrain permettant d'offrir des accès aux édicules à proximité du tramway.

Tableau 1.2 Correspondances multimodales aux stations du tramway

N°	Station tramway	Correspondance		
		Station Métro	Gare	N° ligne autobus
1	Savane	(Namur)		124, 92, 999
2	Jean-Talon			92, 999
3	Barclay			160
4	Van-Horne			161
5	Dupuis			129
6	Jean-Brillant	Côte-des-Neiges		119
7	Queen-Mary			51, 166
8	Ridgewood			11
9	Remembrance			11
10	Boulevard			66
11	des Pins			144
12	Sherbrooke			24
13	de Maisonneuve	Guy-Concordia		15, 57, 66, 80, 410, 420, 427, 430, 509, 935
14	Mackay			57, 747
15	de la Montagne		Lucien-L'Allier	
16	Peel			107
17	University		Gare centrale	61, 168, 420, 480
18	Saint-Alexandre			80, 129, 935
19	Saint-Urbain			55, 80, 129, 935
20	de Bullion			55
21	Saint-Denis	Berri-UQAM		14, 30, 34, 410, 427, 430, 509, 747
22	Square-Viger			14, 30, 34
23	Bonneau			
24	PI-Jacques-Cartier			
25	Saint-Sulpice			
26	D'Youville			
27	Queen			
28	Brennan			61
29	Ottawa			61, 170
30	Notre-Dame			
31	Saint-Antoine		Lucien-L'Allier	36, 420, 480
32	René-Lévesque		Gare centrale	80, 107, 410, 420, 427, 430, 480, 509, 747, 935

Figure 1.3 Intégration de la première ligne du tramway dans l'offre en transport collectif de l'agglomération



2.0 DESCRIPTION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT

2.1 ACHALANDAGE ANNUEL

L'achalandage total de la première ligne du tramway de Montréal est estimé à environ 26,6 millions de voyageurs/an répartis de la manière suivante, en fonction du type de clientèle:

- 23,9 millions de voyageurs/an pour la clientèle régulière (90%);
- 1,7 millions de voyageurs/an pour la clientèle estivale (6%);
- 1 million de voyageurs/an pour la clientèle événementielle (4%).

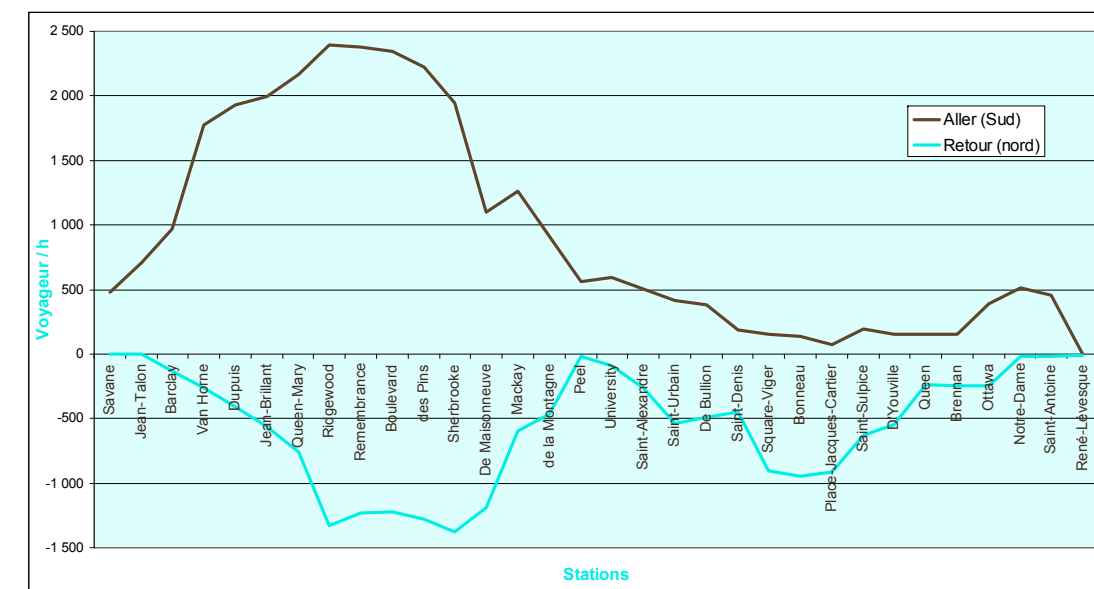
L'achalandage d'un jour ouvrable de base est estimé à environ 70 000 voyageurs par jour, dont 15 000 à la période de pointe du matin (PPAM) de 6h à 9h.

2.2 PROFIL DE CHARGE

Le profil de charge à l'heure de pointe montre un point de charge maximal de près de 2 400 voyageurs/h à la hauteur de Ridgewood, en direction Sud (voir la figure ci-dessous). De manière générale, la ligne est relativement bien équilibrée dans les deux sens de circulation avec une clientèle à 57% en direction Sud (vers le centre-ville) et à 43% en direction Nord (vers Côte-des-Neiges). L'achalandage en PPAM fait également apparaître 2 profils de charge différenciés :

- l'un élevé, sur l'antenne Côte-des-Neiges ;
- l'autre modéré, au centre-ville.

Figure 2.1 Profil de charge du tramway - Heure de pointe du matin (HPAM)



Source: STM – Août 2010

2.3 CARACTÉRISTIQUES DE LA DEMANDE

L'achalandage estimé de la clientèle régulière de la première ligne du tramway de Montréal présente des gages de stabilité grâce aux caractéristiques suivantes :

- une ligne autosuffisante en raison de la densité des bassins résidentiels et d'emplois desservis;
- un accès au tramway effectué principalement par la marche à près de 60%;
- une utilisation de la marche majoritaire à destination à plus de 70%.

La ligne de tramway permet à près de 4000 déplacements de bénéficier d'un gain de temps de 5 minutes et plus à la période de pointe du matin, pour un gain sur l'ensemble des déplacements de quelques 409h.

De plus, la mise en place de la ligne de tramway permet une légère décongestion de la ligne Orange du métro (branche est) aux périodes de pointe.

La demande de transport à la période de pointe du matin est bien équilibrée grâce aux pôles universitaires et hospitaliers qui génèrent des déplacements du centre-ville vers le terminus Jean-Talon le matin (ratio "Aller/Aller+Retour" = 57%). Cette structure de la demande permet de réaliser de bonnes performances d'exploitation en termes de remplissage des véhicules.

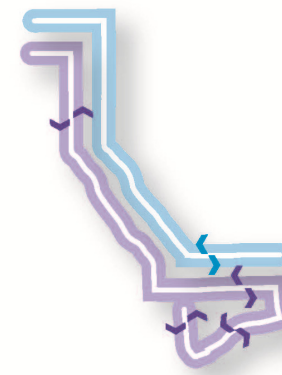
Aux heures du midi, et lors de la tenue d'événements dans le Vieux Montréal, particulièrement pendant les mois d'été, la demande de transport peut atteindre des niveaux élevés dans le secteur du centre ville.

3.0 DESCRIPTION DE L'OFFRE DE TRANSPORT

3.1 SERVICES DE TRANSPORT

L'organisation de la première ligne permet de proposer plusieurs schémas d'exploitation qui répondent aux variations journalières et saisonnières de l'achalandage.

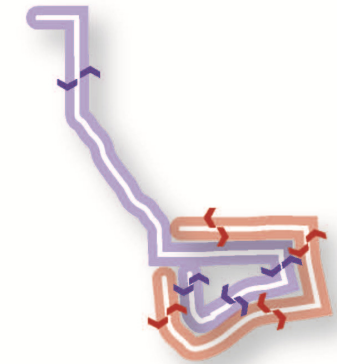
Période de pointe AM et PM



Deux services :

- un service de base qui parcourt l'ensemble de la ligne (trait mauve) ;
- un service de renfort (trait bleu), également au départ de la station Savane, mais avec pour terminus la station Saint-Denis, à l'angle des rues René-Lévesque / Saint-Denis.

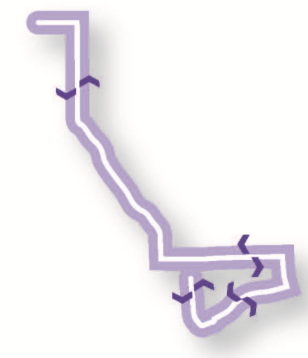
Période de pointe centre-ville



Deux services :

- un service de base qui parcourt l'ensemble de la ligne (trait mauve) ;
- un service de renfort (trait rouge) entre René-Lévesque / Mackay et la rue de la Commune.

Période creuse



Un seul service qui parcourt l'ensemble de la ligne.

3.2 VITESSE COMMERCIALE

La vitesse commerciale du tramway est estimée à 18,1km.h.

Le système de priorité aux carrefours ainsi que la réalisation d'un site propre tout au long du tracé permettent au tramway d'atteindre des vitesses commerciales bien plus élevées que celles réalisées actuellement par les autobus circulant sur les mêmes corridors (fourchette [13km/h ; 14 km/h]). La vitesse commerciale est un facteur clé de l'attractivité du mode tramway.

3.3 AMPLITUDE DU SERVICE

Par homogénéité avec les réseaux de métro et d'autobus, les heures d'ouverture et de fermeture du réseau de tramway seraient typiquement :

- premier départ des tramways de chaque terminus : 5h30 ;
- dernier départ des tramways de chaque terminus : 25h20 (1h20).

Ainsi, les premiers tramways circuleraient à partir de 5h30 du matin et les derniers tramways s'arrêteraient de circuler autour de 2h00 du matin, soit une amplitude de service de 20 heures et 30 minutes.

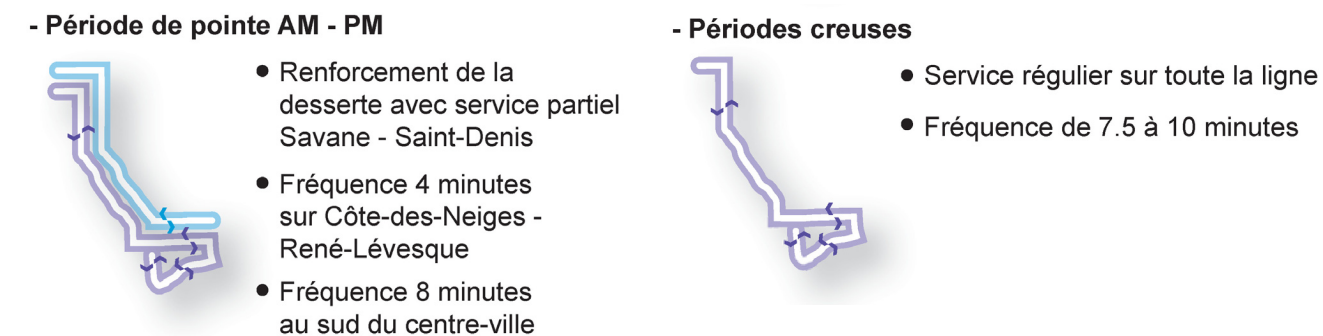
3.4 GRILLE D'EXPLOITATION TYPE D'UN JOUR OUVRABLE DE BASE

Pour répondre à l'achalandage prévu, l'intervalle d'exploitation visé en période de pointe est de 4 minutes sur le tronçon le plus chargé. Cet objectif est atteint par alternance des services de base et de renfort aux 8 minutes.

En dehors des heures de pointe, seul le service de base sera assuré. Les intervalles alors retenus sont les suivants :

- aux heures creuses, intervalle d'exploitation de 7min30 ;
- aux heures de nuit, intervalle de 10 minutes.

Figure 3.1 Grille d'exploitation type d'un jour ouvrable de base



4.0 AMÉNAGEMENT

Ce chapitre présente les 10 séquences d'insertion du tramway dans son environnement urbain.

1.0 SÉQUENCE JEAN-TALON



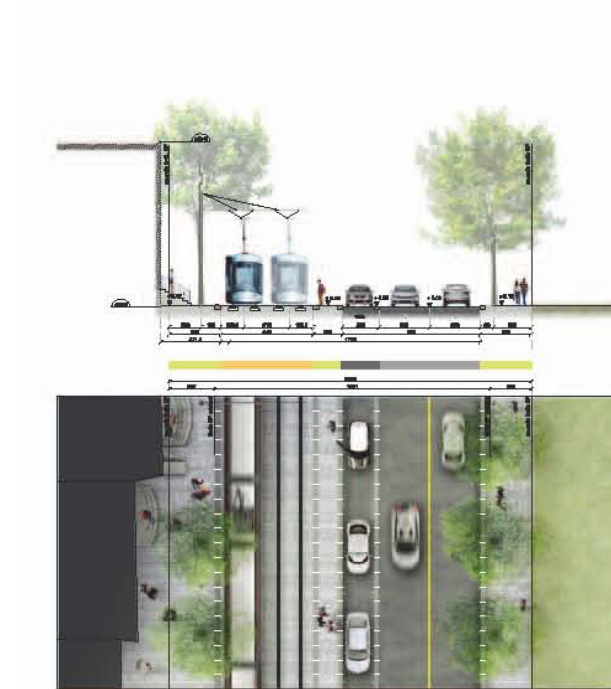
2.0 SÉQUENCE CÔTE-DES-NEIGES I



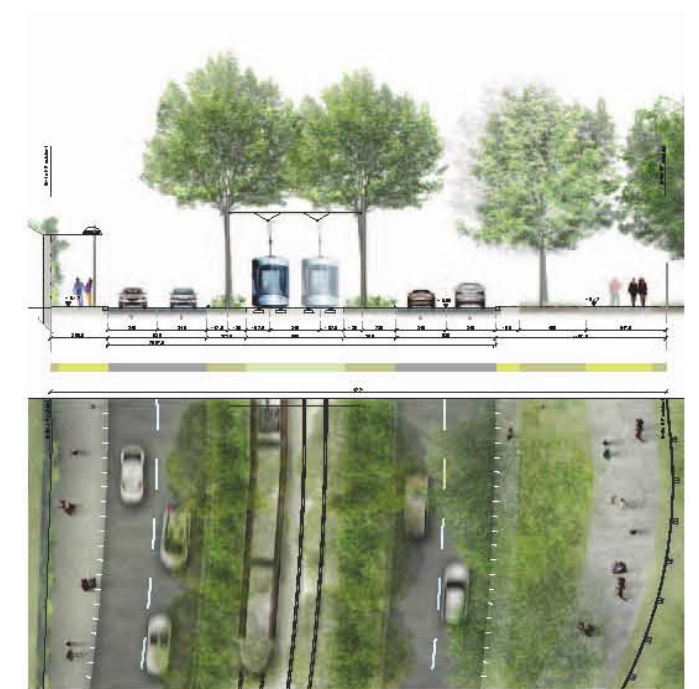
3.0 SÉQUENCE CÔTE-DES-NEIGES II



A venir



Insertion latérale Ouest

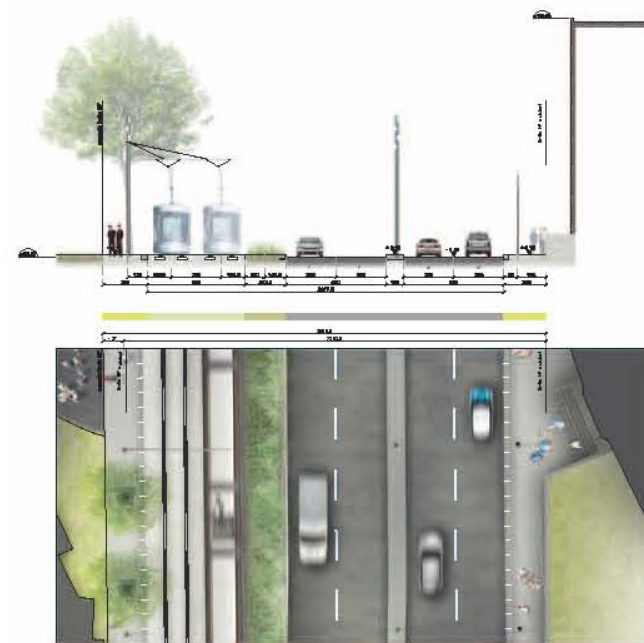


Insertion axiale

L'aménagement sur CDN-I doit assurer le maintien de la diversité présente sur cette voie : diversité de l'urbanisme, de l'architecture, du commerce et des ses habitants. Il doit permettre de rendre l'espace vivant et de nourrir la vie qui l'occupe. L'insertion latérale, où le trottoir et le quai tramway sont sur une même emprise, permet de proposer des trottoirs de taille plus généreuse afin d'atteindre l'objectif fixé.

L'aménagement sur CDN-II doit présenter une forte unité avec le milieu que le tramway traverse. La composition proposée, symétrique, est complétée par deux typologies de plantation. La première est structurante à l'image des allées plantées du parc du mont Royal. La seconde semble aléatoire, offrant l'image d'un tramway serpentant dans les espaces boisés du parc.

4.0 SÉQUENCE CÔTE-DES-NEIGES III



Insertion à niveau, latérale Ouest



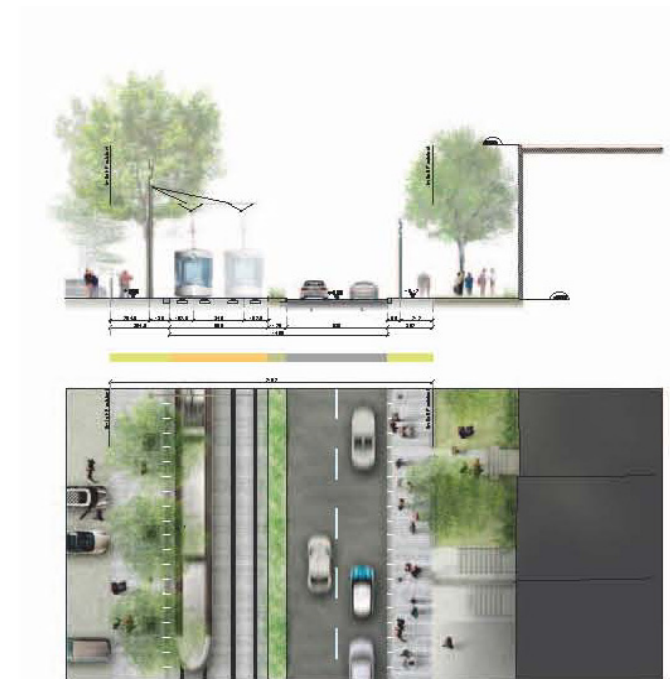
Insertion tunnel

L'aménagement sur CDN-III doit permettre de maintenir les dessertes existantes tout en intégrant l'ensemble des importantes contraintes géométriques. Deux options sont proposées afin d'atteindre les objectifs de desserte : une variante à niveau et une variante en tunnel.

5.0 SÉQUENCE GUY



Entre l'avenue du docteur Penfield et l'avenue Selkirk, insertion axiale



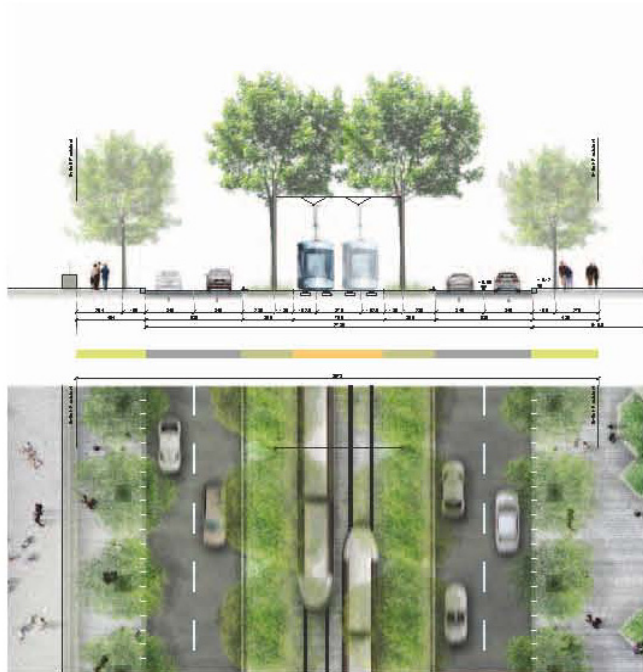
Entre l'avenue Selkirk et le boulevard René-Lévesque Ouest, insertion latérale Ouest

L'aménagement proposé est une réponse contextuelle. L'insertion axiale du secteur nord permet de maintenir le double sens de circulation. L'insertion latérale du secteur sud permet le dessin d'une station de tramway confortable en interface avec le métro (station Guy-Concordia). L'aménagement s'accompagne d'une refonte du plan de circulation avec un sens unique du sud vers le nord sur Guy.

6.0 SÉQUENCE RENÉ-LÉVESQUE



7.0 SÉQUENCE BERRI



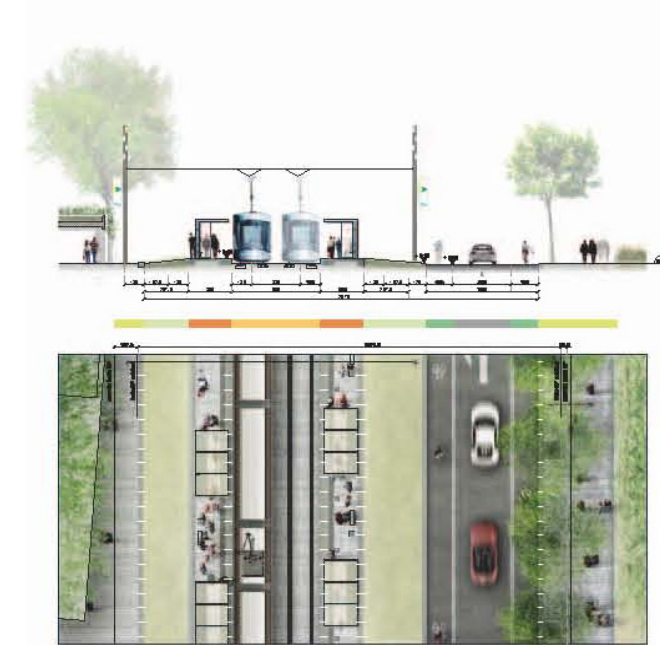
Insertion axiale

L'aménagement sur René-Lévesque vise à maintenir la circulation, assurer une bonne desserte en tramway, et améliorer l'image du boulevard tout en assurant une capacité véhiculaire acceptable. Il s'appuie sur une composition axiale, lisible, continue, simple et confortable avec un unique profil en travers. Le traitement végétal fait la synthèse des alignements d'arbres urbains et d'implantations libres de variétés issues du parc du mont Royal.



Entre le boulevard René-Lévesque Est et la rue Viger Est, insertion latérale Ouest

L'aménagement sur la rue Berri doit permettre de minimiser l'impact de l'insertion du tramway sur cette voie qui n'est que partiellement empruntée par la ligne, entre le boulevard René-Lévesque Est et la rue de la Commune. L'insertion latérale ouest permet de remplir cet objectif en cohérence avec la rue Berri au nord du boulevard René-Lévesque Est, tout en assurant une bonne desserte au travers de la station Square-Viger.

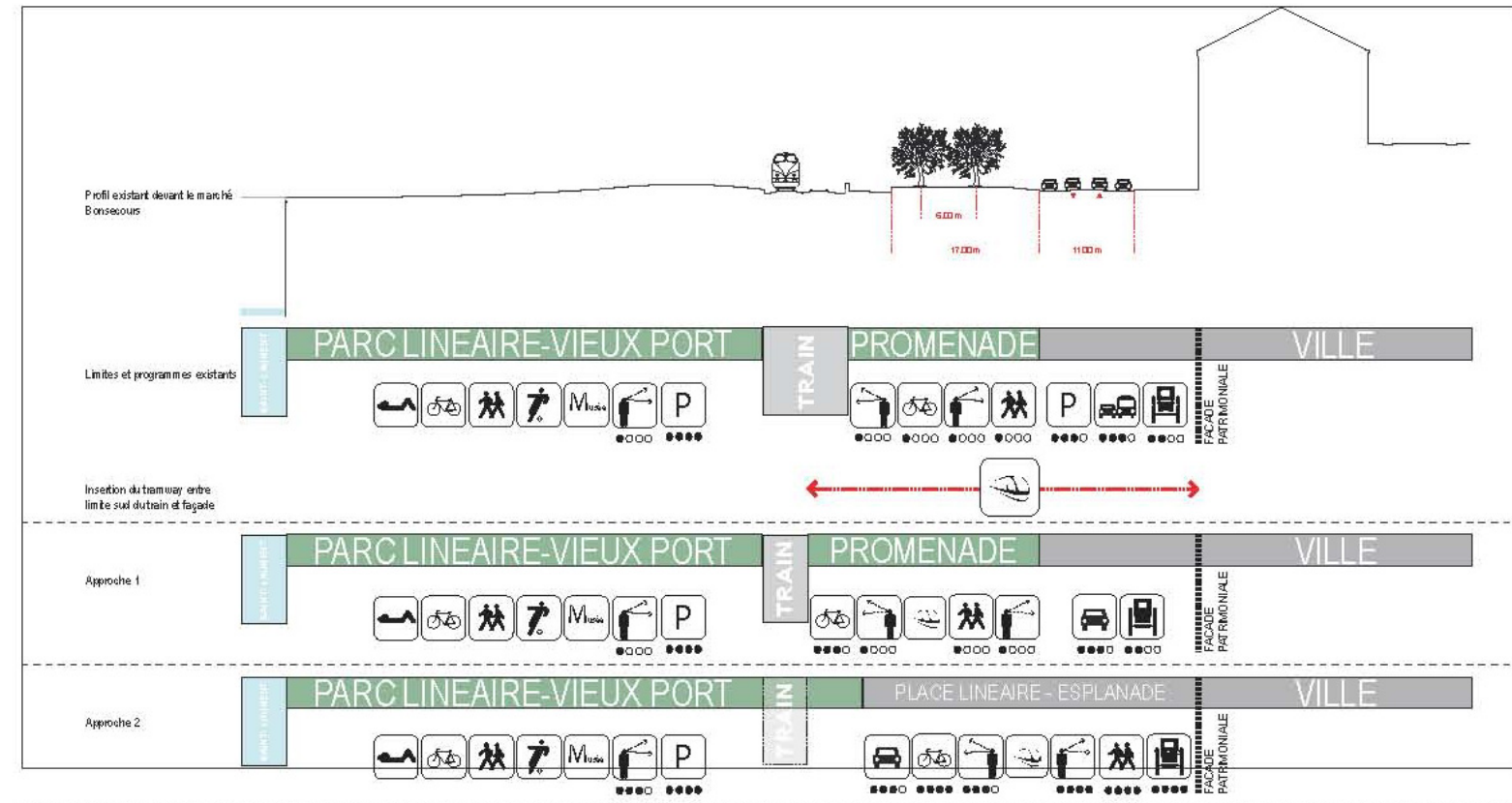
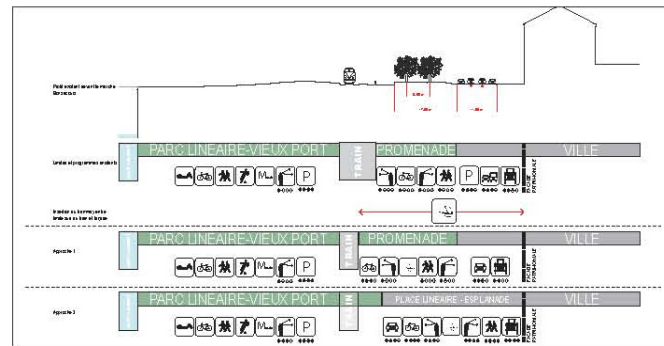
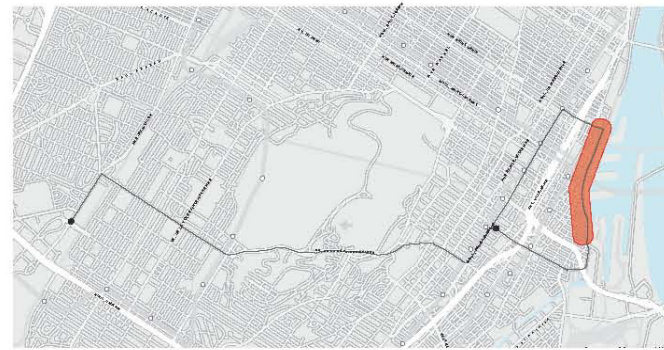


Station Square-Viger



Entre la rue Saint-Antoine Est et la rue de la Commune, l'aménagement s'accompagne d'une refonte du plan de circulation avec une plateforme qui s'insère dans un espace piéton avec une piste cyclable.

8.0 SÉQUENCE LA COMMUNE



Deux approches sont proposées pour l'insertion du tramway dans le secteur patrimonial de la rue de la Commune :

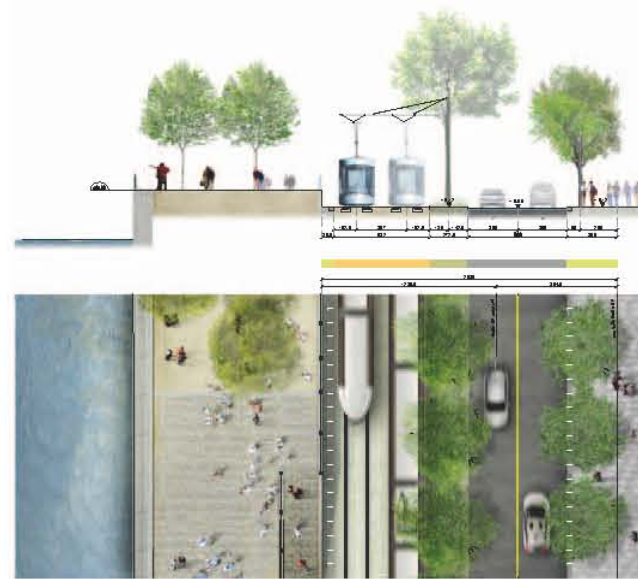
- approche 1 : inscrire l'insertion du tramway entre la nouvelle limite de la voie ferrée et la façade en conservant au maximum les éléments de l'aménagement de la promenade (emmarchement, double alignements d'érables argentés),
- approche 2 (privilégiée) : inscrire l'insertion du tramway dans une réflexion globale du réaménagement de la rue de la Commune.

9.0 SÉQUENCE BRENNAN

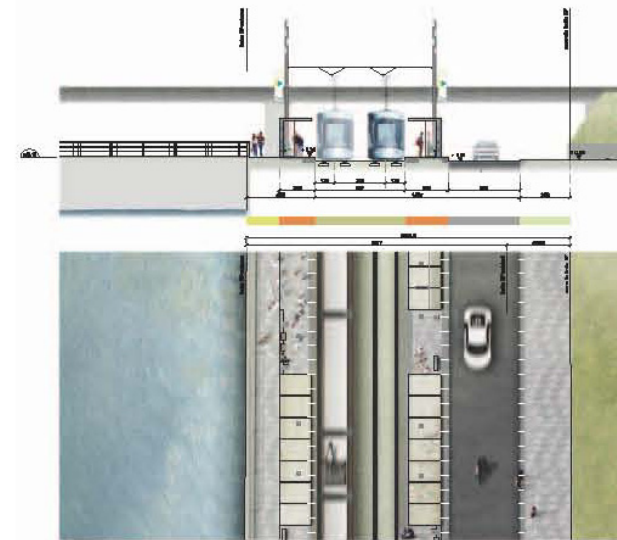


A venir

L'aménagement de cette séquence anticipe les importantes mutations à venir : réalisation de bâtiments tertiaires et de logements, modifications de l'autoroute Bonaventure. L'insertion latérale de la plateforme du tramway et le positionnement de la station Brennan intègre les mesures conservatoires garantissant la réalisation de ces programmes.

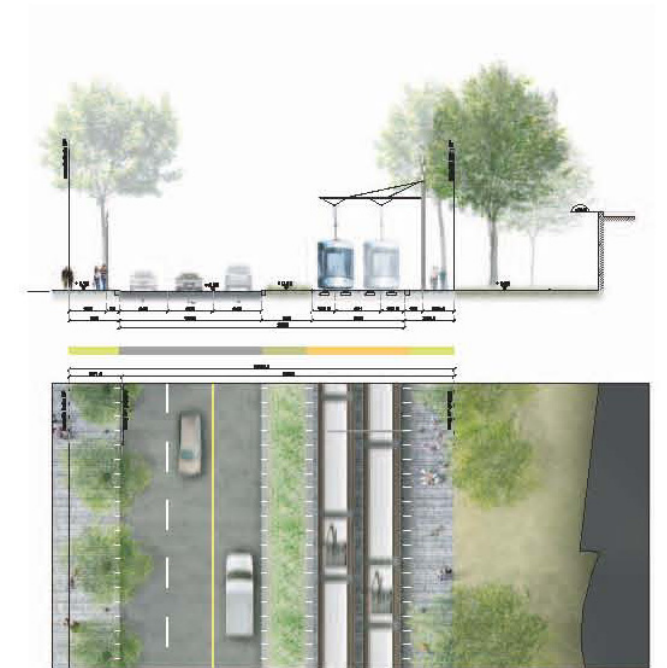


Entre la rue Duke et la rue de Nazareth, Insertion latérale Ouest



Entre la rue de Nazareth et la rue Brennan, insertion latérale Ouest

10.0 SÉQUENCE PEEL



Insertion latérale Est, trois voies de circulation

La rue Peel permet une lecture des différents âges de l'urbanisation de la ville de Montréal et présente une grande diversité de sites et de lieux. Le positionnement du tramway en latéral Est permet de conserver un transit satisfaisant de la circulation automobile tout en préservant la richesse et la diversité de la rue. De plus, ce positionnement permet une évolution du gabarit bâti de la rue côté ouest.

5.0 MATÉRIEL ROULANT

5.1 PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

5.1.1 Dimensions

Le matériel roulant sera bidirectionnel et équipé de portes d'accès sur les deux côtés du véhicule. Afin d'offrir aux clients un confort maximum (largeur de couloir et/ou de siège), la largeur retenue est de 2,65 m.

Les études d'exploitation réalisées sur la base des estimations d'achalandage effectuées par la STM indiquent que des véhicules ayant une capacité de l'ordre de 200 passagers permettent de répondre à la demande tout en assurant une fréquence de service de 4 min sur le tronçon le plus chargé aux périodes de pointe. Les véhicules proposés par les manufacturiers et ayant une capacité de cet ordre correspondent à des tramways articulés de 30 à 35 m de longueur.

5.1.2 Performance

La vitesse maximale du tramway sera d'au moins 70 km/h. Il sera alimenté par l'intermédiaire d'une ligne aérienne de contact distribuant du courant continu à une tension nominale de 750 V.

La consommation d'énergie doit être minimisée. Cette optimisation sera recherchée au moyen de l'utilisation de freinage par récupération (au besoin dans les sous-stations), de la minimisation de la consommation des auxiliaires (climatisation / chauffage notamment) et d'une réduction de la masse du véhicule.

5.1.3 Parc et évolutivité

Le parc du matériel roulant nécessaire pour assurer l'offre de transport, permettre les activités d'entretien, et pallier les éventuels accidents ou indisponibilités imprévues de rames, est de 26 rames.

Ce dimensionnement est prévu pour subvenir aux besoins de la ligne pendant les 15 premières années d'exploitation. Le programme d'aménagement des stations et du centre d'entretien permet d'étendre, à terme, le matériel roulant à des véhicules de 40-45m de longueur.

5.2 AMÉNAGEMENT ET ACCESSIBILITÉ

Le véhicule sera doté d'un plancher bas sur au moins 50% de l'espace voyageurs afin d'en faciliter l'accès à tous les voyageurs, incluant les personnes à mobilité réduite. La circulation des voyageurs à l'intérieur et entre les compartiments sera facilitée en limitant au maximum le nombre de changements de hauteur de plancher sur la longueur du véhicule et en limitant la présence d'obstacles fixes, constitués par des composants du véhicule, ou d'obstacles mobiles, créés par les voyageurs installés sur des assises relevables aux abords des accès.

Le seuil au niveau des portes sera abaissé au maximum afin d'obtenir une hauteur minimum de quais. Les lacunes horizontales et verticales entre le quai et le seuil des portes seront réduites le plus possible afin de faciliter l'accès aux véhicules. Elles respecteront les normes nord-américaines en matière d'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite.



5.3 CONFORT

Le confort des véhicules se décline en 5 éléments:

- confort dynamique : assuré en limitant les accélérations et décélérations auxquelles seront soumis les voyageurs ;
- confort thermique : assuré par un système de chauffage et de climatisation adapté aux conditions climatiques de Montréal ;
- confort visuel : assuré par de larges surfaces vitrées, une bonne répartition de l'éclairage artificiel et de l'harmonie des couleurs des revêtements ;
- confort acoustique : assuré en limitant les bruits à la source pour obtenir un véhicule particulièrement silencieux ;
- confort olfactif et tactile : assuré par un système de ventilation et de renouvellement constant d'air neuf.

5.4 DESIGN DU MATÉRIEL ROULANT

Un soin particulier devra être apporté à l'image du futur matériel roulant, à son intégration dans l'environnement traversé, à ses fonctionnalités, à tout ce qui peut concourir à lui assurer une forte attractivité et son succès. Trois démarches sont possibles :

- l'approche minimaliste : aucun design n'est réalisé durant la conception générale, les propositions de design font partie des premiers livrables demandés à l'industriel ferroviaire.
- l'approche maximaliste : un designer est sélectionné durant les études de conception générale, afin de contribuer le plus en amont possible, à l'image que la collectivité souhaite donner à son tramway.
- l'approche intermédiaire : le contenu du design est limité au seul graphisme. De ce fait, la prestation du designer ne peut en aucune manière impacter la structure du véhicule et provoquer des conflits avec le fabricant du matériel.

Les avantages/inconvénients des trois approches sont présentés ci-dessous.

	Approche maximaliste	Approche intermédiaire	Approche minimaliste
Impact communication	Fort : possibilité d'une communication amont, suivie et diversifiée (facteur d'appropriation par le public)	Idem approche maximaliste	Faible : communication tardive en aval de la définition de l'identité visuelle du projet
Impact coût	Fort : coût du designer + Risques de surcoût de fabrication	Faible : coût du designer	Pas d'impact

6.0 CALENDRIER DU PROJET

Le calendrier du projet est un échéancier technique de réalisation de 6 ans, qui commence avec le début de la phase 3 d'avant projet et se termine à la mise en service du tramway. Il a été élaboré en optimisant les phases de concertation et de construction tout en respectant plusieurs facteurs particuliers québécois: période d'hiver sans travaux, travaux plus importants en période hors gel, etc.

La réalisation de ce calendrier sur une période de 6 ans n'est possible qu'à condition de rencontrer les conditions suivantes :

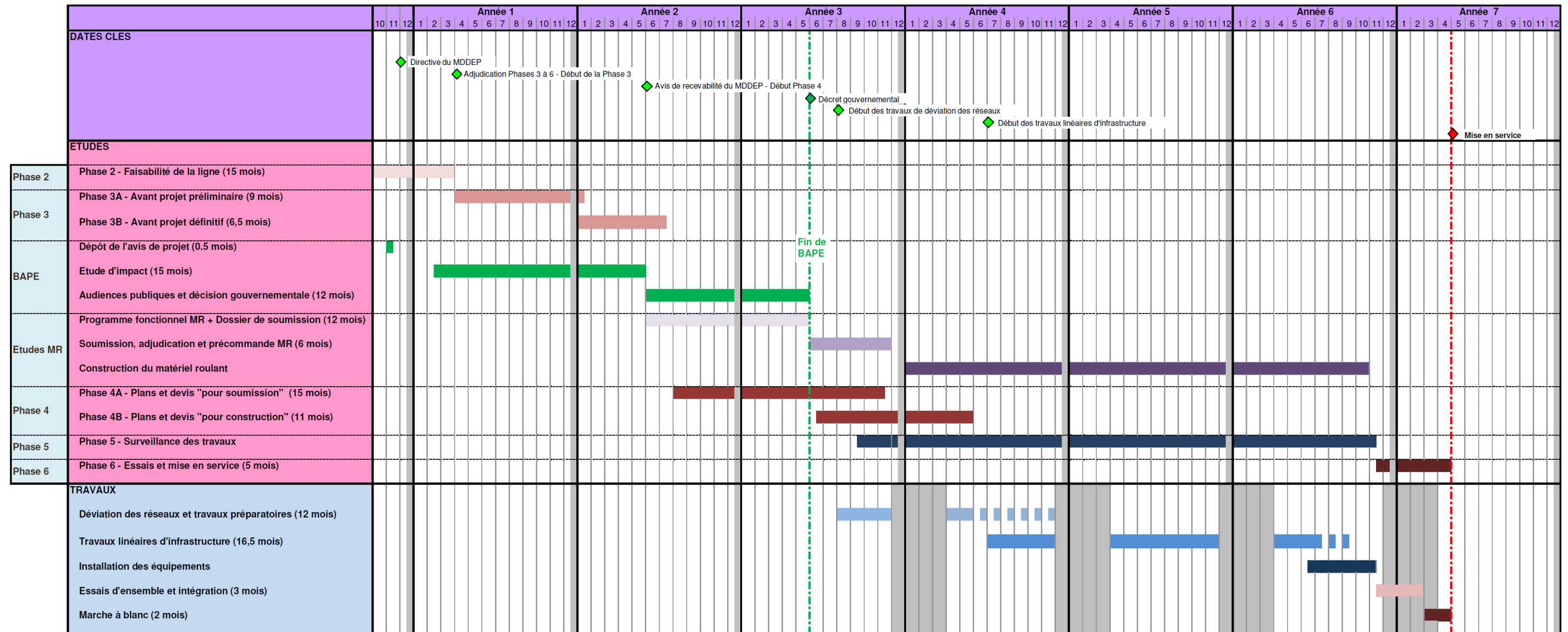
- Le chevauchement de plusieurs activités pouvant être menées en parallèle doit être autorisé,
- Le passage d'une phase du projet à une autre ne permet pas de délais et retards éventuels liés aux étapes décisionnelles des différentes phases du projet.

La réalisation de cet échéancier nécessite donc un processus de validation efficace du début à la fin.

Le calendrier prévoit une durée de travaux de 3 ans et 9 mois avec 4 mois neutralisés de début décembre à fin mars. Cette durée est cohérente avec l'expérience de réalisation de projets de tramways en France :

- Paris T3 Phase 1 (7,9 km, 17 stations) : durée des travaux de 3,5 ans (mi-2003 à décembre 2006);
- Paris T3 Phase 2 (14,5 km, 25 stations) : durée des travaux estimée à 4 ans (2009 à 2012);
- Bordeaux Phase 1 (3 lignes A, B et C : 24,7 km, 53 stations) : durée des travaux de 4 ans pour la ligne A (février 2000 à décembre 2003), 4 ans et 2 mois pour les lignes B et C (décembre 2000 à avril 2004) ;
- Lyon T4 Phase 1 (10 km, 18 stations) : durée des travaux de 3 ans (juin 2006 à avril 2009);
- Reims Ligne 1 (11,2 km, 23 stations) : durée des travaux de 3 ans (mai 2008 à avril 2011) ;
- Tours Ligne 1 (15 km, 30 stations) : durée des travaux estimée à 3 ans (août 2010 à août 2013).

Figure 6.1 Calendrier du projet



7.0 COÛT DE LA PREMIÈRE LIGNE DE TRAMWAY

7.1 COÛTS D'INVESTISSEMENTS INITIAUX

7.1.1 Objectif et périmètre

Au niveau des études de faisabilité, l'estimation des coûts d'investissements initiaux se situe dans une fourchette de +/- 30%. L'objectif de l'estimation est d'apporter les éléments pertinents permettant à la Ville de définir un budget cible de réalisation du projet.

Le périmètre des estimations comprend un linéaire de 13.6 km¹ de projet de transport en voie double de terminus à terminus et couvre l'ensemble des emprises de façade à façade considérées dans le projet d'aménagement urbain.

7.1.2 Décomposition par postes

La méthodologie de décomposition des coûts retenue est une décomposition en 10 items qui regroupent l'ensemble des postes d'investissement d'un projet de tramway.

Tableau 7.1 Décomposition par poste

Numéro item	Poste	Description
1	Maîtrise d'ouvrage	Totalité des études du projet de la maîtrise d'œuvre, frais de maîtrise d'ouvrage
2	Système de transport	Travaux préparatoires, plateforme tramway, voie spécifique des systèmes ferrés et guidés, revêtement du site propre, traction, courants faibles et PCC
3	Stations	Infrastructures et équipements fixes des stations
4	Foncier	Acquisitions, démolitions, modifications, relogement et indemnités d'éviction
5	Déviations des réseaux	Déviations des réseaux
6	Aménagements urbains	Voirie, équipements urbains, signalisation routière
7	Ouvrages d'art	Ouvrages d'art
8	Atelier dépôt	Infrastructure du dépôt et équipements nécessaires à son accès
9	Matériel roulant	Véhicules, frais liés aux essais et mise en service

7.1.3 Résultats des estimations

Le total de l'estimation, aux conditions économiques de décembre 2009, y compris acquisitions foncières et matériel roulant est de 849 Million \$. Ce coût correspond à un estimé de classe D (+/-30%), et ne comprend pas de provision pour contingence.

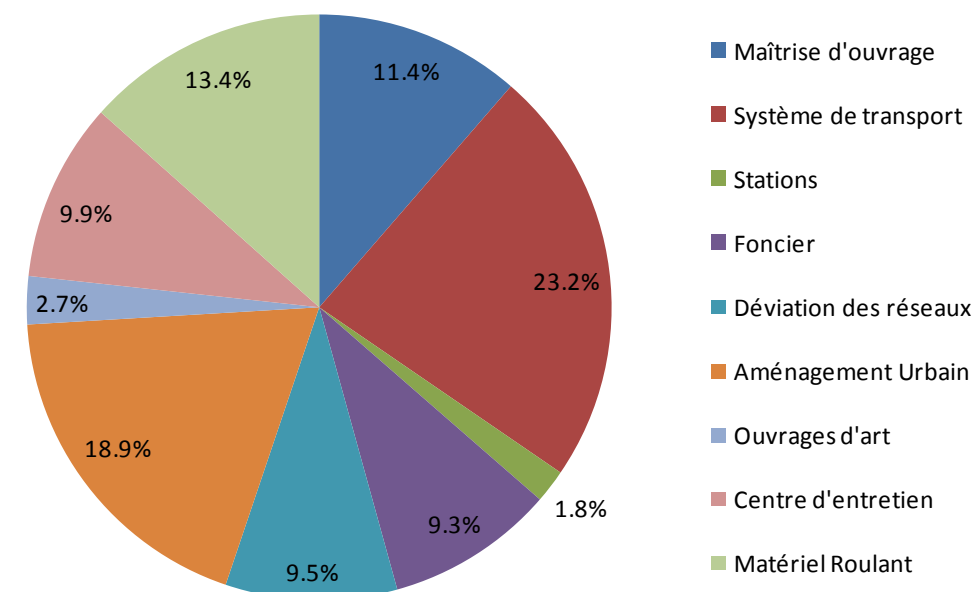
L'option tunnel est évaluée à 951 Million \$.

¹ Aux 13,2 km de ligne commerciale s'ajoutent arrières-gares et voies d'accès aux dépôts

Tableau 7.2 Coût du tramway ventilé par poste

Numéro item	Poste	Coût Global (M\$)
1	Maîtrise d'ouvrage	96 M\$
2	Système de transport	197 M\$
3	Stations	16 M\$
4	Foncier	79 M\$
5	Déviations des réseaux	80 M\$
6	Aménagements urbains	160 M\$
7	Ouvrages d'art	23 M\$
8	Atelier dépôt	84 M\$
9	Matériel roulant	113 M\$
10	Opérations connexes	1 M\$
Ensemble		849 M\$

Figure 7.1 Répartition des postes



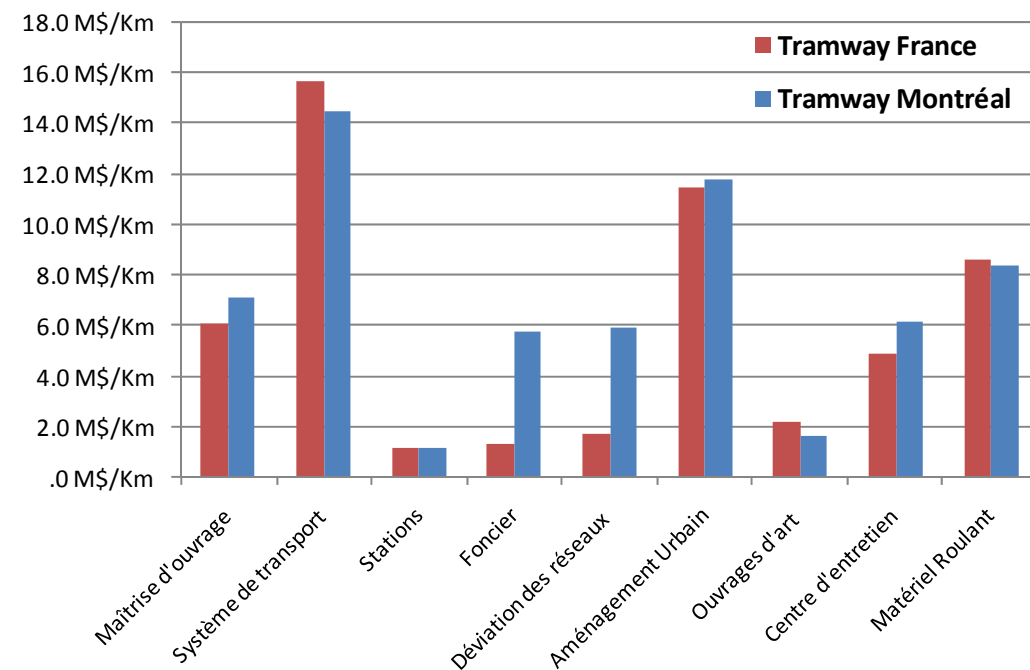
7.1.4 Analyse des résultats

D'une longueur totale de 13.6km (retournements et accès au garage inclus), le coût kilométrique du tramway est de 62,5M\$/km. Cette valeur est du même ordre de grandeur que celle estimée en Phase 1 de 60M\$/km, établie sur la base de projets de tramway en France, aux conditions économiques de janvier 2008.

La comparaison avec les projets de tramway en France permet de mettre en évidence les éléments suivants :

- 2 postes de dépense sont beaucoup plus élevés dans le cas du projet de Montréal : le foncier et la déviation des réseaux;
- 3 postes sont légèrement plus élevés : la maîtrise d'ouvrage, l'aménagement urbain et le centre d'entretien;
- Les autres postes sont comparables aux valeurs moyennes françaises.

Figure 7.2 Comparaison des postes avec les références françaises



7.2 COÛTS D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN

7.2.1 Objectif et périmètre

L'estimation des coûts d'exploitation et d'entretien se situe dans une fourchette de +/-30%. Les coûts sont calculés en dissociant les frais liés à l'exploitation de la ligne, à l'entretien des installations fixes et du matériel roulant et les frais de structure.

7.2.2 Résultats

Les coûts d'exploitation et d'entretien liés à la production kilométrique de la ligne de tramway s'élèvent à 16.3 millions de \$CAN par an. Les coûts totaux incluant les frais de structure s'élèvent à 19,2 millions de \$CAN par an

Tableau 7.3 Coût annuels d'exploitation du tramway

	Coût Global (M\$)	Coût / véh.km (\$/km)
Total	19,2 M\$	12,2 \$/km

Sur la base d'une production kilométrique totale de 1,57 millions de véh.km annuels, le coût du tramway par kilomètre parcouru est de 12.2\$/véh.km.

L'ordre de grandeur obtenu est cohérent avec celui observé sur plusieurs réseaux de tramways français, qui varie entre 7 et 8 €/véh.km pour les coûts d'exploitation et d'entretien.

B – JUSTIFICATION DU PROJET

8.0 BREF HISTORIQUE DU PROJET

8.1 GENÈSE DU PROJET

Conjointement avec ses partenaires de la région métropolitaine et la STM, Montréal a pris l'initiative du développement des transports en commun sur son territoire :

- 2002 : le Sommet de Montréal permet d'élaborer les principales orientations du Plan de transport et du Plan d'urbanisme, qui misent sur le transport collectif et le transport actif pour réduire de manière significative la dépendance à l'automobile ;
- 2004 : la Ville adopte le Plan d'urbanisme lequel favorise l'établissement de nouvelles dessertes en transport collectif et présente des principes d'aménagement contribuant à un arrimage de l'urbanisme et du transport ;
- 2007 : élaboration du Plan de transport de Montréal, dont le réseau initial de tramways constitue le chantier numéro 1 ;
- 2008 : adoption du Plan de transport par le conseil d'agglomération de Montréal et autorisation de procéder aux études ;

À compter de cette dernière date, l'étude du réseau initial de tramways de Montréal est passée en mode projet.

8.2 JALONS DÉCISIONNELS PRINCIPAUX DU PROJET

Les principaux jalons décisionnels qui marquent le projet d'étude du réseau initial de tramways de Montréal sont rappelés ci-dessous :

- Octobre 2008 : approbation par le conseil d'agglomération de Montréal de la convention relative à l'exécution de services professionnels pour la réalisation des phases 1 à 3 du réseau initial de tramways ;
- Août 2009 : approbation par le conseil municipal de la ville de Montréal de poursuivre avec la première ligne et autorisation de réaliser la phase 2 ;
- Avril 2011 : fin des études de la Phase 2.

9.0 OBJECTIFS DU PROJET

Les déplacements en transport collectif de l'agglomération montréalaise sont assurés actuellement par un réseau de métro et de trains de banlieue (modes lourds structurants), ainsi qu'un réseau d'autobus.

La Ville de Montréal a estimé que le développement d'un réseau intermédiaire, rapide, fiable et complémentaire au métro, pour desservir des corridors et des pôles situés en dehors des corridors de desserte du métro, contribuerait à la hausse de l'achalandage du transport en commun à Montréal.

Le projet du tramway s'inscrit dans ce réseau intermédiaire et il est considéré par la ville comme la pierre angulaire du renouveau du transport en commun pour Montréal. Il consiste à développer la première ligne d'un réseau initial de tramways modernes dont les objectifs sont les suivants :

- assurer la desserte en transport collectif du centre de Montréal et de plusieurs axes stratégiques ;
- compléter le réseau structurant de transport en commun à Montréal, en appui au réseau de métro et d'autobus ;
- revaloriser l'espace urbain, tant des axes empruntés que de certains secteurs à grand potentiel de développement économique.

Ce projet s'inscrit dans le cadre plus large du Plan de transport de la ville de Montréal dont les objectifs stratégiques sont rappelés ci-dessous :

- offrir à la population des conditions optimales de déplacement (vitesse, confort, accessibilité, sécurité et coût) ;
- améliorer la qualité de vie des citoyens (santé et sécurité) ;
- améliorer la qualité de l'environnement ;
- soutenir le dynamisme de l'économie montréalaise ;
- planifier conjointement le transport et l'aménagement du territoire.

De plus, le projet de tramway s'inscrit parfaitement dans le sens des orientations du Plan d'urbanisme et il apportera une importante contribution à l'atteinte de ses objectifs.

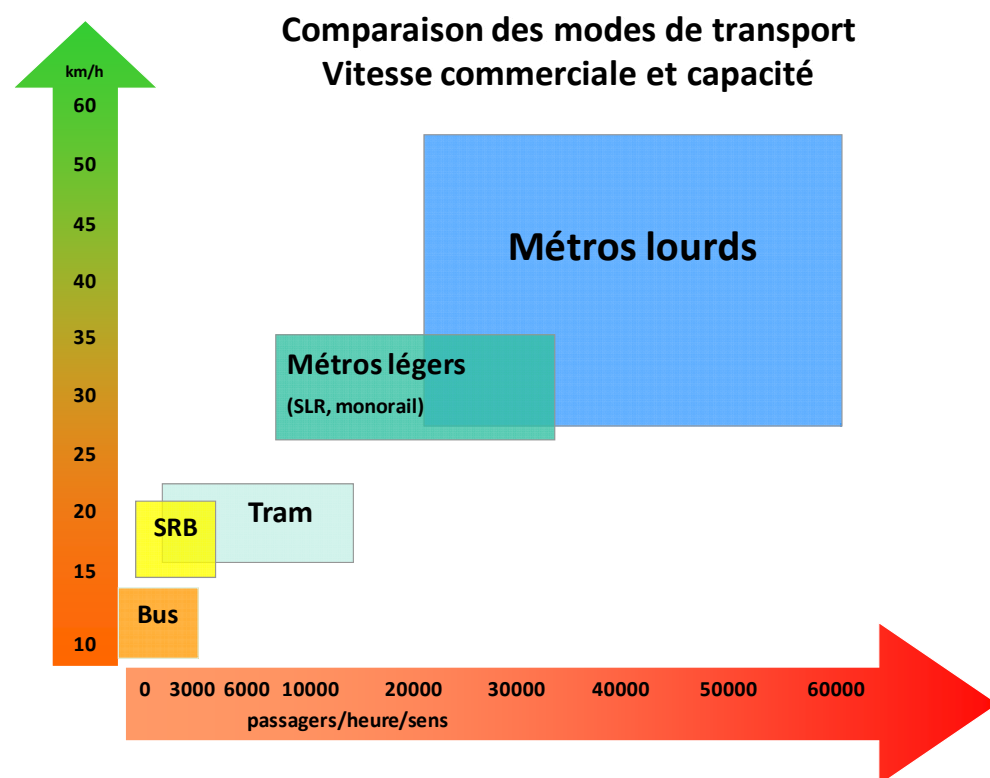
10.0 JUSTIFICATION DU CHOIX DU MODE DE TRANSPORT

Bien que le plan de transport de la ville de Montréal se soit clairement porté sur le choix du mode "tramway", la question du choix du mode est récurrente et une étude spécifique a été conduite au cours de la phase 2.

L'évaluation du mode de transport le plus adapté au contexte de la première ligne est effectuée en comparant les avantages et inconvénients du mode "tramway" versus le mode "autobus" et le mode "SRB" canadien (Système Rapide par Bus).

En préalable, rappelons que le choix purement technique d'un mode de transport se fait sur sa capacité. La figure ci-dessous illustre le domaine de pertinence des différents modes par rapport à leur capacité de transport sur une heure (en passagers par sens à l'heure de pointe). Il tient compte de la capacité totale des véhicules sur une base de 4 personnes au m² et d'une desserte fréquente de l'ordre de 3 à 6 minutes.

Figure 10.1 Capacités des différents modes de transport



Cette figure montre que si le tramway est pertinent pour des gammes de trafic relativement élevées, les autres systèmes se positionnent sur des gammes inférieures avec toutefois une « zone de recouvrement » entre 1 500 et 3 500 voyageurs par heure et par direction pour les autobus, les SRB et les tramways. Rappelons que l'achalandage prévisionnel du point de charge maximal de la première ligne à l'heure de pointe du matin est de l'ordre de 2 400 voyageurs par heure et par sens.

10.1 AUTOBUS

L'autobus requiert le moins d'investissement initial. Toutefois, lorsqu'il y a un très grand nombre de passagers, les autobus montrent rapidement leurs limites à offrir un service adéquat aux heures de pointes. Le terminus centre-ville illustre cette limite. Celui-ci ne peut plus, aujourd'hui, accueillir de nouveaux autobus, car le temps de montée et de descente des passagers est trop long.

La ville d'Ottawa vit les mêmes problèmes de congestion des autobus au centre-ville, malgré un réseau de voies réservées pour ses services rapides par bus. Les études comparatives pour la ville d'Ottawa concluent que le tramway est plus approprié².

10.2 SYSTÈME RAPIDE PAR BUS (SRB)

Le système rapide par bus constitue une option très intéressante car les coûts d'infrastructure par passager sont moindres que le tramway. De plus, ils ne nécessitent pas la déviation systématique des réseaux et utilités publiques et les véhicules peuvent contourner les obstacles si besoin.

La capacité passagère est adaptée pour des lignes en site propre fréquentées par 1 500 à 3 000 usagers à l'heure. L'expérience des mises en service récentes de transports en commun de surface modernes a montré que l'achalandage constaté durant les premières années dépasse nettement les prévisions. L'achalandage prévisionnel du point de charge maximal de 2 400 usagers à l'heure pourrait de plus être bonifié avec un prolongement à l'ouest vers le secteur de l'hippodrome. Un mode de transport de type SRB arriverait ainsi rapidement à saturation, alors que le tramway, de par sa modularité (caisses de 30 mètres pouvant être allongées à 40 mètres), est capable de supporter une augmentation d'achalandage.

Enfin, les lignes de bus n'étant pas considérées comme pérennes – contrairement aux modes guidés comme le tramway – elles drainent moins d'investissements privés aux abords des stations que les lignes de tramway.

10.3 TRAMWAY

Le tramway absorbe sans difficulté l'achalandage prévisionnel de la ligne et ses augmentations potentielles et il est particulièrement adapté aux secteurs urbains où l'on retrouve une densité et une diversité d'activités engendrant une demande de déplacements de courte distance (déplacements internes au centre-ville) ou de longue distance (desserte des travailleurs hors centre-ville dont l'emploi est situé au centre-ville).

Le tramway représente un mode intermédiaire entre le métro et l'autobus : le nombre de passagers actuels justifie un tramway car il est supérieur à ce que peut accommoder l'autobus mais pas suffisant pour justifier un métro (par exemple sur Côte-des-Neiges ou sur l'avenue du Parc). Cette position permet une bonne complémentarité d'offre entre ces différents modes de transport collectif.

Le tramway moderne bénéficie, plus que les autres modes décrits précédemment, d'une image très positive : modernité, rapidité, efficacité, qualité de service, confort, design attractif. Ces qualités motivent la création de nouveaux déplacements en transport collectif dans le centre-ville (déplacements d'affaires en journée, déplacements à l'heure du midi, déplacements internes au centre-ville des travailleurs, visiteurs et résidents du centre-ville, etc.).

Son statut permanent attire les investisseurs aux abords des stations. À Portland, Oregon, la réalisation du train léger et du tramway ont suscité des investissements immobiliers de 8 milliards³ aux abords des stations.

Contrairement au mode SRB, le tramway permet d'intervenir sur l'axe du développement urbain durable, dont les objectifs sont de réduire les émissions polluantes et de favoriser le développement d'espaces urbains attrayants pour les citoyens :

² http://www.ottawa.ca/public_consult/lrt/ns/stage_2/oh_boards_12_fr.shtml 1 jan 09

³ http://trimet.org/pdfs/publications/review_debunking_portland.pdf, 23 déc 08, page 4

- l'utilisation de l'hydroélectricité comme source énergétique permet de réduire significativement les émissions polluantes et les gaz à effet de serre ;
- l'intégration du tramway dans le paysage urbain favorise des aménagements qui répondent aux préoccupations des citoyens sur la sécurité, sur un meilleur partage de la chaussée entre automobilistes, piétons et cyclistes et sur le verdissement, pour une meilleure qualité de vie et un environnement plus sain ;
- Le retour d'expérience européen montre enfin que le tramway est un catalyseur d'opérations de revitalisation urbaine d'importance, vecteur tout à la fois de développement et de réaménagement urbains. En effet, l'insertion de ce mode de transport collectif lourd dans une trame viaire et urbaine existante permet de :
 - créer de nouvelles centralités autour des stations,
 - réaménager complètement les axes empruntés, en apportant un souci tout particulier à la qualité de l'insertion,
 - réaménager les espaces publics connexes, en leur donnant une nouvelle vie,
 - redynamiser l'image et l'attractivité, notamment commerciale et résidentielle, des axes empruntés.

Le point négatif majeur du tramway par rapport au SRB est son coût d'investissement et d'exploitation, plus élevé en raison des infrastructures à créer (mode guidé versus mode routier), à déplacer (réseaux de services souterrains), ou à renforcer (pont-dalles); et le coût des véhicules, etc.

Tramway de Lyon



10.4 SYNTHÈSE

En conclusion, le tramway est le mode de transport collectif le mieux adapté aux objectifs et aux problématiques transport et urbanismes de la ville de Montréal, permettant de répondre aux besoins de mobilité et de développement urbain durables.

Il permettra notamment d'atteindre l'objectif principal du plan de transport de Montréal qui consiste à augmenter le nombre d'usagers du transport en commun de 8% d'ici 2012.

Bien que son coût soit plus important, l'efficacité et les retombées environnementales liées au projet de tramway font de ce mode le candidat idéal pour les axes identifiés au plan de transport de Montréal.

11.0 JUSTIFICATION DU CHOIX DU RÉSEAU INITIAL DE TRAMWAYS

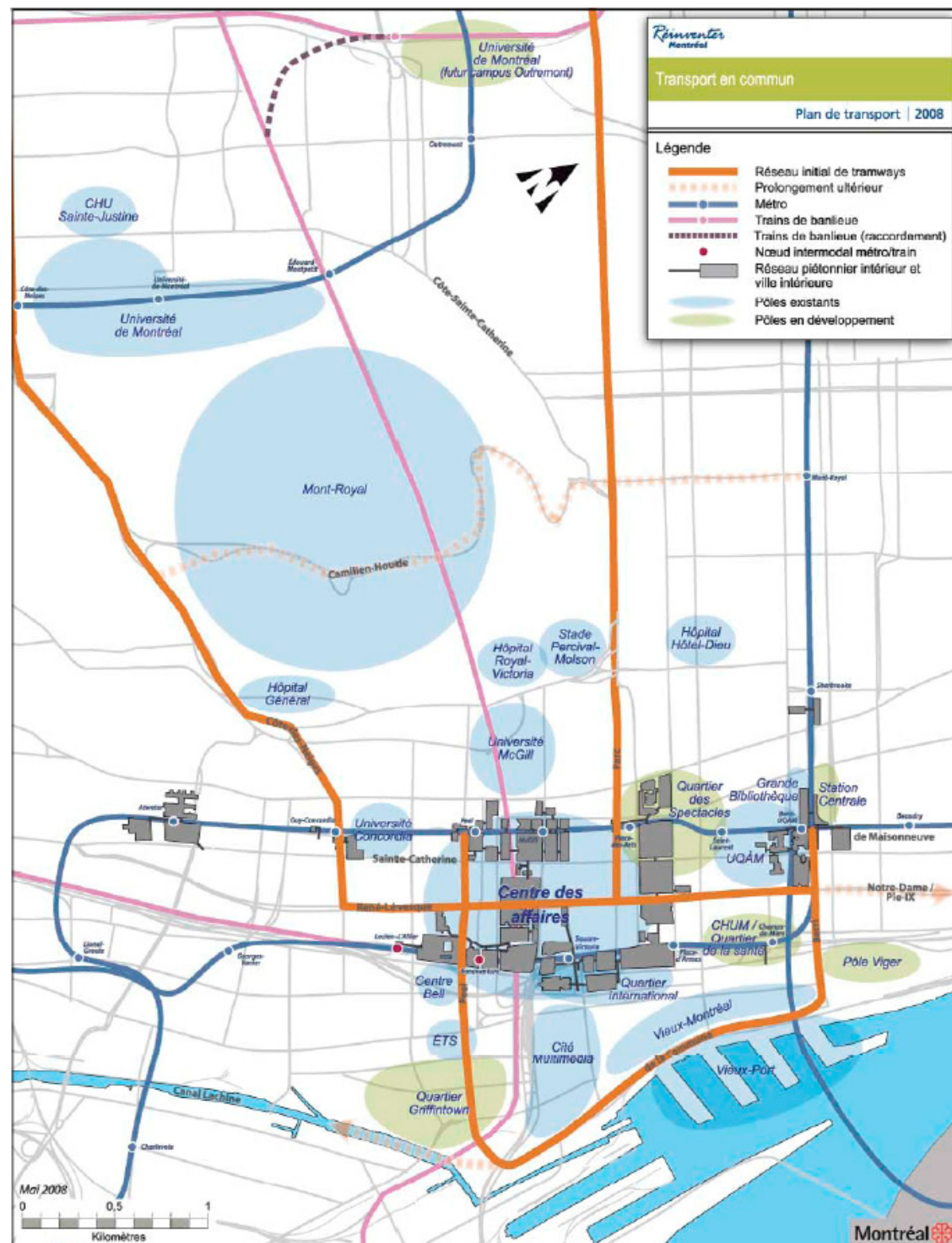
11.1 RÉSEAU PROPOSÉ DANS LE PLAN DE TRANSPORT DE LA VILLE DE MONTRÉAL

Montréal a opté, dans son plan de transport, pour la réalisation d'un réseau initial de tramways au centre de l'agglomération de près de 20 kilomètres qui comporterait 3 lignes: une ligne en boucle au centre-ville, desservant le Centre des affaires, le Havre de Montréal, le Vieux-Montréal, le nouveau CHUM, l'UQAM, le Quartier des spectacles et le Quartier International, là où se trouve la plus grande densité d'emplois et d'activités, et deux autres lignes sur l'avenue du Parc et le chemin de la Côte-des-Neiges.

Ce réseau aura un impact fort sur l'environnement urbain et sera un catalyseur important de nombreux projets.

Au total, d'après les estimations du plan de transport, ce seraient quelques 180 000 résidents et 300 000 emplois qui se situeraient à proximité du réseau initial de tramways, générant près de 350 000 déplacements à la période de pointe du matin.

Figure 11.1 Le réseau initial de tramways du plan de transport de Montréal

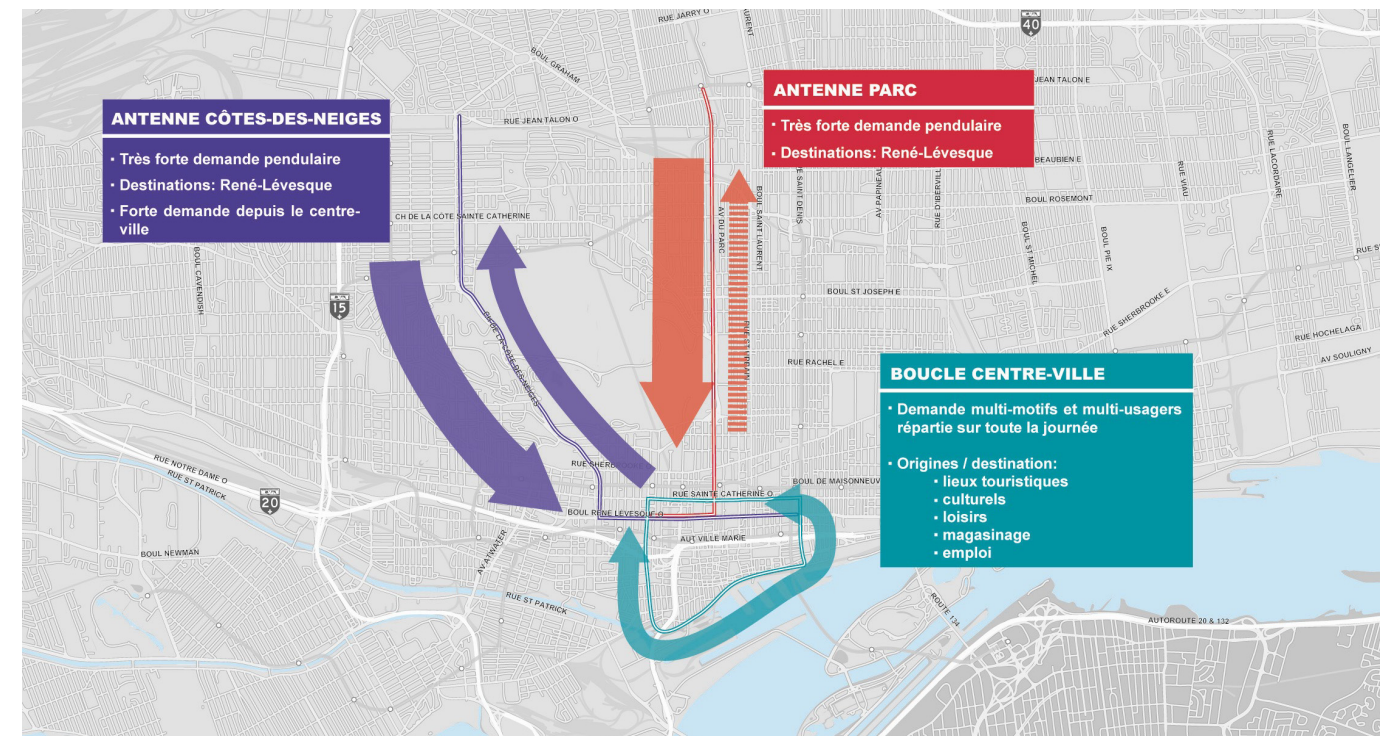


Source: Ville de Montréal – Plan de transport - 2007

11.2 ANALYSE DE LA DEMANDE DE DÉPLACEMENT DANS LE CORRIDOR DU TRAMWAY

La carte ci-dessous illustre l'analyse de la mobilité dans la zone d'étude réalisée au cours de la phase 1 :

Figure 11.2 La typologie de la demande sur les différents secteurs du réseau



Les deux antennes "Parc" et "Côte-des-Neiges" sont principalement orientées vers une clientèle pendulaire ayant comme motif de déplacement les liaisons domicile – travail et domicile – étude. Cela se traduit par des déplacements prépondérants vers le centre-ville le matin et en sortie du centre-ville l'après-midi. Les pôles hospitaliers et universitaires au nord du mont Royal créent une forte demande pendulaire en sens inverse de la pointe sur l'antenne "Côte-des-Neiges" (hors du centre-ville le matin et vers le centre-ville l'après-midi). Le boulevard René-Lévesque est naturellement l'axe de desserte pour ces lignes puisqu'il y concentre la majorité des lieux d'emplois desservis.

La ligne du centre-ville en boucle (ligne "Centre-ville") dessert une clientèle multi motifs et multi usagers, intéressée par les lieux touristiques, culturels, de loisir, de magasinage et d'emploi :

- pendulaires en correspondance avec d'autres modes de déplacement aux périodes de pointe ;
- résidents et travailleurs du centre-ville, actuellement usagers de la marche à pied et du taxi, et qui effectueront en tramway des déplacements internes au centre-ville ;
- résidents et travailleurs du centre-ville dont le rayon d'action sera augmenté grâce à la nouvelle offre et qui profiteront de cette offre pour effectuer des déplacements qu'ils n'auraient pas fait autrement (achats, services, pause de midi, etc.) ;
- visiteurs et touristes qui profiteront de cette nouvelle offre pour se déplacer plus facilement au centre-ville.

La rue Sainte-Catherine est l'axe naturel pour la ligne "Centre-ville", car cette rue accueille un grand nombre de lieux visés par la clientèle : lieux touristiques, culturels, de loisir, de magasinage, de restauration, d'étude et d'emploi.

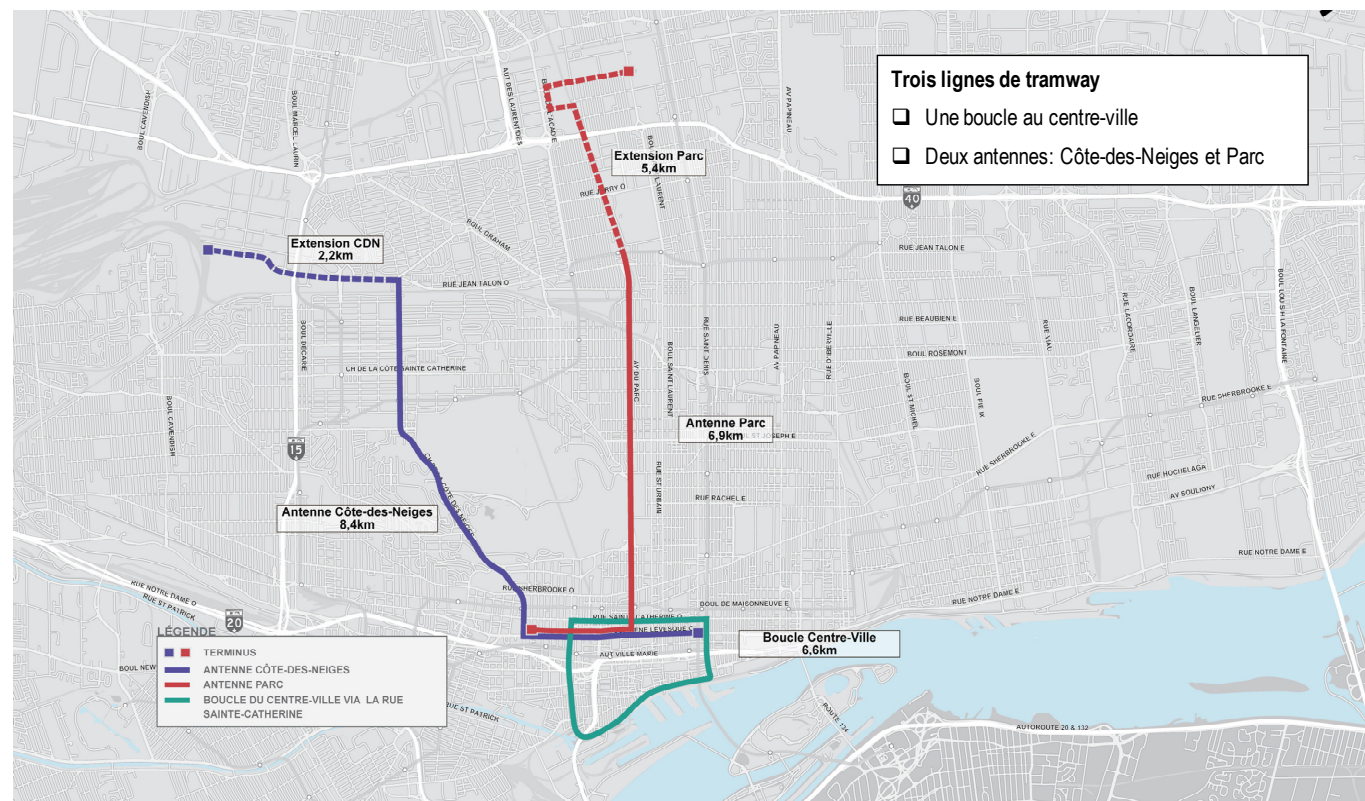
11.3 PROPOSITION D'ORGANISATION DU RÉSEAU INITIAL DE TRAMWAYS

L'analyse de nombreux scénarios d'organisation du réseau initial de tramways menée en phase 1 a permis de confirmer le choix d'une décomposition du réseau en 3 lignes distinctes d'une longueur totale de 21,9 km :

- une ligne en boucle au centre-ville de 6,6 km, empruntant les rues Sainte-Catherine – Berri – de la Commune – Peel (ligne "Centre-ville") ;
- une ligne radiale de 8,4 km empruntant le chemin de la Côte-des-Neiges, la rue Guy puis le boulevard René-Lévesque, reliant le terminus "Jean-Talon" au terminus "Berri" (ligne "Côte-des-Neiges") ;
- une ligne radiale de 6,9 km empruntant l'avenue du Parc, la rue de Bleury puis le boulevard René-Lévesque, reliant le terminus "Jean-Talon" au terminus "Guy" (ligne "Parc") .

Le réseau ainsi proposé optimise, parmi les différents réseaux envisagés, l'achalandage et l'efficacité transport.

Figure 11.3 La structure du réseau initial



11.3.1 Achalandage du réseau initial proposé

Les études menées en phase 1 ont conclu que l'achalandage journalier estimé du réseau initial était très élevé, supérieur à celui des trains de banlieue :

- plus de 95 000 voyages / jour en basse saison (respectivement plus de 110 000 voyages / jour en haute saison, c'est-à-dire en saison touristique) pour la totalité du réseau initial ;
- plus de 50 000 voyages / jour sur la ligne "Côte-des-Neiges" ;
- plus de 30 000 voyages / jour sur la ligne "Parc" ;
- environ 30 000 voyages / jour en haute saison et 15 000 voyages / jour en basse saison sur la ligne "Centre-ville".

L'achalandage annuel de ce réseau le classe ainsi au 8^{ème} rang des réseaux nord-américains.

Ramené à la longueur de la ligne, l'achalandage annuel par kilomètre de ligne du réseau initial de tramways de Montréal le classe au 3^{ème} rang des réseaux nord-américains, comme indiqué sur le tableau ci-après.

Tableau 11.1 Statistiques d'achalandage de SLR en Amérique du nord

Rang	Système	Déplacements / an (Milliers de voyages)	Longueur réseau (voies: km)	Déplacements/an/km (Milliers de voy/km)
1	Boston	81 843	45,7	1 791
2	Calgary	69 990	45,0	1 555
3	Montréal	31 610	21,9	1 443
4	Toronto	89 552	86,1	1 040
5	Edmonton	13 355	13,1	1 019
6	Houston	12 014	12,0	1 001
7	Tramway de Portland	3 500	6,3	556
8	Buffalo	5 543	10,6	523
9	San Francisco	42 756	83,1	515
10	Los Angeles	42 222	88,9	475
11	Minneapolis	9 101	19,2	474
12	Newark	19 767	42,0	471
13	San Diego	36 836	82,0	449
14	Portland MAXX	34 700	81,5	426
15	Salt Lake City	12 425	31,3	397
16	Denver	18 745	55,9	335
17	Saint Louis	23 754	73,3	324
18	Dallas	17 991	72,0	250
19	Sacramento	14 927	61,0	245
20	Philadelphia	26 318	109,5	240
21	Pittsburgh	6 923	40,0	173
22	Cleveland	3 636	24,0	152
23	San Jose	10 303	68,0	152
24	Baltimore	7 085	48,3	147
25	Memphis	1 079	8,0	135
26	New Orleans	1 482	16,2	91

Source: STM (2009), site web APTA (février 2009) pour achalandage et site web urbanrail.net (février 2009) pour longueur

Les trois lignes prises individuellement prouvent également leur efficacité, avec des achalandages au kilomètre de ligne des plus performants, lorsque comparés aux réseaux nord-américains.

Tableau 11.2 Synthèse de l'achalandage des trois lignes du réseau initial

Ligne du réseau initial	Déplacements / an (Milliers de voyages)	Longueur ligne (km)	Déplacements/an/km (Milliers de voy/km)
Ligne "Côte-des-Neiges"	16 655	8,4	1 983
Ligne "Parc"	9 951	6,9	1 442
Ligne "Centre-ville"	5 004	6,6	758

11.3.2 Efficacité du réseau de transport

L'achalandage estimé en phase 1 présente des gages de stabilité grâce aux caractéristiques suivantes :

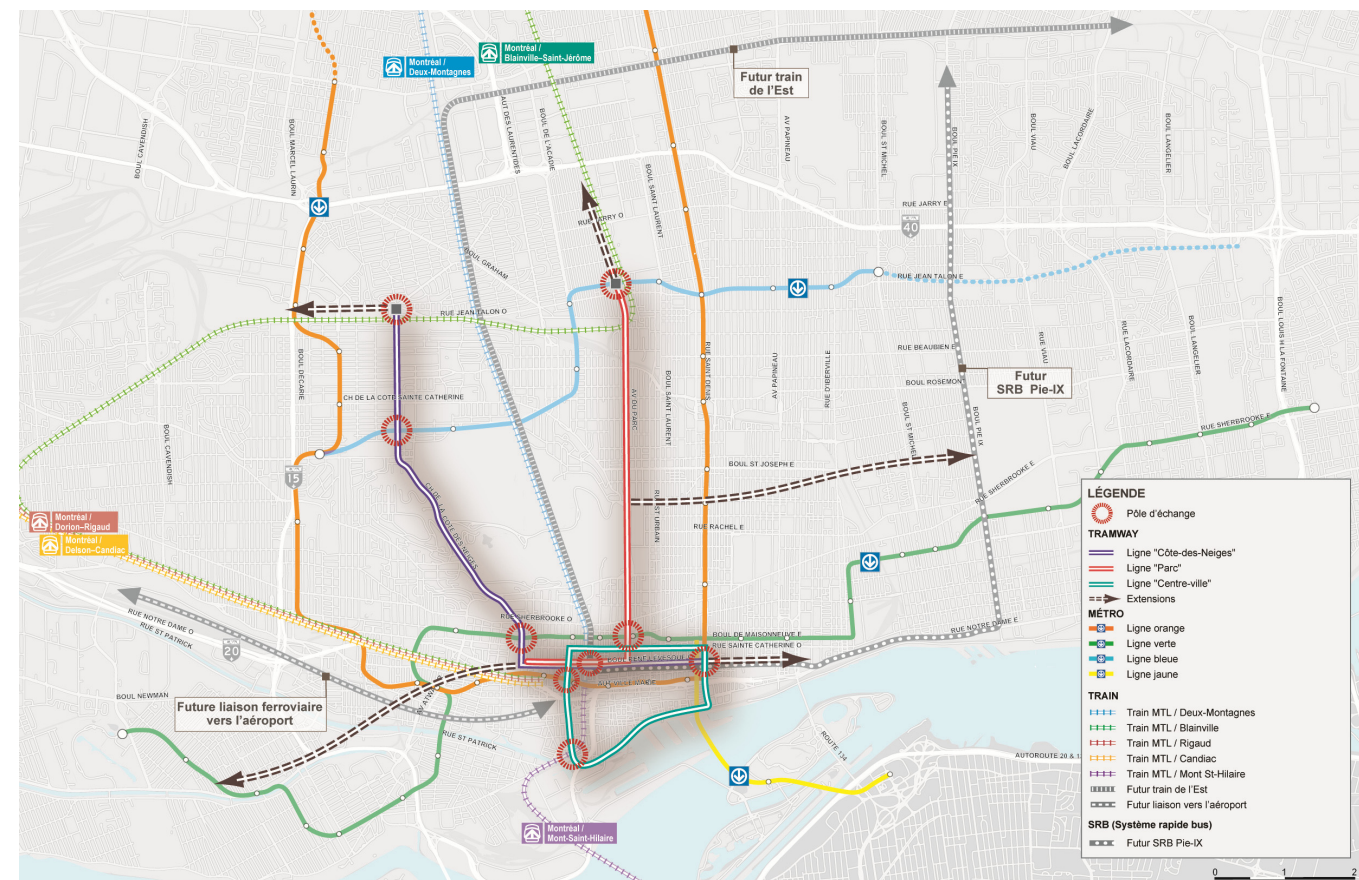
- un réseau autosuffisant en raison des bassins résidentiels et d'emplois desservis ;
- un accès au tramway effectué principalement par la marche (50%) ;
- une utilisation de la marche majoritaire à destination (80%).

Le réseau projeté est fortement maillé sur les modes lourds de transport en commun existants et programmés : train de banlieue, métro, SLR (Système Léger sur Rail), cf. carte ci-dessous.

Il a un fort potentiel d'extension sur d'autres corridors de transport stratégiques :

- prolongement du réseau vers l'est en direction de l'axe Pie-IX ;
- prolongement de la ligne "Côte-des-Neiges" vers l'hippodrome et vers le pont Jacques-Cartier ;
- prolongement de la ligne "Parc" vers Parc-Extension et l'Acadie-Chabanel ;
- prolongement du réseau vers le sud-ouest en direction des arrondissements de Lachine, LaSalle et du Sud-Ouest.

Figure 11.4 Intégration du réseau de tramway dans l'offre en transport collectif



12.0 JUSTIFICATION DU CHOIX DE LA PREMIÈRE LIGNE

12.1 CHOIX DE LA 1^{ÈRE} ÉTAPE DE RÉALISATION DU RÉSEAU

Le choix de la 1^{ère} étape de réalisation du réseau a été guidé par les considérations suivantes :

- la volonté de desservir le centre-ville tout en préservant l'efficacité du système de transport en termes d'investissement et d'achalandage : cette double exigence conduit à réunir au sein d'une même ligne la boucle "centre-ville" et l'une des deux antennes ;
- le choix de privilégier l'achalandage maximal : en l'occurrence, celui de l'antenne "Côte-des-Neiges", plus élevé que celui de l'antenne "Parc" ;
- le souhait d'optimiser l'offre de transport : là encore, l'antenne "Côte-des-Neiges" est plus avantageuse que l'antenne "Parc" grâce à la forte demande de déplacement dans le sens opposé de la pointe, demande générée par les pôles hospitalier et universitaire situés au nord du mont Royal ;
- desservir le boulevard René-Lévesque qui correspond à l'axe de destination naturel des usagers pendulaires.

Ces considérations conduisent à imaginer une 1^{ère} étape de réalisation du réseau de tramways qui combine la boucle "centre-ville" à l'antenne "Côte-des-Neiges", en empruntant l'axe René-Lévesque plutôt que la rue Sainte-Catherine.

Figure 12.1 Tracé de la première ligne du tramway



L'analyse comparative ci-dessous, réalisée en phase 1, montre clairement la supériorité d'une ligne "boucle centre-ville + antenne Côte-des-Neiges" par rapport à une ligne "boucle centre-ville + antenne Parc" :

Critères	Ligne "boucle centre-ville + antenne Côte-des-neiges"	Ligne "boucle centre-ville + antenne Parc"
Efficacité du transport	~ 50 000 voyageurs/jour	~ 40 000 voyageurs/j
	~ 17,3 millions voyageurs/an	~ 13,7 millions voyageurs/an
	~ 1,4 millions voyageurs/an/km	~ 1,2 millions voyageurs/an/km
	Équilibre d'exploitation :	Équilibre d'exploitation :
	<ul style="list-style-type: none"> 1,85 fois plus de passagers dans le sens de la pointe par rapport au sens inverse dans la première phase de déploiement du réseau 1,32 fois plus de passagers dans le sens de la pointe par rapport au sens inverse à la complétion du réseau initial 	<ul style="list-style-type: none"> 3 fois plus de passagers dans le sens de la pointe par rapport au sens inverse dans la première phase de déploiement du réseau 3,34 fois plus de passagers dans le sens de la pointe par rapport au sens inverse à la complétion du réseau initial
	12 grands pôles générateurs de déplacements sur le tracé :	5 grands pôles générateurs de déplacements sur le tracé :
	<ul style="list-style-type: none"> 5 pôles hospitaliers (Hôpital Général Juif, St-Mary's, Sainte-Justine, Hôpital Général, St-Luc / CHUM) 7 pôles universitaires (Polytechniques, HEC, Université de Montréal, Concordia, ÉTS, Mc Gill et UQAM) 	<ul style="list-style-type: none"> 2 pôles hospitaliers (Royal Victoria et St-Luc / CHUM) 3 pôles universitaires (ÉTS, Mc Gill, UQAM)
	Desserte des secteurs Hippodrome et Namur-Jean-Talon Ouest (fort potentiel de densification), en plus des nombreux projets touchant le centre-ville	Desserte du futur campus Outremont de l'Université de Montréal, des secteurs Bellechasse et Saint-Viateur Est (fort potentiel de densification), en plus des nombreux projets touchant le centre-ville
Potentiel de revitalisation urbaine	Projets de réaménagement urbain des secteurs université Concordia, échangeur Remembrance et boulevard Maisonneuve ouest, en plus des nombreux projets touchant le centre-ville	Projet de réaménagement urbain du secteur boulevard Maisonneuve ouest, en plus des nombreux projets touchant le centre-ville
	Potentiel de revitalisation des corridors commerciaux: secteur commercial de Côte-des-Neiges	Potentiel de revitalisation des corridors commerciaux : secteurs au nord de l'avenue du Mont-Royal et au sud de l'avenue des Pins
Phasage et possibilité d'extension du réseau initial	Option compatible avec toutes les possibilités de phasage et d'extension du réseau initial	Option non compatible avec certains phasages du réseau initial et ajout de nouvelle ligne

12.2 ÉTAPES DE MISE EN ŒUVRE DU RÉSEAU INITIAL

Ainsi, il a été proposé, au cours de la phase 1 de l'étude, de déployer le réseau de tramways en plusieurs étapes successives, dont les deux premières sont décrites ci-dessous :

- **Étape 1** : réalisation de la ligne "boucle centre-ville + antenne Côte-des-Neiges" passant par René-Lévesque, donc une boucle contrainte d'emprunter provisoirement cet itinéraire, plutôt que la rue Sainte-Catherine ;
- **Étape 2** : réalisation du tronçon Sainte-Catherine et mise en service de deux lignes distinctes :
 - ligne "Côte-des-neiges" avec terminus au niveau de la rue Berri,
 - ligne "Centre-ville" en boucle à double sens empruntant la rue Sainte-Catherine,

Figure 12.2 1ère étape de réalisation : ligne "Côte-des-Neiges / Centre-ville"

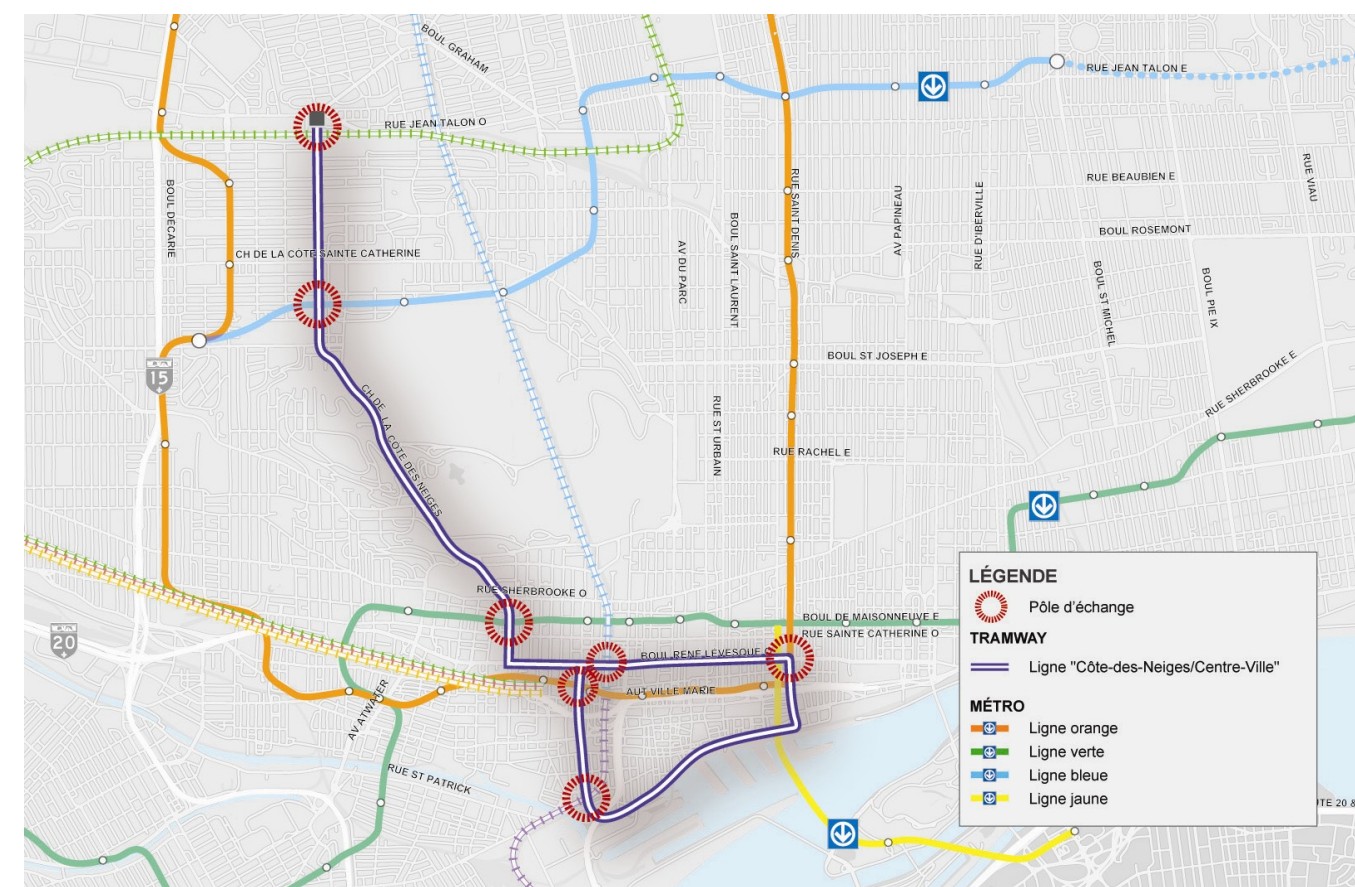
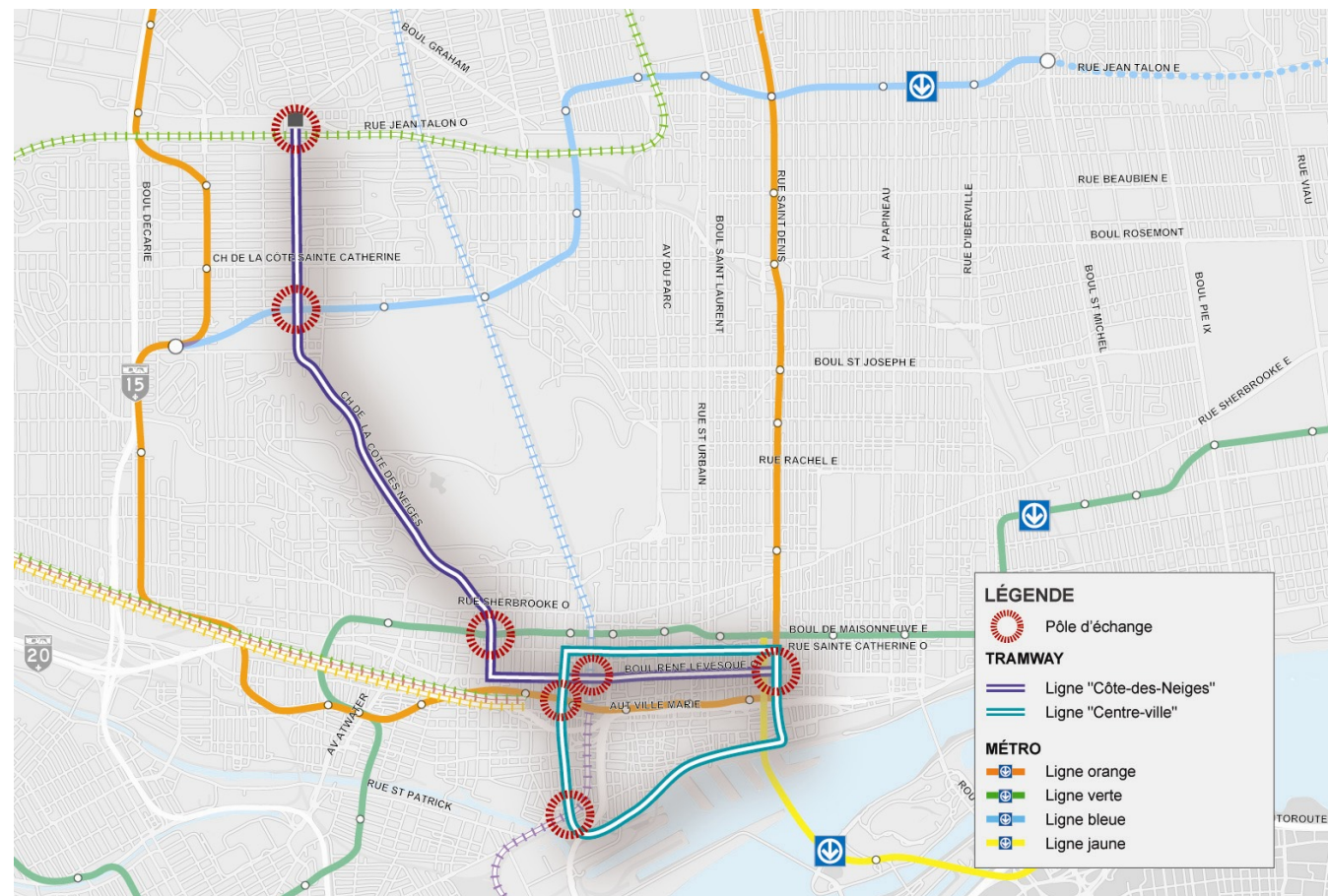


Figure 12.3 2ème étape de réalisation : ligne "Côte-des-Neiges / Centre-ville"



À la suite de la mise en service de la deuxième étape de réalisation du réseau de tramways, plusieurs variantes d'extension de ce réseau peuvent être envisagées.

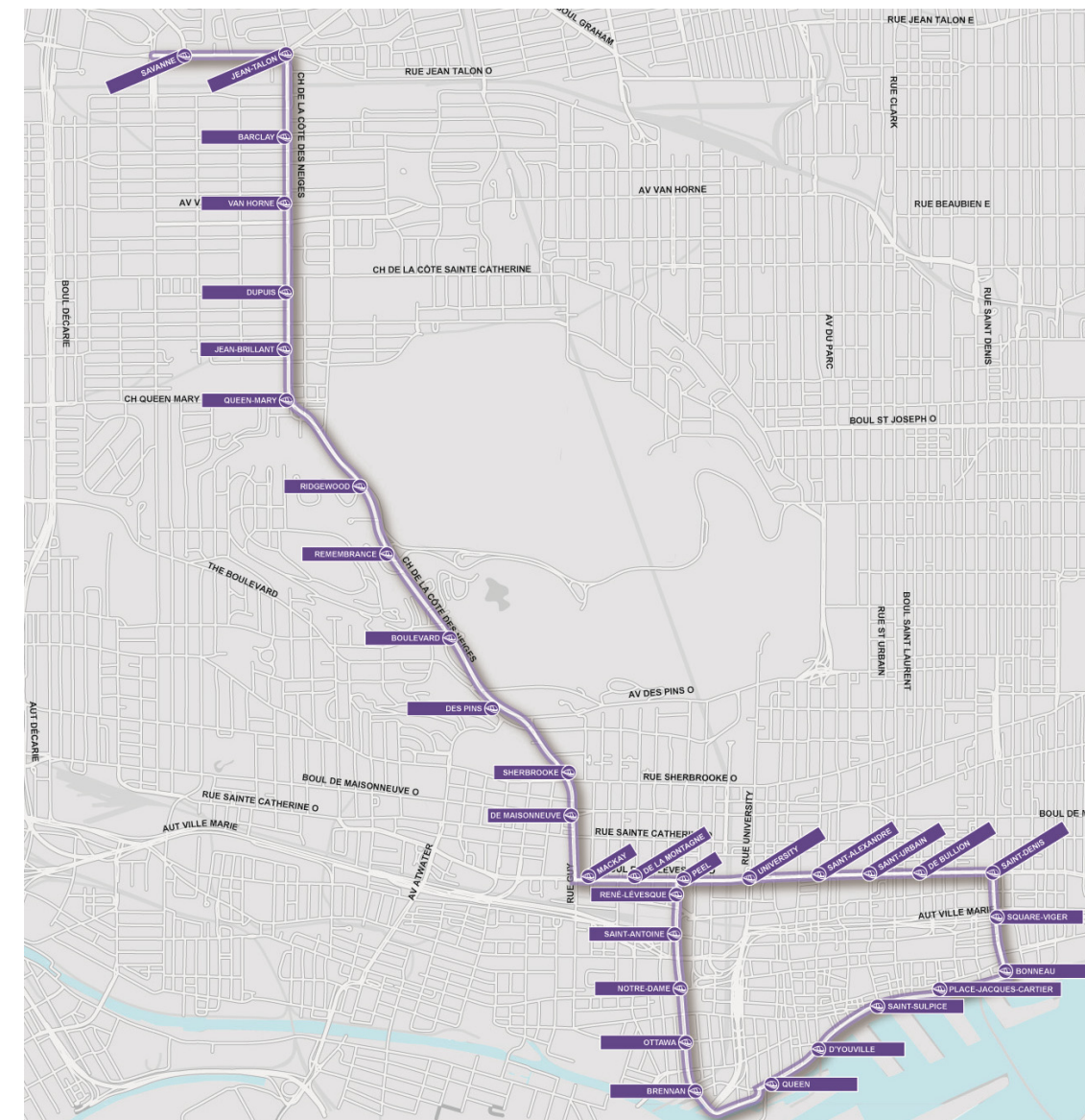
À terme, la 3^{ème} ligne "Parc" serait réalisée.

13.0 JUSTIFICATION DU TRACÉ

13.1 LE TRACÉ RETENU

Le tracé retenu en fin de phase 2 est rappelé sur la figure ci-dessous. Les axes routiers majeurs empruntés par la première ligne de tramway ont été figés au cours de la phase 1 de l'étude.

Figure 13.1 Tracé de la première ligne du tramway de Montréal



13.2 RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES STATIONS DE TRAMWAY

La localisation des stations a été réalisée pour répondre aussi bien à une logique transport (position des générateurs de déplacements, pôles d'échanges intermodaux, distances des inter-stations, ...) qu'à une logique d'insertion urbaine (contexte local, espace disponible, prise en compte des baies de virage), tout en minimisant les impacts environnementaux locaux.

Afin de garantir son succès, notamment en matière d'achalandage, le tramway doit réussir l'équilibre entre deux objectifs pas toujours concordants :

- assurer la desserte du territoire traversé, soit avoir un nombre suffisant de stations pour capter un maximum de clientèle et positionner les stations aux endroits clés du territoire (gros générateurs de déplacements, pôle d'échange intermodal) ;
- offrir une vitesse commerciale élevée afin de réduire les temps de parcours et rendre ainsi le système de transport plus intéressant.

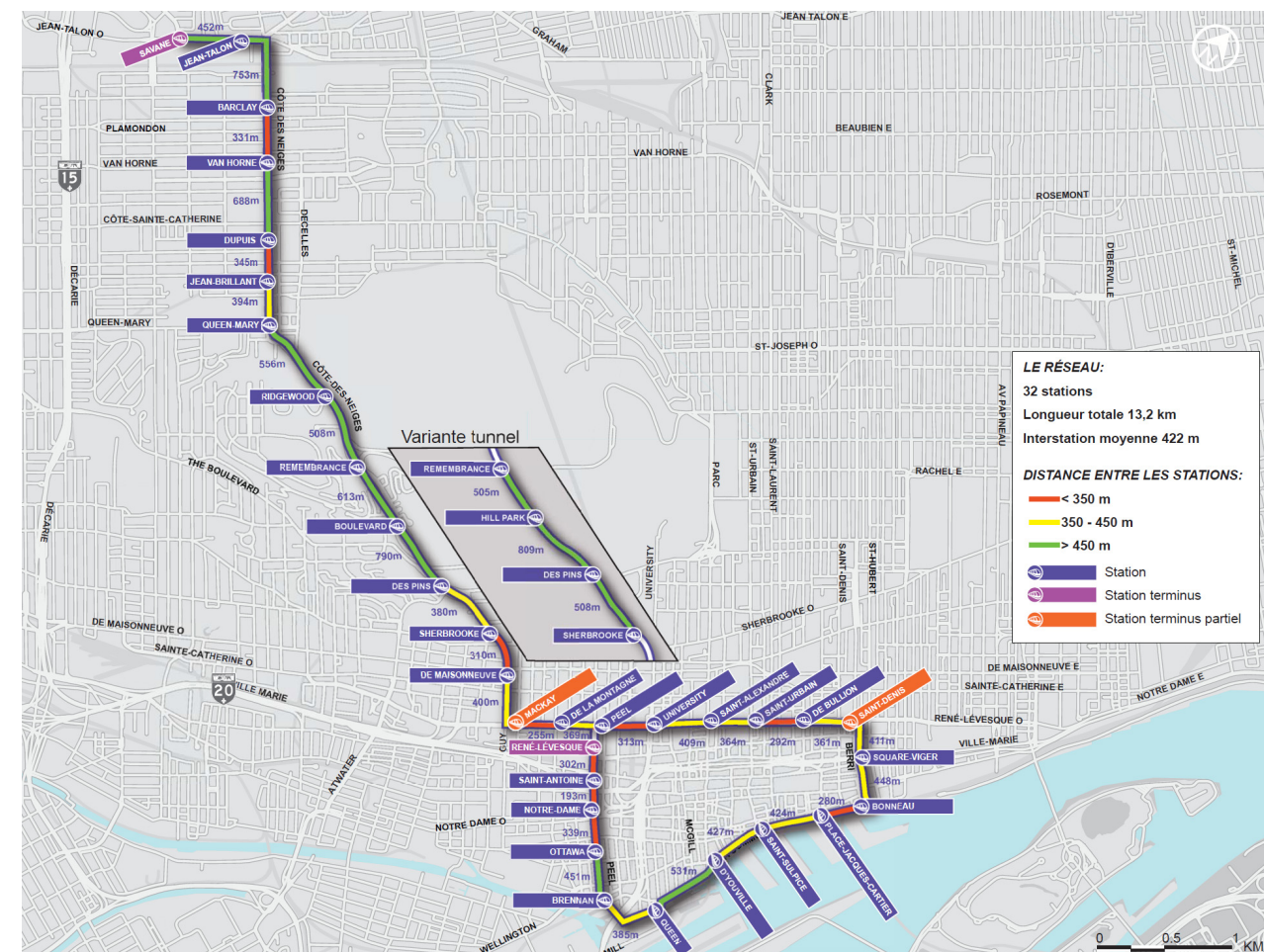
Outre ces 2 objectifs, la détermination de la localisation des stations doit intégrer les éléments liés au contexte local, soit :

- la trame urbaine : de préférence, les stations sont localisées aux intersections afin de permettre une meilleure perméabilité piétonne dans les quartiers périphériques. Ainsi, l'inter-station doit s'adapter à la trame de rue du secteur traversé ;
- le milieu d'insertion : en plus de l'espace nécessaire pour aménager une station, il faut s'assurer que l'endroit prévu pour implanter une station soit propice (pentes, espace public, contraintes visuelles et patrimoniales, etc.).

Dans le cadre du tramway moderne, l'inter-station moyenne recherchée est de l'ordre de 400 à 500 mètres, selon que la ligne est en milieu urbain dense ou qu'une partie de son itinéraire est dans un secteur périphérique plus diffus. Dans le cadre du projet du tramway de Montréal, l'inter-station recherchée se situe dans une fourchette variant de 350 à 450 mètres.

L'application pratique de toutes ces exigences a conduit à identifier 32 stations le long de la première ligne, représentées sur la figure ci-après.

Figure 13.2 Localisation des stations



Au-delà de l'emplacement stratégique des stations, la réussite du projet est en grande partie due à la qualité de l'insertion des stations dans leur environnement local. Il est ainsi primordial que les cheminements piétons soient irréprochables pour que les voyageurs puissent atteindre les quais des stations avec facilité et en toute sécurité. Pour ce faire, des traverses piétonnes ont été proposées à plusieurs endroits afin de faciliter le cheminement des piétons entre les stations et les trottoirs environnant.

13.3 VARIANTES D'ITINÉRAIRES

Par rapport au tracé conçu en phase 1, qualifié de « tracé de base », des variantes locales de tracé ont été analysées en phase 2, touchant à l'itinéraire emprunté par la ligne.

Ce chapitre rappelle les variantes envisagées et les conclusions de l'étude. 3 variantes d'itinéraire ont été étudiées:

- Variante Notre-Dame ;
- Variante Saint-Hubert ;
- Variante tunnel sur Côte-des-Neiges.

13.3.1 Variante Notre Dame

La variante Notre-Dame répond à 2 objectifs :

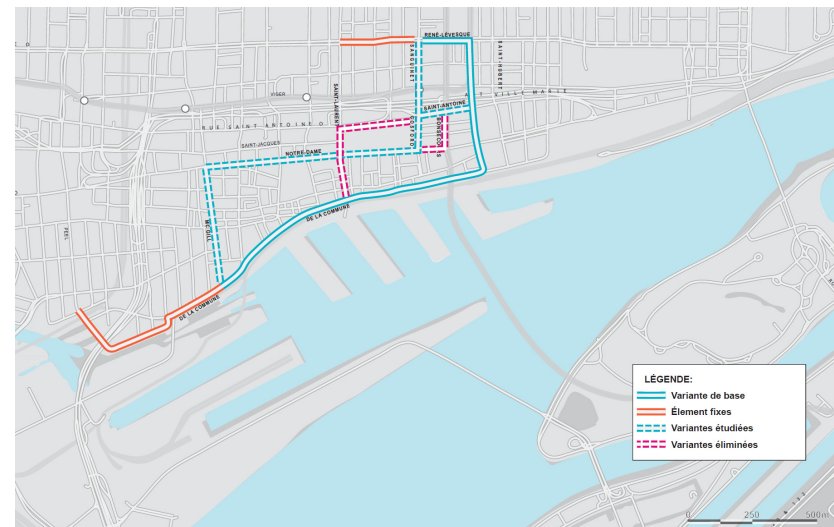
- éviter le tronçon réaménagé de la rue de la Commune (entre St-Laurent et Berri) afin de limiter les impacts de l'insertion du tramway sur le patrimoine du Vieux Montréal dans un secteur où l'achalandage est faible en dehors de la période estivale;
- se rapprocher des pôles d'emploi du sud du Vieux-Montréal.

Les éléments fixes retenus pour définir le tracé de la variante Notre Dame sont l'usage du boulevard René-Lévesque jusqu'à l'ouest de Sanguinet, et l'usage de la rue de la Commune à l'ouest de McGill.

Les résultats des études de faisabilité préliminaire ont identifié comme techniquement infaisables les raccordements empruntant les rues Saint-Laurent et Bonsecours.

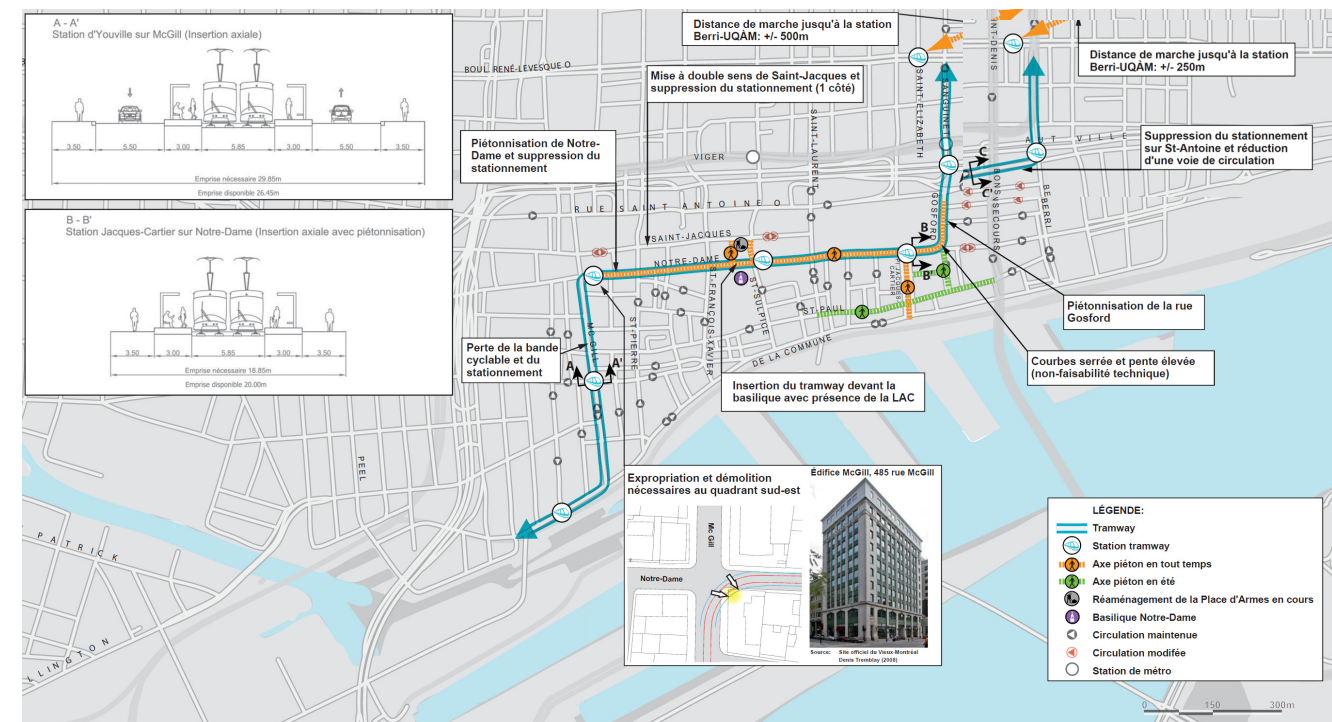
Dès lors, deux sous-variantes ont été tracées entre le boulevard René-Lévesque et la rue Notre Dame :

- sous-variante 1: René-Lévesque – Berri – Saint-Antoine – Gosford – Notre-Dame – McGill – de la Commune;
- sous-variante 2: René-Lévesque – Sanguinet – Gosford – Notre-Dame – McGill – de la Commune



En termes d'atteinte des objectifs, la variante Notre-Dame dessert effectivement plusieurs générateurs non desservis par la solution de base (l'hôtel de ville, le Palais de justice, de nombreux édifices à bureaux, le RÉSO et le Palais des congrès...) mais la plupart de ceux-ci sont déjà localisés à proximité de la ligne orange du métro. En revanche, plusieurs pôles générateurs touristiques sont moins bien desservis que pour la variante de la base empruntant la rue de la Commune (musée Pointe-à-Callière, le Vieux-Port, le Marché Bonsecours, le Centre des sciences et le quai Jacques-Cartier).

Figure 13.3 Évaluation de la variante Notre-Dame



La variante Notre-Dame n'est pas techniquement réalisable car l'implantation des rails du tramway dans le virage McGill/Notre-Dame nécessiterait un dépassement du rayon minimal de conception de 25m, à moins de démolir l'édifice patrimonial du 485 rue McGill.

Bien que non faisable techniquement, l'analyse d'impact de la variante sur le milieu environnant a été menée pour la bonne forme de l'étude, et conduit aux conclusions suivantes :

- démolition d'un édifice patrimonial de 11 étages au carrefour McGill/Notre-Dame afin de permettre la giration du tramway ;
- piétonnisation des rues Notre-Dame et Gosford ;
- modification du plan de circulation du cœur du Vieux-Montréal, notamment la mise à double sens de Saint-Jacques, et la perte de voies de circulation et de stationnement à plusieurs endroits;
- réduction significative des largeurs des voies de circulation (env. 3 mètres) sur la rue McGill par manque d'espace au droit des stations ;
- impact visuel de la ligne aérienne de contact (LAC) du tramway sur la Place d'Armes et la basilique Notre-Dame.

Les impacts spécifiques aux sous-variantes ont montré que:

- dans la sous-variante 1, la pente élevée (9.1%) sur la rue Gosford entre les rues Notre-Dame et Saint-Antoine combinée aux courbes serrées reliant ces deux rues ne permet pas l'insertion d'un tramway.
- dans la sous-variante 2, l'impact sur les bretelles de sortie de l'autoroute 720 pose un risque et des contraintes pour le projet de tramway puisqu'elle nécessiterait des négociations importantes avec le MTQ.

La variante Notre-Dame, non faisable techniquement, a donc été abandonnée.

13.3.2 Variante Saint Hubert

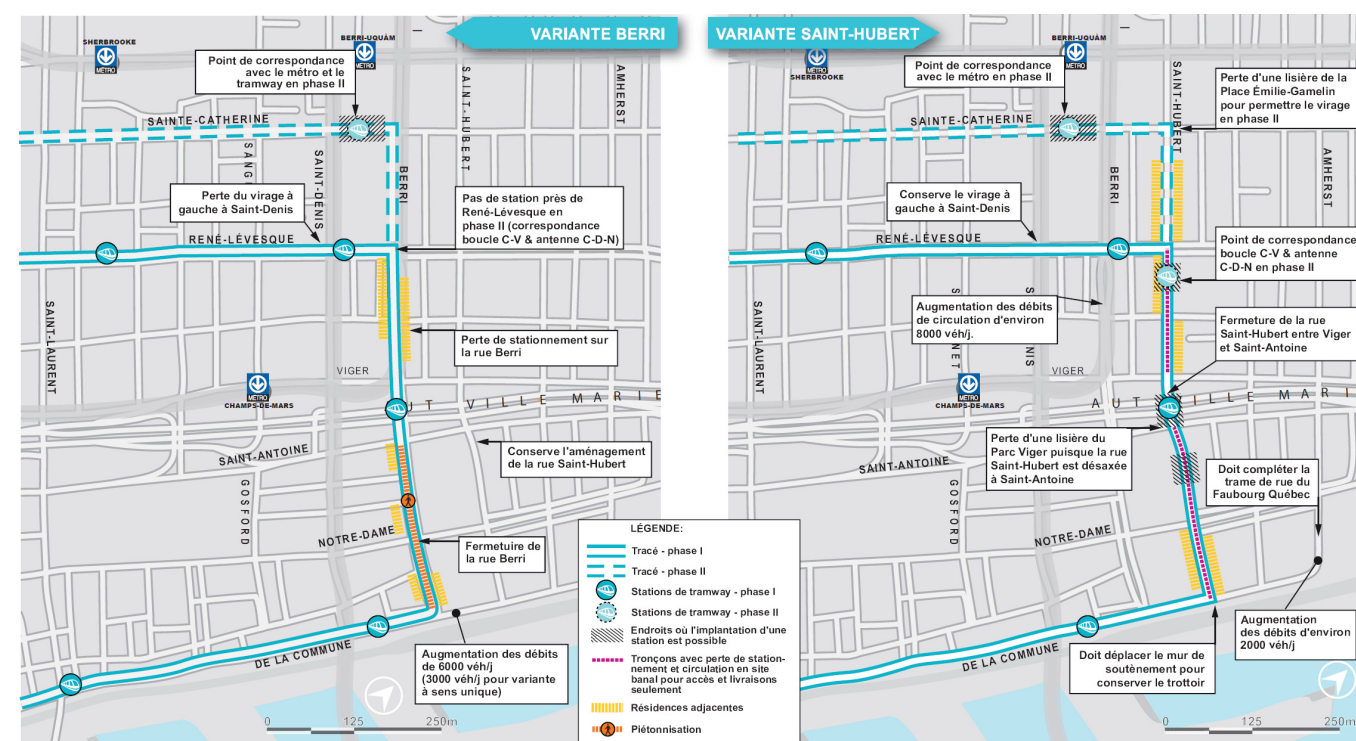
L'objectif de la variante Saint-Hubert est d'éviter un report de la circulation en relation avec le Vieux-Montréal de la rue Berri vers les rues Saint-Hubert et Amherst.

Le tracé de la variante Saint-Hubert emprunterait l'itinéraire suivant :

- le boulevard René-Lévesque à l'ouest de Saint-Hubert;
- la rue Saint-Hubert entre de la Commune et René-Lévesque avec possibilité de prolongement jusqu'à Sainte-Catherine en étape 2;
- la rue de la Commune à l'ouest de Saint-Hubert.

Cette variante est comparée au tracé de base qui emprunte la rue Berri.

Figure 13.4 Évaluation de la variante Saint-Hubert



Le principal impact de la variante sur le milieu environnant est l'aménagement de la rue Saint-Hubert en site banal, avec sens uniques alternés (pour minimiser la circulation sur le site banal) et fermeture à la circulation entre Saint-Antoine et Viger. Cet aménagement est nécessaire pour permettre d'insérer le tramway dans cette rue tout en maintenant les accès riverains.

Ce type d'aménagement présente en revanche les désavantages suivants :

- le site banal contraint l'exploitation du tramway puisque celui-ci ne serait pas exploité en site propre sur ce tronçon ;
- les sens uniques alternés impactent fortement les axes routiers parallèles (Berri et Amherst) puisque près de 13 000 véh/j empruntent présentement la rue Saint-Hubert entre Viger et René-Lévesque. Cette augmentation des débits aura des impacts importants sur les résidents des rues parallèles qui verront une augmentation non négligeable des débits automobiles, voir même très importants pour la rue Berri

Le coût d'implantation de la variante Saint-Hubert est plus élevé que la solution de base, en raison d'un tracé prolongé de 200 mètres et du besoin de déplacer un mur de soutènement.

En termes d'atteinte de son objectif, la variante Saint-Hubert est donc comparable à la solution de base, voire un peu moins performante vis-à-vis de l'accessibilité locale, du stationnement, des transports actifs et du transport collectif.

De plus, elle impacte plus fortement le milieu environnant par rapport à la solution de base et dessert un peu moins bien le futur CHUM puisque la station Square-Viger serait déplacée d'environ 100 mètres vers l'est par rapport au tracé de base.

Cette variante est donc moins avantageuse que la solution de base.

La variante Saint-Hubert, moins avantageuse que la solution de base, a donc été abandonnée.

13.3.3 Variante en tunnel sur Côte-des-Neiges

L'aménagement d'un tramway en surface dans le secteur Côte-des-Neiges situé entre The Boulevard et Docteur Penfield présente les points durs suivants :

- des pentes importantes avec un tronçon à 8,7% au sud de The Boulevard et un tronçon à 9,7% sur Docteur Penfield, dans des courbes ;
- l'impossibilité d'aménager une station de pente inférieure à 2% pour desservir l'Hôpital Général de Montréal ;
- un cheminement peu convivial et avec de très fortes pentes entre la station Docteur Penfield et l'Hôpital Général de Montréal ;
- une insertion du tramway en latéral créant des conflits avec les accès riverains ;
- des modifications importantes des conditions de circulation du "giratoire" Côte-des-Neiges / Docteur Penfield entre Cedar, Atwater et des Pins.

C'est pour éliminer ces points durs qu'une solution alternative a été développée : limitation des pentes, amélioration de la qualité de la desserte de l'Hôpital Général de Montréal, réduction des conflits avec le tramway, minimisation des impacts sur la circulation dans un secteur très sollicité.

Cette variante locale d'itinéraire consiste donc à (voir les Figure 13.5 et Figure 13.6 ci-après) :

- implanter le tramway sur McDougall et Côte-des-Neiges ;
- aménager un tunnel entre McDougall et Docteur Penfield, en passant sous Cedar ;
- créer une station souterraine en face de l'Hôpital Général de Montréal ;
- aménager Côte-des-Neige avec de la circulation à double sens entre Trafalgar et Cedar (4 voies) ;
- déplacer la station amont entre Hill Park et Trafalgar.

Figure 13.5 Variante d'itinéraire : tunnel sur Côte-des-Neiges



Ces différentes mesures, dont le surcoût par rapport à la solution de base est estimé à ~ 100 M\$, permettent d'améliorer la qualité de la desserte et de diminuer fortement les impacts riverains et sur la circulation.

L'analyse détaillée des deux variantes devra être effectuée en phase d'avant-projet (phase 3 des études), afin de retenir la solution la plus pertinente en termes d'objectifs à atteindre et de coûts.

La variante tunnel est donc maintenue comme une variante d'insertion envisageable pour la phase 3 de l'étude.

Figure 13.6 Variante tunnel: coupes type

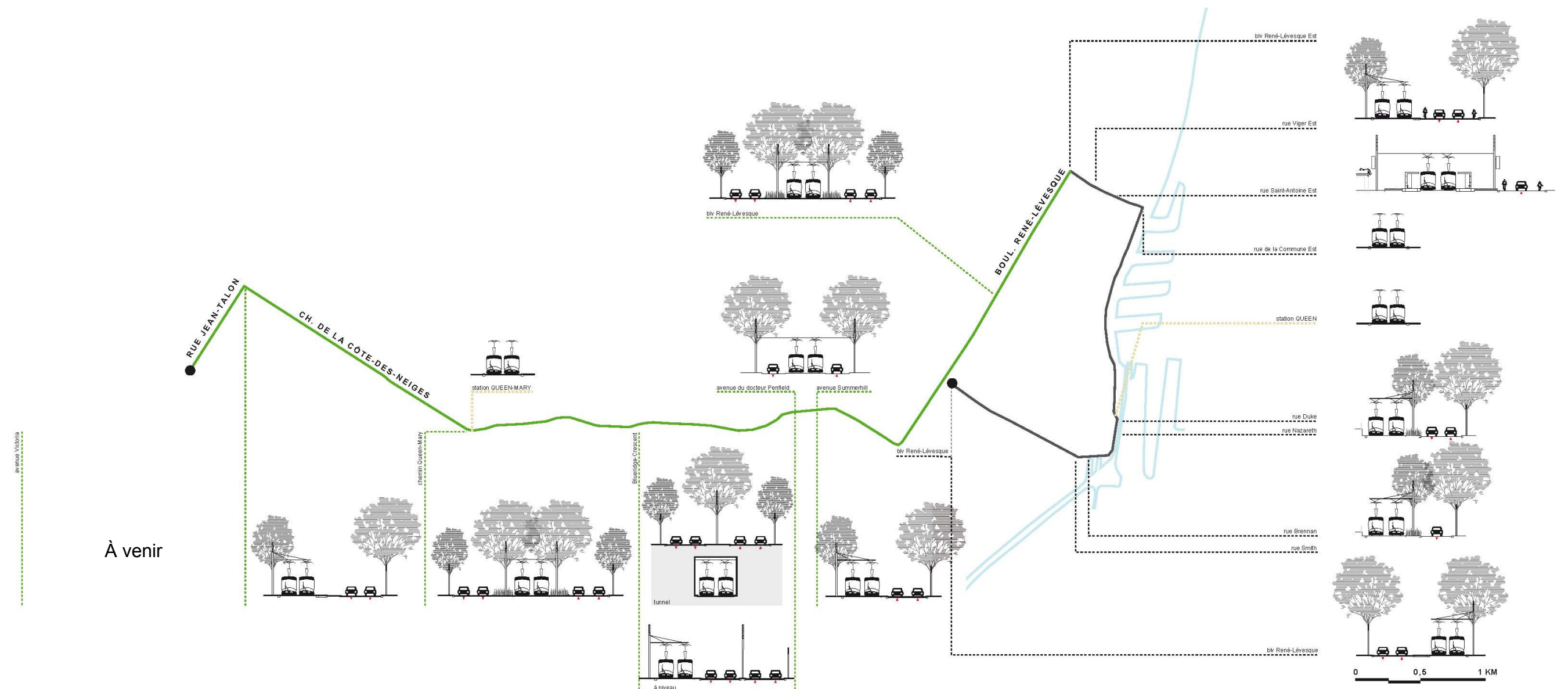


14.0 PARTIS PRIS D'INSERTION

L'analyse urbaine de la ligne a conduit à découper le linéaire en 10 séquences d'insertion homogène du tramway.

Les partis pris d'insertion sont le résultat de l'analyse de plusieurs variantes d'insertion dont les principales conclusions sont présentées ci-dessous. Les profils encadrés en rouge correspondent au profil d'insertion retenue.

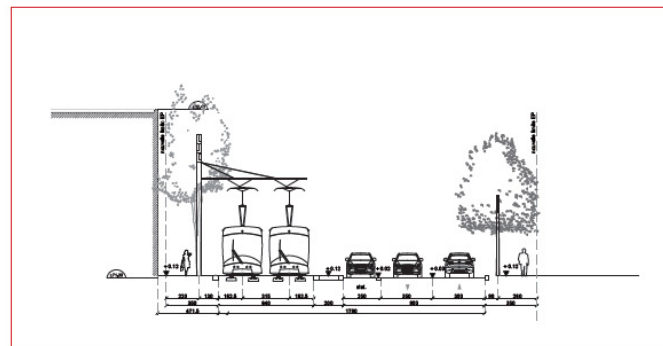
Figure 14.1 Synthèse des partis pris d'insertion



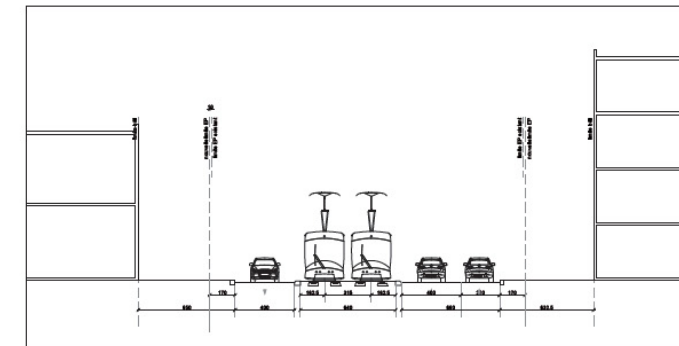
1.0 SÉQUENCE JEAN-TALON



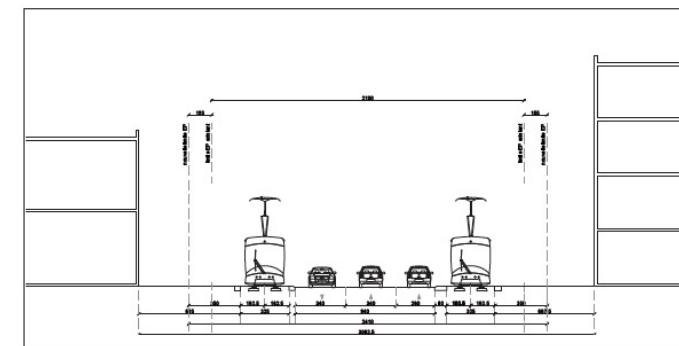
2.0 SÉQUENCE CÔTE-DES-NEIGES I



Insertion latérale Ouest



Insertion axiale



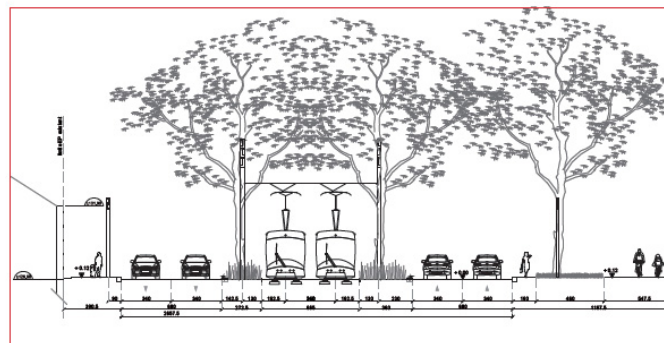
Insertion bilatérale

À venir.

L'insertion retenue est la variante latérale Ouest, avec une surlargeur de 4.50 m (stationnement et îlot, VAD et îlot, terre-plein minéral, station) et une voie de circulation par sens.

Cette solution permet de conserver un profil constant en station et en section, d'offrir des trottoirs larges et plantés et d'aménager des VAD.

3.0 SÉQUENCE CÔTE-DES-NEIGES II

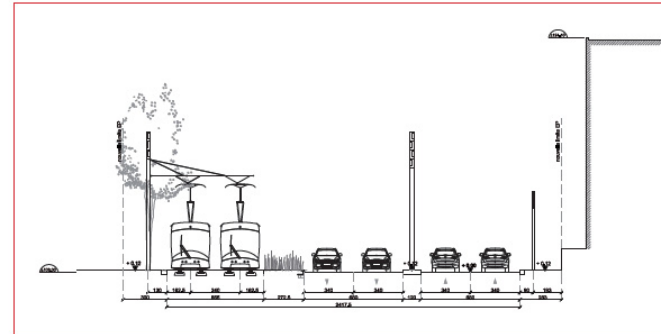
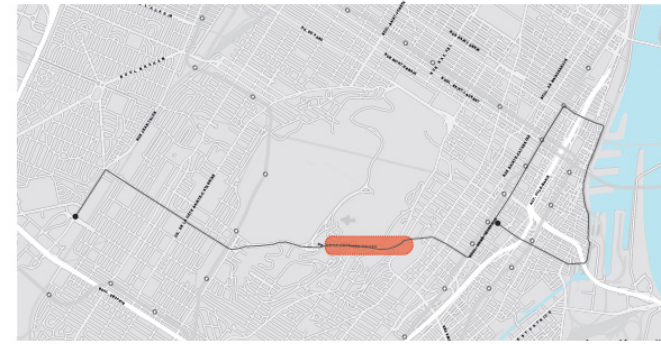


Insertion axiale

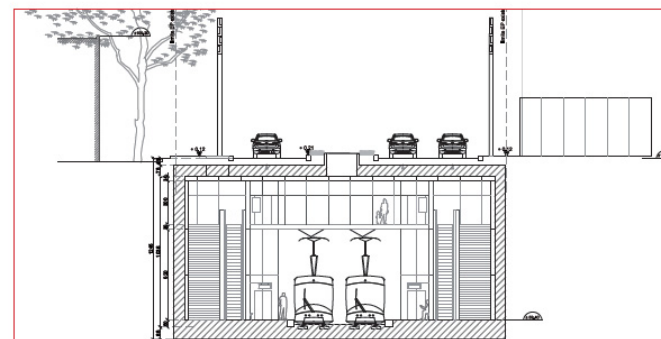
L'insertion retenue est la variante axiale avec des surlargeurs de 3.60 m (surlargeur plantée, VAG, station) et deux voies de circulation par sens.

Cette solution permet de conserver un profil constant en station et en section, d'offrir des trottoirs larges et plantés, d'aménager des VAG.

4.0 SÉQUENCE CÔTE-DES-NEIGES III



Insertion à niveau, latérale Ouest

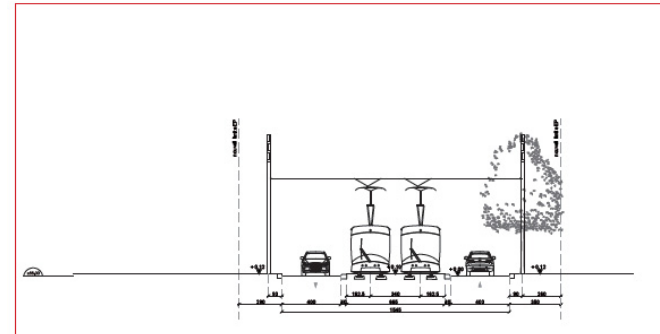
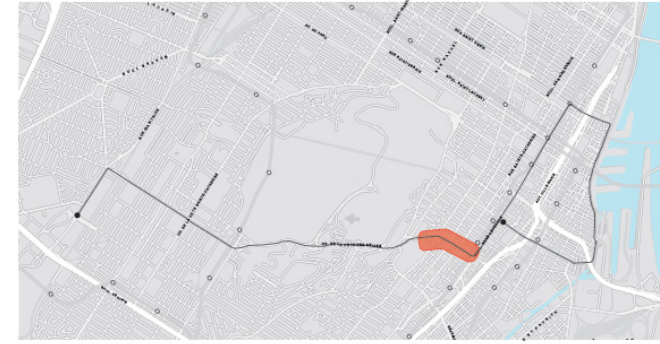


Insertion tunnel

Deux insertions ont été étudiées pour la séquence Côte-des-Neiges III:

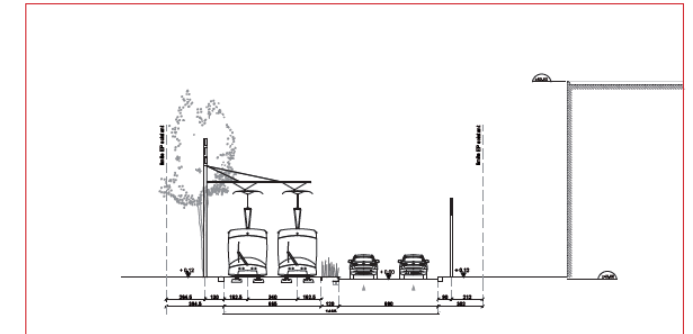
- une variante à niveau,
- une variante en tunnel.

5.0 SÉQUENCE GUY

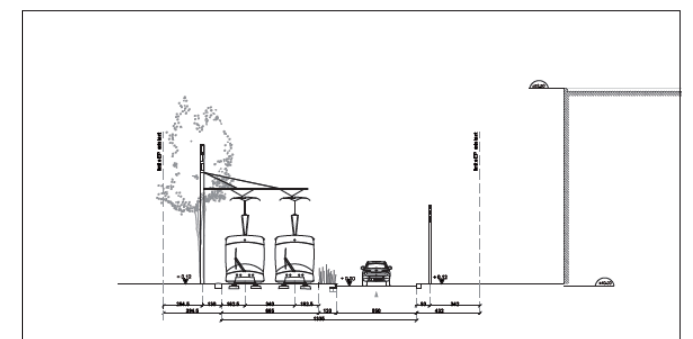


Insertion axiale

Entre l'avenue du docteur Penfield et l'avenue Selkirk, l'insertion retenue est la variante axiale avec une voie de circulation de part et d'autre de la plateforme.



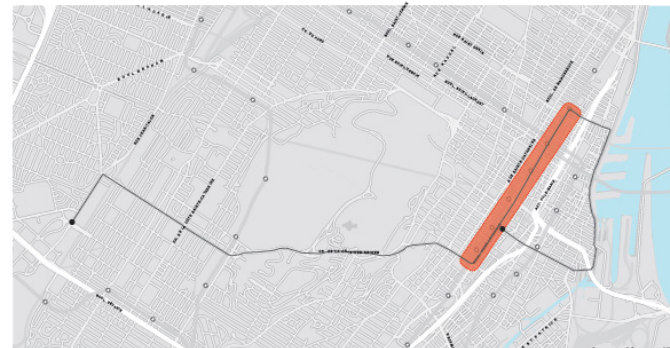
Insertion latérale Ouest, avec deux voies de circulation



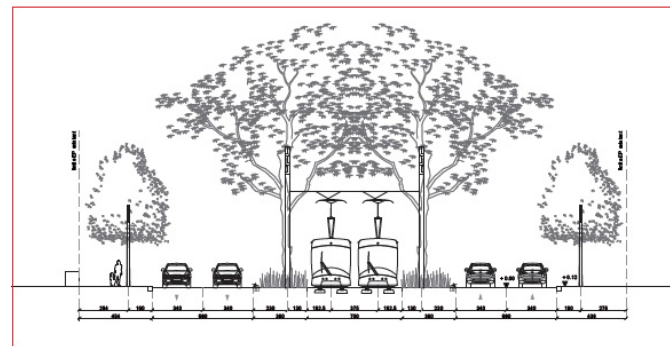
Insertion latérale Ouest, avec une voie de circulation

Entre l'avenue Selkirk et le boulevard René-Lévesque Ouest, l'insertion retenue est la variante latérale Ouest avec deux voies de circulation montantes.

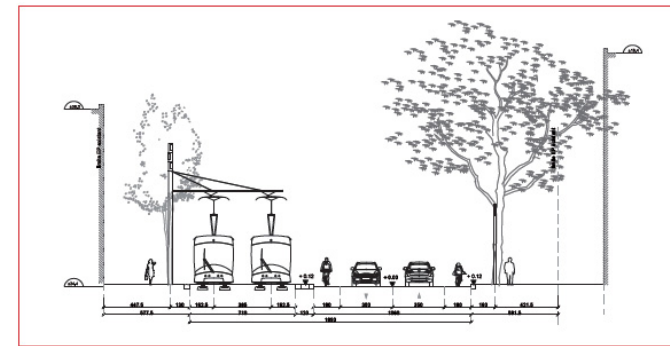
6.0 SÉQUENCE RENÉ-LÉVESQUE



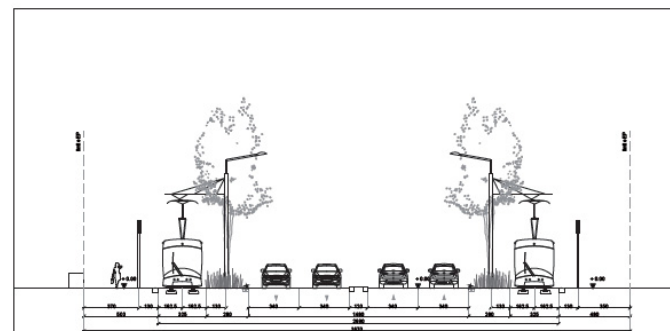
7.0 SÉQUENCE BERRI



Insertion axiale



Insertion latérale Ouest



Insertion bilatérale

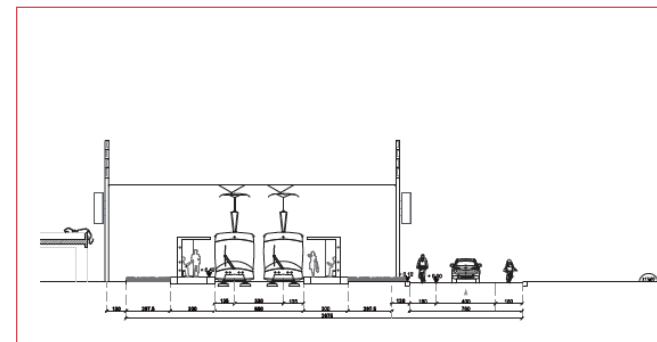
L'insertion retenue est la variante axiale avec une surlargeur (surlargeur plantée, VAG ou station) et deux voies de circulation par sens. La surlargeur est de 2.72m entre la rue Guy et la Côte du Beaver Hall et de 3.60 m entre la Côte du Beaver Hall et la rue Berri.

Cette solution permet de conserver un profil constant en station et en section, d'offrir des trottoirs larges et plantés, d'aménager des VAG.

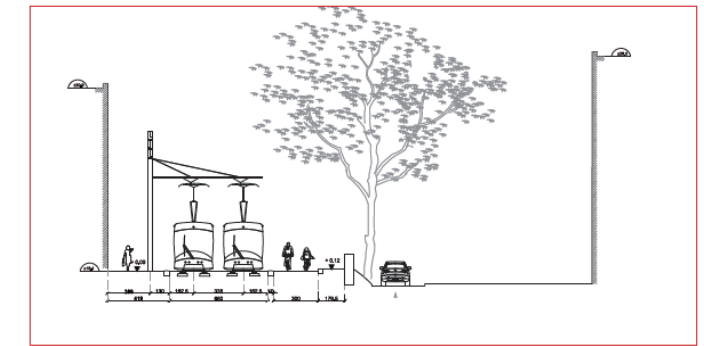
Entre le boulevard René-Lévesque Est et la rue Viger Est, l'insertion retenue est la variante latérale Ouest avec une voie de circulation par sens et un lien cyclable.

Entre la rue Viger Est et la rue Saint-Antoine Est, l'insertion retenue est la variante latérale Ouest avec une voie de circulation montante et un lien cyclable.

Entre la rue Saint-Antoine Est et la rue de la Commune Est, l'insertion retenue est la variante d'insertion dans un espace piéton avec un lien cyclable.



Insertion latérale Ouest avec une voie de circulation



Insertion du tramway dans un espace piéton

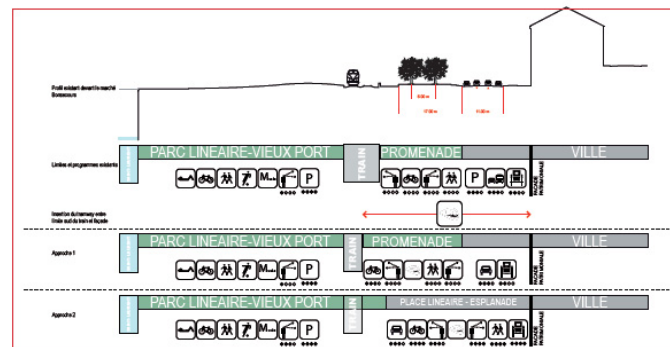
8.0 SÉQUENCE LA COMMUNE



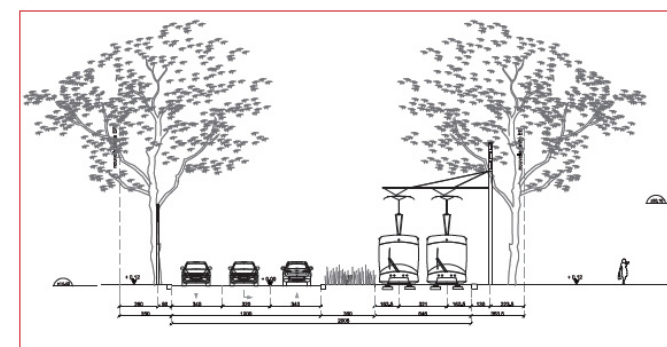
9.0 SÉQUENCE BRENNAN



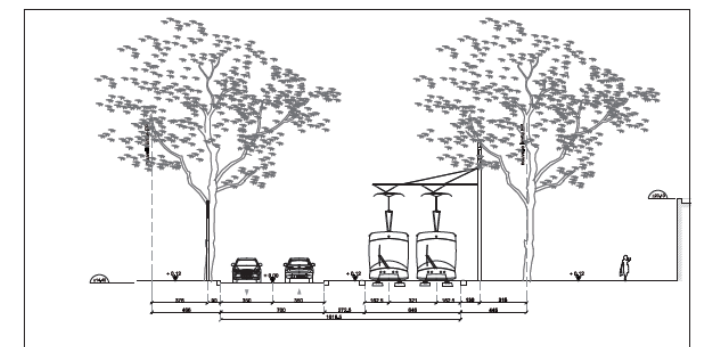
10.0 SÉQUENCE PEEL



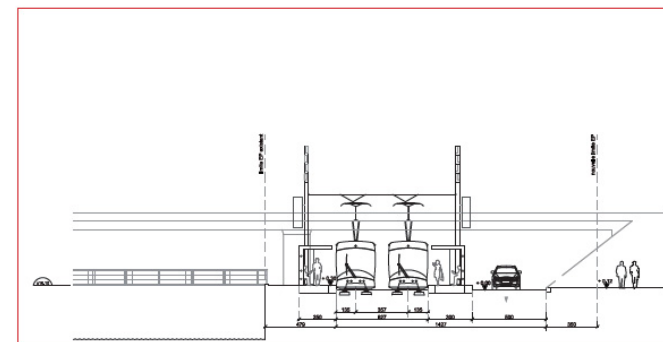
Insertion latérale Ouest



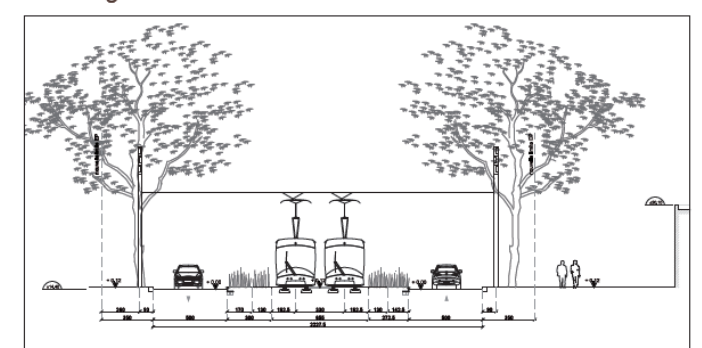
Insertion latérale Est, trois voies de circulation avec aménagement de VAG et VAD.



Insertion latérale Est, deux voies de circulation sans aménagement de VAG et VAD.



Insertion latérale Ouest



Insertion axiale, une voie de circulation par sens avec aménagement de VAG et VAD.

Deux approches sont proposées pour l'insertion du tramway dans le secteur patrimonial de la rue de la Commune:

- approche 1 : inscrire l'insertion du tramway entre la nouvelle limite de la voie ferrée et la façade en conservant au maximum les éléments de l'aménagement de la promenade (emmarchement, double alignements d'érable argenté).
- approche 2 (privilégiée): inscrire l'insertion du tramway dans une réflexion globale du réaménagement de la rue de la Commune.

Entre la rue Duke et la rue de Nazareth, l'insertion retenue est la variante latérale Ouest avec une surlargeur plantée de 2.72 m, et une voie de circulation par sens.

Entre la rue de Nazareth et la rue Brennan, l'insertion retenue est la variante latérale Ouest avec une surlargeur (surlargeur minérale, surlargeur plantée station), et une voie de circulation descendante.

L'insertion retenue est la variante latérale Est avec une surlargeur (surlargeur végétalisée, station, VAD) de 3.60 m et trois voies de circulation avec aménagement de VAG et VAD.

15.0 CHOIX D'AMÉNAGEMENT

15.1 PRINCIPES RETENUS

Les choix d'aménagement ont été établis en tenant compte de la globalité de la ligne et de la spécificité des quartiers traversés, mais également de son mode d'exploitation provisoire comme amorce d'un réseau maillé de tramway dont chacune des lignes aura à terme son « écriture » au site ou à la caractéristique la plus emblématique de son linéaire.

Dans l'optique de la mise en œuvre du réseau initial, la première ligne de tramway regroupe en réalité deux lignes futures :

- Une ligne sur Côte-des-Neiges dont l'aménagement permettra de relier physiquement le parc du mont-Royal au centre-ville, mais aussi au travers de la palette végétale retenue et du mode de plantation,
- Une ligne en boucle centre-ville, dont l'aménagement tiendra sa couleur de la combinaison du caractère urbain, patrimonial et récréatif des quartiers traversés.

Les propositions d'aménagement doivent rendre compte explicitement de l'équilibre et de la simultanéité des fonctions de l'espace. Elles doivent montrer, en plus de son état initial, la manière dont cet espace peut anticiper et coordonner des ajouts futurs et des interventions de toutes natures.

La forme de cet espace devrait être examinée et validée selon quelques critères déterminants qui sont :

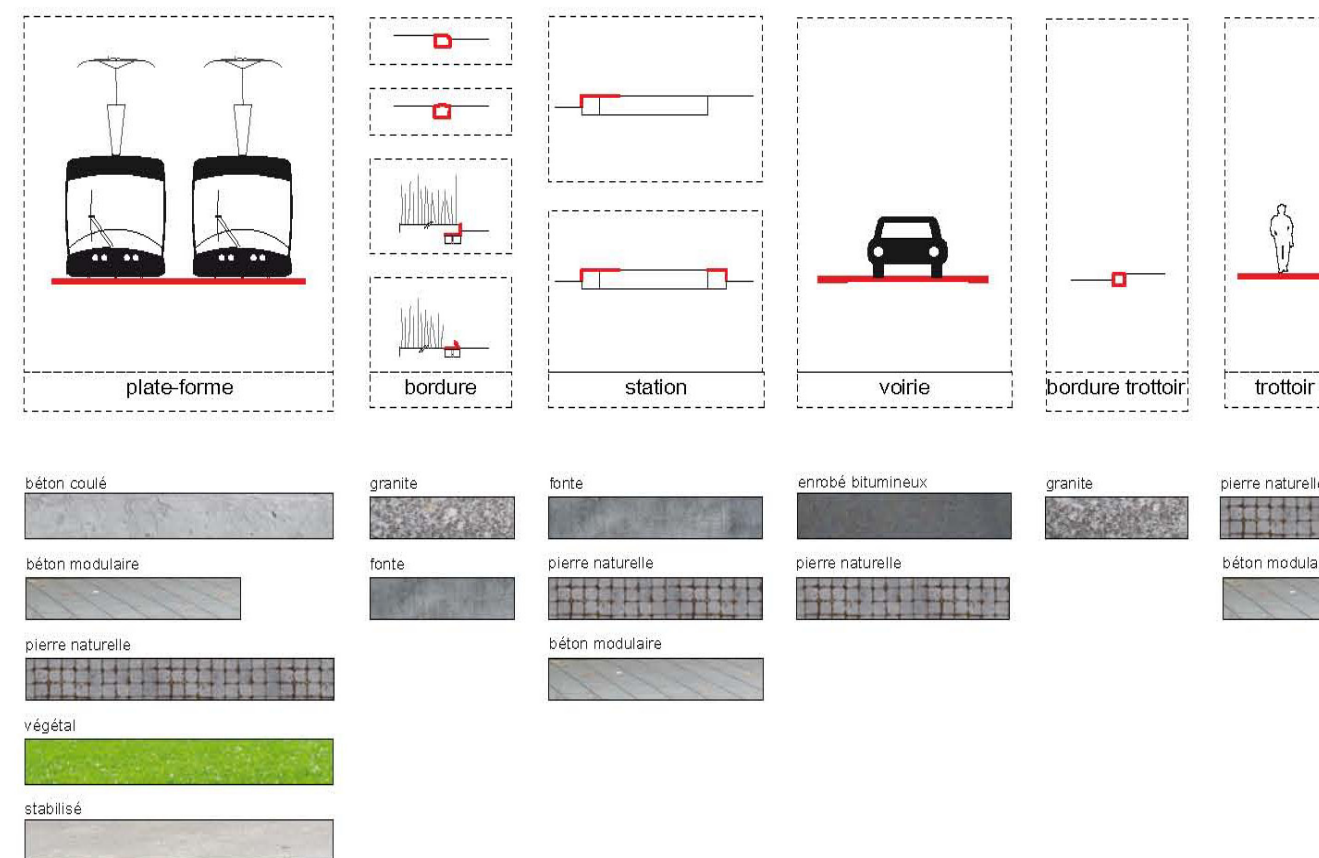
- la lisibilité : les usagers d'un lieu public doivent pouvoir saisir immédiatement le statut et l'enchaînement des fonctions de l'espace qui leur sont proposées,
- la simplicité : l'aménagement de l'espace public doit être une architecture discrète, qui donne l'impression d'avoir toujours été là,
- la fluidité : toutes les formes de discontinuité doivent être évitées ou combattues,
- la générosité : les coupures urbaines doivent être traitées au travers d'aménagements confortables et sécuritaires,
- la clarté de ses enchaînements : les espaces publics d'une ville doivent constituer un réseau continu, lisible et hiérarchisé, ayant la capacité d'assurer les relations entre tous les quartiers de la ville et au-delà.

15.2 LES MATÉRIEAUX DE L'ESPACE PUBLIC

La requalification des voies empruntées par le tramway participe à la redistribution de l'espace et au rééquilibrage entre les différents usages (le tramway, la voirie et les modes actifs). C'est un signe fort d'une reconquête de l'espace public; cette requalification symbolise une meilleure répartition entre les différentes fonctions urbaines.

La proposition retenue se rapproche des solutions initiées sur la rue McGill pour des raisons d'intégration mais avant tout pour garantir une bonne lecture du fonctionnement des différentes voies faisant l'objet d'un réaménagement. Seules les positions des différentes fonctions s'adaptent aux configurations et aux largeurs variables des sites rencontrés.

Figure 15.1 Les matériaux de l'espace public

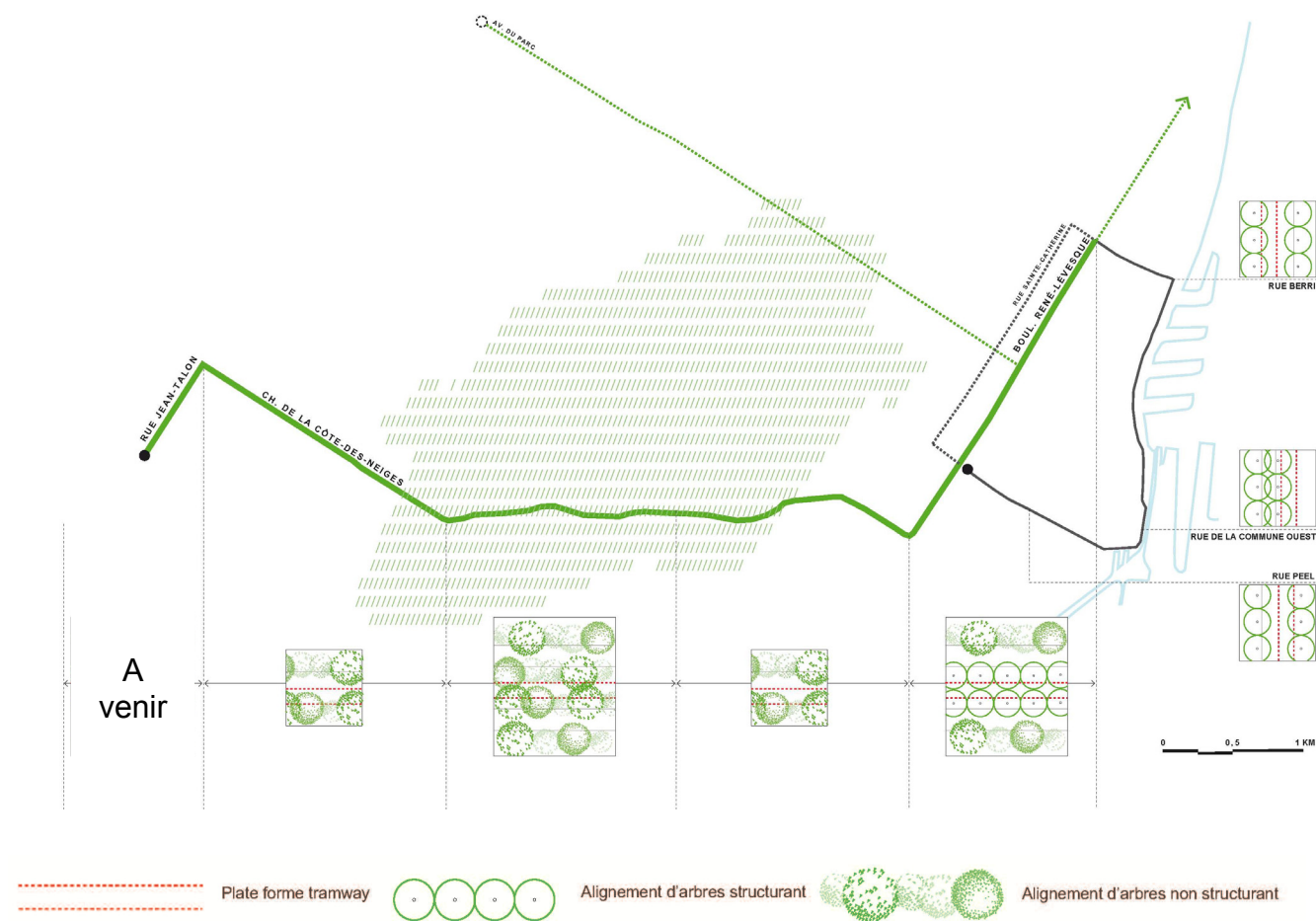


15.3 LES VÉGÉTAUX

Le principe de plantations par séquence a été établi selon l'appartenance au sein du futur réseau maillé de tramway à la ligne Côte-des-Neiges ou à la boucle du centre-ville. Deux types d'alignements sont distingués :

- un alignement d'arbres structurant : l'essence et le pas des arbres est identique,
- un alignement d'arbres non structurant est composé d'une combinaison d'essences différentes, de taille différentes (1ère, 2ème, 3ème grandeur), et d'un pas d'arbres non constant.

Figure 15.2 Principe d'implantation de la trame végétale



15.4 L'ÉCLAIRAGE

Le projet d'éclairage s'intéresse aux différents états ou ambiances lumineuses qui détermineront la diversité et la qualité des lieux. Le souci de lisibilité des espaces traversés conduit à privilégier une présence discrète des matériels.

Trois degrés d'éclairage sont considérés :

- éclairage fonctionnel pour l'éclairage des voies de circulation;
- éclairage piéton adapté aux modes actifs;
- éclairage d'accentuation pour la mise en valeur du patrimoine montréalais.

Figure 15.3 Principe d'éclairage en section

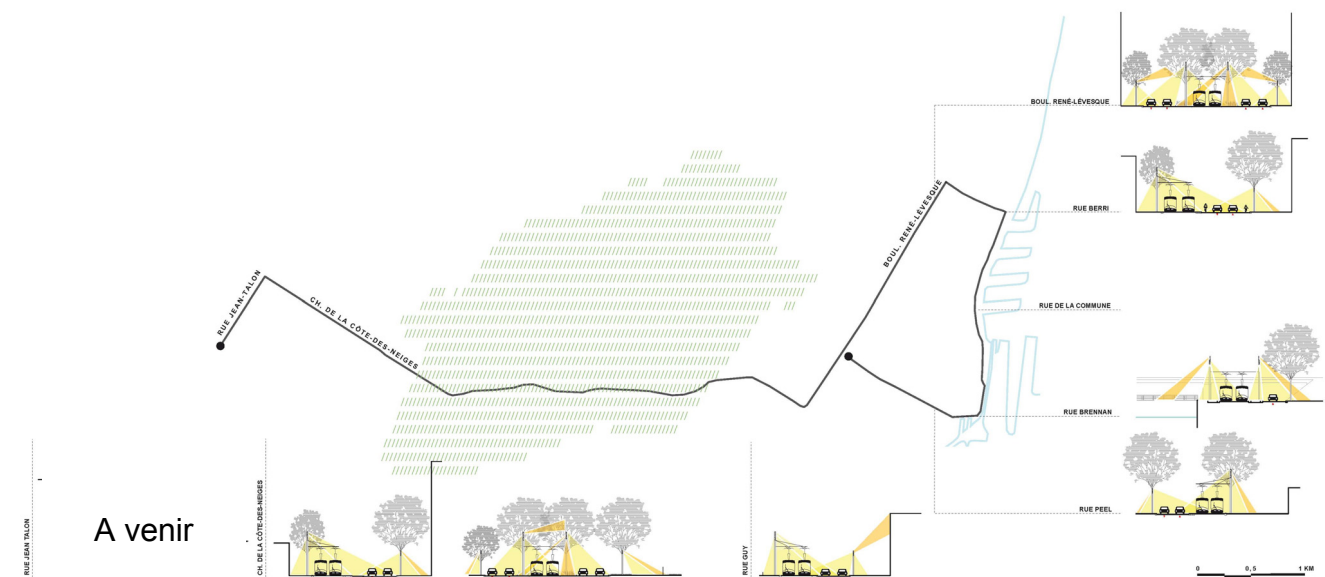
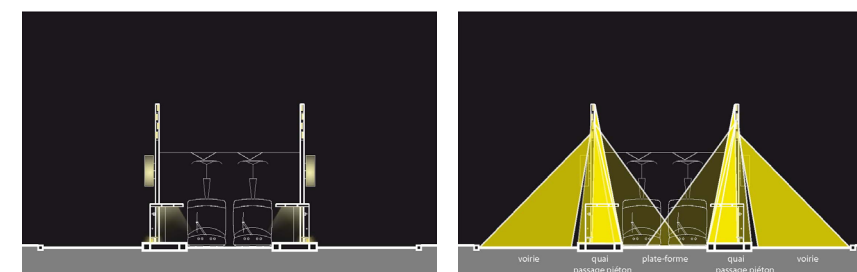


Figure 15.4 Principe d'éclairage en station



15.5 LES STATIONS

La conception des 32 stations s'articule autour de trois lignes directrices :

- une composition selon les lignes guides;
- une mise en scène lumineuse des stations;
- une station évolutive.

Les stations sont des éléments essentiels à la constitution de l'identité d'une ligne de tramway. Comme le matériel roulant, la station est un élément emblématique, qui signale la présence du réseau de tramway dans la ville. Les 32 stations de la première ligne de tramway de Montréal permettent donc de créer une lisibilité du parcours. En même temps, elles viennent s'insérer dans des tissus urbains différents les uns des autres (Rue Jean-Talon, Chemin de la Côte-des-Neiges, Rue Guy, Boulevard René Lévesque, Rue Berri, Rue de la Commune, Rue Brennan et Peel).

La station nécessite un équipement bien particulier qui répond aux besoins des usagers sur le quai :

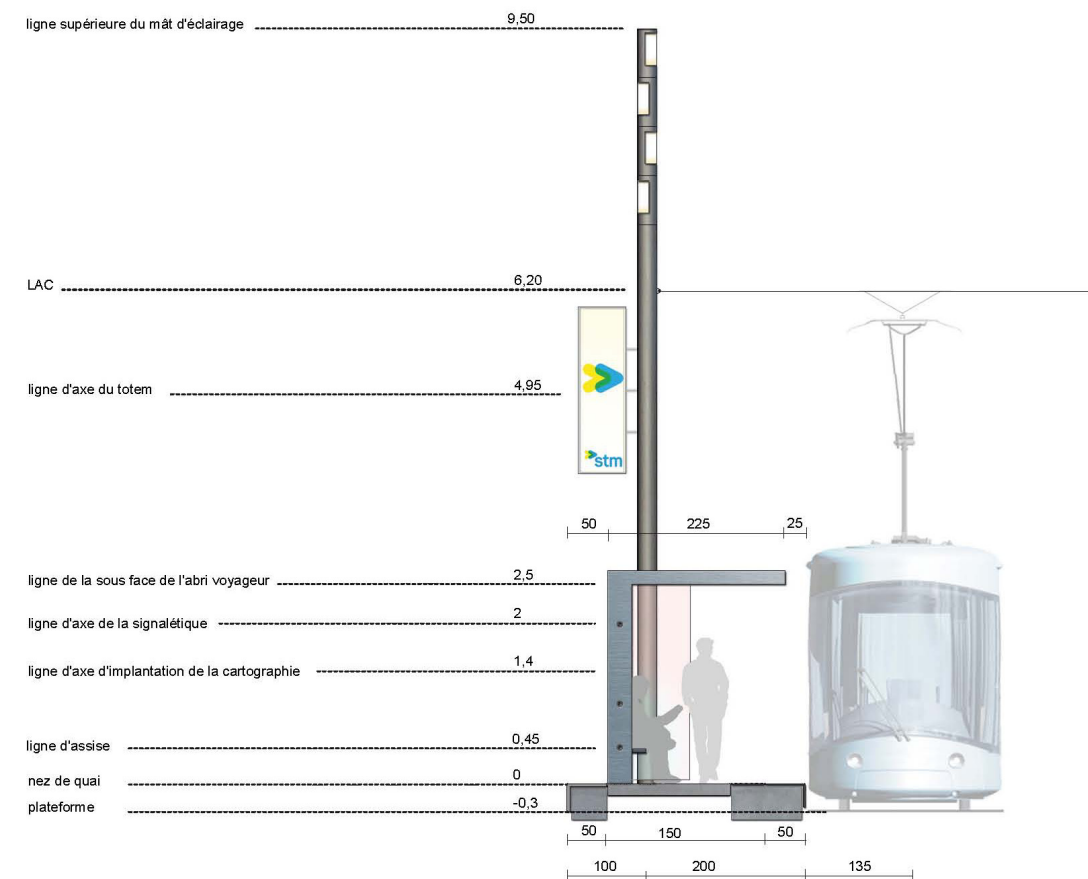
- accessibilité aux quais pour les personnes à mobilité réduite;
- accessibilité au matériel roulant;
- confort et sécurité de l'attente du tramway;
- information et vente de titres de transports.

Les éléments proposés (abris, éclairage et support de LAC, totem, assise, corbeille de propreté, armoire technique, borne d'information aux voyageurs, support signalétique) sont fonctionnels et formellement sobres. Ils confèrent à la station son identité visuelle et permettent au réseau de tramway de s'insérer avec délicatesse dans le paysage montréalais. L'équipement offert est adapté de manière proportionnelle à la fréquentation de chaque quai.

La géométrie des quais et la typologie des stations dépendent du type d'insertion de la plate-forme du tramway :

- insertion latérale avec quais latéraux dont un quai trottoir sur le Chemin de la Côte-des-Neiges;
- insertion axiale avec deux quais latéraux par exemple sur le boulevard René-Lévesque;
- station souterraine Des pins pour la solution tunnel, par exemple).

Figure 15.5 Principales dimensions des éléments des stations



16.0 JUSTIFICATION DE L'OFFRE DE TRANSPORT

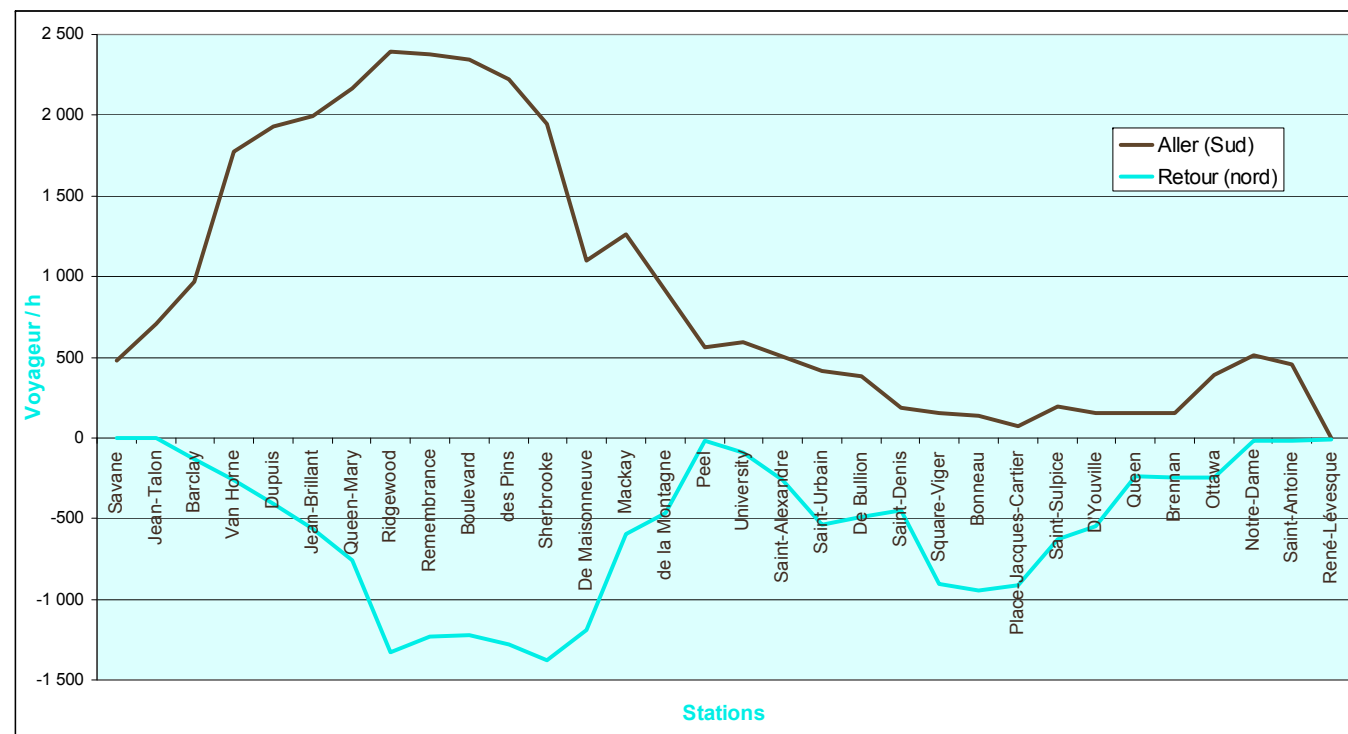
Le service au voyageur a pour objectif, en toute circonstance, la prise en charge des voyageurs en tous points de chaque ligne du réseau dans des conditions acceptables de confort, de régularité, de rapidité et de sécurité.

16.1 JUSTIFICATION DU SERVICE DE TRANSPORT AUX PÉRIODES DE POINTE

Le service de transport est dimensionné pour répondre le plus efficacement possible à la demande de transport : il doit ainsi optimiser la capacité horaire de transport offerte aux voyageurs tout au long de la journée (heure de pointe / heure creuse / nuit).

Les données d'achalandage à l'heure de pointe du matin, rappelées ci-dessous, mettent en évidence un profil de charge différencié entre la branche Côte-des-Neiges et le secteur du centre-ville, qui milite en faveur d'une exploitation modulable.

Figure 16.1 Profil de charge du tramway - Heure de pointe du matin (HPAM)

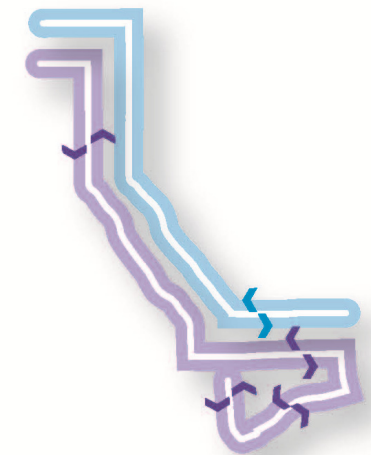


Source: STM – Août 2010

Ainsi, pour répondre efficacement à la demande, et dans une optique d'optimisation des coûts d'investissement et d'exploitation, deux services différents sont envisagés pour l'exploitation type d'un jour ouvrable de semaine à la période de pointe du matin:

- un service de base (trait mauve), décrivant l'ensemble du tracé d'un terminus (station Savane) à l'autre (station René-Lévesque, à l'angle des rues Peel / René-Lévesque) ;
- un service de renfort (trait bleu), également au départ de la station Savane, mais avec pour terminus la station Saint-Denis, à l'angle des rues René-Lévesque / Saint-Denis.

Figure 16.2 Itinéraire des services à la période de pointe du matin



La structure de la demande étant symétrique en période de pointe du soir, le même niveau de service qu'en PPAM est envisagé sur cette période.

16.2 JUSTIFICATION DE L'INTERVALLE D'EXPLOITATION À L'HEURE DE POINTE

L'interval de exploitation est le temps s'écoulant entre les passages de 2 rames successives circulant dans le même sens.

L'interval de exploitation à l'heure de pointe doit respecter les 2 critères suivants :

- Ne pas être trop élevé, afin de contribuer à rendre l'offre de transport attractive : en pratique, être inférieur à 6 minutes, élément d'autant plus important à Montréal que les conditions climatiques hivernales peuvent rendre l'attente difficilement supportable par les usagers;
- Ne pas être trop faible : en pratique être supérieur à 4 minutes afin :
 - d'éviter des accumulations de rames de tramway les unes derrière les autres (effet de « mur » de tramway),
 - de garantir un niveau satisfaisant de priorité aux intersections (vitesse commerciale attractive),
 - d'éviter l'engorgement du boulevard René-Lévesque dans l'option où les bus et les tramways se partagent la plateforme (cf. Partie 0),
 - de permettre l'évolutivité du réseau sur le long terme pour faire face à l'augmentation de l'achalandage.

L'interval de exploitation à l'heure de pointe doit donc être compris dans la fourchette [4 min ; 6 min]. Il est déterminé pour répondre au plus près à la demande de transport, en l'occurrence 2 400 voyageurs/h sur le tronçon de ligne le plus chargé, tout en respectant les contraintes de capacité unitaire des rames. Il est ainsi directement lié au type de matériel roulant retenu.

L'analyse de l'offre disponible sur le marché du matériel roulant montre que les modèles diffèrent :

- par leur longueur : véhicules courts de l'ordre de 30-35 m ou véhicules longs, de l'ordre de 40-45m;
- par leur largeur : véhicules étroits de 2,40m ou larges de 2,65m.

La largeur a été volontairement fixée à 2,65m afin de maximiser le rapport longueur sur largeur et d'offrir ainsi au client un maximum de confort à l'intérieur des rames. Concernant la longueur, un calcul de capacité (densité de 4 passagers debout par m²) permet d'écarter les véhicules longs, de 40 à 45 m, car leur capacité unitaire est trop importante pour respecter la fourchette d'intervalle [4 min ; 6 min].

Les véhicules courts de 30 à 35 m sont ainsi retenus avec un intervalle d'exploitation choisi à ce stade du projet à 4 minutes.

À terme, les possibilités d'évolution de l'exploitation sont nombreuses :

- l'intervalle pourrait passer sous les 4 minutes aux heures de pointe, à condition que la coexistence bus/tramway sur René-Lévesque le permette et après vérification de la stabilité de l'exploitation ;
- les tramways sont des véhicules modulaires, donc potentiellement extensibles ultérieurement à 40 m pour absorber une montée en charge supérieure à celle théoriquement prévue, et offrir la garantie d'une souplesse en termes d'offre et d'exploitation vis-à-vis d'évènements imprévisibles.

16.3 JUSTIFICATION DE L'AMPLITUDE DE SERVICE

Les heures d'ouverture et de fermeture du réseau définissent l'amplitude horaire du service offert aux voyageurs. Par homogénéité avec les réseaux de métro et d'autobus, les heures d'ouverture et de fermeture du réseau de tramway seraient typiquement :

- premier départ des tramways de chaque terminus : 5h30 ;
- dernier départ des tramways de chaque terminus : 25h20 (1h20).

Ainsi, les premiers tramways circuleraient à partir de 5h30 du matin et les derniers tramways s'arrêteraient de circuler autour de 2h00 du matin, soit une amplitude de service de 20 heures et 30 minutes.

16.4 JUSTIFICATION DE LA GRILLE D'EXPLOITATION TYPE D'UN JOUR OUVRABLE DE BASE

À l'heure de pointe, l'intervalle d'exploitation de 4 min sera obtenu par alternance du service de base "Savane – René-Lévesque" et du service de renfort "Savane – Saint-Denis", chacun de ces services fonctionnant à un intervalle d'exploitation d'heure de pointe de 8 min.

En dehors des heures de pointe, afin de maintenir un service inférieur à 10 min sur la boucle du centre-ville, seul le service de base "Savane – René-Lévesque" sera assuré.

Les intervalles alors retenus pour ce service sont les suivants :

- en heure creuse, pour répondre aux variations d'achalandage prévues, il est proposé de retenir un intervalle d'exploitation d'heure creuse légèrement inférieur au double de celui de la pointe, à 7min30 ;
- aux heures de nuit, afin d'offrir un service au voyageur cohérent avec le métro, un intervalle de 10 minutes est retenu.

Figure 16.3 Grille d'exploitation type d'un jour ouvrable de base

- Période de pointe AM - PM



- Renforcement de la desserte avec service partiel Savane - Saint-Denis
- Fréquence 4 minutes sur Côte-des-Neiges - René-Lévesque
- Fréquence 8 minutes au sud du centre-ville

- Périodes creuses



- Service régulier sur toute la ligne
- Fréquence de 7.5 à 10 minutes

16.5 JUSTIFICATION DU DIMENSIONNEMENT DU PARC DE MATÉRIEL ROULANT

Le parc du matériel roulant nécessaire pour assurer l'offre de transport, permettre les activités d'entretien, et pallier les éventuels accidents ou indisponibilités imprévues de rames, est de 26 rames. Ce dimensionnement est basé sur une fréquence d'exploitation minimale de 15 rames par heure et par sens sur le tronçon Savane – Saint Denis, et d'une vitesse commerciale de 18,1km.h obtenue à l'aide de simulations de marche type.

Ce dimensionnement est prévu pour subvenir aux besoins de la ligne pendant les 15 premières années d'exploitation.

C – PRINCIPES DE CONCEPTION

17.0 HYPOTHÈSES D'ETUDES GENERALES

17.1 RÉFÉRENTIEL NORMATIF

Le référentiel nord américain est utilisé partout où il est applicable et il est complété en cas de besoins par le dispositif normatif européen ou français.

En phase 2, les thèmes techniques abordés touchent à l'insertion urbaine, à la conception de voirie, à l'accessibilité des personnes à mobilité réduite à l'électrification du tramway, aux ouvrages d'art (dont un tunnel) et aux déviations des réseaux souterrains.

17.2 VALEURS DE DIMENSIONNEMENT CLIMATIQUES

Dans le cadre du projet du tramway de Montréal, les valeurs de dimensionnement climatiques suivantes vont être considérées:

- Température maximale: + 40 °C
- Température minimale: - 40° C
- Précipitation quotidienne de neige: 50 cm
- Vitesse maximale du vent (en rafale) : 160 km/h

17.3 TRACE DES VOIES

Les principales valeurs dimensionnantes sont les suivantes :

- Pente maximale constante: 6%
- Pente maximale ponctuelle: 8%
- Écartement de la voie: 1 435 mm
- Rayon horizontal minimal en ligne: 50 m
- Accélération non compensée (confort voyageur): 0,88 m/s²
- Secousse: ≤ 0,4 m/s³
- Accélération verticale: ≤ 0,2 m/s²
- Rayons verticaux minimums:
 - Concave: 500 m
 - Convexe: 700 m

17.4 GABARIT LIMITE D'OBSTACLE (GLO)

En mode guidé et en fonctionnement nominal la trajectoire des véhicules est imposée : ceux-ci ne peuvent pas dévier de leur voie pour éviter un obstacle fixe situé dans le volume qu'ils occupent quand ils passent, d'où l'importance de la notion de gabarit.

Le gabarit limite d'obstacle (GLO) sert à caractériser ce volume critique, qui est naturellement vide en l'absence du véhicule guidé, et donc transparent pour les autres usagers de l'espace public considéré. Le GLO définit ainsi l'espace à l'intérieur duquel aucun obstacle fixe ne doit être implanté, à l'exception toutefois du bord du quai, où l'on prend une valeur particulière compte tenu de la vitesse réduite du véhicule en station, de la bonne fondation et bonne liaison du quai avec la voie, limitant les déformations différentielles possibles.

Le GLO se développe tout au long du tracé de la ligne de transport guidé et il est intrinsèquement lié au véhicule concerné et à la position des supports de LAC. Les hypothèses retenues durant l'étude de la phase 2 sont présentées ci-après.

Figure 17.1 Voie double en alignement droit sans poteaux centraux

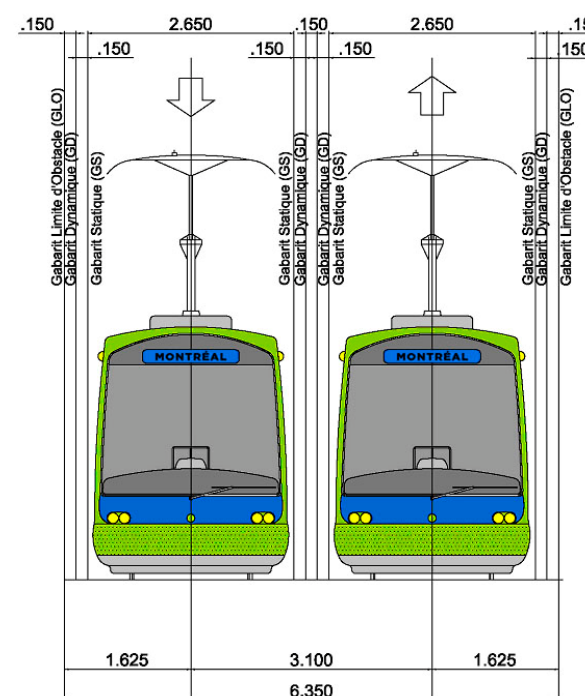
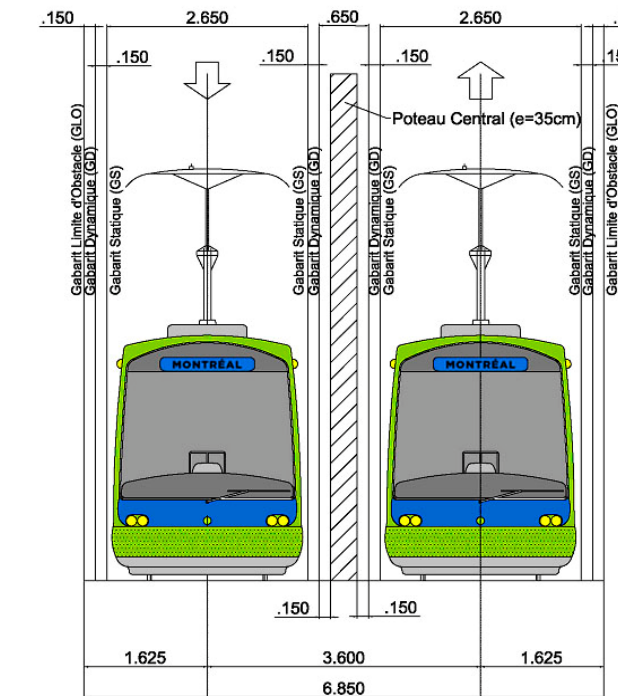


Figure 17.2 Voie double en alignement droit avec poteaux centraux



17.5 EXPLOITATION

En site propre intégral, les rames pourront circuler à 60 km/h maximum.

Dans les passages en courbe, les considérations de confort des passagers, mais aussi de sécurité, imposent également des limitations de vitesse :

Tableau 17.1 Limitation de vitesse en fonction du rayon en courbe

Rayon en courbe R (m)	Vitesse maximale théorique (km/h)	Vitesse maximale pratique (km/h)
50	25,5	25
75	31,2	30
100	36	35
150	44,1	40
200	50,9	50
300	62,4	60

La vitesse est également limitée dans toutes les configurations suivantes :

Tableau 17.2 Limitation de vitesse en fonction de facteurs externes

Cause de la réduction de vitesse	Situation / localisation	Vitesse limite (Km/h)
Environnement	Vitesse maximale d'exploitation	60
	Centre d'entretien	30
	Circulation en voie unique temporaire	30
	Entrée en Carrefour	40
	Circulation en site banalisée	Vitesse routière maximale
	Travaux sur et aux abords de la plateforme	10
	Traversée de passage piéton avec piéton à proximité	25
Matériel	Zone à forte densité piétonne	25
	Passage d'aiguille en voie directe par le talon	45
	Passage d'aiguille signalée en voie directe par la pointe	40
	Passage d'aiguille non signalée en voie directe par la pointe	20
	Passage d'aiguille en voie déviée	15
	Croisement d'une rame à l'arrêt	10
Situations d'exploitation	Passage de stations en HLP (sans rame à l'arrêt)	25
	Ouverture de voie	30
	Entrée en station	30

18.0 PRINCIPES D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN

18.1 EXPLOITATION

18.1.1 Principes d'exploitation

Les principes d'exploitation ont pour objectif de garantir :

- la circulation des tramways en ligne à l'intervalle minimal envisagé ;
- les changements de voie principale (retournements) dans les terminus ;
- les retraits et injections (garages/dégarages) de tramways affectés à la ligne, pour adapter au cours de la journée la capacité de transport offerte à la demande ;
- l'exploitation entre terminus intermédiaires en cas de perturbations en ligne (services partiels).

La ligne est exploitée avec des circulations de type omnibus et le changement de voies principales s'effectue par des manœuvres de retournement. En dehors des zones de manœuvre, les rames circulent sur la voie de droite et en marche avant.

Le véhicule est réversible et roule à droite. Le mouvement du tramway est géré par le conducteur dans un mode de conduite manuel en marche à vue. De ce fait, le conducteur doit être capable à tout instant de maîtriser sa vitesse afin de réaliser l'espacement nécessaire par rapport au tramway qui le précède et / ou de s'arrêter en toute sécurité devant un signal fermé ou un obstacle inopiné. Dans les zones de manœuvres, ou les zones à visibilité réduite, une signalisation spécifique est mise en place pour garantir la sécurité de l'exploitation.

Le conducteur s'assure du respect des horaires et des intervalles d'exploitation en suivant les horaires de départ de chaque terminus ainsi que les indications d'avance/retard données par son Système d'Aide à l'Exploitation (SAE) embarqué.

Pour maximiser l'attractivité de la ligne, le principe est d'accorder au tramway une priorité de passage absolue aux carrefours :

- un tramway isolé est systématiquement prioritaire pour franchir un carrefour à feux, sans ralentissement en dessous de la vitesse sécuritaire d'approche ;
- si le tramway ne s'est pas présenté au carrefour au-delà d'un dépassement du temps d'approche normal depuis sa détection, il peut perdre sa priorité et être obligé de marquer un arrêt au pied du feu ;
- un tramway en sens inverse se présentant au carrefour peu de temps après le premier tramway détecté bénéficie de la même phase de passage. Au-delà de cette possibilité de prolongation de la phase spéciale, il s'arrête au feu et il est pris en charge à partir de ce moment.

18.1.2 Principes fonctionnels du PCC

Dans le domaine de la surveillance et de l'exploitation de lignes de tramways, le maintien de la qualité de service conduit à la nécessité d'une centralisation rationnelle des contrôles et des commandes.

La centralisation des commandes permet la mise en œuvre :

- Des fonctions liées à la gestion du trafic : gestion des circulations, régulation du trafic, gestion de l'énergie, du parc de matériel roulant, aide aux conducteurs, gestion des conducteurs, contrôle de l'exploitation;
- Des fonctions liées aux activités commerciales : information des voyageurs, gestion de la billetterie, respect des règles de transport;
- Des fonctions liées à la sécurisation du réseau : environnement et sûreté, gestion des accès;
- D'autres fonctions transversales à celles citées ci-dessus, notamment le signalement et le suivi des anomalies, la gestion des consignes, la préparation de l'offre de transport, la formation du personnel.

L'organisation du PCC doit permettre, à tout moment, de gérer les fonctions d'exploitation assurant la continuité du service commercial. Le PCC est organisé autour d'opérateurs (régulateur, information voyageur,..) dont les postes de travail sont disposés de manière à favoriser les échanges directs, le partage d'information, et l'analyse de situations, sans toutefois constituer une gêne dans les activités individuelles. La salle doit être équipée

- d'un Tableau de Contrôle Optique présentant le plan de voies, la position des rames sur l'ensemble de la ligne et le contrôle de la présence tension sur l'ensemble de la ligne (à confirmer);
- d'armoires de rangement, de dispositifs d'affichage (notes, consignes, etc.), d'un tableau blanc;
- de moniteurs de surveillance placés à différents points de la ligne;
- 4 positions de travail au PCC où les pupitres sont implantés de telle manière que chaque opérateur du PCC puisse, de son poste de travail, distinguer aisément toutes les informations affichées sur les tableaux de contrôle.

Au niveau des stations, les équipements sont intégrés dans les armoires techniques de station (une par quai). Le quai principal est celui qui reçoit l'alimentation BT, l'autre est le quai secondaire. L'armoire technique quai principal "armoire BT" comprend (en particulier) le tableau électrique, l'onduleur (capacité de l'ordre de 3 heures), et la sonorisation du quai. L'armoire technique quai secondaire comprend (en particulier) : le nœud RMS, la sonorisation du quai, l'API GTC, les codeurs en enregistreur Vidéo. Enfin, le mobilier de chaque quai comprend un distributeur de titres de transport (ou au minimum la place pour en installer un), une borne d'information voyageur, des haut-parleurs, et un téléphone d'appel d'urgence.

18.2 ENTRETIEN

18.2.1 Principes d'entretien

L'entretien regroupe l'ensemble des activités qui visent à maintenir ou à rétablir l'état ou les conditions nominales de sûreté de fonctionnement d'un système ou équipement. On distingue généralement ce qui relève de :

- L'entretien courant, qui consiste en des opérations régies par des procédures simples dont la mise en œuvre régulière assure le bon fonctionnement du système de transport.
- Les opérations non courantes d'entretien majeur, correspondant à des investissements « extraordinaires », programmées dans le cadre de plans d'action prévisionnels.

La durée de vie des équipements d'une ligne de tramway dépend de plusieurs facteurs qui sont la durée de vie pour laquelle les produits ont été conçus par le fabricant, l'entretien effectuée sur les équipements, et la catégorie du système (certains systèmes deviennent obsolètes car ils ne sont plus aptes à répondre à de nouvelles prestations). La politique de renouvellement est donc étroitement liée à la politique d'entretien qui doit avoir comme objectif l'optimisation de la durée de vie du système de transport.

L'entretien du matériel roulant doit permettre d'atteindre les standards de qualité de service vis à vis des voyageurs en termes de sécurité de fonctionnement, disponibilité pour l'exploitation de la ligne, et propreté du matériel roulant. Il s'organise habituellement autour des activités de nettoyage, les visites quotidiennes de sécurité réalisées à chaque retour au CdEE, l'entretien courant et l'entretien lourd.

Les opérations d'entretien courant se décomposent en deux types :

- L'entretien préventif, qui a pour but de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien. On distingue généralement l'entretien systématique basé sur un calendrier préétabli des opérations de révision, l'entretien conditionnel subordonné à des événements prédéterminés (seuil d'usure, température...), et l'entretien prévisionnel subordonné à l'analyse de l'évolution de paramètres significatifs.
- L'entretien correctif, qui consiste à réparer ou changer des équipements défectueux.

L'entretien des installations (bâtiments, voie ferrée, énergie de traction, lignes aériennes...) et équipements fixes d'exploitation (signalisation ferroviaire, billettique, vidéosurveillance, information voyageur,...) de la ligne tramway nécessite les principales activités suivantes :

- Voie ferrée : inspections visuelles, parcours en cabine de conduite, vérification de l'usure des rails, du système de drainage, balayage mécanisé de la plateforme;
- Bâtiments : inspections visuelles, nettoyage;
- Énergie – Ligne Aérienne de Contact : visites des sous-stations, entretien des batteries, contrôle de l'usure du fil de contact et de la flèche, du désaxement, contrôle de la tension mécanique;
- Systèmes d'Exploitation et Signalisation : inspections de courte durée, analyse des signalements reçus au PCC.

En hiver, les opérations de déneigement de la plate-forme en ligne et de déglacage de la gorge du rail / du fil de contact pourront être sous-traitées et réalisées sous le contrôle du personnel d'entretien des installations fixes.

18.2.2 Centre d'entretien et d'exploitation

Le Centre d'Entretien et d'Exploitation (CdEE) est conçu pour permettre les opérations d'entretien courant du matériel roulant et des installations et équipements fixes de la ligne, ainsi que certaines opérations d'entretien lourd du matériel roulant (désolidarisation des caisses, dégroupage des bogies, échanges d'organes). En revanche, le CdEE n'est pas prévu pour des opérations de type rénovation à mi-vie qui nécessitent des surfaces importantes et des moyens industriels lourds sur une durée limitée au bout d'environ 15 à 20 ans.

Le CdEE est composé des bâtiments suivants et de leurs installations associées :

- Un hall d'entretien du matériel roulant tramway intégrant des équipements industriels permettant d'accéder aux parties hautes et basses du matériel roulant;

- Des ateliers, magasins et aires de stockage pour les installations fixes de la ligne tramway;
- Une station service Tramway pour les opérations d'entretien et les contrôles quotidiens, équipée d'une machine à laver Tramway au défilé et d'une installation de remplissage des sablières;
- Un hall pour le lavage manuel des rames tramway;
- Un bâtiment administratif à l'usage du personnel d'entretien et d'exploitation qui comprend notamment le Poste de Commande Centralisé (PCC) et les bureaux de l'administration;
- Un remisage du parc tramway dimensionné pour 40 véhicules;
- Une sous-station de redressement pour l'alimentation en énergie Traction 750 V du dépôt ainsi que l'alimentation en énergie BT propre aux besoins de l'ensemble du dépôt;
- Un espace de stationnement des véhicules de service et d'entretien;
- Des zones de manœuvre pour les camions (dimensionnées pour des semi-remorques) lors des livraisons des équipements et du magasin.

Tous les cheminements des piétons sur le site sont délimités et sécurisés.

19.0 MATÉRIEL ROULANT

Le matériel roulant de la première ligne de tramway, à l'instar de celui des autres lignes de tramway modernes dans le monde, devra offrir un moyen de transport efficace et confortable à ses utilisateurs. Il doit représenter une façon agréable de se déplacer et projeter une image moderne d'un mode de transport éprouvé. De plus, les véhicules devront être facilement accessibles aux personnes à mobilité réduite.

19.1 PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

Le matériel roulant est bidirectionnel, de type articulé avec intercirculation. Il est équipé de portes d'accès sur les deux côtés du véhicule.

Les études d'exploitation conduisent à retenir un véhicule court, de 30 à 35 m de longueur et d'une largeur de 2,65m. Le nombre et la longueur exacte des caisses et des articulations constituant le véhicule dépendront des solutions techniques proposées par les manufacturiers.

Tramway de Bordeaux



La capacité d'un véhicule en charge normale est évaluée à environ 200 passagers, calculée sur la base de 4 personnes par m², tous les sièges fixes étant occupés. Le taux de confort (% de voyageurs assis) pour cette charge de 4 voyageurs debout par m² devra être au minimum de 40% et devra pouvoir évoluer avec le système afin de permettre de prendre en compte le plus aisément possible une augmentation substantielle de la fréquentation.

En service normal, la conduite se faisant avec un seul agent, le tramway est équipé d'un dispositif assurant le contrôle de la vigilance du conducteur du type veille automatique à contrôle d'appui. Le conducteur dispose de deux possibilités de conduite, la conduite normale et la conduite en manœuvre. Un système d'aide à l'exploitation informe le conducteur de l'horaire, des retards et des incidents.

Le véhicule doit pouvoir fonctionner en régimes dégradés. Ces régimes sont fonction de l'équipement qui est en panne, et de la conséquence de cette panne sur le fonctionnement normal du véhicule.

19.2 ACCESSIBILITÉ DU VÉHICULE

Les échanges en station doivent se dérouler dans le laps de temps le plus court possible afin de minimiser la durée de stationnement, tout en assurant la sécurité et le confort des voyageurs en transfert. Le tramway étant exploité en mode réversible, les portes seront réparties de chaque côté du véhicule, sur toute sa longueur, en maximisant la largeur de ces portes et en minimisant leurs temps d'ouverture et de fermeture. Dans le contexte nord-américain, une hauteur libre de 2,1 m est préconisée pour l'ouverture des portes.

Pour assurer la sécurité du mouvement des voyageurs et permettre l'accès des personnes à mobilité réduite (PMR), la hauteur définitive des quais sera déterminée en fonction de la hauteur de plancher du matériel roulant qui sera choisi. Le seuil au niveau des portes sera abaissé au maximum afin d'obtenir une hauteur minimum des quais. Les lacunes horizontales et verticales entre le quai et le seuil des portes sera le plus réduit possible afin de faciliter l'accès aux véhicules et respectera les normes nord-américaines en matière d'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite.

19.3 AMÉNAGEMENT DU VÉHICULE

Le véhicule sera doté d'un plancher bas sur au moins 50% de l'espace voyageurs, afin d'en faciliter l'accès à tous les voyageurs, incluant les personnes à mobilité réduite. La circulation des voyageurs à l'intérieur et entre les compartiments sera facilitée en limitant au maximum le nombre de changements de hauteur de plancher sur la longueur du véhicule et en limitant la présence d'obstacles fixes, constitués par des composants du véhicule, ou d'obstacles mobiles, créés par les voyageurs installés sur des assises relevables aux abords des accès.

19.4 CONFORT

Les véhicules seront conçus de manière à assurer le confort des voyageurs et ce, à différents niveaux :

- confort dynamique : assuré en limitant les accélérations et décélérations auxquelles seront soumis les voyageurs. Des mesures seront prises afin de limiter leur exposition aux chocs, aux secousses ainsi qu'aux vibrations produites par le véhicule et par son exploitation sur la voie.
- confort thermique : assuré par un système de chauffage et de climatisation adapté aux conditions climatiques de Montréal. En été, la climatisation permettra d'obtenir une température intérieure inférieure de quelques degrés à la température ambiante extérieure et de contrôler le niveau d'humidité. En hiver, la température du compartiment des voyageurs sera maintenue à une température de l'ordre de 10 à 15°C. L'apport d'air frais variera entre 10 et 20 m³/passager/heure, en fonction de la température extérieure et du nombre de passagers.
- confort visuel : fonction des surfaces vitrées, de la répartition de l'éclairage artificiel et de l'harmonie des couleurs des revêtements. Le contraste des couleurs utilisées permettra d'identifier les zones de circulation des voyageurs dans le véhicule. L'aménagement des surfaces vitrées devra permettre à l'ensemble des voyageurs, en position assise et debout, d'avoir une bonne vision sur l'extérieur et plus particulièrement sur les informations en station qui leur sont destinées. En lumière naturelle, le niveau d'éclairage nécessaire sera donné par la luminosité extérieure. Lorsque le niveau d'éclairage naturel ne devient plus suffisant pour assurer une luminosité correcte à l'intérieur du véhicule, un éclairage artificiel sera mis en marche automatiquement.
- confort acoustique : le véhicule devra être particulièrement silencieux. Il importe donc de limiter les bruits à la source par tous les moyens appropriés.
- confort olfactif et tactile : afin d'éviter les odeurs désagréables à l'intérieur du véhicule, un niveau de ventilation et d'air neuf minimum sera constamment maintenu, quel que soit le régime de climatisation ou de chauffage. L'aménagement intérieur du véhicule sera réalisé pour éviter toute zone de rétention de liquide ou de partie cachée incitant les voyageurs à y déposer des débris.

19.5 PERFORMANCE DU VÉHICULE

L'énergie électrique nécessaire à la traction et au freinage du tramway sera fournie par l'intermédiaire d'une ligne aérienne de contact distribuant du courant continu à une tension nominale de 750 V. Les principes de développement durable guideront certains choix relatifs au matériel roulant. Ainsi, une faible consommation d'énergie pourra être recherchée au moyen de l'utilisation de freinage par récupération (au besoin dans les sous-stations), de la minimisation de la consommation des auxiliaires (climatisation / chauffage notamment) et d'une réduction de la masse du véhicule.

La vitesse maximale du tramway sera d'au moins 70 km/h. Les autres critères de performance, tels que l'accélération, la décélération et le taux de secousses (jerk rate) seront déterminés pour tous les états de charge du matériel roulant, de vide à sa charge maximale de passagers, au cours des études ultérieures.

Le dimensionnement des organes et équipements du tramway doit prévoir un fonctionnement quotidien moyen de 20 heures et 30 minutes (de 5h30 à 2h00), et exceptionnellement pendant 24 heures consécutives (comme par exemple lors d'abondantes chutes de neiges durant la nuit).

19.6 INFORMATIONS DESTINÉES AUX VOYAGEURS

Les systèmes d'informations aux voyageurs ont pour objectif d'aider les voyageurs à se déplacer sur la ligne et de leur indiquer des événements particuliers qui peuvent avoir une influence directe sur leur déplacement ou leur sécurité.

Des systèmes permettant de transmettre les informations pertinentes aux voyageurs, sous forme visuelle ou sonore, seront intégrés aux véhicules en tenant compte du fait qu'ils seront capables d'accueillir l'ensemble de la population, y compris les malvoyants et les malentendants.

19.7 ENVIRONNEMENT OPÉRATIONNEL

La prise en compte de l'environnement opérationnel est cruciale pour la réussite du projet, puisqu'une conception mal adaptée peut impacter directement la qualité globale du service. Dans le cas présent, les conditions hivernales et la présence de fortes pentes sur le parcours du tramway sont les deux principaux éléments particuliers à prendre en compte.

19.7.1 Conditions hivernales

Les informations reçues de certains constructeurs ainsi que celles recueillies de la part d'autres exploitants au cours du colloque de juin 2010 organisé à Montréal sur les impacts des conditions climatiques sur le matériel roulant se déclinent en quatre catégories :

- température : cette contrainte ne soulève pas de problématique particulière, à condition de prendre les précautions nécessaires, telles que le chauffage de certaines composantes (batteries, portes, composantes électroniques) et l'utilisation de fluides adaptés au climat (huiles hydrauliques par exemple);
- taux d'hygrométrie : cette contrainte est pénalisante pour les équipements pneumatiques. Dans le cas de matériels trams, les volumes d'air comprimé embarqués sont faibles (freinage électro-hydraulique). Les groupes de climatisation voient en général leurs performances se dégrader de manière sensible lorsque le taux d'hygrométrie augmente. Ce point ne doit cependant pas poser de problématique particulière, des groupes de climatisation fonctionnant dans de nombreux pays tropicaux (Asie du Sud-Est notamment) ;
- taux de pluviométrie et d'accumulation de neige et de glace : cette contrainte ne change pas les indices de protection des équipements classiques, mais impose des exigences spécifiques sur l'aménagement des véhicules. Au niveau du sous-châssis, des précautions doivent être prises concernant le « ramasse-corps » afin de ne pas entraîner des déclenchements intempestifs de ce dernier. Des précautions devront être prises de manière à éviter une accumulation excessive de neige sur les voies, en particulier au niveau des intersections, et assurer tant que possible une quantité de neige inférieure à 5-10cm.

- salinité : l'utilisation de sels de déglacage en hiver imposera des choix de matériaux et surtout de modes de construction évitant l'accumulation de sel (pas de matériaux poreux, soudure par cordon continu, moteurs scellés...). D'après les constructeurs, le meilleur remède à cette problématique consiste à effectuer un lavage régulier des rames.



19.7.2 Franchissement des rampes

Le profil en long de la variante à niveau de la ligne de tramway comporte quelques sections sur lesquelles les pentes sont de l'ordre de 4 à 8%, et trois sections avec des pentes supérieures à 8%.

Ces fortes pentes imposent des contraintes sur le matériel roulant qui doit pouvoir rester opérationnel dans les cas les plus défavorables :

- Mode dégradé : moteur perdu,
- Problèmes thermiques causés par l'échauffement des organes de frein mécanique.

Afin de garantir une disponibilité suffisante (adhérence dégradée et 1 bogie moteur inactif), et également une vitesse en rampe la plus élevée possible, un taux de motorisation de 100% (tous les essieux sont motorisés) est la solution la plus appropriée pour faire face à la présence des fortes pentes rencontrées sur le tracé de la première ligne.

20.0 PRINCIPES D'AMÉNAGEMENT URBAIN

Les principes d'aménagements proposés en Phase 2 traduisent un « esprit » général qui devra être confirmé dans les phases subséquentes par les élus responsables de l'urbanisme et partagé par l'ensemble des services qui auront à décliner, compléter et enrichir ces principes.

20.1 CRITÈRES D'AMÉNAGEMENT

Cinq critères d'aménagement sont proposés dans cette section :

- La lisibilité
- La simplicité
- La fluidité et sa continuité
- La générosité et son confort
- La clarté de ses enchaînements

Les cinq critères proposés relèvent du simple bon sens, et ont pour objectifs de se prémunir d'un aménagement fait de disparité, de succession, de cloisonnement, d'accumulation, d'hétérogénéité et de déséquilibre qui, le plus souvent, président à la constitution des espaces publics contemporains.

Une politique des espaces publics des voies empruntées par le tramway doit, semble-t-il, renouer avec une certaine tradition, une certaine discrétion. Le projet doit confirmer l'identité des séquences urbaines traversées, maillon fondamental du réseau réinscrit dans la longue tradition de la voirie montréalaise alliant intégration et efficacité des différentes fonctions, espace public généreux, évidence et simplicité morphologique, facilité d'utilisation et de gestion

20.1.1 La lisibilité

Les usagers d'un lieu public doivent pouvoir saisir immédiatement le statut et l'enchaînement des fonctions de l'espace qui leur sont proposés, ils doivent pouvoir embrasser et comprendre d'un seul regard l'entité et la plénitude de la forme de cet espace. On devrait pouvoir déterminer spontanément et très simplement la nature et le statut de l'espace public proposé en faisant référence à des archétypes spatiaux que la ville a historiquement confirmés : le boulevard et ses deux trottoirs, la place, le carrefour, le square, etc. Sans refuser l'innovation, il s'agit de résister à formuler des espaces ambigus dont les limites sont floues et le statut indéterminé.

En s'appuyant sur l'analyse urbaine afin d'appréhender les différents espaces sur lesquels intervenir, des séquences ont été déterminées où le tramway doit chercher à affirmer sa présence ou s'effacer vis-à-vis de la forme urbaine existante.

20.1.2 La simplicité

La véritable qualité de l'espace public s'obtient dans la retenue, la mesure, l'économie (au sens noble),... , bref, la simplicité.

L'aménagement de l'espace public ne constitue pas une intervention artistique. Il ne s'agit pas de réaliser une architecture spectacle mais bien une architecture discrète, qui donne l'impression d'avoir toujours été là. Il faut, bien au contraire :

- s'opposer avec fermeté à toutes les complications, toutes les déformations, les surcharges proposées sur le domaine public ;

- résister aux logiques techniciennes exclusives qui, au nom de la fluidité de la circulation des automobiles, de la juxtaposition des réseaux, des incontournables sécurités ou vitesse commerciale du nouveau système de transport, distordent les composantes de l'espace en les privant de leur continuité ;
- mettre en doute le bien-fondé des baies de virages, du terre-plein central, de tout ce qui va à l'encontre du parallélisme des bordures, de tout ce qui préside à l'encombrement abusif et anarchique du sous-sol en stérilisant le sol, de tout ce qui privilégie une pratique en aliénant le territoire des autres ;
- résister à la logique des ajouts faits au coup par coup pour palier hâtivement aux dysfonctionnements et aux conflits d'usage ;
- refuser les projets modificatifs lorsqu'ils sont faits par des services différents et lorsqu'ils ne reconsidèrent pas l'ensemble des conditions et des usages de l'espace. Il est facile d'ajouter, d'accumuler, de surenchérir mais la véritable maîtrise est, au contraire, celle de soustraire pour ne laisser dans un projet que l'essentiel.

La seule vraie complexité de l'espace public est celle de la variété des gens et de la diversité de leur pratique.

20.1.3 La fluidité et sa continuité

Toutes les formes de discontinuité doivent être évitées ou combattues : les ruptures de niveau trop prononcées, les variations inexplicables de l'emprise des voies et des trottoirs, la dissymétrie conjoncturelle de ces mêmes trottoirs alors que personne n'est capable aujourd'hui, d'anticiper quel est le bord de la rue qui sera ou non privilégié demain par les piétons.

Afin de garantir ce critère, un cahier des hypothèses de conception a été établi en premier lieu pour homogénéiser les règles de conception des espaces. Puis, en se basant sur les conclusions du diagnostic urbain, dix séquences d'insertion qui allient identité du milieu traversé et possibilité d'insertion continue ont été identifiées.

20.1.4 La générosité et son confort

Au fil des années, à l'image de nombre de villes, une place de plus en plus importante a été laissée à l'automobile sur les axes urbains. Il existe aujourd'hui, le long du tracé, des axes où le nombre de voies de circulation à traverser rend malaisés les contacts entre les deux « rives » des rues. Les trottoirs doivent avoir comme ambition première celle de combler progressivement ce déficit.

L'arrivée d'un nouveau mode de transport urbain nécessite la mise en place d'un ensemble de dispositif de confort et de sécurité. Afin de garantir l'accessibilité universelle, les aménagements conçus répondent aux exigences de continuité des sols, système de guidage et de détection de la plateforme du tramway, rampe d'accès à pente douce aux quais des stations, généralisation des bandes podotactiles pour équiper les passages piétons, alignement de l'ensemble des émergences sur les trottoirs, conception d'un éclairage urbain avec foyer d'accentuation au droit des traversées piétonnes...

20.1.5 La clarté de ses enchaînements

Les espaces publics d'une ville doivent constituer un réseau continu, lisible et hiérarchisé.

Ce réseau doit avoir la capacité d'assurer, dans sa diversité, les relations entre tous les quartiers de la ville et au-delà. Tout projet sur un espace public particulier doit explicitement prendre en compte la dimension transversale des enchaînements du réseau. L'espace public n'est pas qu'un vide laissé par les constructions, vide que l'on occupe au gré des besoins. Il est la première composante de la ville, ses liaisons avec d'autres en tissent l'armature. De ces enchaînements dépendent l'identité et la lisibilité de la forme urbaine. Il est évident qu'une ligne de tramway va permettre de relier les quartiers de la ville. Il n'est pas pour autant acquis qu'elle le fasse en garantissant la conservation de ce qui fait la singularité de chaque quartier desservi.

20.2 PARTI PRIS D'AMÉNAGEMENT

Ce chapitre rend compte des réflexions qui ont eu lieu sur une approche globale de la question du traitement des espaces publics autour du tramway. Elles ont guidées les recherches de solutions pour les différentes variantes proposées dans l'étude.

Issu de la diversité des sites et de l'hétérogénéité des quartiers traversés, les aménagements proposés devront présenter des qualités de simplicité, d'efficacité et de générosité qui ont fait la fortune du modèle des voies urbaines; ils inscriront ces qualités dans le paysage urbain clair, lisible et continu qui contribuera à renforcer l'identité montréalaise. Cette identité s'exprime aujourd'hui dans la disposition, sauf rares exceptions, des façades du bâti en retrait de l'alignement des voies; elle est magnifiée et soulignée par des plantations irrégulières de beaux et grands arbres, qui forment l'armature paysagère des voies.

La décision prise à l'issue des études préliminaires d'utiliser le tracé Côte des Neiges, Guy, René-Lévesque, Berri, de la Commune et Peel, inscrit d'emblée le projet dans une dimension métropolitaine ; elle a également permis à la ville d'affirmer son ambition d'engager, à l'occasion de l'aménagement de cette nouvelle ligne de transports en commun, une requalification de l'ensemble de ces espaces publics, articulations entre le centre-ville et les quartiers situés au nord du mont Royal.

Cette requalification va être l'occasion d'une redistribution de l'espace public des voies empruntées. Celle-ci va bien sûr réduire en partie l'espace aujourd'hui occupé par l'automobile ; il faudra également intégrer l'ensemble des usagers, piétons, commerçants, livreurs, services de secours, de déneigement... et trouver la juste place du système de transport tout en conservant un ensemble cohérent.

Paradoxalement, parmi toutes les questions que pose le projet urbain du tramway de Montréal, c'est l'« objet tramway » - le matériel roulant et l'infrastructure qui lui est associé - qui est le plus évident à appréhender. Contradiction car il s'agit du seul élément nouveau en termes de fonction urbaine. Le tramway est un système rapide et lourd de transport (rame d'une longueur de 30-35 mètres contre 18 mètres pour les bus articulés), en site propre, dont le fonctionnement et l'efficacité exigent une priorité absolue aux différents carrefours. Il est aujourd'hui un mode de transport urbain dont l'accessibilité, l'efficacité et la rapidité doivent être optimales. Ces objectifs sont atteints en adoptant des stations surélevées, dont la longueur (quais, rampes d'accès, contrôle d'accès compris) est supérieure à 50 mètres, et des tracés dont la continuité longitudinale et en profil en long doit être recherchée au maximum. Le tramway est un objet technique, doté d'une géométrie, d'un dimensionnement et de contraintes spécifiques, dont l'insertion urbaine peut entrer en conflit avec les autres modes de déplacement et le dessin général de l'espace public montréalais, caractérisé par sa régularité, sa continuité, sa simplicité et sa lisibilité. L'objectif de la démarche de projet est de trouver la juste place de ce système lourd et exogène, sans altérer son efficacité mais sans pour autant y assujettir l'ensemble du paysage urbain.

Les axes desservis par la première ligne de tramway sont des archétypes des rues montréalaises. Ils possèdent une très forte identité, faite de contrastes et de diversités. Au lieu de rechercher une nouvelle « identité » spécifique au tramway, l'aménagement de la ligne doit permettre de confirmer et renforcer le caractère éminemment montréalais de ces rues, boulevards et autres places. Le projet du tramway devrait se fondre dans un espace public fidèle à la convention et aux qualités encore très actuelles de l'espace public montréalais.

Le projet de tramway transforme l'espace urbain de la ville, mais c'est avant tout un projet de transport, à mettre en perspective dans le réseau de transport métropolitain de Montréal (STM). L'une des raisons du choix du tracé pour l'implantation du tramway est l'interconnexion avec les lignes de métro, et les trains de banlieue au niveau de la gare centrale et de la gare Lucien l'Allier. La capacité du tramway, sans commune mesure avec les bus actuellement en place, augmentera significativement l'efficacité de ces relations fondamentales entre les deux modes de transport. L'insertion du tramway devra veiller à faciliter l'intermodalité entre les différents modes de transport urbain. En effet, la mise en valeur des points d'échange constitue un enjeu important de l'aménagement du Tramway de Montréal, tant au plan fonctionnel (réduction des temps d'échange, lisibilité et confort) qu'au plan symbolique. Elle renforce l'attractivité du tramway en particulier et des transports en commun en général.

Les principes d'aménagement rappelés ci-dessus ont servi de base pour le travail sur les études de variantes d'insertion.

21.0 PRINCIPES FONCTIONNELS DE CONCEPTION DES STATIONS

Le programme fonctionnel des stations décrit la dimension d'insertion de ces espaces d'échange entre le système de transport et son environnement. Il propose un concept architectural préliminaire et définit les configurations géométriques et les aménagements possibles des stations.

21.1 CONFIGURATION DES STATIONS

Cette partie présente les différents types d'insertion de la plate-forme et les typologies d'implantations des stations. L'option quai central a été considérée mais non retenue dans le projet.

21.1.1 Les quais latéraux en vis à vis

Cette disposition est couramment adoptée sur les projets de tramway. Le site propre et la station font 12 mètres de large (2 quais de 3 mètres et un site propre de 6 mètres). Les quais sont d'une longueur constante de 40 mètres. Au niveau fonctionnel, les quais sont alors perçus comme un « refuge » entre voie ferrée et chaussée. La lisibilité de la station est optimale pour l'utilisateur, qui trouve ici un point d'accès au réseau clairement identifié (choix des directions, multiplicité des informations).

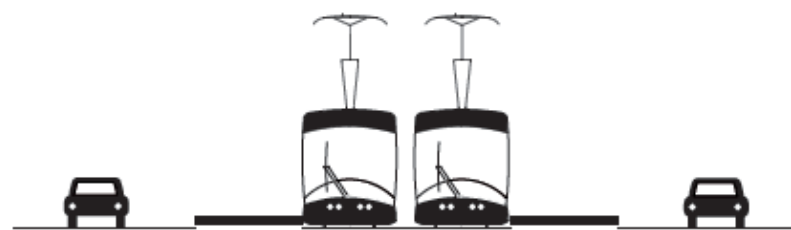
21.1.2 Un quai latéral et un quai trottoir

Cette disposition est couramment adoptée sur les projets de tramway dont l'insertion est latérale. Au niveau urbain et paysager, cette configuration est la plus compacte, et le vis à vis créé entre les deux quais participe à spécialiser ce lieu pour les transports publics. Cela permet de limiter l'emprise du projet : le site propre et la station font 11.50 mètres de large (1 quai de 3 mètres, 1 quai-trottoir de 2.50 mètres minimum et un site propre de 6 mètres). Les quais sont d'une longueur constante de 40 mètres.

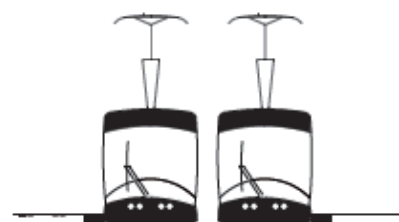
21.1.3 Deux quais trottoir

Cette disposition est adoptée sur les axes piétonnisés. Cette configuration est la plus propice aux déambulations piétonnes. Elle permet une insertion très compacte du projet (2 quais-trottoirs de 2.50 mètres minimum et un site propre de 6 mètres). Les quais sont d'une longueur constante de 40 mètres.

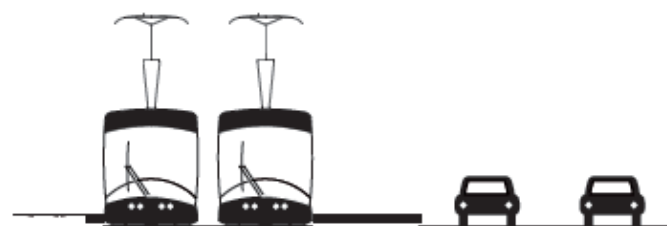
Figure 21.1 Typologie des quais des stations



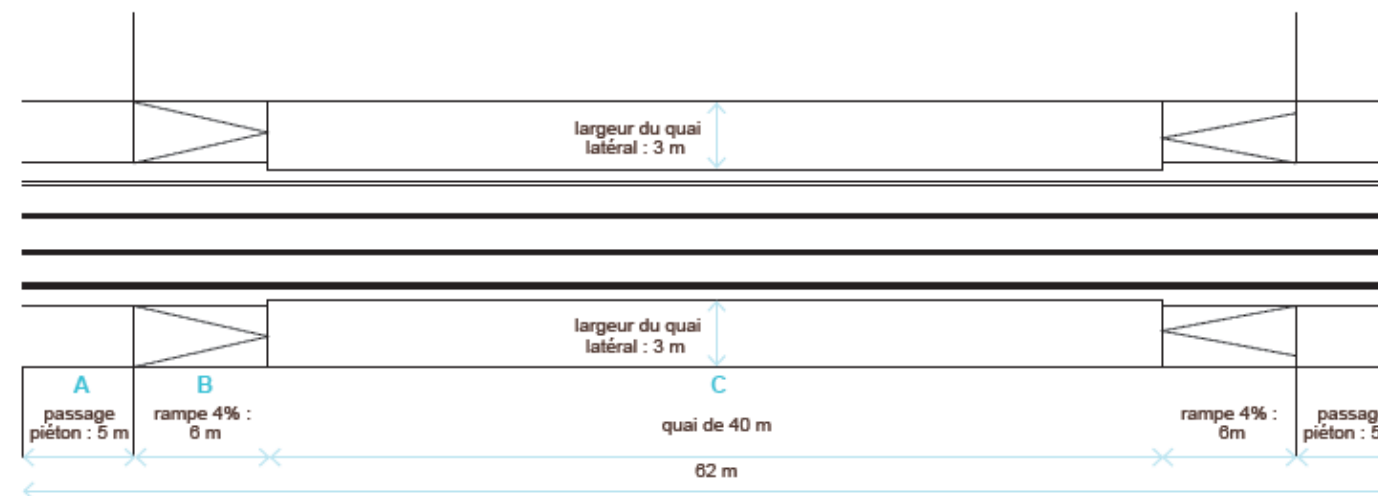
1-A DEUX QUAIS LATÉRAUX EN VIS À VIS



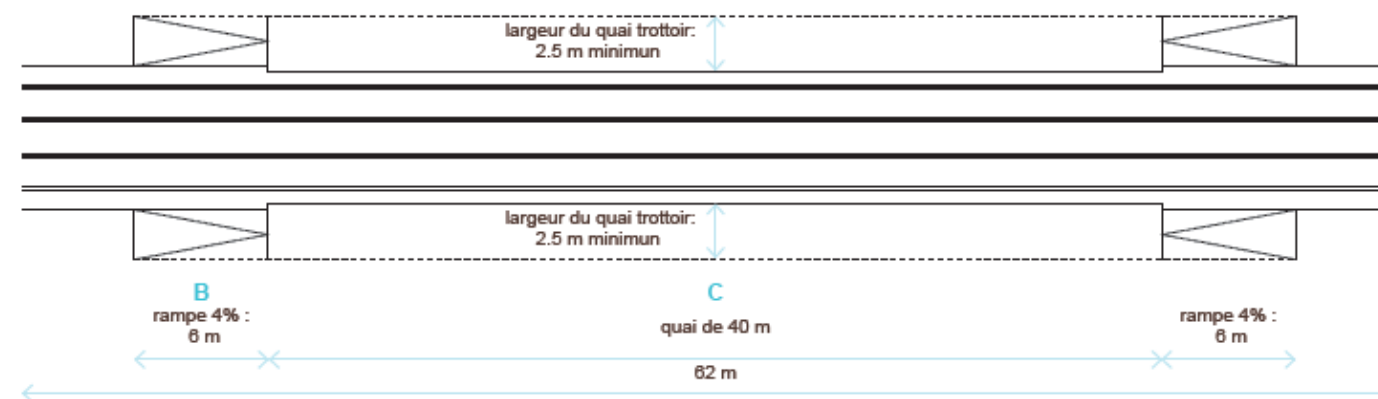
1-B DEUX QUAIS TROTTOIRS



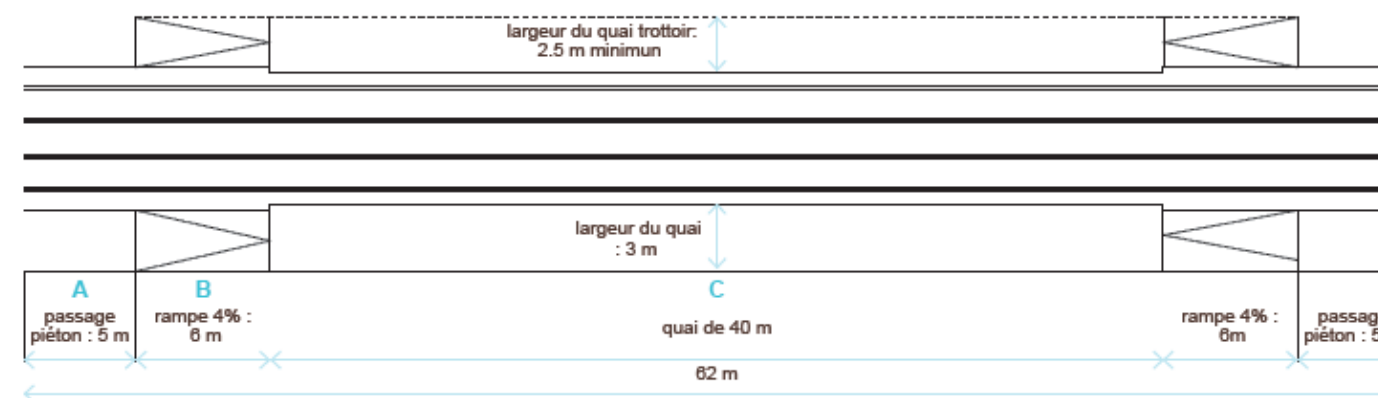
2- UN QUAÏ TROTTOIR ET UN QUAÏ LATÉRAL



1-A LES QUAÏS LATÉRAUX EN VIS À VIS - PLAN



1-B DEUX QUAÏS TROTTOIRS - PLAN



2- UN QUAÏ LATÉRAL ET UN QUAÏ TROTTOIR - PLAN

Ech. 1/500

21.2 AGENCEMENT DES STATIONS

Les lignes directrices sont les suivantes :

- Hauteur des mâts d'éclairage et supports de LAC: + 9.50m
- Axe du totem: + 5.00m
- Hauteur de l'abri: + 2.70m
- Axe de la signalétique: + 1.70m
- Axe de signalisation cartographique: + 1.40m
- Hauteur d'assis: + 0.45m

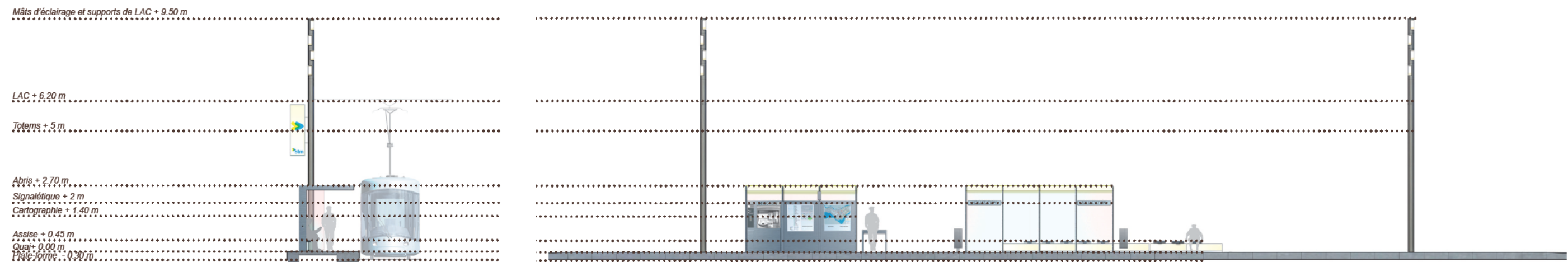
Les quais sont éclairés par différentes sources lumineuses provenant :

- Des mâts d'éclairage
- Des totems
- Des sous- faces des abris
- Des caissons d'assise

Les composants type de la station sont présentés ici. L'équipement des stations est organisé en modules de 1.50m. La station est évolutive Des abris seront facilement ajoutés ou modifiés en fonction :

- De la longueur du matériel roulant
- Des modifications d'achalandage
- Des saisons (en hiver : abris clos et chauffés)

Figure 21.2 Lignes directrices des hauteurs en station

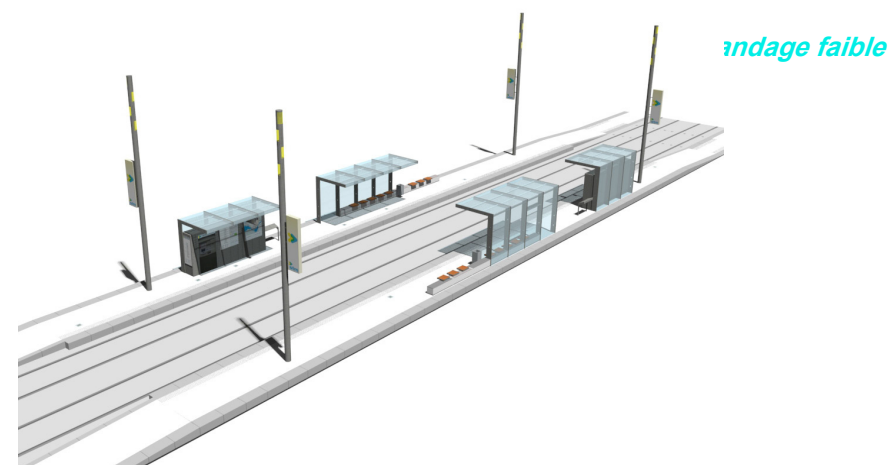


21.3 ÉQUIPEMENTS DES STATIONS

Longs de 40 mètres, les quais ne seront équipés que sur 30 mètres dans un premier temps (pour s'adapter à la longueur du matériel roulant).

Les stations connaîtront des taux de fréquentation différents selon leur situation ; trois types d'achalandage ont été prévus par les simulations : faible, moyen et fort. L'équipement des stations sera adapté à l'achalandage.

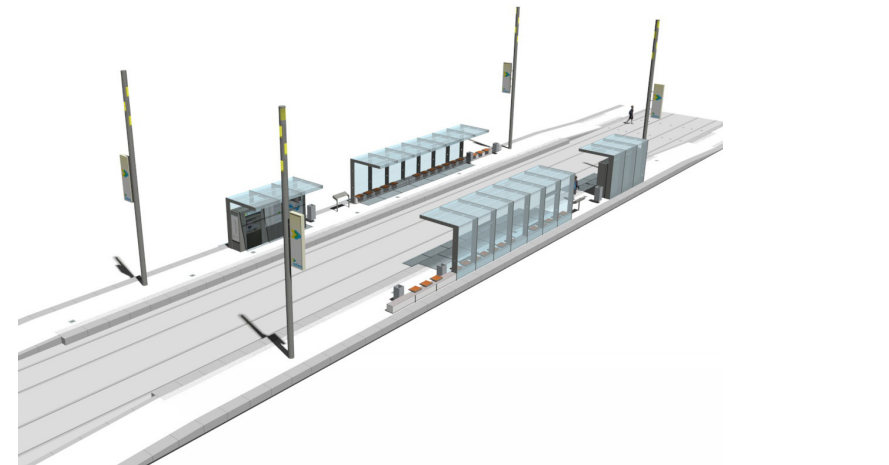
Figure 21.3 Station à achalandage faible



Équipement par quai

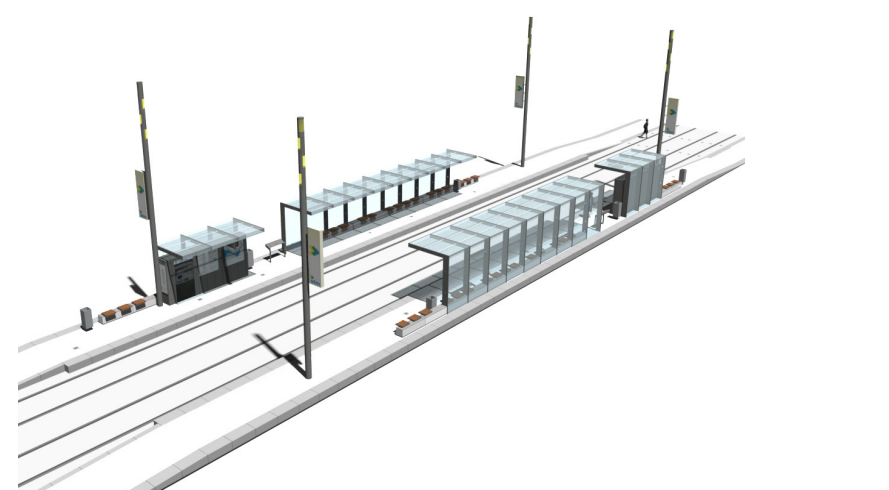
- 7 modules abris (1,50 mètres)
- 1 assis-debout
- 8 sièges
- 2 corbeilles
- 1 BIV
- 3 supports signalétiques
- 3 supports cartographiques
- 2 supports de LAC et d'éclairage
- 1 ADUP
- 2 armoires techniques

Figure 21.4 Station à achalandage moyen



- 10 modules abris (1,50 mètres)
- 1 assis-debout
- 13 sièges
- 3 corbeilles
- 1 BIV
- 3 supports signalétiques
- 3 supports cartographiques
- 2 supports de LAC et d'éclairage
- 1 ADUP
- 2 armoires techniques

Figure 21.5 Station à achalandage fort



- 12 modules abris (1,50 mètres)
- 1 assis-debout
- 18 sièges
- 3 corbeilles
- 1 BIV
- 3 supports signalétiques
- 3 supports cartographiques
- 2 supports de LAC et d'éclairage
- 1 ADUP
- 2 armoires techniques

22.0 INFRASTRUCTURES

22.1 PLATEFORME VOIE FERREE

La plateforme voie ferrée contribue à la réalisation des objectifs principaux du système de transport :

- sécurité des personnes et des biens : stabilité du roulement / guidage, prévention et limitation des déraillements, adhérence, lisibilité de l'infrastructure ;
- confort des voyageurs et des usagers de l'espace public : souplesse du roulement, fluidité du guidage, qualité des revêtements ;
- limitation des nuisances sur l'environnement (bruits, vibrations, courants vagabonds).

La voie doit s'adapter aux exigences de l'insertion du tramway. Elle doit s'intégrer à l'environnement et permettre toutes les créations de paysage urbain de qualité. Elle doit également subir les exigences du matériel roulant en assurant les meilleures conditions de roulement, de confort et de sécurité. Son entretien doit être le plus réduit possible.

Seules les familles de pose de voie béton et de poses de voies spécifiques sont retenues. La pose béton est constituée en partant de la base par :

- la sous-fondation et fondation de la plateforme, y compris le système de protection au gel (soit par une surépaisseur des matériaux non gélifs, soit par l'utilisation d'un isolant thermique),
- une dalle de béton,
- une traverse en béton, noyée dans un béton de calage,
- deux rails à gorge reposent sur la traverse par l'intermédiaire d'une semelle en caoutchouc et fixés par des attaches élastiques,
- un revêtement dont la constitution est variable (pavé béton, enrobé, stabilisé, ...).

Des performances antivibratoires particulières à la pose de voie sont demandées en fonction de la distance relative entre la plateforme tramway et le bâti environnant.

22.2 VOIRIE

22.2.1 Gabarit des éléments de voirie

Les principaux paramètres de conception géométrique suivants ont été utilisés pour l'analyse de la faisabilité de l'insertion du tramway en phase 2.

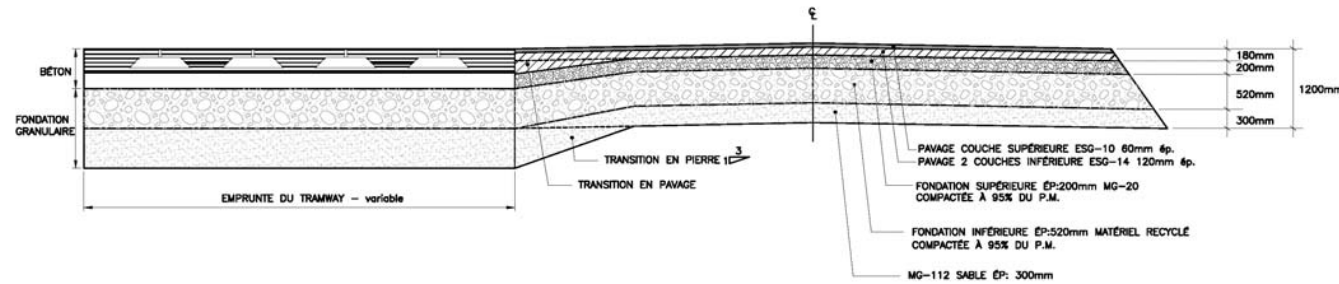
Tableau 22.1 Paramètres géométriques de conception

Élément géométrique	Dimension de base
Deux voies de circulation en sens inverse entre 2 éléments physiques (trottoir, station, terre-plein)	7,00 m
Deux voies de circulation dans la même direction entre le trottoir et la plateforme du tramway (non séparée physiquement)	6,8 m
Une voie de circulation entre 2 éléments physiques (trottoir, station, terre-plein)	5,50 m
Une voie de circulation entre le trottoir et la plateforme du tramway (non séparée physiquement)	4,00 m
Voie de virages à gauche	3,10 m
Voie de virages à droite	3,20 m
Trottoir	1,70 m (+ 1,3m de zone tampon à l'arrière ou en bordure de chaussée pour mobilier urbain et éclairage)
Accotement	Aucun accotement prévu en milieu urbain. Toutefois un dégagement de 0,5 mètre est prévu en présence de terre-plein et d'ilot déviateur.
Terre-plein avec émergence (lampadaire, fût pour feux, support de LAC, etc.)	1,20 m
Voie de stationnement	2,50 m
Bordure semi-franchissable	300 mm de large / 120 mm de haut
Refuge piéton	1,80 m
Bande cyclable	1,80 m
Passage piéton	2,60 m
Passage piéton au droit d'une station	5,00 m
Piste cyclable	3,00 m
Vitesse de conception	50 km/h
Véhicule de conception	IBUS – Carrefour normal WB-20 – Carrefour axe camionnage

22.2.2 Structure de chaussée

La structure de la chaussée a été conçue de façon à respecter les exigences de la Ville de Montréal et celles liées au raccordement à la plateforme du tramway.

Figure 22.1 Structure de chaussée



Une transition en pierre et en pavage, à la rencontre de l'emprunte du tramway (plateforme) et de la chaussée a été prévue, afin de minimiser la propagation des fissures longitudinales dans la chaussée et des variations dans le niveau des deux surfaces juxtaposées (tassements différentiels en raison des différences du module d'élasticité entre la plateforme tramway en béton et la chaussée en bitume sur fondation granulaire). Ces variations de niveau pourraient être causées par les cycles de gel et de dégel, étant donné les compositions différentes des structures de la plateforme du tramway et de la chaussée.

22.3 DRAINAGE

L'évacuation des eaux d'infiltration ainsi que des eaux de surface est un facteur essentiel au maintien en bon état de la voie et des revêtements dans le temps. En particulier, un bon drainage de la plateforme est essentiel pour assurer la performance du système et sécurité des passagers en période hivernale.

Pour les différents types de pose de voies, l'évacuation des eaux se fait à trois niveaux : en surface de la plate-forme, dans la gorge du rail, et au niveau du corps de la voie en infiltration.

Le drainage est assuré par gravité : pour les revêtements imperméables, les eaux pluviales sont collectées par des caniveaux de drainage transversaux. Dans le cas de revêtements perméables des drains longitudinaux sont fixés sur le béton de calage, puis raccordés aux caniveaux transversaux. Les caniveaux de drainage transversaux sont raccordés au collecteur longitudinal lui-même raccordé au collecteur des eaux pluviales de la ville. Le drainage du rail à gorge est réalisé par l'évacuation de l'eau résiduelle dans les caniveaux de drainage transversaux, à travers de lumières percées dans la gorge du rail.

Tout système de drainage ne pourra être performant que si son entretien est correctement réalisé. Les fréquences d'entretien varient en fonction des saisons. La saison hivernale correspond à la période la plus défavorable du fait du risque de formation du gel et givre sur les rails. L'exploitation de la ligne ainsi que la sécurité en période hivernale seront assurés par les opérations de maintenance renforcée de la voie et du déneigement à la suite d'une tempête de neige. Lorsque la plate-forme est située à proximité d'alignements d'arbres, l'automne correspond aussi à une période des travaux d'entretien réguliers, du fait de la chute des feuilles. Dans les stations et carrefours, voire les passages piétons, les débris de toutes sortes se déposent tout le long de l'année et demandent un entretien très régulier.

Différents scénarios de drainage de la chaussée et de la plateforme du tramway sont envisageables (voir les Figure 22.2 à

Figure 22.5 ci-après), en fonction de l'insertion du tramway (axial ou latéral) et de la section de la chaussée (en couronne ou en dévers).

Figure 22.2 Drainage – type 1: insertion axiale et chaussée en couronne

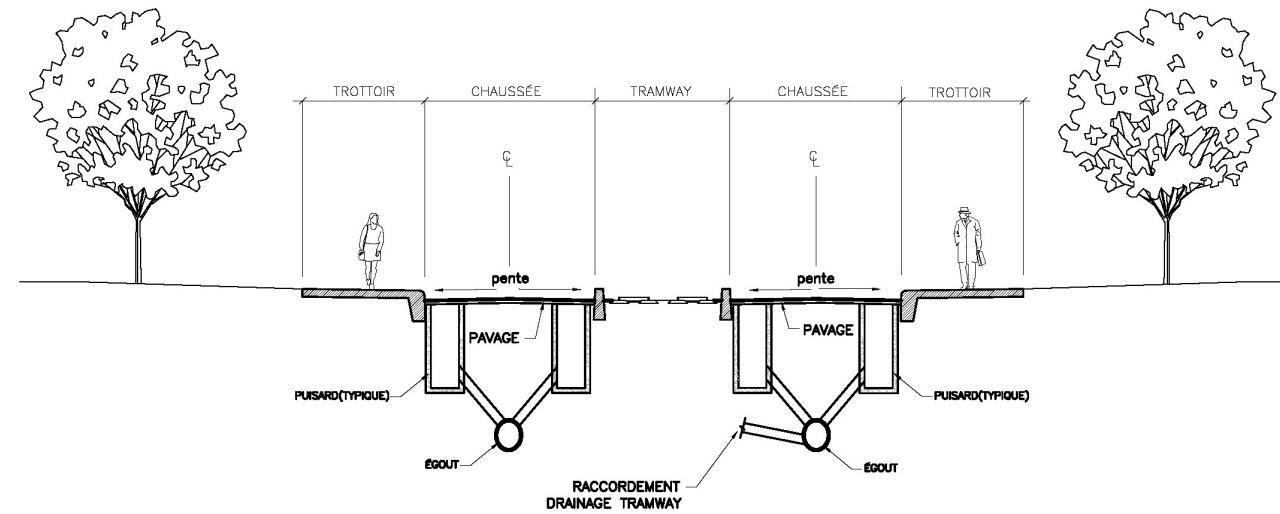


Figure 22.3 Drainage – type 2: insertion axiale et chaussée en dévers

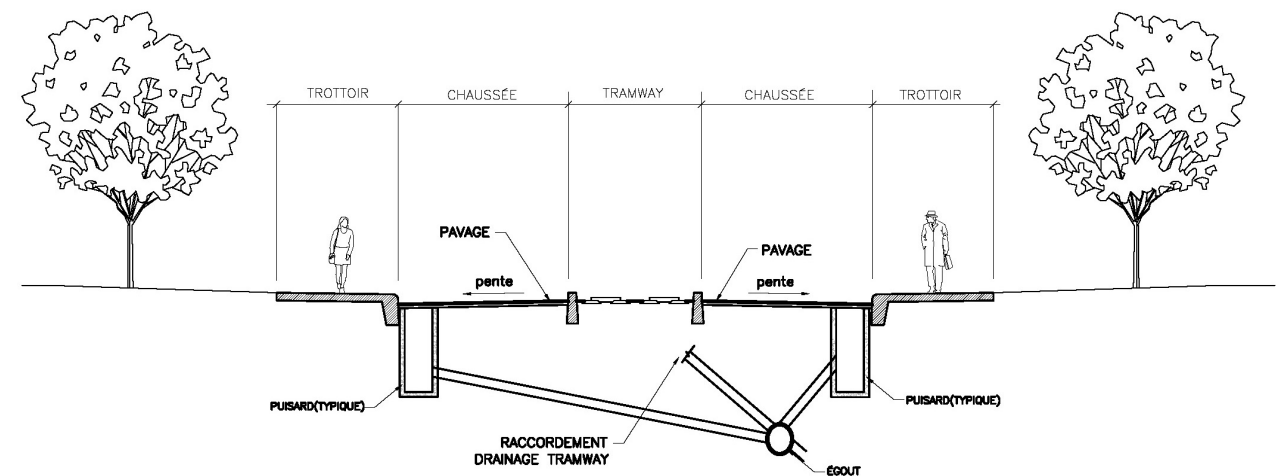


Figure 22.4 Drainage – type 3: insertion latérale et chaussée en couronne

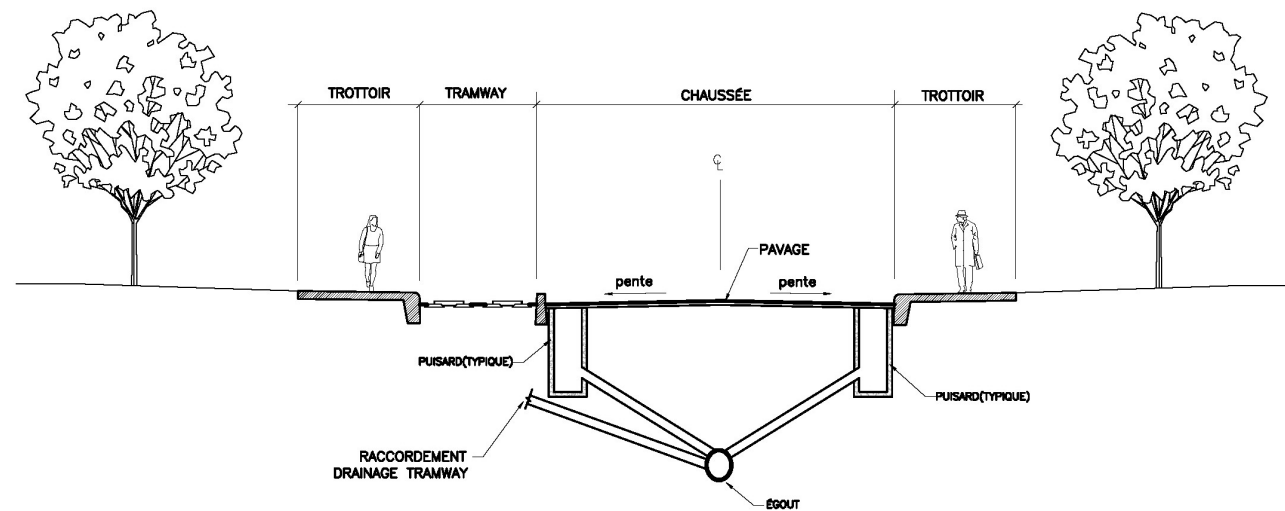
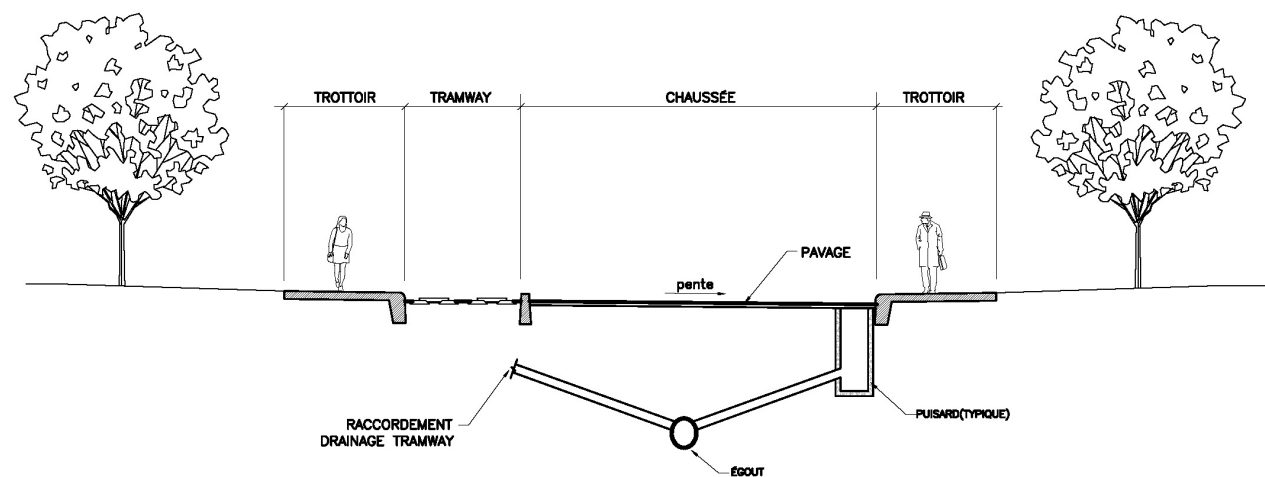


Figure 22.5 Drainage – type 4: insertion latérale et chaussée en dévers



22.4 RESEAUX SOUTERRAINS

22.4.1 Déviation des réseaux et infrastructures publiques

La première ligne du tramway de Montréal se situe sur des axes concentrant une haute densité de réseaux et d'infrastructures publiques très souvent en conflit avec le tramway.

Un conflit est décrit comme tout type de contrainte qui interfère directement avec la ligne du Tramway (en dessous des rails directement).

En raison des contraintes climatiques et des charges vives liées au passage du Tramway les règles suivantes sont admises pour éviter la déviation des réseaux:

- Aqueduc : doit se situer à au moins 1,8 m de profondeur, tel que mesuré à la couronne;
- Égouts : doit se situer à au moins 1,8 m de profondeur, tel que mesuré à la couronne;
- Massifs d'utilités publiques : doit se situer à au moins 0,75 m de profondeur, tel que mesuré à partir du dessus du massif. Dans un tel cas, un ouvrage de protection du massif sera réalisé.

Les actions à prendre dans les cas des conflits dans l'axe du Tramway ont été déterminées en fonction des types de conflits. Les actions à prendre sont les suivantes :

- **Déplacer** – Cette action s'applique à certains conduits qui sont longitudinalement en dessous du tracé du Tramway, principalement ceux qui sont à 1,40 mètre et moins de profondeur doivent impérativement être déplacés.
- **Déplacer – profondeur** – Cette action s'applique aux conduits et massifs qui passent transversalement sous l'emprise du Tramway et se rencontrent à 1,40 mètre et moins de profondeur, sauf les massifs de béton qui seront conservés jusqu'à une profondeur minimale de 0,75 mètres, mais protégés.
- **Protéger** – Cette action s'applique principalement pour les massifs de Trans-énergie qui sont en conflit ou potentiellement en conflit avec le Tramway. La protection consistera à couler un béton de protection ou la mise en place de plaque d'acier par-dessus les massifs.
- **Remplacer – même localisation** – Cette action s'applique aux conduits qui sont en conflit potentiel transversalement et qui n'ont pas besoin d'être déplacés, mais qui sont en mauvais état. Ces conduits seront remplacés afin d'assurer une durée de vie minimal de 40 ans, soit celle du tramway.
- **Réhabilitation – gainage** – Cette action s'applique souvent aux conflits longitudinaux des conduites de grand diamètre, qui ne seront pas à déplacer. Il est à noter que les regards liés à ces conduits devront être déplacés pour ne pas se retrouver dans l'emprise du Tramway.
- **À vérifier position des Feux de circulation** – Dans le cas où des feux de circulation se rencontrent dans l'emprise du Tramway.

22.4.2 Multitubulaire du système tramway

Les ouvrages de cheminements le long de la ligne du tramway permettent de desservir les équipements, les locaux techniques et locaux d'exploitation.

La multitubulaire a pour fonction d'accueillir, en un ensemble compact et organisé, les câbles nécessaires au fonctionnement de la ligne de tramway, à savoir les fonctions d'exploitation, de sécurité et d'information. Elle permet le passage de l'ensemble de ces câbles, afin de relier en « énergie » et « contrôle/commande » les différents équipements implantés le long de la ligne, en station, dans les locaux techniques, à l'atelier-dépôt, etc.

La multitubulaire est principalement constituée :

- d'un ensemble de fourreaux organisés en couches,

- d'un enrobage béton assurant le positionnement des fourreaux, la répartition des compressions dues aux efforts de surface, la protection contre les risques extérieurs tels que pioche, pelle, etc.,
- d'un ferrailage éventuel,
- de chambres de tirage, préfabriquées ou non, réparties le long du cheminement ou positionnées aux dérivations des canalisations.

Les multitubulaires sont définies, en termes de géométrie, en fonction des besoins en câbles courants forts et courants faibles, en prenant en compte les besoins du système de transport et éventuellement les demandes particulières des concessionnaires.

Les chambres de tirage permettent de faciliter le déroulage des câbles sur la longueur de la multitubulaire. Les chambres de tirage sont implantées couramment avec une inter-distance comprise entre 50 et 150 m (maximum 200 m pour les grands alignements droits).

22.5 OUVRAGES D'ART

La hauteur minimale de fonctionnement d'un pantographe est de l'ordre de 3m70 pour tous les constructeurs sauf Bombardier pour lequel la valeur est de 3m85. La distance minimale acceptable sous ouvrage est de l'ordre de 4m10.

Les charges de dimensionnement suivantes sont prises en compte pour le dimensionnement des ouvrages d'art:

- Charges induites par la plateforme Tramway
 - Rails : une voie simple (2 rails): 0,120 kN/mlvs
 - Structure de pose de voie
 - acier : 78,5 kN/m³
 - béton armé : 25 kN/m³
 - béton non armé : 24 kN/m³
 - Revêtements de plateforme Tramway
 - béton : 25 kN/m³
 - pavés : 26 kN/m³
 - grave bitume, enrobé : 24 kN/m³
 - revêtements minéraux non liés (de type pierre de lave) : 18 kN/m³
 - terre pour engazonnement : 20 kN/m³
 - Quais de stations Tramway : 0,6 kN/ m² pour les personnes + surcharge liée à la neige
- Charges induites par la multitubulaire: 25 kN/m³
- Charges induites par la Ligne Aérienne de Contact (LAC) : elles font l'objet d'une étude spécifique dont le rendu consiste à fournir pour chaque poteau LAC les descentes de charges en pied de poteau. Ces descentes de charges comprennent des charges permanentes, d'exploitation et les effets de la température du givre et du vent.
- Charges mobiles
 - Convoi de type A prépondérant pour les petits ouvrages et les vérifications sous charges locales. Valeur de F1 de 12T (au lieu de 12.5T).
 - Convoi de type B prépondérant pour les ouvrages modestes, portée entre 15 et 30 m. Valeur de F2 de 12 t (au lieu de 11.5T).
 - Convoi de type C prépondérant pour les ouvrages de portée supérieure à 30 m. Valeur de F2 de 12 t (au lieu de 11.5T).

23.0 SYSTÈMES DE TRANSPORT

23.1 ÉNERGIE ET LIGNE AÉRIENNE DE CONTACT

23.1.1 Principes d'alimentation électrique

Le tramway de la ville de Montréal est alimenté en énergie à partir des réseaux Moyenne Tension (MT) 25 kV d'Hydro-Québec (HQ).

L'alimentation électrique d'une ligne de tramway se compose de trois sous-ensembles fonctionnels :

- La transformation de l'énergie Moyenne Tension (MT) du réseau de distribution d'électricité,
- La distribution de l'énergie de traction au matériel roulant au moyen de lignes aériennes de contact (LAC) sur poteaux,
- La récupération de l'énergie de freinage en vue d'optimiser la consommation énergétique de la ligne.

La tension transformée dans les sous-stations de redressement (SSR) permet de produire :

- L'énergie de Traction 750 V CC, par l'intermédiaire des groupes transfo-redresseurs et de la distribution Traction associée. Le retour de courant se fait par le rail, via le bandage des roues du tramway. Le rail est relié à chaque sous-station via des câbles négatifs passant dans la même multitubulaire que les câbles d'alimentation positifs.
- L'énergie Basse Tension (BT) 600/120V CA, par l'intermédiaire des transformateurs MT/BT auxiliaires et de la distribution BT associée. Cette énergie est utilisée pour alimenter les auxiliaires BT de la sous-station, les équipements BT des stations proches de la sous-station, et certains équipements en ligne, s'ils sont à proximité d'une sous-station.

23.1.2 Ligne aérienne de contact

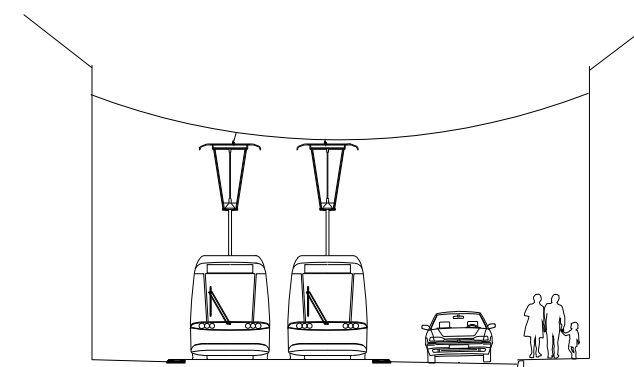
Le matériel roulant capte l'énergie électrique de la Ligne Aérienne de Contact (LAC) (+750 VCC) par l'intermédiaire d'un pantographe venant frotter sur la LAC, le retour courant (0 VCC) se faisant par le rail.

Les lignes aériennes de contact tramway sont du type "ligne de contact simple", c'est-à-dire qu'elles sont constituées uniquement par les fils de contact, sans porteur ou feeder aérien. Les lignes aériennes peuvent comporter 1 ou 2 fils de contact par voie. La section des fils est généralement choisie dans la gamme du 107 au 150 mm².

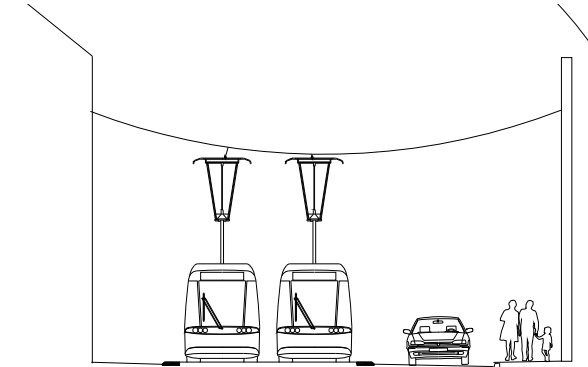
Les supports sont placés de part et d'autre de la plate-forme selon les modes d'insertion suivants :

- Type 1a : transversal porteur entre 2 ancrages sur façade des immeubles,
- Type 1b : transversal porteur entre 1 ancrage sur façade et 1 ancrage sur poteau,
- Type 1c : transversal porteur entre 2 ancrages sur poteaux,
- Type 1d : portique souple entre deux poteaux pour l'équipement de plus de 2 voies,
- Type 2 : Poteau latéral avec suspension sous console double voie,
- Type 3 : Poteau central avec suspension sous 2 consoles simple voie,
- Type 4 : Poteau latéral avec tirant lâché ou rappel direct,
- Type 5 : Fixations sous ouvrages.

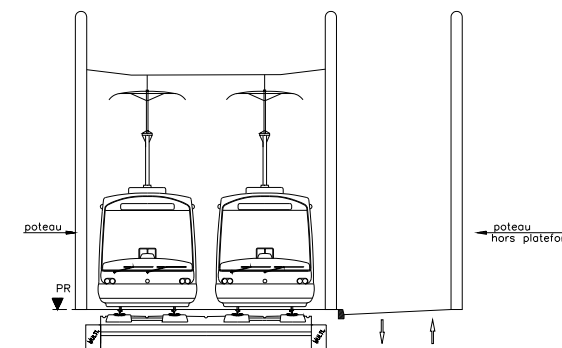
Représentation simplifiée du type 1a



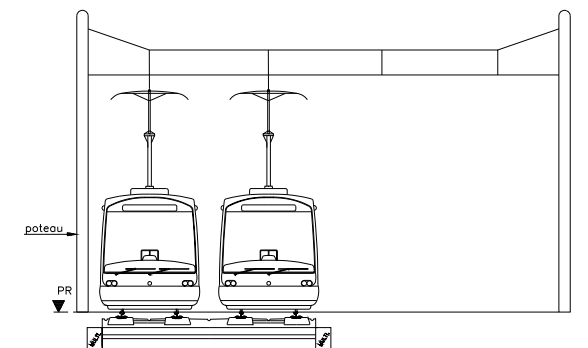
Représentation simplifiée du type 1b



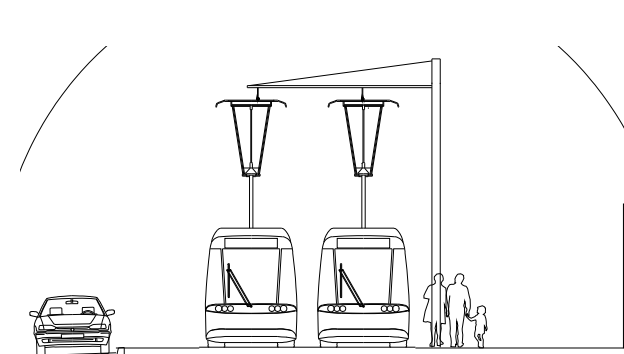
Représentation simplifiée du type 1c



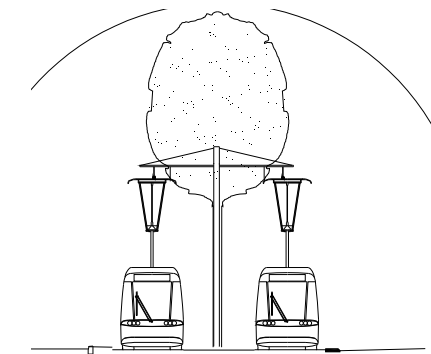
Représentation simplifiée du type 1d



Représentation simplifiée du type 2



Représentation simplifiée du type 3



Données de conception de la LAC :

- Hauteur du fil de contact: entre 3,70 m et 6,30 m
- Désaxement maximale de la LAC: 200 mm en milieu de portée et 300 mm à la suspension
- Portée maximum en alignement: 51,50 m en cas de ligne régularisée
27,00 m en cas de ligne non-régularisée
- Portée maximum en courbe : fonction du désaxement maximal
- Plage de température de régularisation : -50 à +50.
- Tension mécanique du fil de contact : environ 10 daN/mm².

Suivant la vitesse du Matériel Roulant, la courbe des conducteurs (pente maximum de la LAC par rapport à celle de la voie) ne devra pas excéder les valeurs données ci-dessous :

Tableau 23.1 Pente maximale en fonction de la vitesse

Vitesse véhicule (Km/h)	Pente maximum de la LAC (°/°°)
60	10
50	12
40	15
30	20
20	30
10	40
< 10	50

23.2 SIGNALISATIONS ROUTIÈRE ET FERROVIAIRE

23.2.1 Gestion des conflits avec la circulation aux carrefours

En raison de l'absence actuelle de tramway au Québec, les normes de conception des feux de circulation ne tiennent pas compte de ce cas spécifique. Il sera donc indispensable de présenter les différents principes de gestion des conflits proposés dans la présente étude à la commission ad hoc du MTQ, afin de les faire valider et de les inclure aux futures normes.

Le chapitre 10 *Traffic Controls for Highway-Light Rail Transit Grade Crossings* du *Manual of Uniform Traffic Control Devices* du FHWA des États-Unis a été pris comme source de référence pour les principes de gestion et le type de signalisation statique, dynamique et lumineuse (véhiculaire et tramway) en prenant compte le contexte québécois.

Par rapport aux usages habituels, la spécificité des feux montréalais (avance flèche) permet de diminuer les impacts sur la circulation d'une implantation du tramway en site latéral ou bilatéral.

23.2.2 Hypothèses de conception de la signalisation ferroviaire

Pour assurer la sécurité des circulations des tramways en voie courante et dans les zones de manœuvre, des mesures de protection sont définies sur les principes ci-après :

- En voie courante et site urbain, le tramway circule en "marche à vue", le conducteur régule sa vitesse et maintient en permanence une distance de sécurité avec le tramway qui le précède;

- Dans les passages dénivelés du projet (Côte des Neiges) et le tunnel (variante), le manque de visibilité nécessite la mise en place d'une signalisation d'espacement;
- Enfin, dans certaines zones de manœuvre complexes comprenant un ou plusieurs appareils de voie, telles que les zones d'injection et de retrait, de débranchement, les terminus et le faisceau de remisage du CdEE, la marche à vue se révèle généralement insuffisante pour éviter tout accident compte tenu des différents mouvements possibles. A cet effet, une signalisation optique lumineuse d'autorisation d'itinéraires est implantée pour gérer les circulations.

23.2.3 Signalisation verticale

Les principes directeurs suivants sont proposés pour la localisation des émergences:

- autant que possible, un regroupement de plusieurs types de signalisation sur la même émergence a été favorisé, afin de limiter la dispersion et la multiplication des fûts et des mats le long du tramway;
- les têtes de feux pour la circulation routière doivent être situées à l'aval des carrefours. Cependant, dans le cas d'un site propre central créant un terreplein large (> 15m), il est recommandé de positionner les têtes de feux des transversales sur la côté du terreplein central le plus proche de l'approche, afin d'éviter les confusions de message lors des manœuvres de virage à gauche;
- les têtes de feux pour les tramways doivent être situées à l'aval des carrefours, avec un répétiteur positionné à l'amont du carrefour pour permettre au chauffeur d'anticiper le déroulement des feux;
- il faut éviter de localiser une émergence ou obstacle fixe (tout élément rigide d'une hauteur supérieure à 20cm présentant un couple résistant supérieur à 570 daNm) dans la zone de conflit potentiel entre un tramway et un véhicule. En effet le risque existe qu'un véhicule se fasse frapper latéralement par le tramway et que celui-ci pousse le véhicule avant de s'arrêter. Dans un tel cas, la présence d'un obstacle fixe dans la trajectoire du tramway permettrait au véhicule de se faire écraser.

23.3 SYSTÈMES D'EXPLOITATION

La définition des systèmes d'exploitation doit répondre aux objectifs de fiabilité, disponibilité, ponctualité, régularité et qualité du service de transport. Les systèmes mis en place doivent notamment permettre à l'exploitant d'informer les voyageurs à tout moment, de gérer efficacement l'affectation de ses ressources et d'assurer le suivi et l'entretien des équipements de la ligne. Ils doivent être conçus dans les normes de sécurité, de façon pérenne et évolutive.

Les objectifs de qualité conduisent à retenir pour le tramway de Montréal les principaux systèmes d'exploitation suivants : système d'aide à l'exploitation (SAE), système d'information voyageur (SIV), gestion technique centralisée (GTC), demande de priorité aux carrefours (DPC), système billettique, vidéosurveillance et systèmes de télécommunication via un réseau multi service (RMS) sol-sol et un réseau radio.