



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



Dossier P-12-600-04

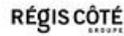
Consortium Tramway Québec-Lévis



SNC-LAVALIN



et ses partenaires



<b>Intitulé du document</b>
<b>4<sup>E</sup> SOUS-LIVRABLE 1.2</b> <b>IDENTIFICATION DES CRITERES DE CONCEPTION :</b> <b>TRACE ET INSERTION</b>

<b>Numéro du document</b>	<b>Révision</b>
<b>610879-0200-4IEC-0001</b>	<b>00</b>

**PRINCIPAUX COLLABORATEURS :**

**GENDREAU, ANDRÉ, ING.**  
**JOLY, OLIVIER, SPEC**  
**MORAIS, PHILIPPE, ING.**  
**LAURENT, KARINE, ADJ ADMINISTRATIVE**

**RÉDIGÉ PAR : OLIVIER JOLY, SPEC**

---

**VÉRIFIER PAR : ANDRÉ GENDREAU, ING.**

---

NUMERO DU DOCUMENT		610879-0200-4IEC-0001
REV.	DATE	TYPE DE RELACHE
PA	2012-11-19	POUR VALIDATION INTERNE
PB	2012-12-07	DIFFUSION AU RTC POUR COMMENTAIRE
00	2013-01-16	PRISE EN COMPTE COMMENTAIRES DU RTC

INDEX DES RÉVISIONS

Réservé au contrôleur de la documentation

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>GLOSSAIRE ET DEFINITION.....</b>	<b>2</b>
2.1	GLOSSAIRE.....	2
2.2	DEFINITION.....	3
<b>3.</b>	<b>REFERENTIEL NORMATIF .....</b>	<b>4</b>
3.1	LISTE DES REFERENCES NORMATIVES PRINCIPALES .....	4
<b>4.</b>	<b>DIMENSION DE LA PLATEFORME TRAMWAY .....</b>	<b>6</b>
4.1	GABARIT HORIZONTAL.....	6
4.1.1	<i>Gabarit Statique (GS) :</i> .....	6
4.1.2	<i>Gabarit Dynamique (GD) :</i> .....	6
4.1.3	<i>Le Gabarit Limite d'Obstacle (GLO).....</i>	7
4.1.4	<i>Exemples :</i> .....	7
4.2	COUPES TYPES DU GABARIT LIMITE D'OBSTACLE .....	8
4.2.1	<i>Section courante sans poteau axial .....</i>	8
4.2.2	<i>Section courante avec poteau axial .....</i>	15
4.2.3	<i>Site propre en position axiale.....</i>	23
4.2.4	<i>Site propre en position latérale.....</i>	29
4.2.5	<i>Site banal .....</i>	33
4.2.6	<i>Site mixte .....</i>	37
4.2.7	<i>Cas des stations .....</i>	41
4.3	SUR LARGEURS ET SURHAUTEURS DUES AU DEVERS.....	47
4.4	GABARIT VERTICAL .....	54
4.4.1	<i>Gabarit vertical non déversé.....</i>	54
4.4.2	<i>Gabarit vertical sous-ouvrage.....</i>	55
<b>5.</b>	<b>TRACE DE VOIE TRAMWAY .....</b>	<b>58</b>
5.1	VITESSES MAXIMALES.....	58
5.2	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU TRACE EN PLAN.....	58
5.2.1	<i>Rayon minimal en courbe sans dévers.....</i>	59
5.2.2	<i>La clothoïde.....</i>	60
5.2.3	<i>Dévers en courbe .....</i>	61
5.2.3.1	Valeur maximale du dévers.....	61
5.2.3.2	Calcul du dévers sur le cercle.....	61
5.2.3.3	Mise en oeuvre du dévers.....	62
5.2.3.4	Cote du profil pour une plateforme déversé .....	63
5.3	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU TRACE EN PROFIL EN LONG .....	64
5.3.1	<i>Pente maximale .....</i>	65
5.3.2	<i>Pente minimal.....</i>	65
5.3.3	<i>Relation entre tracé en plan et tracé en profil.....</i>	65
5.4	DISPOSITIONS PARTICULIERES POUR LES STATIONS.....	66
5.4.1	<i>Tracé en plan et profil en long des stations .....</i>	66
5.4.2	<i>Traitement des quais .....</i>	66

5.4.3	Interface entre les quais et le matériel roulant.....	66
5.5	DISPOSITIONS PARTICULIERES .....	67
5.5.1	Terminus et zones de manœuvre.....	67
5.5.2	Courbe et contre courbe .....	67
5.5.3	Gestion des surlargeurs .....	68
5.5.4	Ouvrages d'art .....	68
<b>6.</b>	<b>SYNTHESE DES CARACTERISTIQUES DU TRACE ET DE L'INSERTION .....</b>	<b>69</b>
6.1	GABARITS .....	69
6.2	CONDITIONS DE CONFORT .....	69
6.3	CARACTERISTIQUES DU TRACE EN PLAN .....	69
6.4	CARACTERISTIQUES EN PROFIL EN LONG .....	70
6.5	CARACTERISTIQUES EN STATION : .....	70

## FIGURES

<b>FIGURE 1 :</b>	<b>SCHEMA DES SURLARGEURS ET SURHAUTEURS.....</b>	<b>47</b>
<b>FIGURE 2 :</b>	<b>COUPE DE PRINCIPE DU GABARIT VERTICAL SOUS OUVRAGE .....</b>	<b>56</b>
<b>FIGURE 3 :</b>	<b>SCHEMA DE PRINCIPE DE MISE EN DEVERS.....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURE 4 :</b>	<b>ALIGNEMENT DROIT AU DELA DES QUAIS.....</b>	<b>66</b>
<b>FIGURE 5 :</b>	<b>PRINCIPE DES SURLARGEURS EN COURBE.....</b>	<b>68</b>

## ANNEXE

### ANNEXE

TABLEAU RECAPITULATIF DU GABARIT LIMITE D'OBSTACLE HORIZONTAL (GLO)

## 1. INTRODUCTION

La présente note d'hypothèses générales a pour objectif de définir les hypothèses d'insertions des deux lignes de tramway de Québec et de Lévis.

Ce document a été établi sur la base du document « Note d'hypothèses générales » revu et mis à jour éditer dans le cadre du livrable 1.1 du lot 1 intitulé projet de référence, variantes et enjeux du tramway.

Ce document mis à jour et complété à partir des commentaires reçus par les différents intervenants intègre les études et analyses faites dans le cadre du livrable 1.2 et permet de préciser les hypothèses prises pour le tracé et l'insertion des deux lignes tramways.

## 2. GLOSSAIRE ET DEFINITION

### 2.1 Glossaire

ABREVIATIONS	DEFINITIONS
<b>AD</b>	Alignement droit
<b>BT</b>	Basse tension
<b>CERTU</b>	Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques
<b>CIRRIS</b>	Centre interdisciplinaire de recherche en réadaptation et intégration sociale
<b>COLIAC</b>	Comité de liaison pour l'accessibilité des transports et du cadre bâti
<b>COLITRAH</b>	Comité de liaison pour le transport des personnes handicapées
<b>D</b>	Dévers
<b>D<sub>P</sub></b>	Dévers pratique
<b>D<sub>TH</sub></b>	Dévers théorique
<b>E</b>	Excès de dévers
<b>G</b>	Gauche
<b>GD</b>	Gabarit dynamique
<b>GLO</b>	Gabarit limite d'obstacles
<b>GS</b>	Gabarit statique
<b>G<sub>V</sub></b>	Gabarit vertical du plus grand véhicule
<b>G<sub>0</sub></b>	Accélération transversale
<b>G<sub>1</sub></b>	Accélération transversale compensée par dévers
<b>G<sub>2</sub></b>	Accélération non compensée
<b>HT</b>	Haute tension
<b>I</b>	Insuffisance de dévers
<b>LAC</b>	Ligne aérienne de contact
<b>MR</b>	Matériel roulant

ABREVIATIONS	DEFINITIONS
<b>PL</b>	Poids lourd
<b>PMR</b>	Personne à mobilité réduite
<b>SLT</b>	Signalisation lumineuse tricolore
<b>STRMTG</b>	Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés
<b>VP</b>	Véhicule particulier

## 2.2 Définition

- Site propre : Les voies du tramway sont exclusivement utilisées par le tramway.
- Site mixte : Une des deux voies du tramway est utilisée par les véhicules particuliers (VL, PL, BUS).
- Site banal : Les deux voies du tramway sont utilisées par les véhicules particuliers.

### 3. REFERENTIEL NORMATIF

#### 3.1 Liste des références normatives principales

TEXTES GENERAUX		
Guide	CERTU 2000	Relative à l'implantation, l'aménagement, au fonctionnement, à l'utilisation des voies de circulation en site propre des tramways urbains
Guide technique du STRMTG	GT3-DTW 04/04/2007	Préconisations sur l'implantation des obstacles fixes à proximité des intersections entre tramway et voirie routière
Circulaire	N° 2000-51 23/06/2000	Accessibilité à la voirie
Guide	CERTU réf. 5	Carrefours urbains
Guide	CERTU réf. 11	Aménagement de voirie pour les transports collectifs
Loi	5/07/1985	Amélioration de la situation des victimes d'accidents de la circulation
Guide	CERTU réf. 13 Avril 2000	Recommandations pour les aménagements cyclables
Guide	CERTU réf 46 2004	Signalisation des aménagements et des itinéraires cyclables
Code	L 141-7 et L 131-2	Code de la voirie routière

NORMES	
NF EN 14811	Normes des rails à gorge destinés à l'usage des voies de tramways
UIC 864-4/0	Spécification technique pour la fourniture des éclisses isolantes de la voie
UIC 864.5.0	Semelles sous rail
CEI 913	Règles applicables aux lignes aériennes de

NORMES	
	contact électrique
NF EN 10034	Poutrelles I et H en acier de construction - Tolérances de forme et de dimensions (Indice de classement : A45-211)
NFEN 14752	Applications ferroviaires - Systèmes d'accès latéraux [partiellement suivie]
NFEN 50119	Applications ferroviaires – Pantographes : caractéristiques et essais Partie 2 : pantographes pour métros et tramways
NF EN 50163	Tensions d'alimentation des réseaux de traction
UIC 505-1	Matériel de transport ferroviaire - Gabarit de construction du matériel roulant
UIC 510-2	Matériel de transport ferroviaire - Gabarit cinématique des voitures et fourgons utilisés en service international (Bogies)

## 4. DIMENSION DE LA PLATEFORME TRAMWAY

### 4.1 Gabarit horizontal

La conception du gabarit horizontal fait référence aux 3 notions suivantes : le gabarit statique, le gabarit dynamique et le gabarit limite d'obstacle.

#### 4.1.1 Gabarit Statique (GS) :

Le gabarit statique en alignement droit est égal au gabarit nominal du véhicule 2,65 mètres pour le tramway de Québec et de Lévis. (N.B. Cette caractéristique sera, si requis, revue au cours de l'étude de faisabilité.)

Le gabarit statique en courbe est calculé à partir des données géométriques de la voie et en considérant que les axes des essieux des bogies sont sur l'axe de la voie. Ces valeurs ne prennent pas en compte les différents jeux et usures du matériel roulant et les jeux entre les roues et les rails.

Le gabarit statique ainsi défini caractérise l'influence des rayons des courbes sur les gabarits en général, et sur le gabarit limite d'obstacle (GLO) en particulier.

#### 4.1.2 Gabarit Dynamique (GD) :

Les valeurs de gabarit dynamique dépendent uniquement du type de matériel et des conditions dans lesquelles il est utilisé (caractéristiques géométriques de la voie essentiellement sur un plan théorique, hors défauts d'infrastructure). Elles sont élaborées sur la base des données des constructeurs de matériel à partir d'hypothèses de tracé et de modalités d'exploitation prédéfinies (rayons, vitesses, dévers éventuel, etc.).

Le gabarit dynamique est déduit du gabarit statique (gabarit nominal du matériel posé à vide sur la voie) en ajoutant les jeux, les usures et les déplacements dynamiques :

- Déplacements de la caisse par rapport aux bogies ;
- Déplacements du bogie par rapport à la voie ;
- Usures des organes de liaison : suspensions, roues, etc.

### 4.1.3 Le Gabarit Limite d'Obstacle (GLO)

Le Gabarit Limite d'Obstacle d'un véhicule est le volume enveloppe maximal dans lequel s'inscrit le véhicule, tout en tenant compte des divers débattements dynamiques possibles. Il correspond au gabarit dynamique augmenté des lames d'air de sécurité ou interfaces de sécurité supplémentaires (M).

Pour une pose béton, les lames d'air sont fixées à 150 mm en intérieur des courbes, extérieur des courbes, alignement droit et entre deux voies sans poteaux. Ces valeurs tiennent compte :

- De toutes les tolérances d'exécution, comme par exemple les tolérances de positionnement de l'axe des voies généralement situées dans un fuseau de  $\pm 4$  mm ;
- Des usures de rail (usure latérale maximale : 5 mm) ;
- Des déplacements/affaissements de la voie en exploitation engendrés par les efforts roue/rail ;
- Des risques de mouvement des installations fixes : supports de ligne, des candélabres, poteaux de signalisation, etc.

Le GLO définit 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 ainsi au long du tracé de la ligne de tramway et il est intrinsèquement lié au véhicule concerné.

Le tableau donné en Annexe explicite pour chaque cas de tracé de l'alignement droit à la courbe de plus petit rayon, les valeurs du GLO en partant d'hypothèse de gabarit statique et dynamique compatible avec les matériels roulant actuel (valeur maximale).

Ce tableau précise aussi dans chacun des cas, les valeurs des surlageurs et des entraxes de voie en fonction du type de configuration.

### 4.1.4 Exemples :

En Alignement Droit (AD), la circulation d'un tramway standard d'une largeur de 2,65 mètres sur une voie simple est caractérisée par avec un gabarit dynamique de 2,95 mètres (2 x 1,475) et un GLO de 3,25 mètres (2 x 1,625)

En courbe de 85 mètres, la circulation d'un tramway standard d'une largeur de 2,65 mètres sur une voie simple est caractérisée par avec un gabarit dynamique de 3,10 mètres (2 x 1,550) et un GLO de 3.40 mètres (2 x 1,700), la surlageur est alors de 0,15 mètre (2 x 0,075)

Lorsque le matériel roulant du tramway de Québec et de Lévis sera connu, ces valeurs pourront être affinées si nécessaire durant la phase de plans et devis.

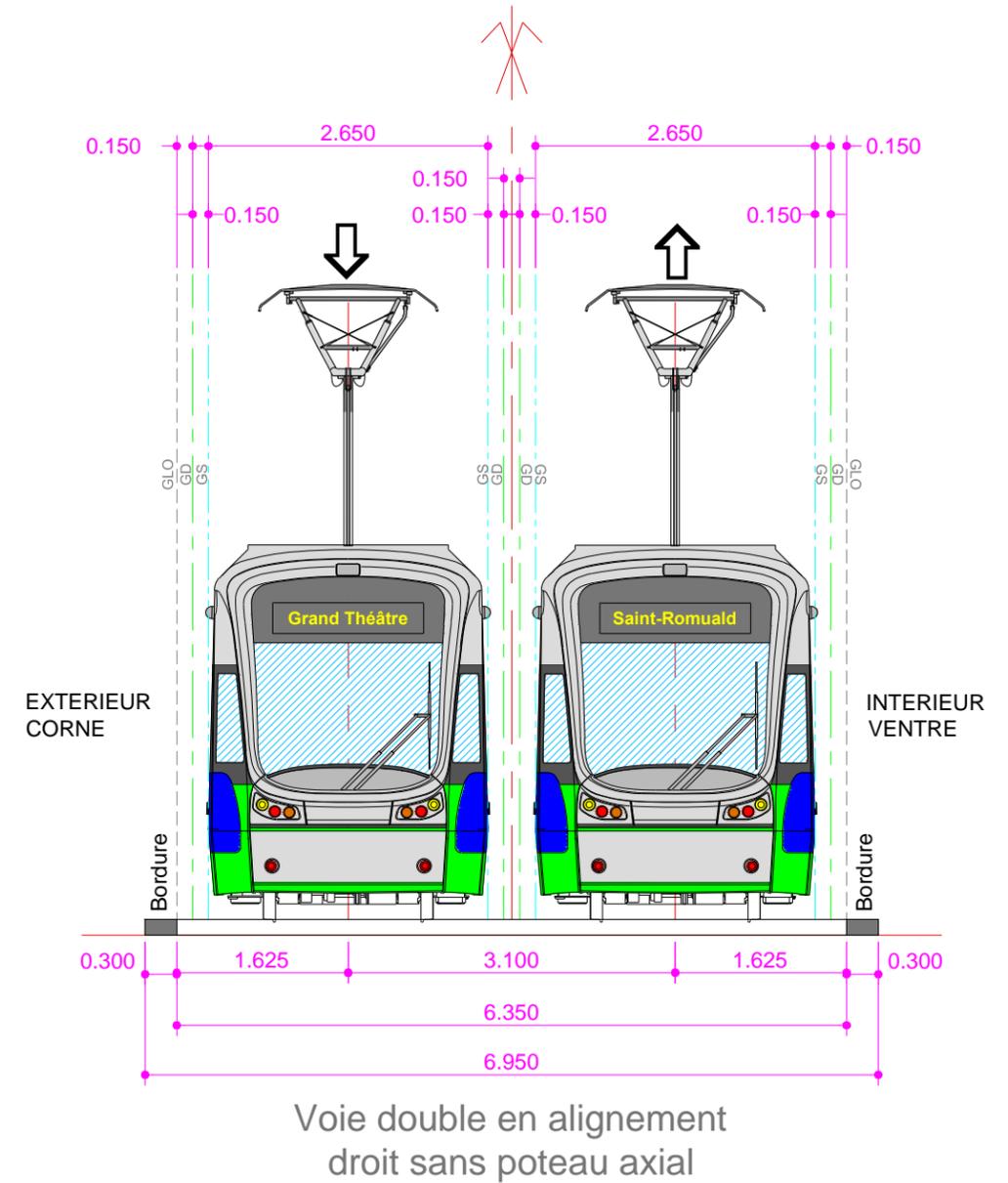
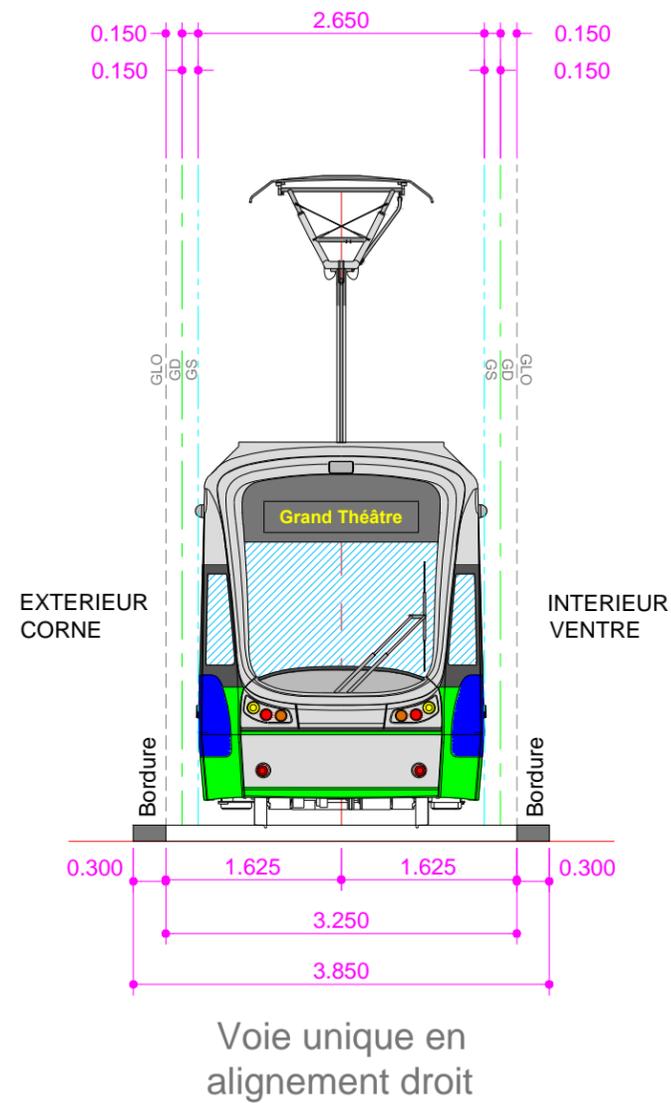
## 4.2 Coupes types du Gabarit Limite d'Obstacle

### 4.2.1 Section courante sans poteau axial

Dans le cas d'un alignement droit où il n'y a pas de poteau en position axiale, les GLO extérieurs sont à une distance de 3,25 mètres (en voie simple) et de 6,35 mètres en voie double (voir plan 0001 ci-après).

Dans le cas le plus contraignant (rayon de 25 mètres) les GLO extérieurs sont à une distance de 3,75 mètres (en voie simple) et de 7,35 mètres en voie double. (Voir plans 0002 et 0003 ci-après pour différentes valeurs de rayons).

Ces distances définissent la largeur de la plateforme du tramway auxquelles il faut ajouter des bordures (séparateurs) qui servent à délimiter physiquement le GLO et/ou à protéger le GLO contre l'intrusion de véhicules routiers.



GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
 GD : GABARIT DYNAMIQUE  
 GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PA	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

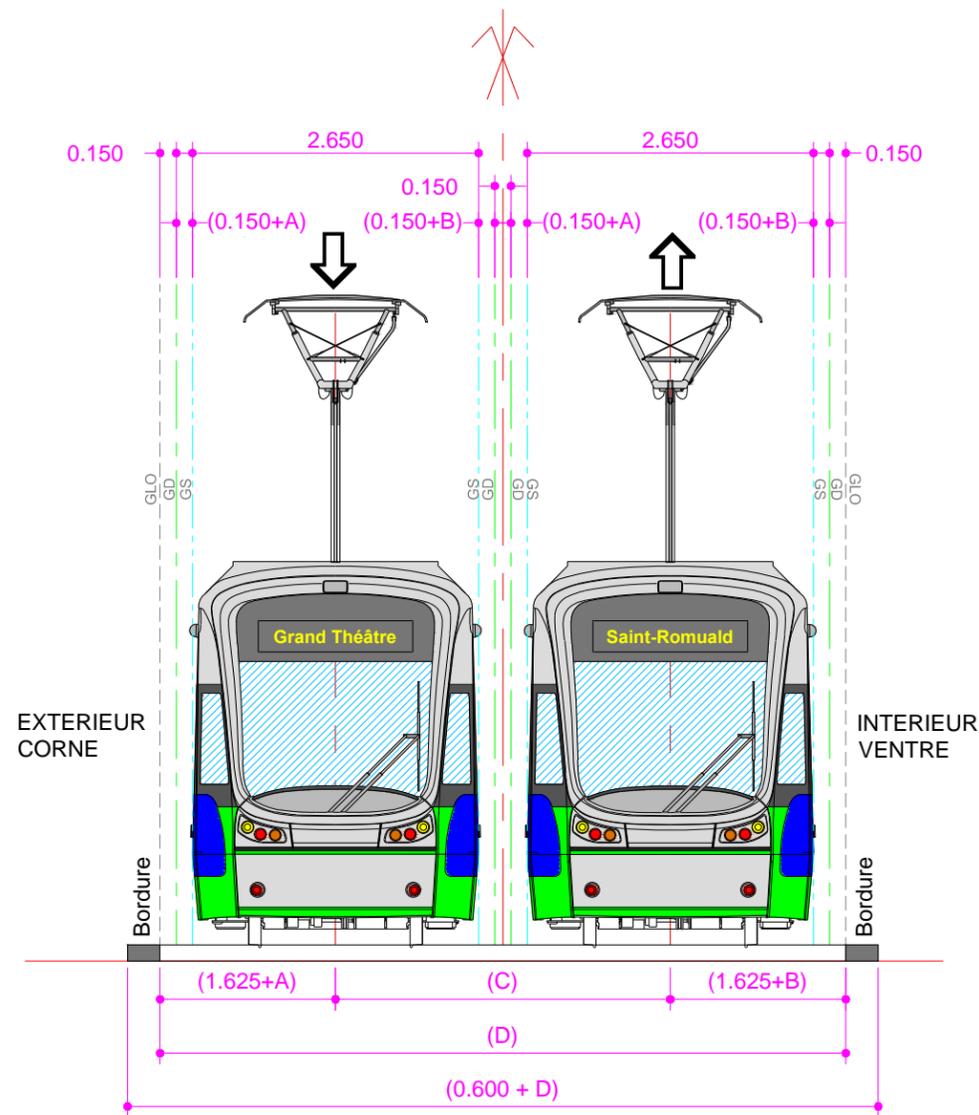
CONSULTANT :



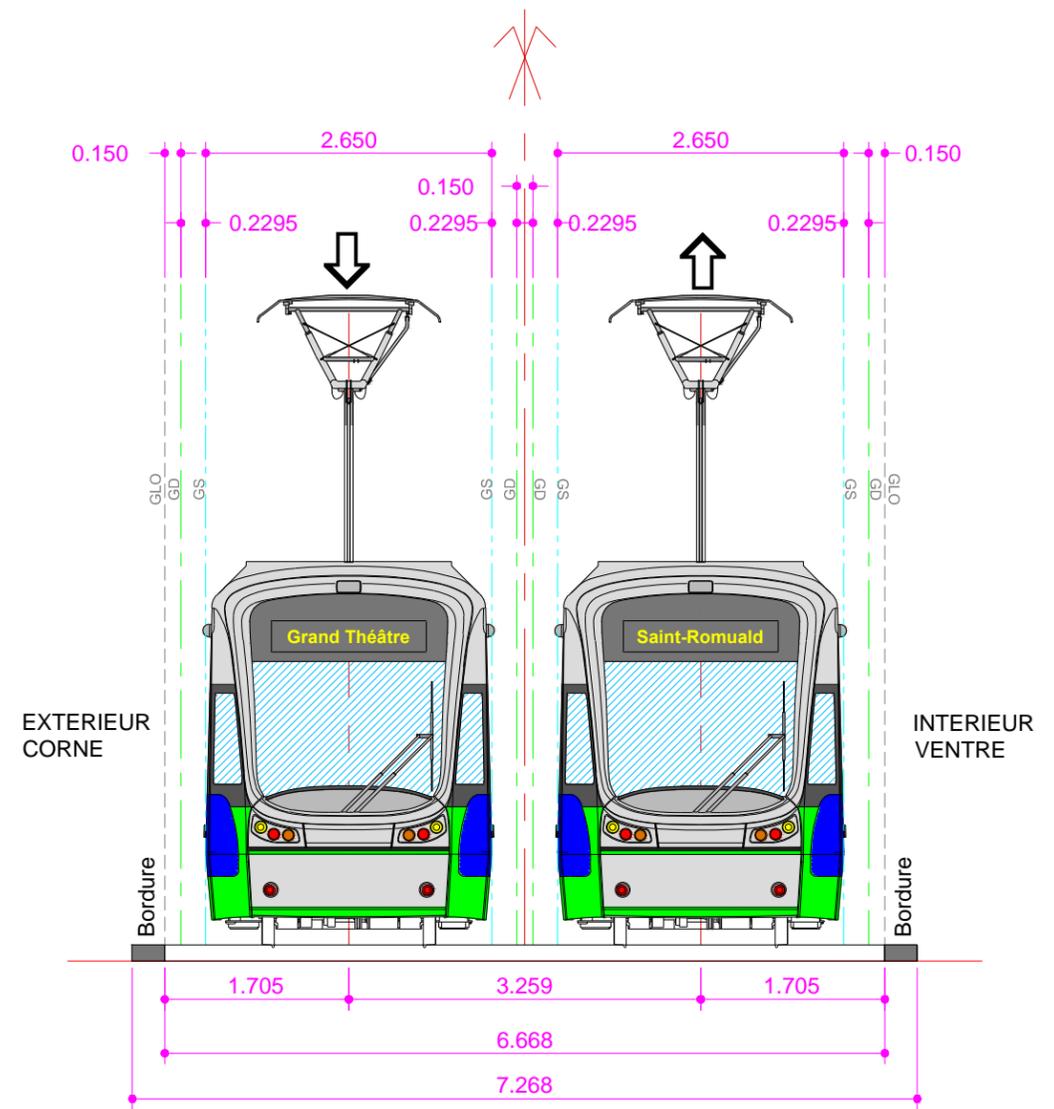
PROJET :  
 Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis  
*Réseau de transport de la Capitale*

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0001
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES CAS No.1 ET No.2	0	1:15000
	VARIANTE:	REV.
	0	PB





En courbe sans poteaux centraux, sans dévers



En courbe (R=80m) sans poteaux centraux, sans dévers

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
 GD : GABARIT DYNAMIQUE  
 GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :



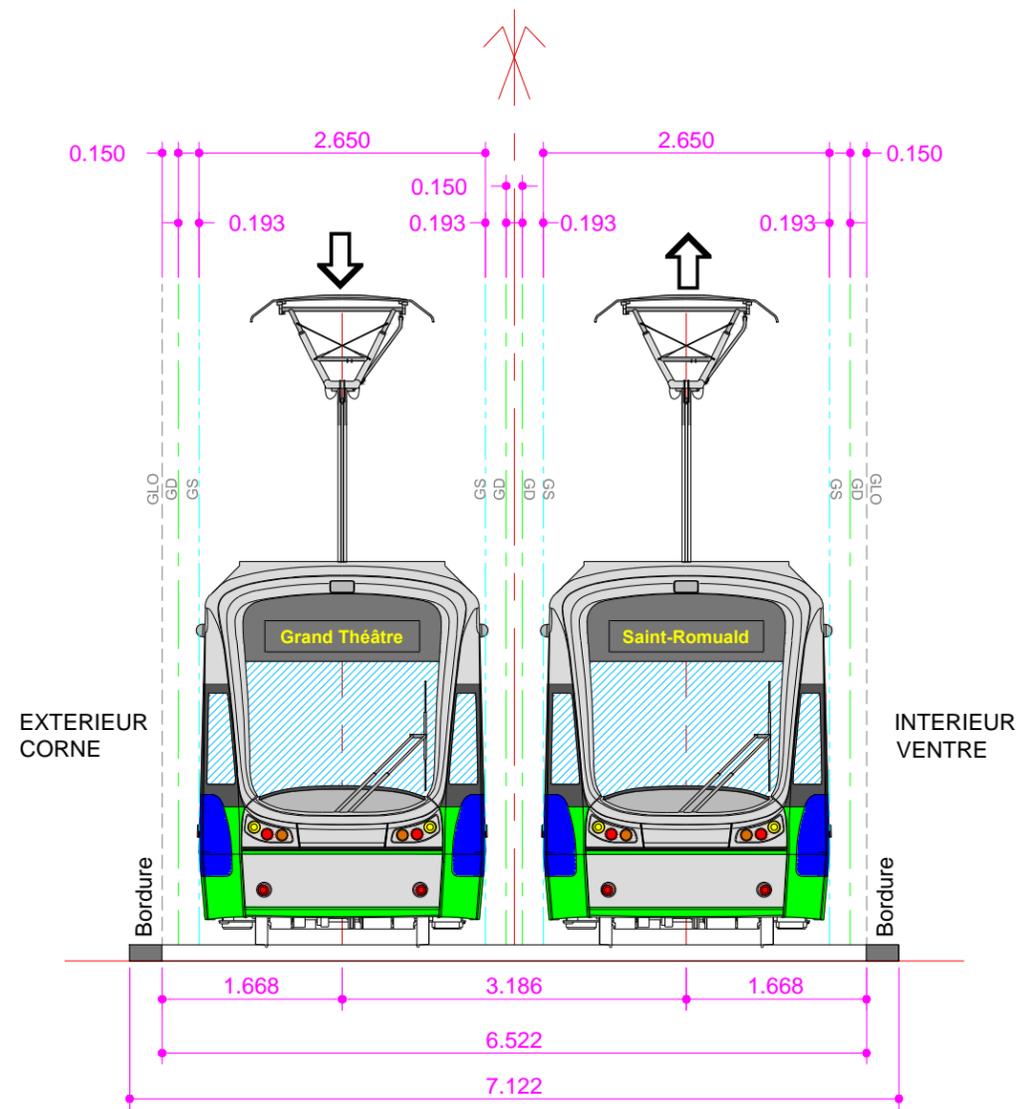
PROJET :

Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis

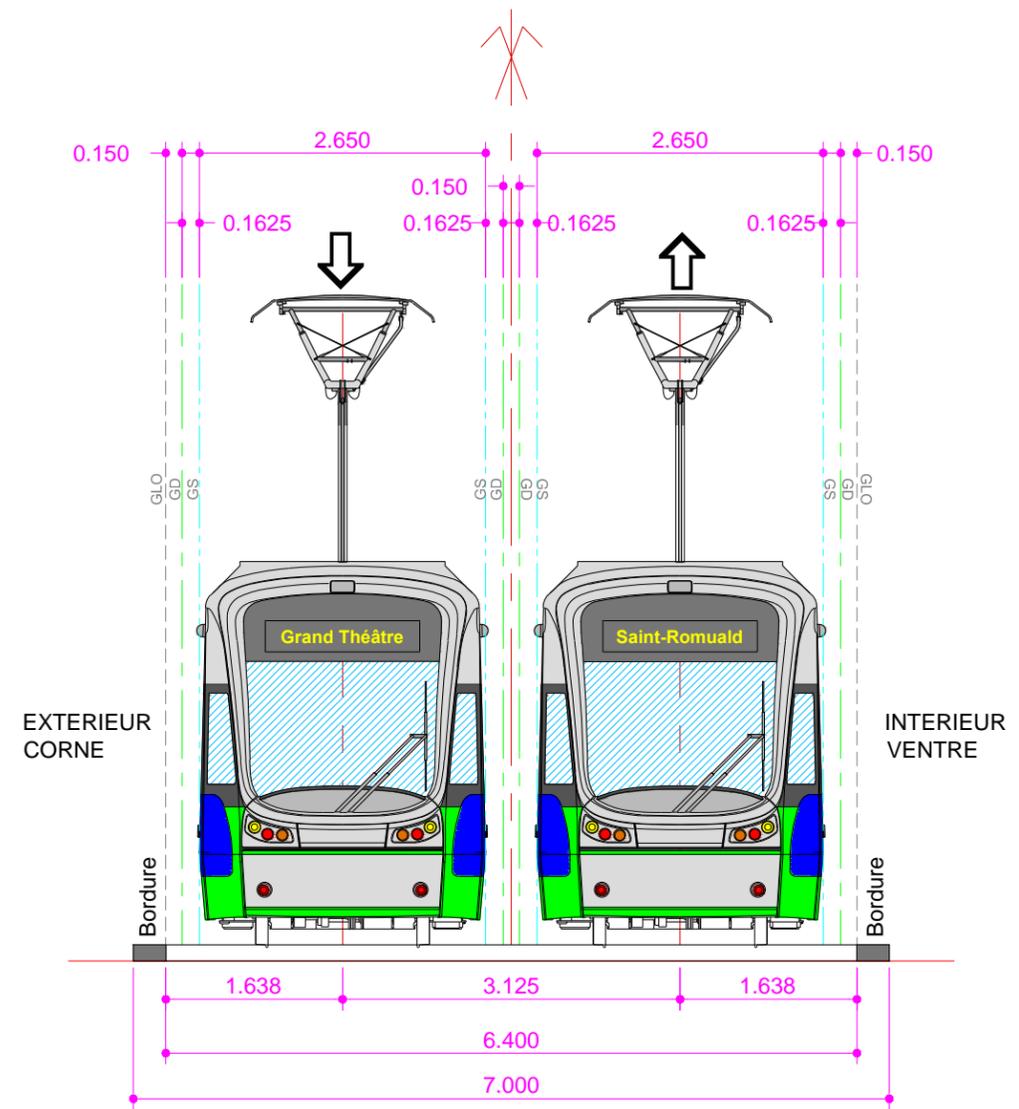
Réseau de transport de la Capitale

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0002
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES CAS No.3 ET No.4	0	1:15000
	VARIANTE:	REV.
	0	PB





En courbe (R=150m)  
sans poteaux centraux, sans dévers



En courbe (R=500m)  
sans poteaux centraux, sans dévers

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
GD : GABARIT DYNAMIQUE  
GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 <b>RTC</b> RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :



PROJET :

Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis

Réseau de transport de la Capitale

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	REV.
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0003
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES CAS No.5 ET No.6	0	1:15000
	VARIANTE:	
	0	PB



#### 4.2.2 Section courante avec poteau axial

Dans le cas où il y a des poteaux en position axiale, le GLO varie selon la largeur des poteaux.

La largeur des poteaux n'est pas unique. Elle dépend notamment des efforts qui sont appliqués à la structure et du type de profil utilisé (H, Carré ou Cylindro-conique). Ci-après, un tableau indiquant les extremums pouvant être rencontrés pour la largeur des poteaux :

TYPE DE PROFIL	LARGEUR MINIMALE (CM)	LARGEUR MAXIMALE (CM)
H	18	36
Carré	20	35
Cylindro-conique	30	45

A l'heure actuelle, il est prévu des profils H pour les poteaux LAC de l'ensemble des lignes et nous prendrons dans notre étude l'hypothèse d'un poteau axial de 35 cm de largeur ; soit 30 cm  $\pm$  5 cm pour tolérance de construction et contraintes de déneigement.

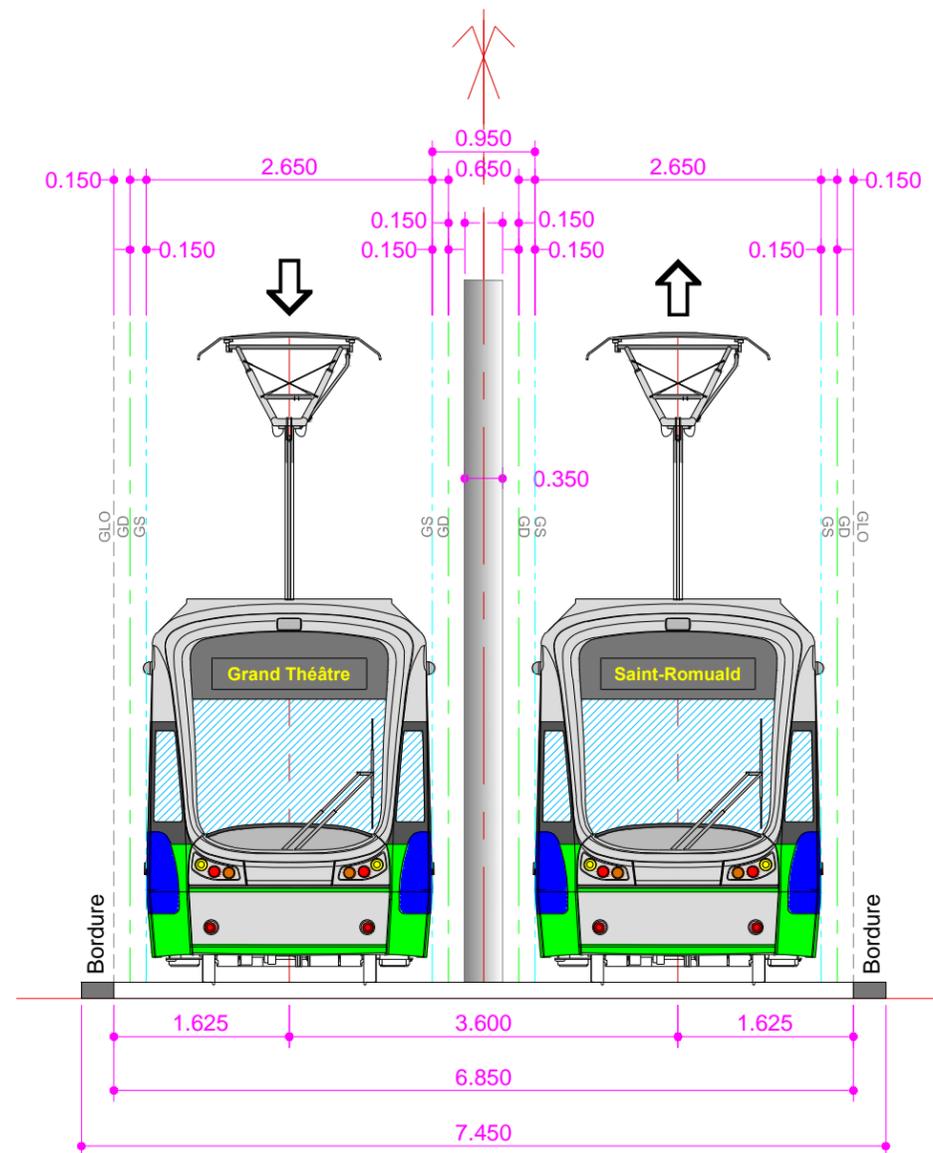
Durant la phase de plans et devis, les coupes de principes pourront être mises à jour selon les diamètres des poteaux axiaux retenus pour le tramway de Québec et de Lévis.

Dans le cas d'un alignement droit avec poteau en position axiale, les GLO extérieurs sont à une distance de 6,85 mètres en voie double (voir plan 0004 ci-après).

Dans le cas le plus contraignant (rayon de 150 mètres\*) les GLO extérieurs sont à une distance de 7,02 mètres en voie double. (Voir plans 0005 et 0006 ci-après pour différentes valeurs de rayons).

Note (\*) : Dans les cas de courbes de rayon inférieur à 150m, les poteaux seront placés à l'extérieur de la plateforme (poteaux et tendeurs à l'extérieur de la courbe ou accrochages en façades)



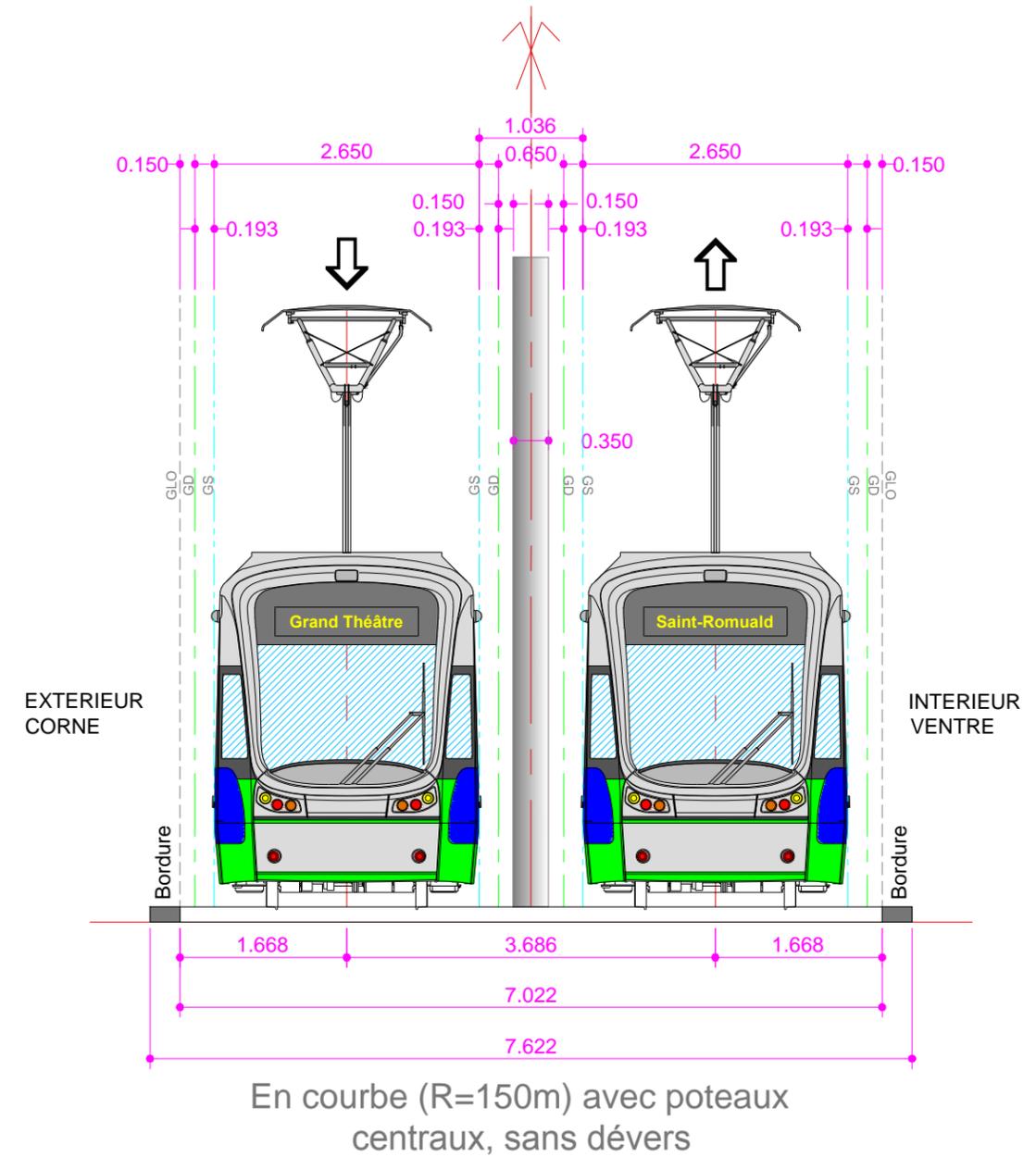
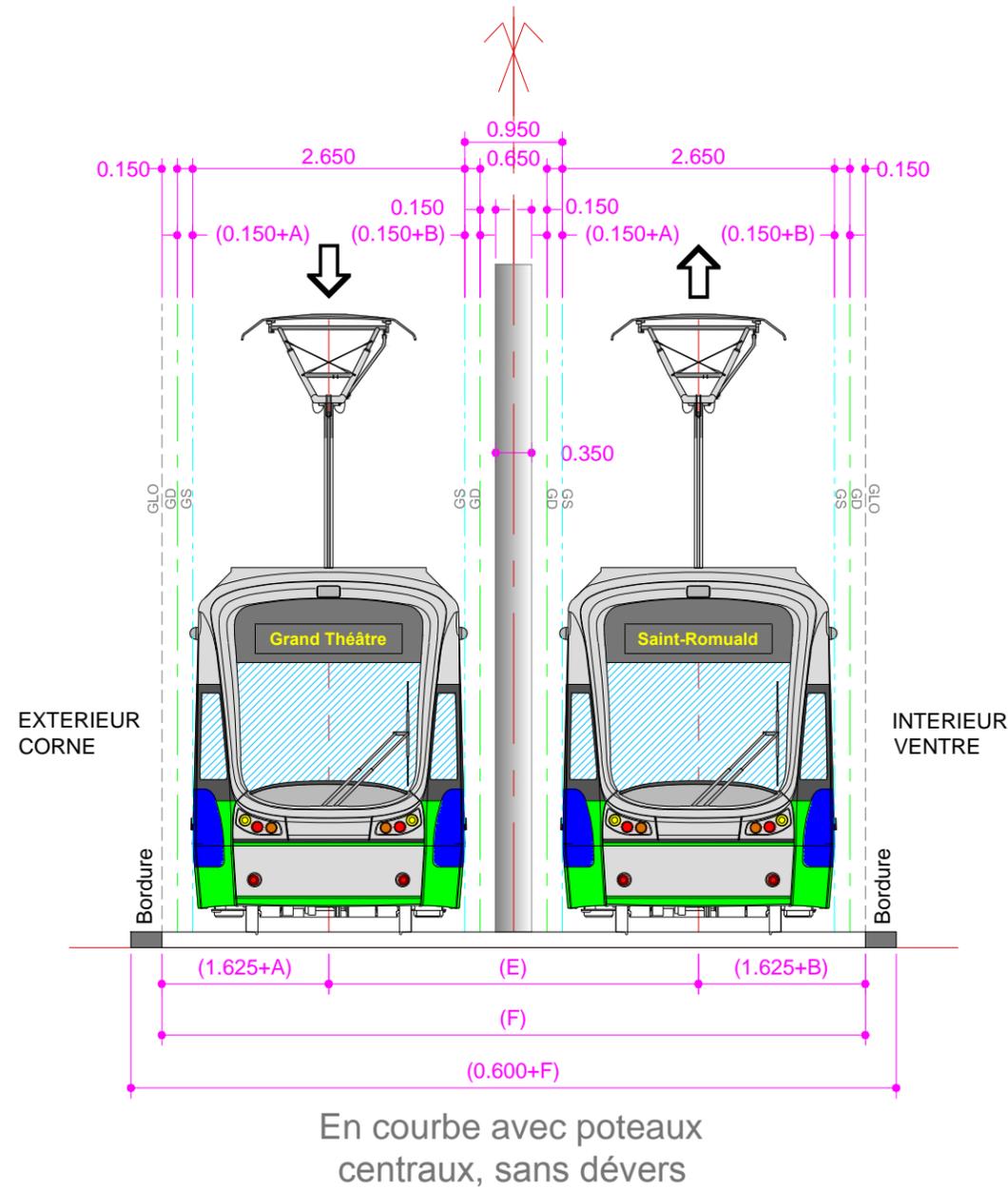


Voie double en alignement droit  
avec poteau axial de 35 cm de largeur

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
GD : GABARIT DYNAMIQUE  
GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT :	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	
 <b>RTC</b> RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.	  	1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0004
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.		INTITULÉ DU PLAN :	0	ÉCHELLES :
Dossier :							PROJET :	ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATFORMES	0	
P-12-600-04							Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis	CAS No.7	0	
							<i>Réseau de transport de la Capitale</i>			REV. PB





GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
 GD : GABARIT DYNAMIQUE  
 GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :



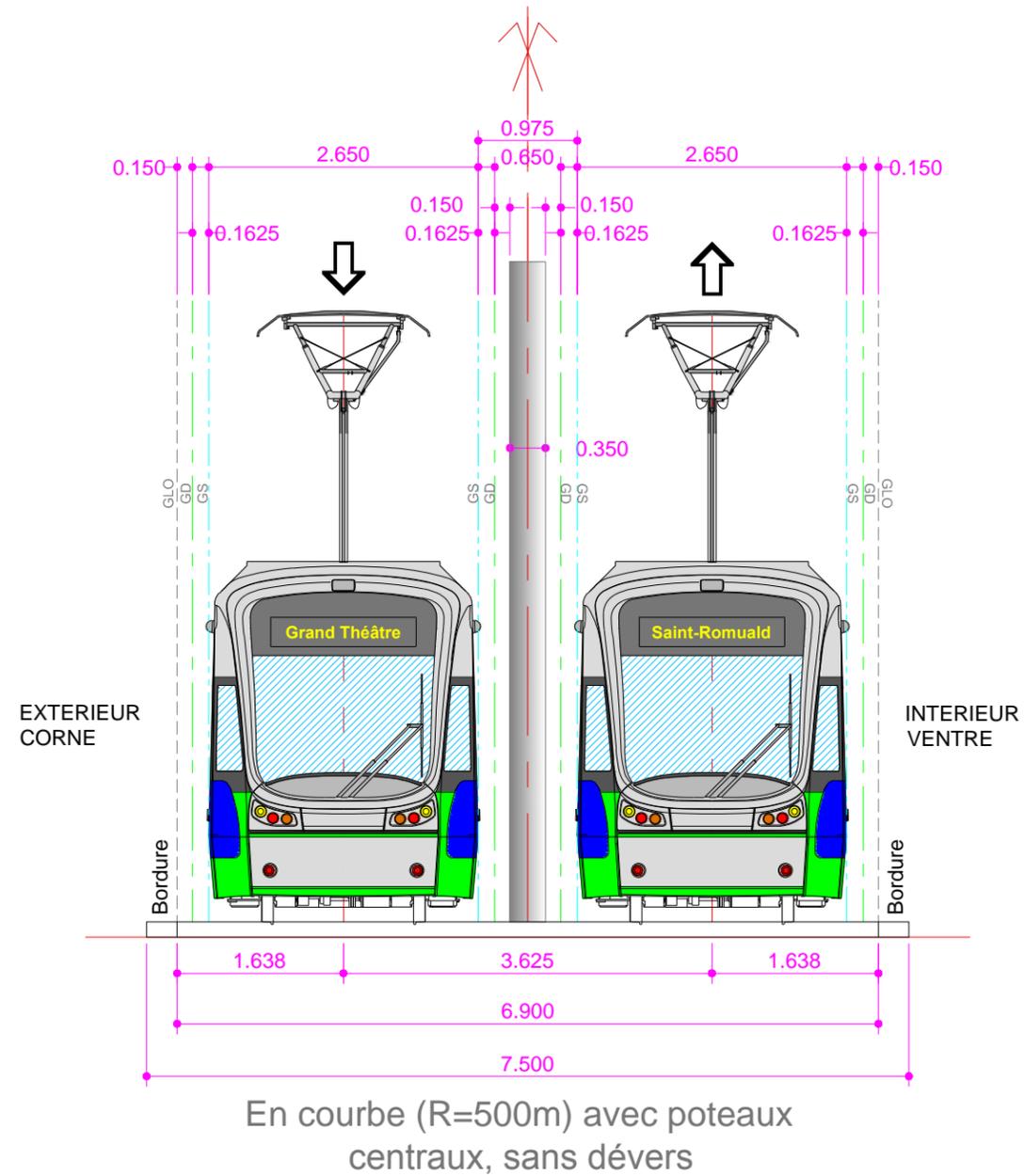
PROJET :

Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis

Réseau de transport de la Capitale

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	REV.
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0005
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES	0	1:15000
CAS No.8 ET No.9	VARIANTE:	
	0	PB





GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
 GD : GABARIT DYNAMIQUE  
 GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :



PROJET :

Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis  
*Réseau de transport de la Capitale*

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0006
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES	0	1:15000
CAS No.10	VARIANTE:	REV.
	0	PB



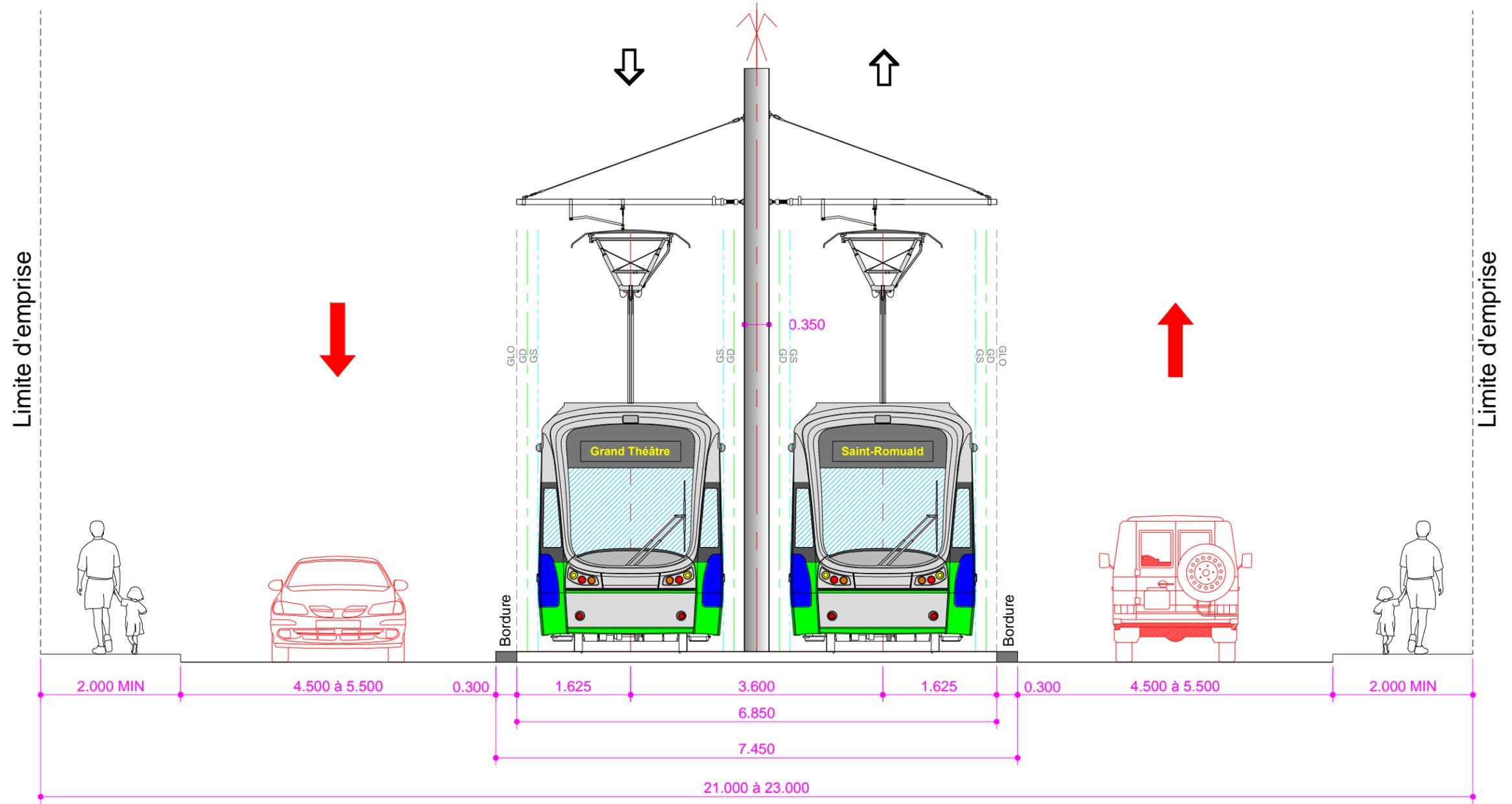
#### 4.2.3 Site propre en position axiale

Lorsque des voies de circulation automobile sont de part et d'autre de la plateforme avec poteau LAC central et que la circulation automobile adjacente au tramway est dans le même sens que le tramway, les bordures (séparateurs) font 0,30 mètre de largeur ; la plateforme est alors de 7,45 mètres, incluant les bordures.

Le plan 0007 ci-après montre que pour une emprise de l'ordre de 20 m (21 à 23 m) et des trottoirs de 3,0 m, l'espace résiduel pour la voirie de part et d'autre du tramway est de 3,275 m. Il n'y a donc pas d'espace dans ce cas de figure pour du stationnement ou bande cyclable.

Pour une emprise de 70 m, le plan 0008 ci-après montre que dans ce cas de figure, l'espace résiduel pour la voirie de part et d'autre du tramway est de 28,275 m. On peut donc y prévoir plusieurs voies de circulation et/ou stationnement et/ou des bandes cyclables.





Site propre axial double sens,  
dans une emprise de 21 à 23 m

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
GD : GABARIT DYNAMIQUE  
GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 <b>RTC</b> <small>RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE</small>	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :

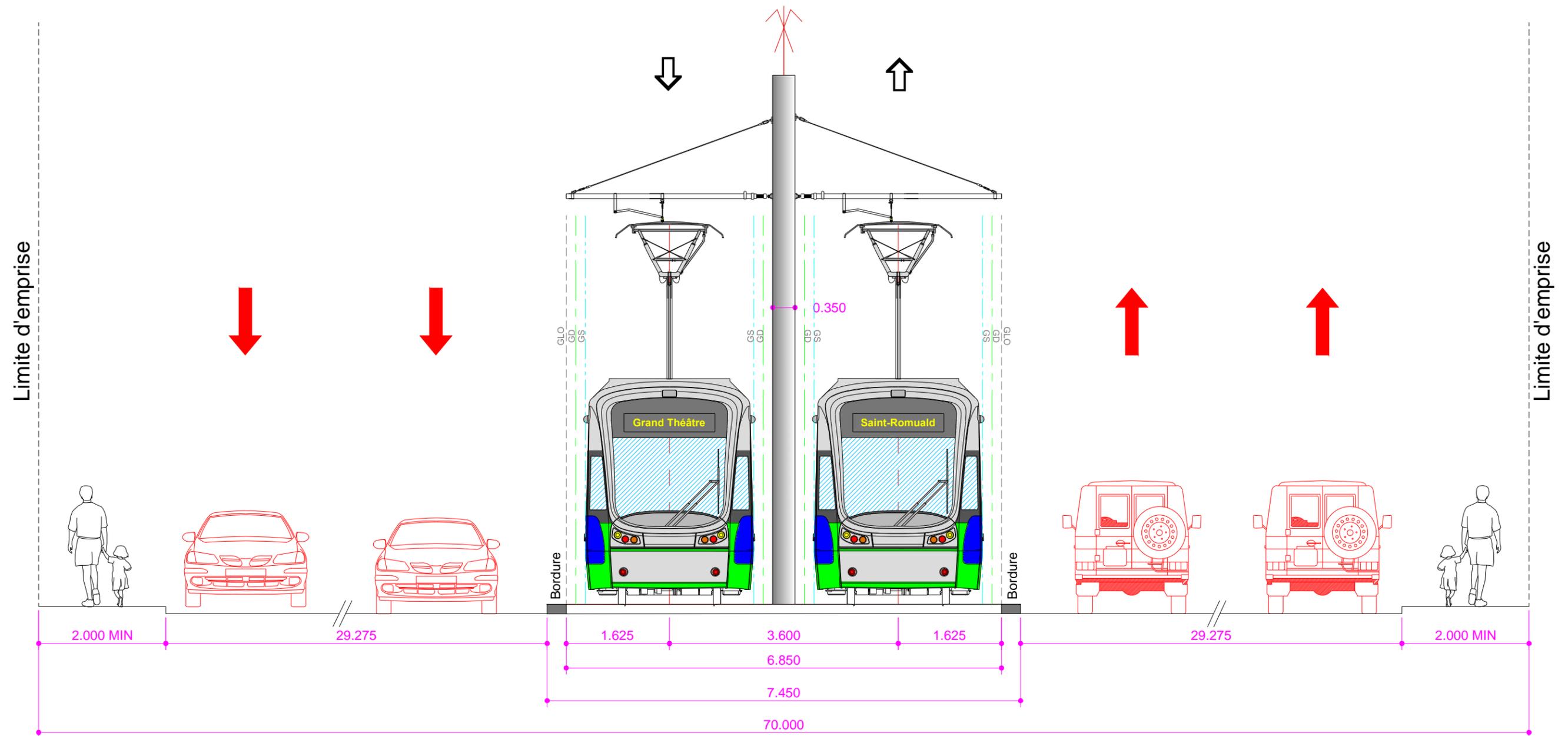


PROJET :

Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis  
Réseau de transport de la Capitale

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0007
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES	0	1:15000
CAS No.11	VARIANTE:	REV.
	0	PB





Circulation axiale double sens,  
dans une emprise de 70 m

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
GD : GABARIT DYNAMIQUE  
GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 <b>RTC</b> <small>RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE</small>	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :	PROJET :
  	<b>Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis</b> <i>Réseau de transport de la Capitale</i>

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	REV.
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0008
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES CAS No.12	0	1:15000
	VARIANTE:	
	0	



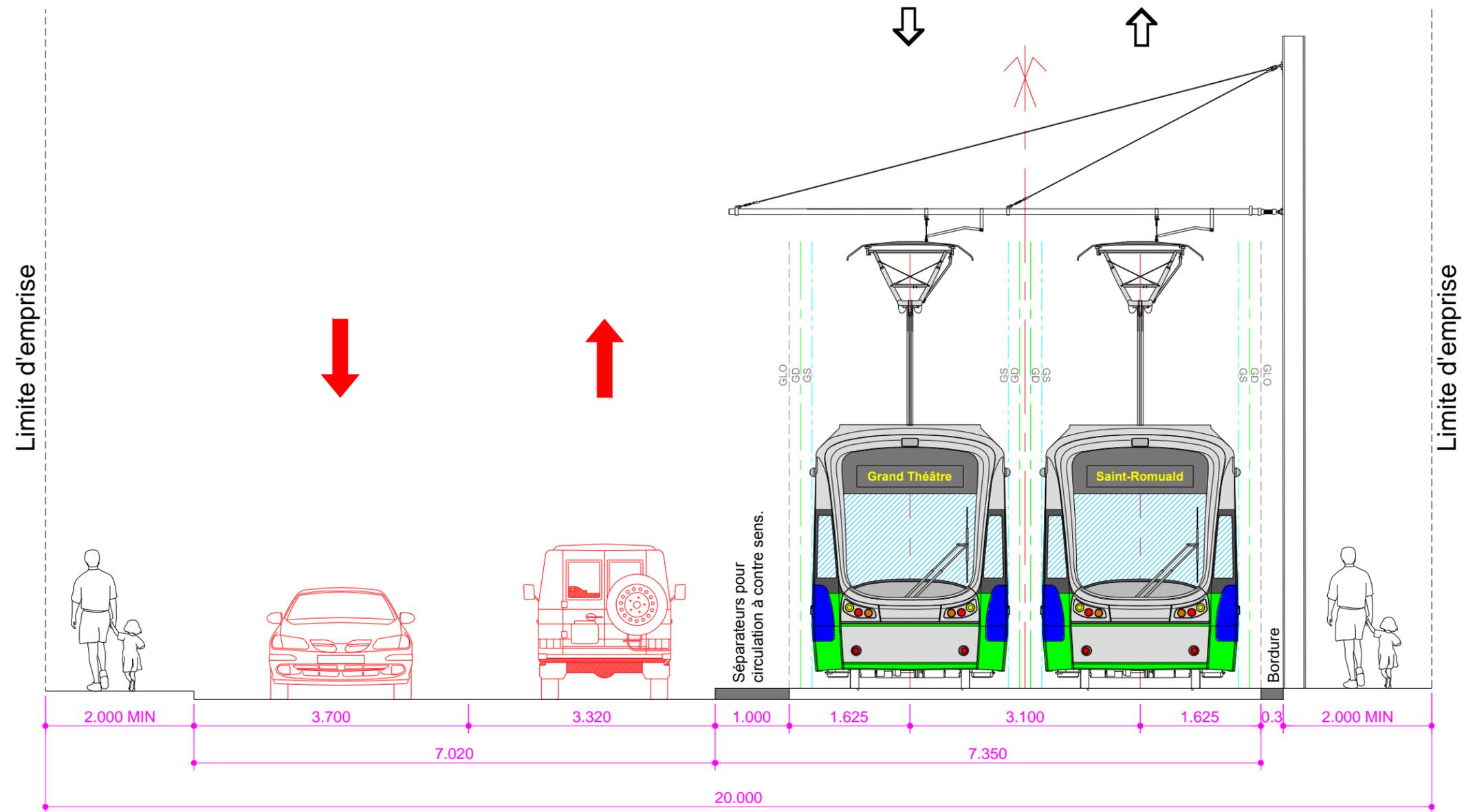
#### 4.2.4 Site propre en position latérale

Lorsque la plateforme tramway est en latérale, la circulation automobile peut se trouver en contre sens de la circulation du tramway qui est le plus près de la voirie. Dans ces cas, il est mis en place un séparateur d'une largeur d'un mètre afin d'écarter les véhicules qui circulent en contre sens du tramway.

Le plan 0009 ci-après présente une insertion en site propre en position latérale avec circulation automobile adjacent à contre sens du tramway dans une emprise de 20 m.

Dans ce cas de figure, l'espace résiduel pour la voirie est organisé, soit avec 1 voie de 3,70 le long du trottoir et une autre voie de 3,20, soit avec une bande cyclable de 1,50 m à 2,00 m et une voie de circulation de 4,50 m à 5,50 m de largeur. Il serait aussi possible d'imaginer dans ce cas de figure d'avoir du stationnement sur 2,25 m et une seule voie de circulation de 4,50 m.





Site propre en position latérale avec circulation automobile adjacente à contre sens du tramway dans une emprise de 20 m

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
 GD : GABARIT DYNAMIQUE  
 GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :



PROJET :

Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis

Réseau de transport de la Capitale

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0009
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES	0	1:15000
CAS No.13	VARIANTE:	REV.
	0	PB



#### 4.2.5 Site banal

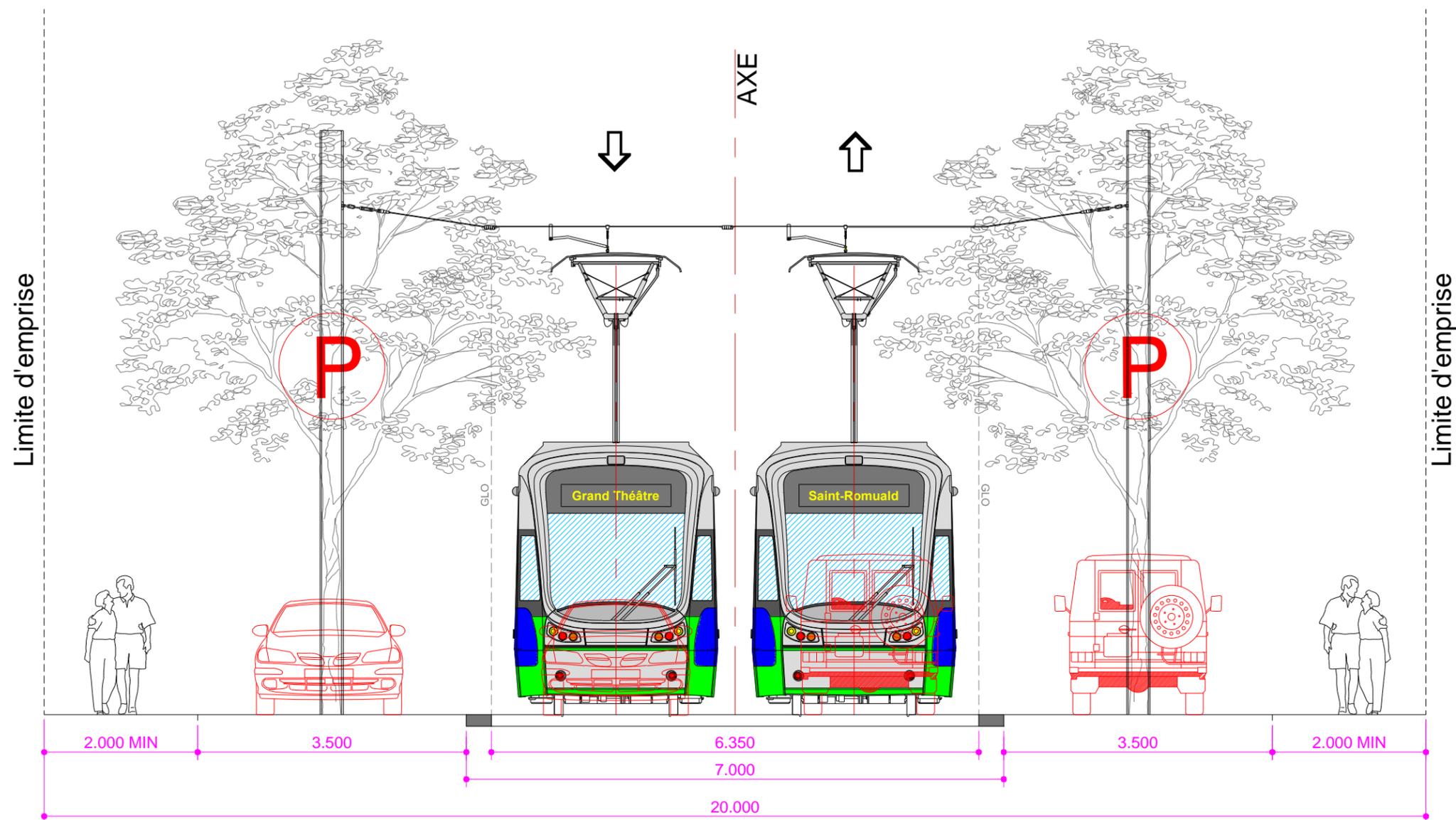
Lorsque les deux sens de circulation du tramway sont partagés avec la circulation routière, le tramway est dit en site banal. Dans ce cas, la plateforme du tramway est donc de ce fait à minima de 7,00 mètres.

Les sites banals ont des impacts négatifs sur la vitesse commerciale du tramway (congestion, temps de manœuvre pour stationner). Ce type d'insertion est à éviter dans la mesure du possible.

En site banal, le tramway circule au milieu de la circulation automobile, le stationnement longitudinal limitrophe à la plateforme tramway est d'au moins 3,25 mètres de large afin de permettre l'ouverture de la portière sans gêner la circulation du tramway.

Le plan 0010 ci-après présente ce cas de figure dans une emprise de 20 m. Cette insertion en site banal permet de conserver du stationnement de part et d'autre de la plateforme du tramway. Le plan 0011 ci-après présente le même cas de figure mais avec une emprise de 15 m. Dans ce cas de figure on peut prévoir du stationnement uniquement sur un côté de la plateforme ou bien créer une bande cyclable et élargir les trottoirs.





Site banal dans  
une emprise de 20 m

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
GD : GABARIT DYNAMIQUE  
GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 <b>RTC</b> <small>RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE</small>	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :



PROJET :

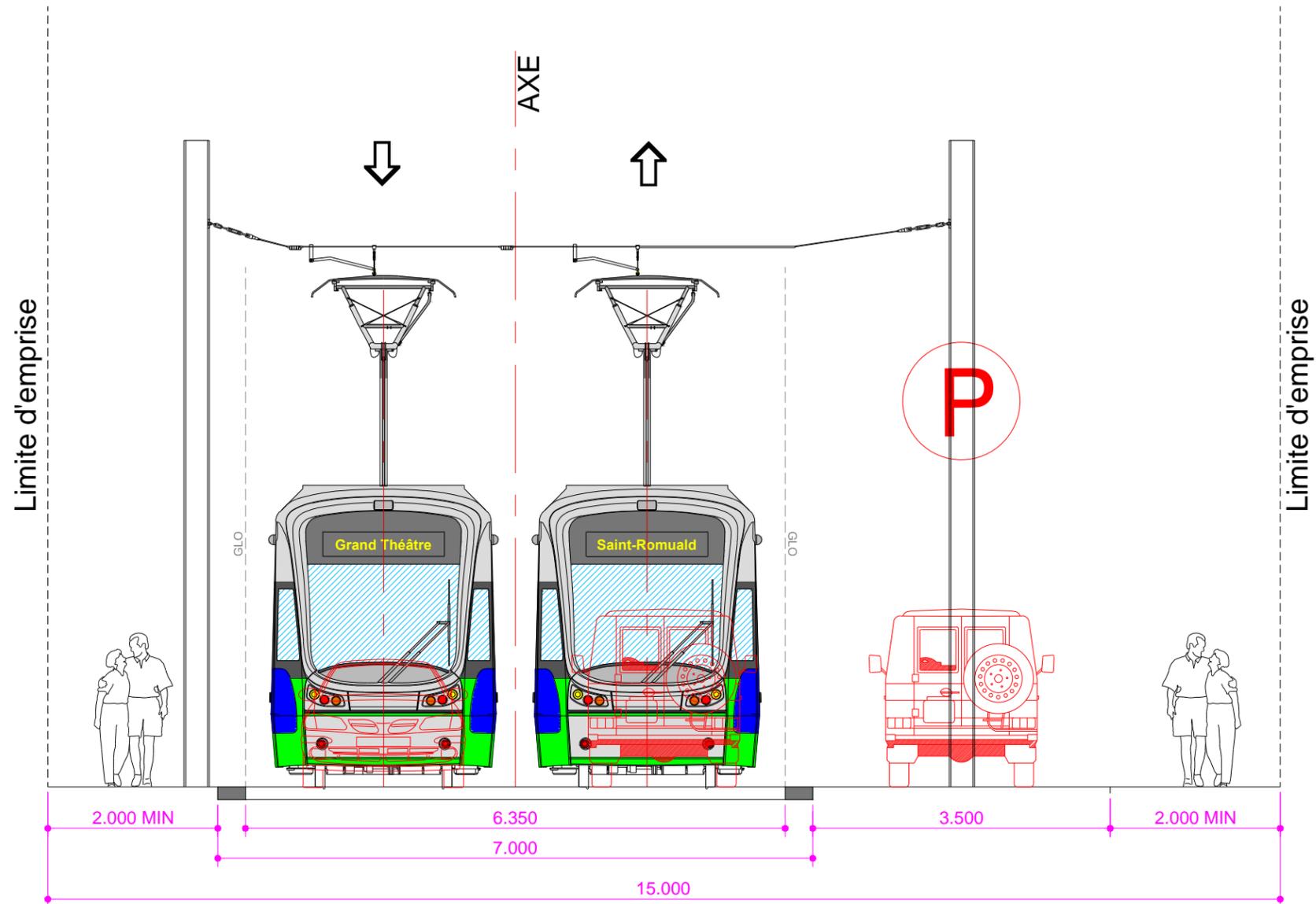
Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis

*Réseau de transport de la Capitale*

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0010
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATFORMES	0	1:15000
CAS No.14	VARIANTE:	REV.
	0	PB



une emprise de 15 m



Site banal dans  
une emprise de 15 m

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
GD : GABARIT DYNAMIQUE  
GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 <b>RTC</b> <small>RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE</small>	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :



PROJET :

**Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis**  
*Réseau de transport de la Capitale*

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0011
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES	0	1:15000
CAS No.15	VARIANTE:	
	0	

REV.	
PB	



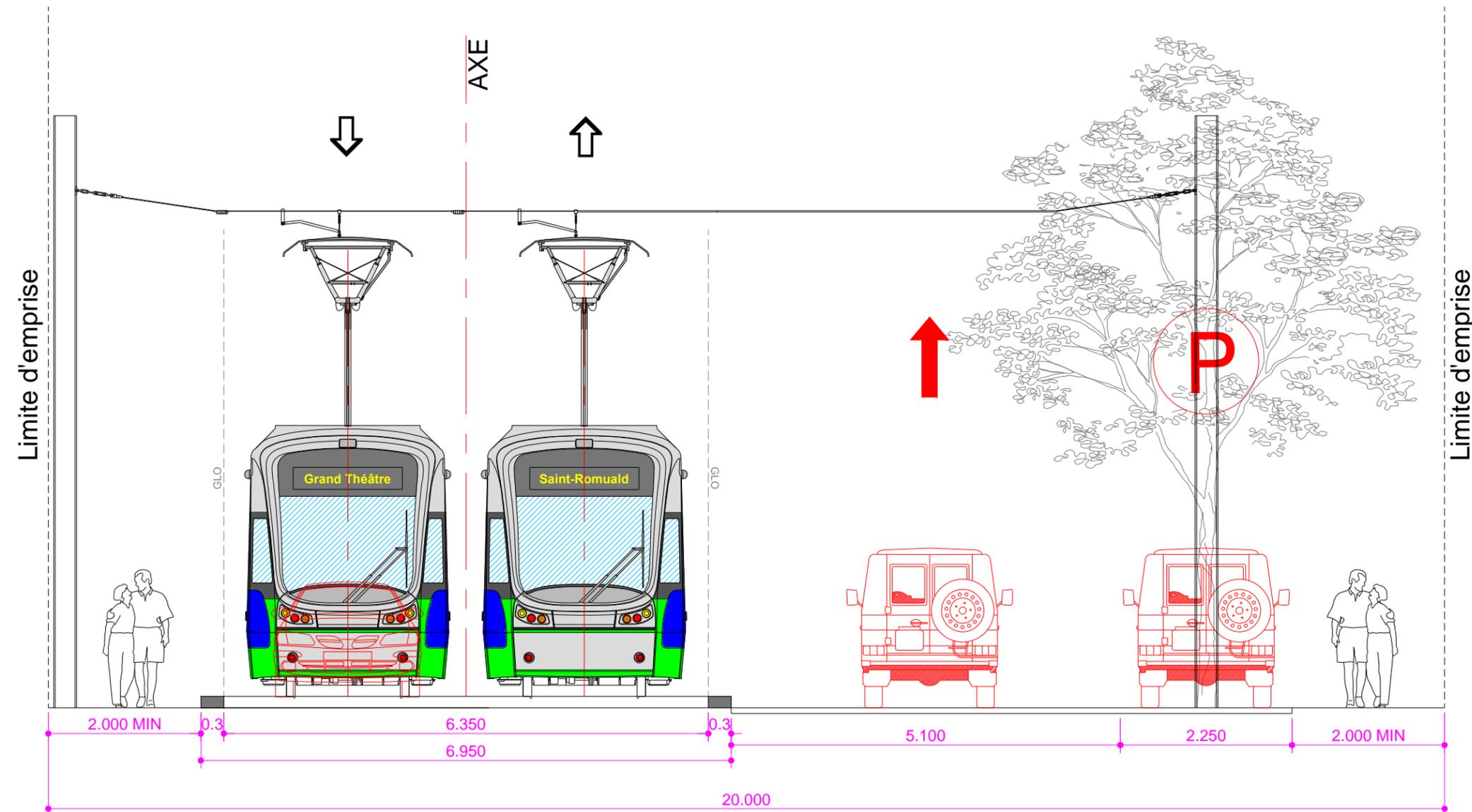
#### 4.2.6 Site mixte

En site mixte, la circulation automobile se fait dans un sens sur la même emprise que celle du tramway. La largeur nécessaire au véhicule routier est de 3,50 mètres et la plateforme du tramway a 7,00 mètres.

Le plan 0012 ci-après présente ce cas de figure dans une emprise de 20 m. Il est à noter que :

- Le stationnement doit de préférence ne pas être du côté de la voie mixte pour éviter les conflits entre le tramway et les manœuvres d'entrée / sortie des places de stationnement ;
- La circulation en site propre devrait dans la mesure du possible être dans le même sens que la circulation de la voie adjacente du tramway pour éviter d'avoir à introduire une bordure de 1,000 m et de réduire en conséquence la largeur de la chaussée.





Site mixte dans  
une emprise de 20 m

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
GD : GABARIT DYNAMIQUE  
GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 <b>RTC</b> RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :



PROJET :

Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis

Réseau de transport de la Capitale

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0012
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES	0	1:15000
CAS No.16	VARIANTE:	REV.
	0	PB



#### 4.2.7 Cas des stations

En station, l'implantation des quais se fait sur le principe d'une réduction du GLO en partie basse du véhicule, en considérant que l'entrée du tramway se fait par un alignement droit et à vitesse réduite.

Ainsi, la réduction des jeux et des débattements permettent de placer le bord des quais à 1,375 m du centre de chaque voie.

La conception des stations pour le tramway de Québec et de Lévis est adaptée en fonction des principes et des réflexions du Consortium sur mise en place de stations « tempérées ». A ce stade la configuration des stations sera telle que les quais et les voies tramway seront couverts.

Cette disposition :

- Permet de protéger l'ensemble du quai contre la neige ;
- Ne requiert pas de portes palières ;
- Ne pose pas de problèmes de sécurité pour les usagers (pas neige en face des portes palières, pas d'intrusion entre abri et tramway,...)

La note technique relative aux stations donne les détails fonctionnels et techniques des configurations choisies.

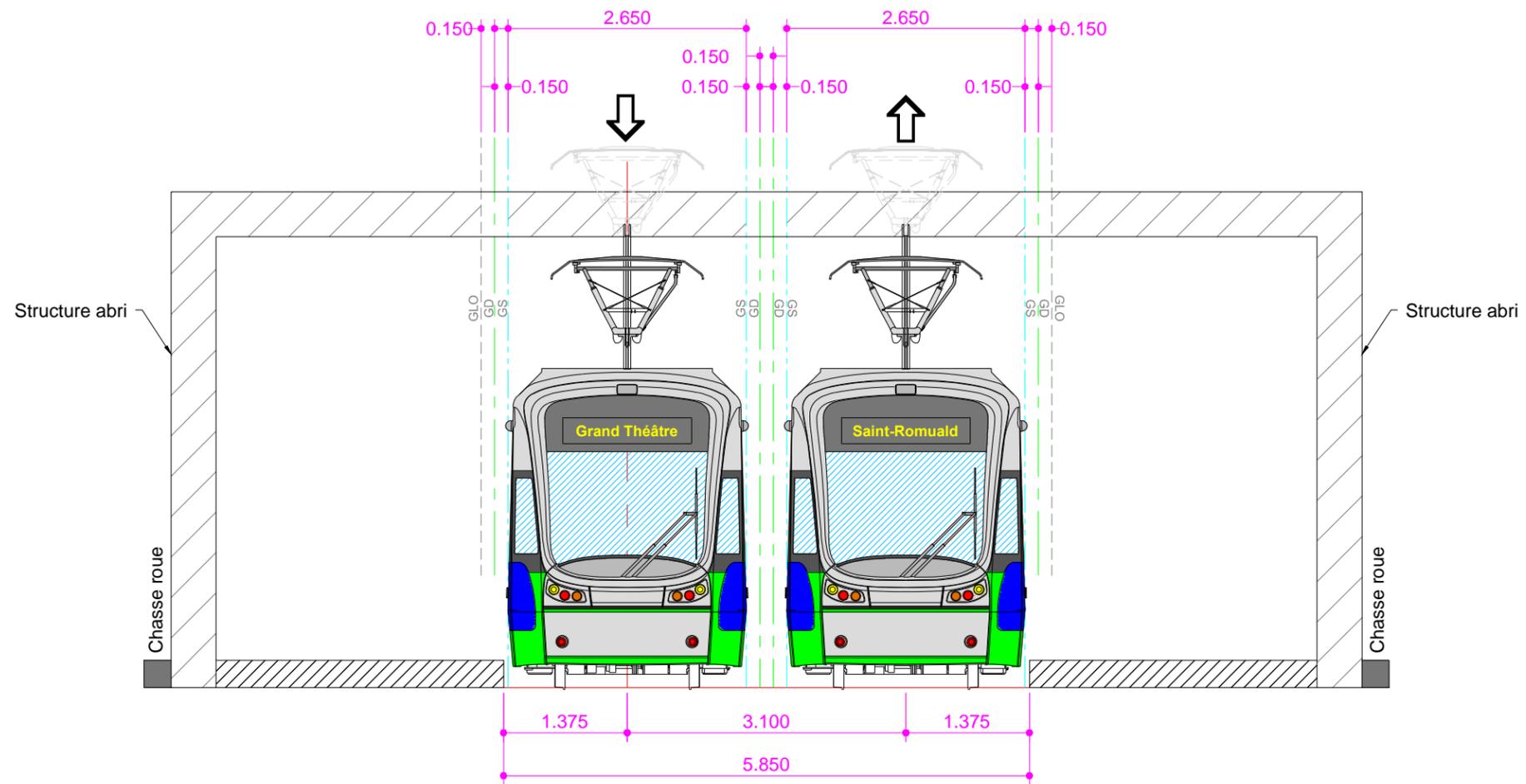
Il est à noter que la couverture de l'abri au-dessus des voies devra être suffisamment haute pour passer par-dessus la ligne aérienne de contact (LAC) qui sera de façon générale à  $\pm 6,00$  m au-dessus du plan de roulement du tramway en milieu urbain.

Le cas des stations à quais latéraux est illustré par le plan 0013, le cas des stations à quai central est illustré par le plan 0014

Il est à noter :

- Une station à quai central est moins confortable pour les usagers qui sont dans le tramway puisqu'il faut introduire des courbes et contre-courbes dans les voies pour contourner le quai central. Cette solution occasionne des coûts plus élevés au point de vue entretien (voie ferrée et roues) compte tenu des courbes et contre-courbe.
- Une station à quai central, implique la mise en place de refuges entre la voirie et la voie ferrée pour protéger le piéton lors de la traversée de rue, ce qui implique un élargissement du « façade à façade ». Une station à quais latéraux n'a pas besoin d'espace supplémentaire pour ces refuges. En effet, la largeur des quais en extrémités de station sert à implanter le refuge.





Station à quais latéraux avec abri  
des quais et des voies

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
GD : GABARIT DYNAMIQUE  
GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par	CONSULTANT :	INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	
 <b>RTC</b> RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.	  	1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0013
	PB	2012.12.05	Dissuasion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.		INTITULÉ DU PLAN :	0	ÉCHELLES :
Dossier :							PROJET :	ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES	0	
P-12-600-04							Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis	CAS No.17	0	
							<i>Réseau de transport de la Capitale</i>			REV. PB



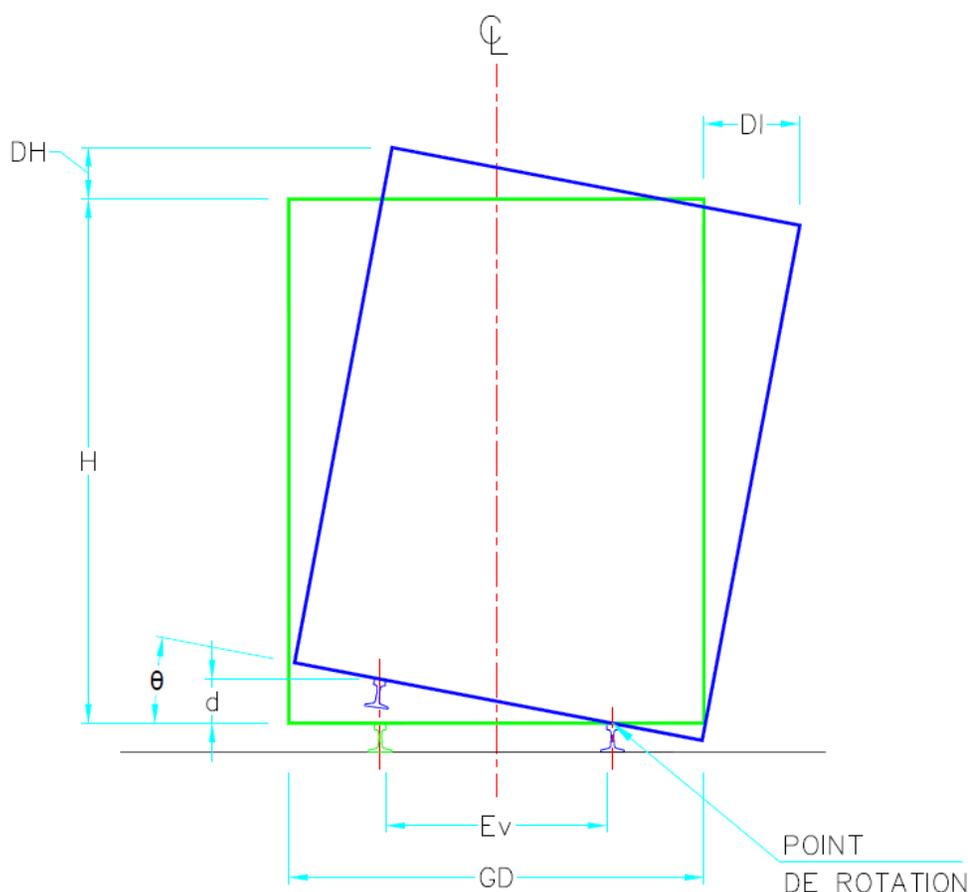




### 4.3 Sur largeurs et surhauteurs dues au dévers

Quand la construction du tracé nécessite la mise en dévers de la plateforme, en particulier pour l'optimisation de la vitesse du tramway, des déplacements supplémentaires du matériel roulant sont à prévoir. On définit ainsi, les surlargeurs (DI) et les surhauteurs (DH) dues à la mise en dévers ( $d$ ) qui sont calculées en fonction de l'inclinaison ( $\theta$ ) du gabarit dynamique (GD) du matériel roulant.

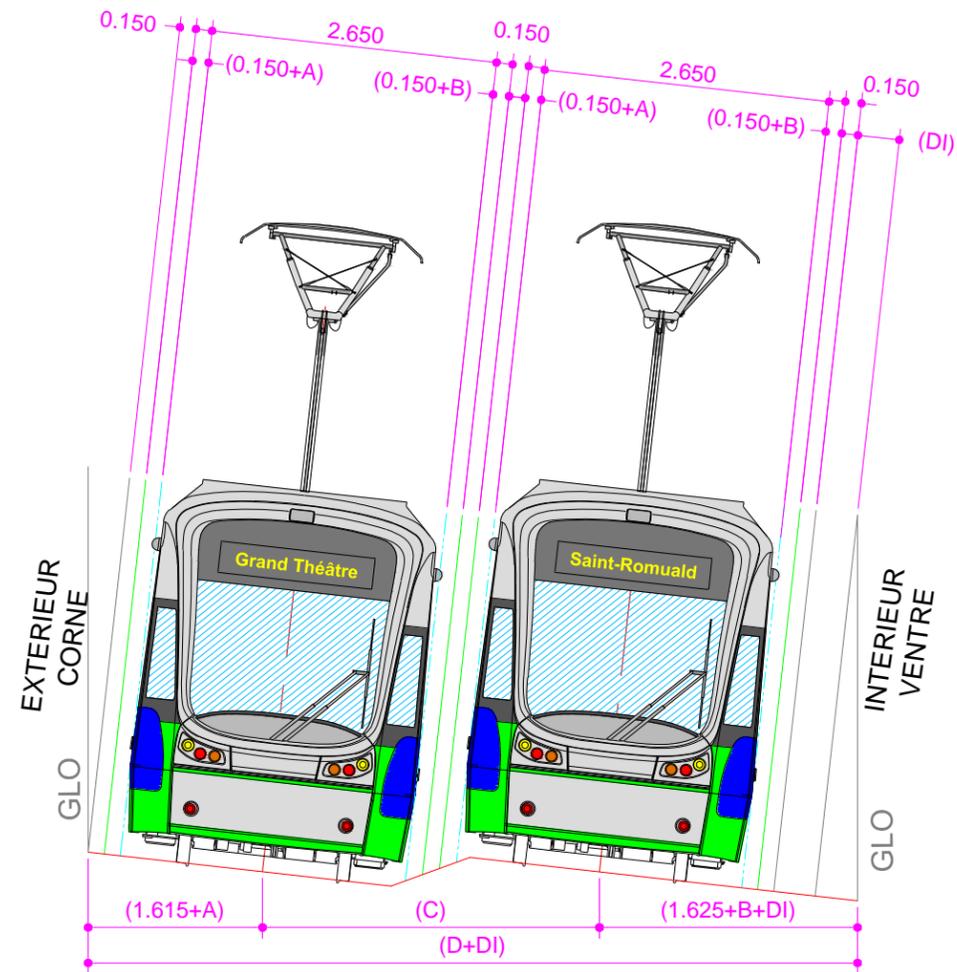
Figure 1 : Schéma des surlargeurs et surhauteurs



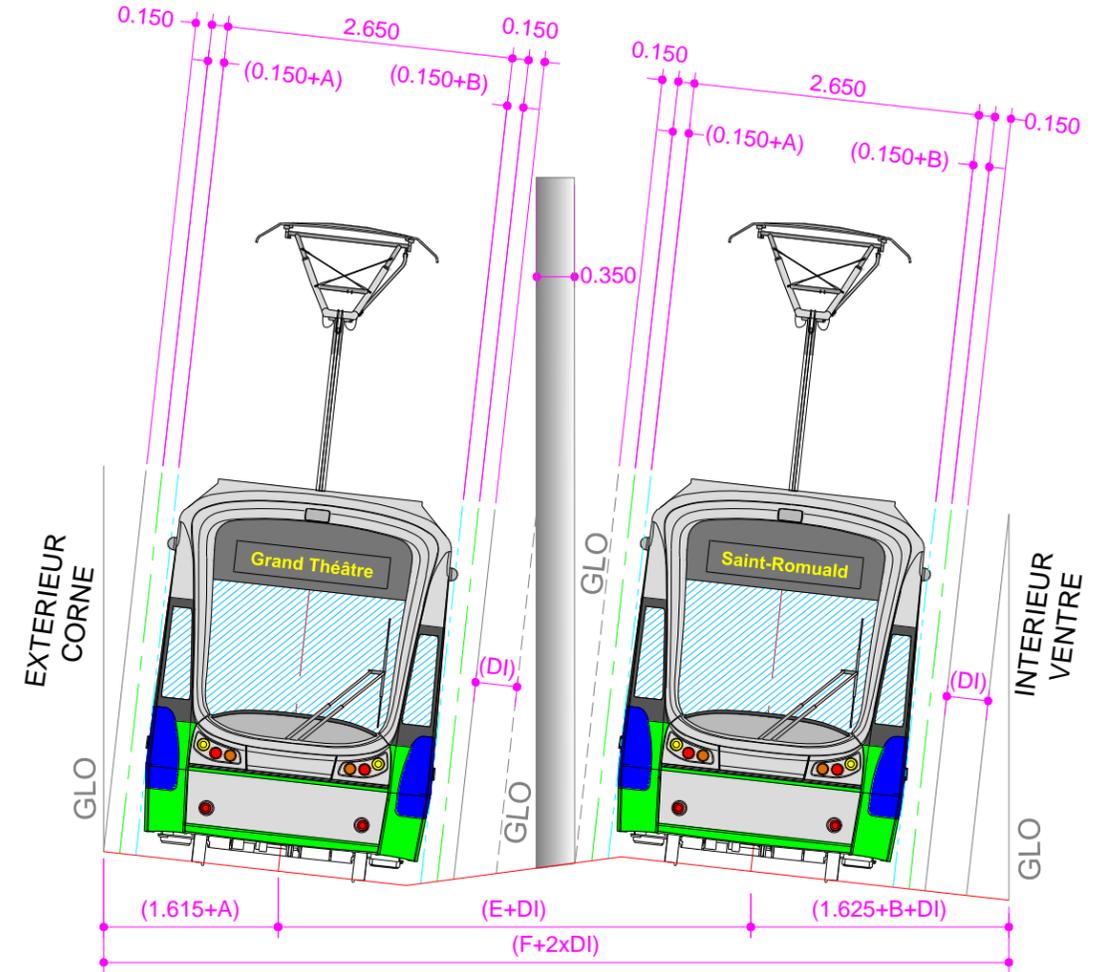
Différentes configurations de mise en dévers sont possibles.

- Les dévers voie par voie avec ou sans poteau central (voir plan 0015) ;  
Ce type de mise en dévers est usuellement utilisé en site propre intégral, hors zones circulables.
- Les devers coplanaires avec ou sans poteau central (voir plan 0016) ;  
Ce type de mise en dévers peut être utilisé en zones circulables, car il est plus facile à insérer dans l'environnement urbain et est donc priorisé dans le projet.





En courbe sans poteaux centraux, avec dévers



En courbe avec poteaux centraux, avec dévers

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
 GD : GABARIT DYNAMIQUE  
 GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :



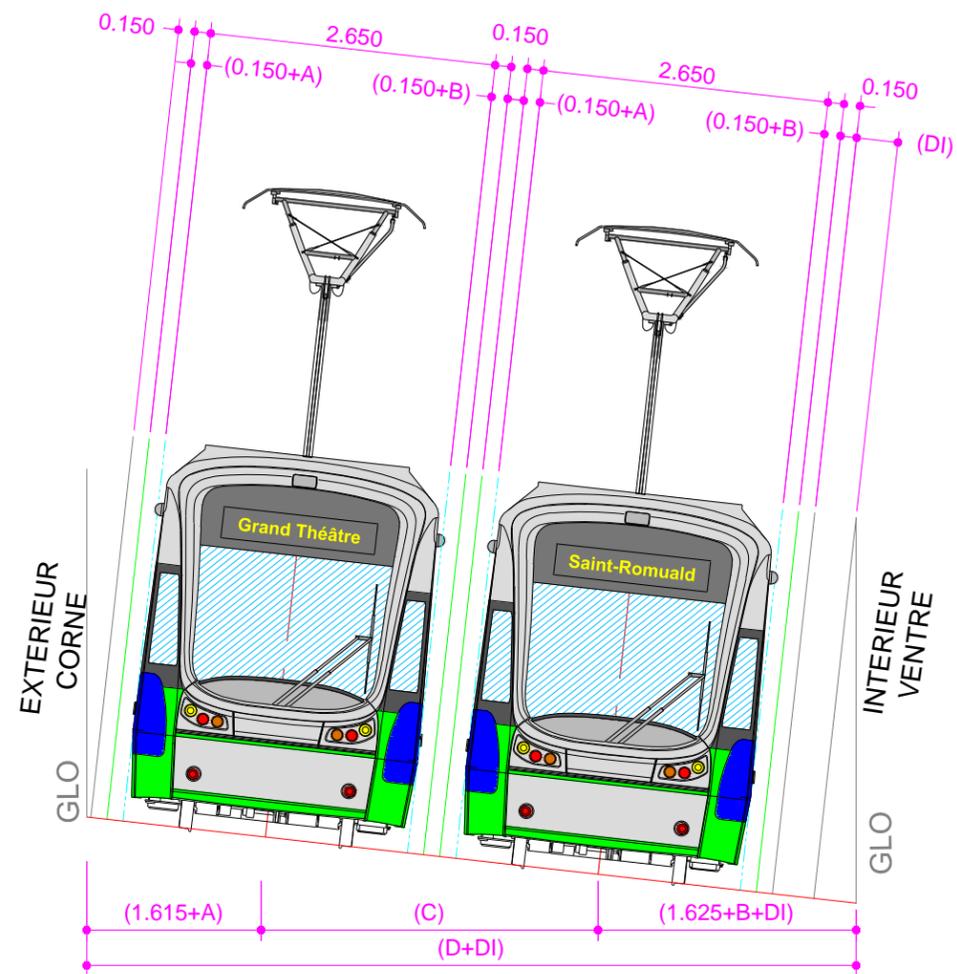
PROJET :

Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis

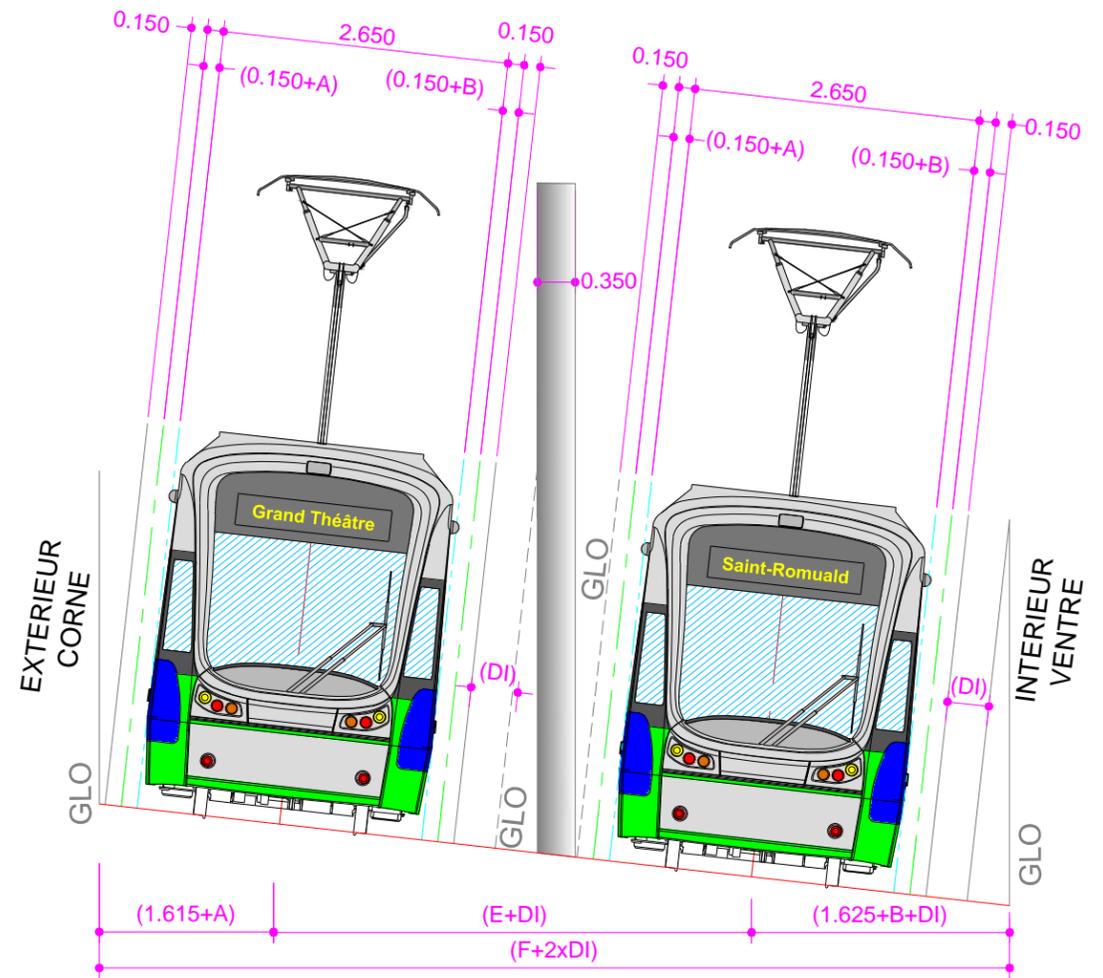
Réseau de transport de la Capitale

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	610879-0200-4ID1-0015
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATEFORMES	0	1:15000
CAS No.19 ET CAS No.20	VARIANTE:	REV.
	0	PB





En courbe sans poteaux centraux, avec dévers coplanaire



En courbe avec poteaux centraux, avec dévers coplanaire

GLO : GABARIT LIMITE D'OBSTACLE  
 GD : GABARIT DYNAMIQUE  
 GS : GABARIT STATIQUE

CLIENT :	Rev.	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par
 RÉSEAU DE TRANSPORT DE LA CAPITALE	PA	2012.11.22	Édition préliminaire	M.M.	O.J.	A.G.
	PB	2012.12.05	Diffusion au RTC pour commentaires	M.M.	O.J.	A.G.
Dossier :						
P-12-600-04						

CONSULTANT :



PROJET :

Étude de faisabilité technique du tramway de Québec et de Lévis

Réseau de transport de la Capitale

INTITULÉ DE L'ÉTAPE :	TRONÇON:	
1.2 TECHNOLOGIE ET INSERTION	0	610879-0200-4ID1-0016
INTITULÉ DU PLAN :	SÉQUENCE:	ÉCHELLES :
ÉTUDE GABARIT - COUPES PLATFOMES CAS No.21 et CAS No.22	0	1:15000
	VARIANTE:	REV.
	0	PB



Pour le calcul de DH, utilisé dans le cas de traversée d'ouvrage, on considère que les traversées (tracé en plan) se font par des courbes de rayon supérieur à 500 m.

Par approximation, les calculs de détermination de ces sur largeurs et sur hauteurs sont :

$$DI = \text{Dévers (\%)} * H$$

$$DH = \text{Dévers (\%)} * [(GD-Ev)/2+Ev]$$

Avec H = 3540 mm, Ev = 1435 mm et GD = 2980 mm (GD pour rayon de 500m)

Les valeurs correspondantes sont données dans le tableau suivant:

DEVERS (MM)	DEVERS (%)	DH (MM)	DL (MM)
0	0	0	0
10	0,7	15	25
20	1,39	31	49
30	2,09	46	74
40	2,79	62	99
50	3,48	77	123
60	4,18	92	148
70	4,88	108	173
80	5,57	123	197
90	6,27	138	222
100	6,97	154	247
110	7,67	169	272
120	8,36	185	296
130	9,06	200	321
140	9,76	215	346
150	10,45	231	370
160	11,15	246	395

## 4.4 Gabarit vertical

### 4.4.1 Gabarit vertical non déversé

La surhauteur due au profil en long, dans les raccordements de déclivités convexes ou concaves, est calculée en fonction du rayon de la parabole et des caractéristiques du matériel roulant.

Cette surhauteur est notée Sh. Elle est à prendre en compte uniquement dans le cas de passage dans des ouvrages souterrains ou sous des ouvrages d'art (pont par exemple). Pour le calcul, on considère que les traversées (tracé en plan) se font par des courbes de rayon supérieur à 500 m.

Le GLO vertical est déterminé en appliquant dans une première approche une lame d'air de 100 mm à la Hauteur du véhicule (établie ici à 3,540 mètres), compléter par la sur hauteur due au Profil en long. Cette lame d'air constitue une marge qui intègre l'usure verticale du rail (2mm) et la moyenne quadratique de la tolérance pose de voie, du tassement différentiel de voie et du déplacement vertical de voie (2 mm).

Les valeurs de sur hauteur et de GLO vertical sont données dans le tableau suivant :

RAYON DE LA PARABOLE (M)	SH (M)	
	RACCORDEMENT CONVEXE	RACCORDEMENT CONCAVE
Rp mini	0,040	0,050
450	0,030	0,035
500	0,025	0,032
1000	0,015	0,016
1500	0,010	0,010
2000	0,007	0,008
5000	0,005	0,006

RAYON DE LA PARABOLE (M)	GLO VERTICAL = H+SH +LAME D'AIR HORIZONTALE (EN M)	
	RACCORDEMENT CONVEXE	RACCORDEMENT CONCAVE
Rp mini	3,68	3,69
450	3,67	3,675
500	3,665	3,672
1000	3,655	3,656
1500	3,65	3,65
2000	3,647	3,648
5000	3,645	3,646

#### 4.4.2 Gabarit vertical sous-ouvrage

Le gabarit vertical sous ouvrage correspond à la hauteur entre le plan de roulement et le dessous de l'ouvrage.

Il convient de rappeler que la hauteur de captation du matériel roulant (distance entre le plan de roulement et le dessous de la LAC) peut être comprise entre 3,70 mètres et 6,30 mètres. (N.B. Lorsque le matériel roulant du tramway de Québec et de Lévis sera connu, ces valeurs seront, si requis, revues.)

Les deux paramètres principaux à prendre en compte pour déterminer le gabarit vertical minimal sous ouvrage sont :

- La circulation ou pas de véhicules routiers sous la ligne aérienne de contact (LAC) ;
- Le type d'accrochage de la LAC sous l'ouvrage.

Le gabarit vertical minimal sous ouvrage varie selon si la circulation des véhicules routiers est autorisée ou non sous la LAC. Si la circulation des véhicules est autorisée, il convient de prévoir une distance minimal entre le gabarit vertical du plus haut véhicule, noté  $g_v$ , et la Ligne Aérienne de Contact.

Cette distance d'éloignement ( $d$ ) qui permet de respecter les règles en termes de limitation du gabarit routier et de sécurité électrique, est définie par les différentes normes (voir note technique d'alimentation) :

- Norme Canadienne CAN/CSA 22.3 n°1                      ->  $d = 0,27$  m
- Norme Européenne EN 50122-1                              ->  $d = 0,50$  m (\*) /  $0,30$  m (\*\*)
- Règlements Française (Arrêté du 7/06/77)              ->  $d = 0.75$  m +  $0,30$  m

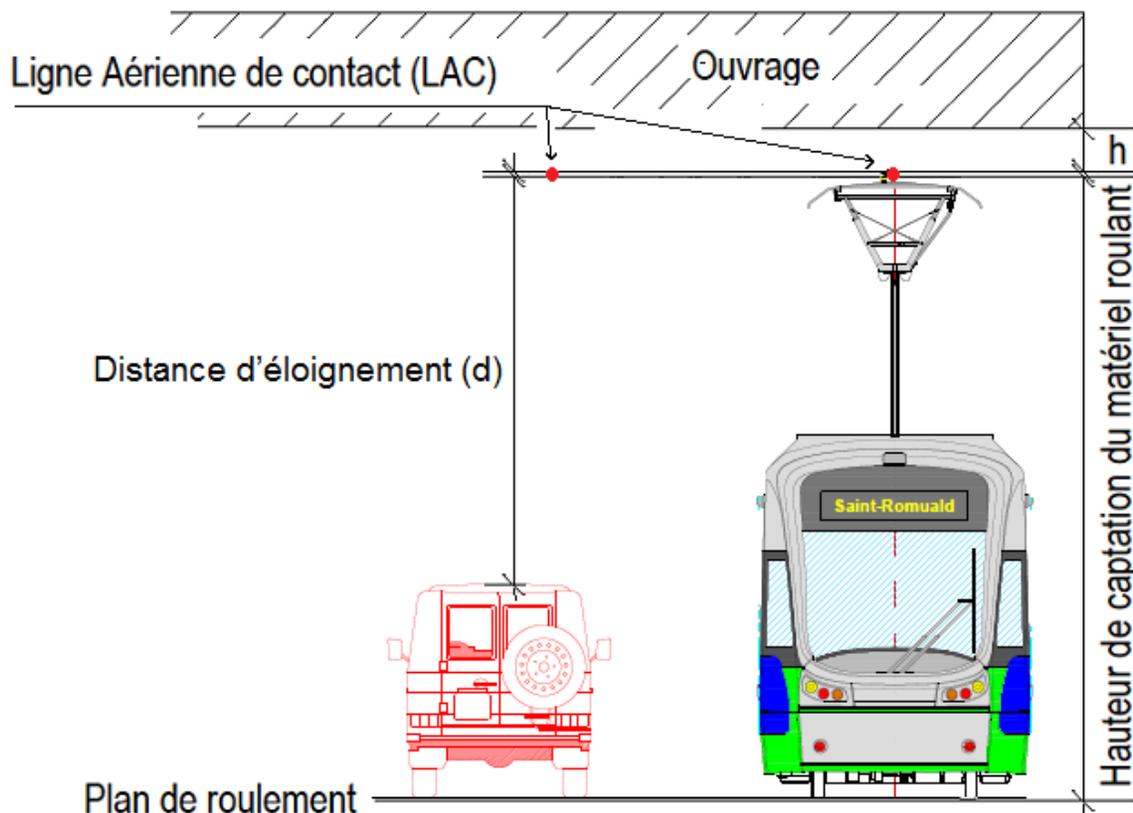
(\*) si la hauteur maximale admissible des véhicules est signalée uniquement par des signaux routiers.

(\*\*) si la hauteur maximale admissible des véhicules est signalée par un obstacle fixe complémentaire (barre, portique, chaîne..).

Dans la suite du dossier la distance prise en compte est celle définie par la norme Européenne.

Ci-après, la coupe de principe du gabarit vertical sous ouvrage :

Figure 2 : Coupe de principe du gabarit vertical sous ouvrage



La hauteur entre le dessus de la LAC et le dessous de l'ouvrage, notée  $h$ , est fonction du type d'accrochage de la LAC sous l'ouvrage :

- Si la longueur de l'ouvrage est supérieure à la portée entre deux points de suspension de la LAC (environ 20 mètres) alors la LAC est accrochée à l'ouvrage par l'intermédiaire de suspentes et  $h = 0,40$  mètre ;
- Sinon, la LAC n'est pas accrochée à l'ouvrage et  $h = 0,15$  mètre.

On en déduit le tableau de synthèse pour déterminer le gabarit vertical minimal sous ouvrage :

		<b>GABARIT MINIMAL SOUS OUVRAGE (EN METRES)</b>
<b>CAS 1</b>	Circulation autorisée + signaux routiers « hauteur maximum »	Max ( $g_v + 0,50$ ; 3,70) + 0,05 + 0,4
	Accrochage de la LAC par l'intermédiaire de suspentes	
<b>CAS 2</b>	Circulation autorisée + portique délimitant la hauteur maximum	Max ( $g_v + 0,30$ ; 3,70) + 0,05 + 0,4
	Accrochage de la LAC par l'intermédiaire de suspentes	
<b>CAS 3</b>	Circulation non autorisée	3,70 + 0,05 + 0,4 soit 4,15 mètres
	Pas de suspentes	
<b>CAS 4</b>	Circulation autorisée + signaux routiers « hauteur maximum »	Max ( $g_v + 0,50$ ; 3,70) + 0,05 + 0,15
	Pas de suspentes	
<b>CAS 5</b>	Circulation autorisée + portique délimitant la hauteur maximum portique	Max ( $g_v + 0,30$ ; 3,70) + 0,05 + 0,15
	Pas de suspentes	
<b>CAS 6</b>	Circulation non autorisée	3,70 + 0,05 + 0,15 soit 3,90 mètres
	Pas de suspentes	

Exemple :

Si la circulation de poids lourds, dont la hauteur maximale peut atteindre 4 mètres, est autorisée

Si cette hauteur ( $g_v = 4$  mètres) est annoncée uniquement par des signaux routier

Si la LAC doit être accrochée à l'ouvrage par l'intermédiaire de suspentes

Alors on a un gabarit minimal sous ouvrage de 4,95 mètres (cas 1) :

$$= \text{Max} (g_v + 0,50 ; 3,70) + 0,05 + 0,4 = \text{Max} (4,50 ; 3,70) + 0,05 + 0,4 = 4,50 + 0,05 + 0,4$$

Si la circulation de poids lourds, dont la hauteur maximale peut atteindre 4 mètres, est autorisée

Si cette hauteur ( $g_v = 4,15$  mètres) est annoncée et limitée par un portique.

Si la LAC n'est pas accrochée à l'ouvrage par l'intermédiaire de suspentes

Alors on a un gabarit minimal sous ouvrage de 4,65 mètres (cas 5) :

$$= \text{Max} (g_v + 0,30 ; 3,70) + 0,05 + 0,15 = \text{Max} (4,45 ; 3,70) + 0,05 + 0,15 = 4,45 + 0,05 + 0,15$$

## 5. TRACE DE VOIE TRAMWAY

La conception d'un tracé de voies repose sur deux points essentiels : le tracé en plan et le tracé en profil en long.

### 5.1 Vitesses maximales

En voie courante, les vitesses potentielles considérées selon l'environnement de circulation sont les suivantes :

CONFIGURATION DE TRACE	VITESSE EN KM/H
Vitesse maximale de circulation en urbain	70
Vitesse de franchissement de carrefour	40*
Vitesse en extrémité de quai	30

\* La vitesse de franchissement des carrefours sera à adapter en fonction du type et la configuration des carrefours.

Au passage des aiguilles (appareil motorisé avec moteur calé), la vitesse maximale de circulation est autorisée en voie directe mais elle est réduite en voie déviée en fonction du rayon de la courbe.

En voie courante, les appareils utilisés seront des appareils « tangente 1/6 ». Pour le centre d'exploitation et d'entretien des « appareils 1/4 » seront utilisés.

### 5.2 Caractéristiques principales du tracé en plan

Le tracé des voies sera conçu suivant les normes et règles en vigueur afin de permettre une circulation normale des véhicules dans les deux sens.

En effet, un véhicule animé d'une vitesse « v » sur une trajectoire circulaire de rayon « r », subit en tout point une accélération perpendiculaire à sa trajectoire de valeur :

$$G_0 = \frac{v^2}{r}.$$

Une partie de cette accélération  $G_1$  peut être compensée par l'inclinaison de la surface de roulement. Le complément,  $G_2 = G_0 - G_1$ , constitue l'accélération non compensée ressentie par le voyageur.

Les contraintes de limitation d'accélération ont pour objectif :

- D'assurer un confort suffisant aux voyageurs ;

- De limiter l'inclinaison des voitures et les oscillations des suspensions sous l'effet de la variation de  $G_2$  ;
- De limiter la poussée latérale sur la voie qui nuit à sa stabilité et provoque une usure accélérée des rails.

Les valeurs considérées généralement comme satisfaisantes sont les suivantes :

- $G_2 \leq 0,68m/s^2$  (accélération transversale maximale non compensée) ;
- $\frac{dG_2}{dt} \leq 0,4m/s^3$  (jerk maximum).

### 5.2.1 Rayon minimal en courbe sans dévers

En l'absence de dévers  $G_2 = G_0$  de ce fait, limiter l'accélération revient à limiter le rayon de courbure puisque  $a_{n2}$  dépend de la vitesse et du rayon de courbure « r ».

Alors  $G_2 \leq 0,68m/s^2$  revient à vérifier  $0,68 = \frac{v^2}{r}$ .

Il est à noter que plus le rayon de courbure est petit, plus l'accélération non compensée est élevée.

Pour des raisons d'usures prématurées des rails et de bruit engendré, il convient de limiter le rayon de courbure en plan à 50 mètres au minimum.

En certains points d'insertions difficiles, il sera accordé la réalisation d'un tracé avec un rayon de courbure en plan de 25 mètres.

Pour ces valeurs, nous obtenons donc les vitesses « v » suivantes :

RAYON DE COURBURE « R » EN M	VITESSE « V » EN KM/H
25	15
50	21

Réciproquement pour des vitesses imposées, nous obtenons les rayons de courbures « r » suivants :

VITESSE « V » EN KM/H	RAYON DE COURBURE « R » EN M
30	102
50	284
70	556

## 5.2.2 La clothoïde

Le tracé des voies est composé de courbes et d'alignement droit, aussi pour passer de l'une à l'autre des configurations, il faut réaliser une augmentation progressive du rayon de courbure pour ne pas subir une trop forte force centrifuge d'un même coup.

La limitation de l'accélération transversale «  $G_0$  » sur l'ensemble du tracé impose une variation progressive de la courbure entre un alignement droit et un arc de cercle. Cette variation continue et progressive est possible grâce à la clothoïde qui croît linéairement de 0 à l'infini, proportionnel à la valeur du rayon de courbure.

L'équation de la clothoïde est :  $Y = \sqrt{r * l}$ , «  $r$  » étant le rayon de la courbe circulaire, et «  $l$  » la longueur de la clothoïde.

Dans les limites de confort, on doit avoir :  $Y^2 = 2,5 * v^3$ , avec  $v$  en m/s.

De ce fait pour raccorder un alignement droit à un cercle de rayon «  $r$  » avec une vitesse «  $v$  », nous obtenons la longueur nécessaire de clothoïde de :  $l = \frac{2,5 * v^3}{r}$ .

Pour des raisons de confort et afin de limiter le report des sur largeurs dues au rayon dans l'alignement droit, la longueur minimale de la clothoïde est fixée à 12 m. (applicable ainsi à toute les courbes de rayon supérieur à 1500 m)

Pour des cas exceptionnels (rayon de courbure de 25 m) la longueur de la clothoïde sera de 7 m.

Le tableau de calcul des longueurs de clothoïde est donc :

RAYON DE COURBURE EN METRE	LONGUEUR DE CLOTHOÏDE EN METRE
25	7,00
50	9,91
102	14,00
284	23,62
556	33,00
Au delà de 1500	12,00

### Remarque :

Au stade actuel, il est souhaitable de fixer la longueur minimale d'une courbe à 10 mètres.

## 5.2.3 Dévers en courbe

### 5.2.3.1 Valeur maximale du dévers

Pour compenser l'accélération transversale  $G_0$  en courbe, les voies peuvent intégrer un dévers au niveau de la pose des rails. Ce dévers permet d'introduire une accélération compensatoire  $G_1$ .

Plusieurs considérations conduisent à limiter le dévers :

- La stabilité de la voie ;
- La stabilité des véhicules en cas d'arrêt ou de ralentissement en pleine voie, et le confort des voyageurs dans les mêmes conditions ;
- L'intégration du dévers dans la voirie environnante.

Le dévers est limité à :  $d_{\max} = 120$  mm.

### 5.2.3.2 Calcul du dévers sur le cercle

Pour une vitesse constante «  $v$  » et le rayon de courbure «  $r$  », le dévers calculé pour avoir une insuffisance de dévers nulle est tel que :

$$\text{▪ } d = 11,8 * \frac{v^2}{r} \quad (d \text{ en mm, } r \text{ en m, } v \text{ en km/h}).$$

Lorsque le dévers installé est inférieur au dévers théorique nécessaire pour compenser exactement l'accélération centrifuge, on dit qu'il y a insuffisance de dévers, notée «  $i$  ».

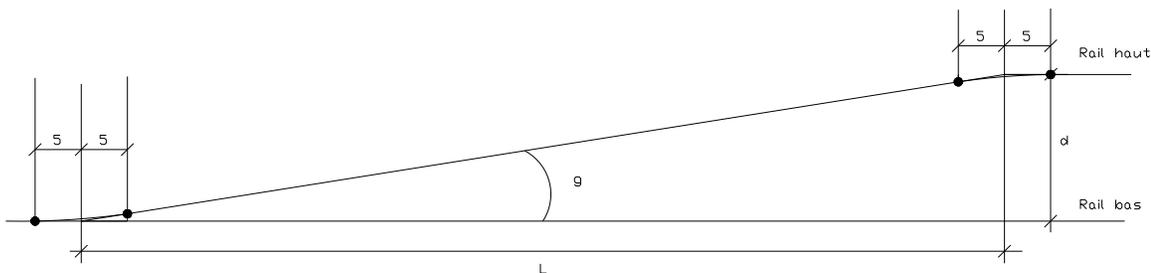
Les conditions de confort énoncées précédemment conduisent à limiter l'insuffisance de dévers à 100 mm.

La vitesse maximale sur une courbe de rayon «  $r$  » est celle pour laquelle le dévers théorique est égal à la somme du dévers maximal et de l'insuffisance de dévers maximale, soit :  $v = 4,3 * \sqrt{r}$  ( $v$  en km/h et  $r$  en m).

### 5.2.3.3 Mise en oeuvre du dévers

La figure ci-après représente le profil en long de deux rails d'une voie lors d'une mise en dévers.

**Figure 3 : Schéma de principe de mise en dévers**



Les deux files de rails forment un angle constant dont la tangente est appelée gauche de la voie. Le gauche est défini par la formule :  $g = d/L$  avec :

- L = longueur de la clothoïde en m ;
- d = dévers en mm ;
- g = gauche en mm/m.

Pour tenir compte de la raideur des suspensions dans la courbe de mise en dévers où les bogies sont inclinés par rapport à la caisse du véhicule, et où les deux essieux d'un même bogie ne sont plus parallèles entre eux, on limite le gauche à  $g_{max} = 4$  mm/m.

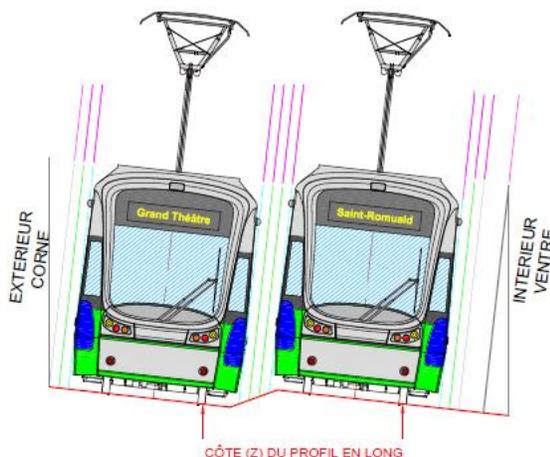
Afin de conserver un confort suffisant, on limite le gauche en fonction de la vitesse à la valeur :

$$g < \frac{180}{v} \quad (g \text{ en mm/m, } v \text{ en km/h}).$$

Le gauche ne passe pas instantanément de zéro à la valeur choisie, mais il y passe progressivement dans une zone dont le milieu est l'origine de la clothoïde. Cette zone est appelée « doucine », sa longueur est fixée à 10 m pour des raisons pratiques.

### 5.2.3.4 Cote du profil pour une plateforme déversé

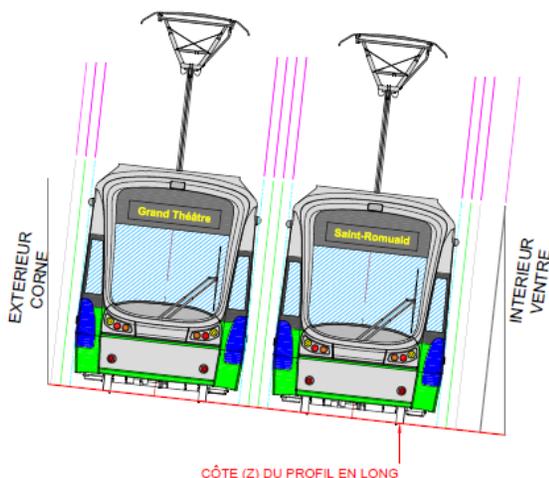
Dans le dévers voie par voie, le rail bas de la voie 1 est à la même cote que le rail bas de la voie 2. Le profil en long est donné pour ce rail.



Côté des rails bas = cote du profil en long

Ce type de mise en dévers est usuellement utilisé en site propre intégral, hors zones circulables.

Dans le cas d'un dévers coplanaire, les 4 rails sont dans un même plan. Le profil en long est donné sur le rail le plus bas.



Côté du rail le plus bas = cote du profil en long

Ce type de mise en dévers peut être utilisé en zones circulables, car il est plus facile à insérer dans l'environnement urbain et est donc priorisé dans le projet.

### 5.3 Caractéristiques principales du tracé en profil en long

Le profil en long sera conçu suivant les normes et règles en vigueur afin de permettre une circulation normale en tenant compte du principe que les raccordements entre deux déclivités (pentes) doit se faire par la mise en place de courbe verticale dont les rayons de profil en long sont évalués en fonction de la vitesse.

Pour raccorder deux déclivités, il faut considérer la vitesse du véhicule et la différence « p » des déclivités.

Si r est le rayon de raccordement de deux pentes, l'accélération centrifuge verticale sur cette courbe est :  $a = \frac{v^2}{r}$ .

Cette accélération s'ajoute dans un creux où se retranche dans une bosse à l'accélération de la pesanteur, il est donc logique de la limiter :  $a \leq 0.2 \text{ m/s}^2$ .

De ce fait, nous obtenons les contraintes suivantes :  $r \geq 5 * v^2$  (r en m, v en m/s).

Le tableau suivant donne la vitesse maximale en fonction du rayon parabolique en profil en long :

R (M)	V (KM/H)
350	30
400	32
450	34
500	36
550	38
600	39
650	41
700	43
750	44
800	46
850	47
900	48
950	50
1000	51
1050	52
1100	53
1150	55

R (M)	V (KM/H)
1200	56
1250	57
1300	58
1350	59
1400	60
1450	61
1500	62
1550	63
1600	64
1650	65
1700	66
1750	67
1800	68
1850	69
1900	70
1950	71
2000	72

Les rayons minimaux en profil en long sont :

- En creux (raccordement concave) :  $r_{\min} = 500$  m ;
- En bosse (raccordement convexe) :  $r_{\max} = 700$  m.

### 5.3.1 Pente maximale

La pente maximale en ligne en alignement droit est fixée à 8% avec un matériel roulant de  $\pm 30$  m motorisé à 100 % (3 bogies sur 3 motorisés) et un matériel roulant de  $\pm 40$  m motorisé à 75 % (3 bogies sur 4).

En cas de combinaison d'une pente et d'une courbe en plan, la relation entre la déclivité  $p$  et le rayon  $r$  est telle que :  $p + \frac{500}{r} \leq 80$  pour 8%.

Ainsi en fonction des caractéristiques de trace en plan, il est possible de définir la pente maximale admissible compatible avec la performance du matériel roulant.

TYPE DE COURBE VALEUR DU RAYON (EN M)	PENTE MAXIMAL ADMISSIBLE (EN %)
Alignement droit et $r > 1250$	8 %
$1250 > r > 350$	7.9 %
$350 > r > 250$	7.8 %
$250 > r > 150$	7.7 %
$150 > r > 100$	7.5 %
$100 > r > 50$	7 %
$50 > r > 36$	6.5 %
$r < 35$	6 %

### 5.3.2 Pente minimal

Pour assurer un bon drainage de la plateforme tramway, la pente minimale est fixée à 1%. Toutefois cette pente pourra être réduite à 0,5% exceptionnellement, dans ce cas des dispositions particulières devront alors être mises en œuvre pour assurer le bon assainissement de la plateforme.

### 5.3.3 Relation entre tracé en plan et tracé en profil

Dans la mesure du possible, on évitera d'implanter un rayon parabolique en correspondance avec un rayon circulaire en plan.

On préconise néanmoins les combinaisons suivantes (guide du CERTU)

VALEUR DU RAYON EN PLAN (EN M)	VALEUR DU RAYON EN PROFIL (EN M)
De 40 à 70 m	Mini 3000 m
De 70 à 200 m	Mini 1500 m

Certaines configurations existantes (profil des intersections existantes) ne permettent pas de respecter ces critères. Ces cas seront identifiés.

## 5.4 Dispositions particulières pour les stations

Les stations seront définies au cours de l'étude de faisabilité. La largeur des stations mentionnées ci-après sera donc revue en cours d'étude.

### 5.4.1 Tracé en plan et profil en long des stations

Les stations sont implantées, autant que possible, en alignement droit.

Dans certains cas et en fonction de l'insertion urbaine, les stations seront en courbe, dont le rayon minimal est fixé à 1 000 mètres.

En profil en long, les stations sont implantées sur une pente constante, limitée à 2% ou en rayon parabolique de 2 000 m au minimum.

Exceptionnellement cette pente pourra être augmentée à 4%. Aucun dévers n'est toléré en station.

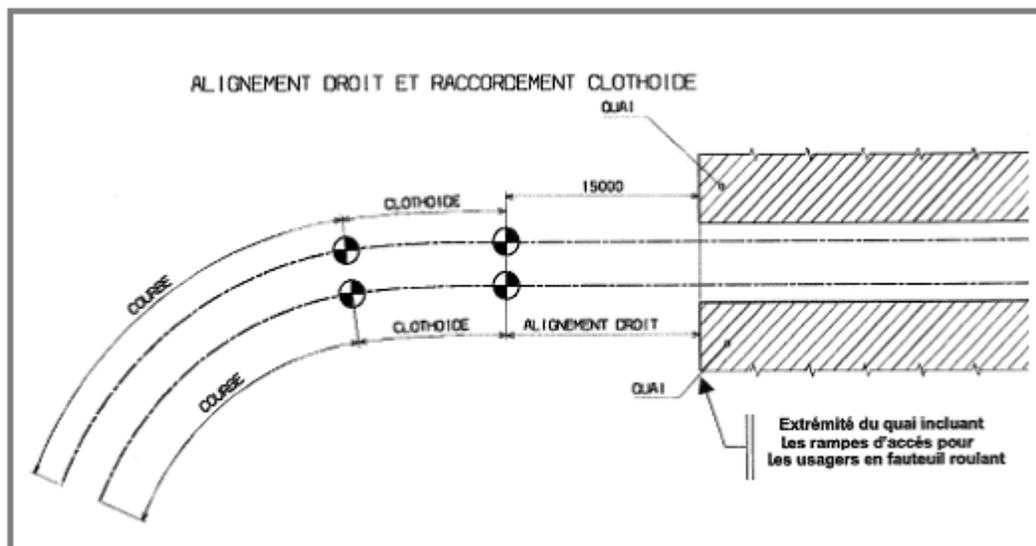
### 5.4.2 Traitement des quais

La pente longitudinale des quais sera constante et ne dépassera pas 2% et exceptionnellement 4%. Les quais auront une pente en travers de 1 à 2% vers l'arrière.

### 5.4.3 Interface entre les quais et le matériel roulant

Un alignement droit de 15 m minimum de part et d'autre des quais sera réservé, dans la mesure du possible, afin d'éviter les rescindements de quai qui augmentent la lacune horizontale entre nez de quai et matériel.

**Figure 4 : Alignement droit au delà des quais**



L'accès des PMR au matériel roulant est réalisé de plain-pied. Les lacunes horizontales et verticales entre le nez de quai et le seuil des portes accessibles identifiées par le symbole international seront au maximum de 50 mm pour la lacune verticale et de 50 mm pour la lacune horizontale, pour un matériel neuf, à vide, positionné en ligne droite, centré dans l'axe de la voie et par rapport à un nez de quai théorique défini pour le système de transport. En aucun cas la hauteur du plancher du véhicule ne doit être en deçà du quai.

## 5.5 Dispositions particulières

### 5.5.1 Terminus et zones de manœuvre

La pente maximale dans les zones en terminus doit être inférieure ou égale à 0,5%, pour éviter la dérive d'un véhicule dont les freins ne sont pas bloqués.

Les zones de manœuvres sont implantées en alignement et en pente constante. La pente maximale des appareils de voie en ligne est limitée à 2%.

Dans le cas des zones de manœuvre hors ligne (appareil en voie déviée pour l'accès au Centre de Transport) pourront éventuellement être implantée en pente de 4% maximum sous certaines conditions de sécurité d'exploitation.

La distance minimale entre les joints de pointe d'appareils sera de 4 m en ligne.

### 5.5.2 Courbe et contre courbe

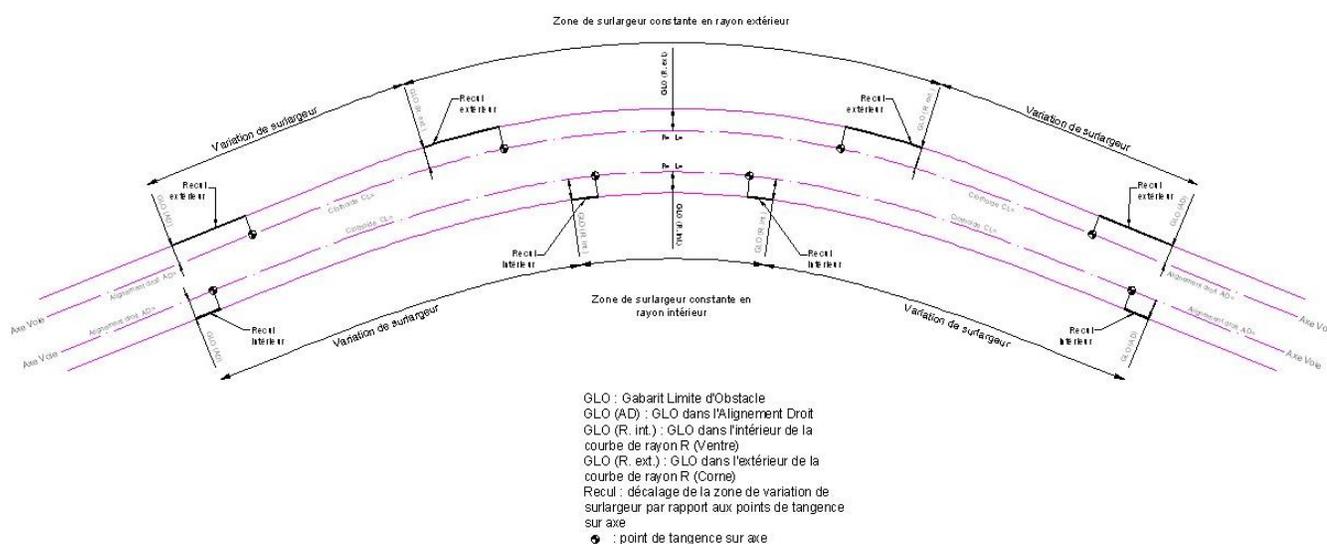
Un alignement droit de 10 m minimum sera introduit entre les deux clothoïdes d'un raccordement courbe et contre courbe.

### 5.5.3 Gestion des surlargeurs

Les sur largeurs dues aux courbes (voir chapitre 4.1.3 relatif au gabarit) sont introduites par les flèches dues aux déplacements côté intérieur (TV, ventre) et côté extérieur (TC, corne) de l'axe du véhicule par rapport à l'axe de la voie.

Le principe de mise en place des surlargeurs dans les courbes est le suivant :

**Figure 5 : Principe des surlargeurs en courbe**



### 5.5.4 Ouvrages d'art

Au droit des ouvrages d'art, il doit être privilégié, en termes de tracé, la mise en place d'alignement droit, notamment de part et d'autre des culées pour permettre la pose éventuelle d'appareils de dilatation de rails (10 m minimum nécessaire). Pour les mêmes raisons, le profil en long doit être de déclivité constante au droit des culées.

Dans la mesure du possible, le point haut sera mis en place en axe de l'ouvrage pour minimiser les canalisations d'assainissement.

Les éléments de détails de conception concernant le tracé en tunnel, sur ouvrage ou sous ouvrage seront traités dans le sous-livrable 1.2 – *Identification des critères de conception – Voirie, chaussée* ainsi que dans les Notes Techniques relatives à la plateforme Tramway et aux ouvrages impactés par le passage du tramway.

## 6. SYNTHÈSE DES CARACTÉRISTIQUES DU TRACE ET DE L'INSERTION

### 6.1 Gabarits

- Largeur GLO voie simple : 3,25 mètres ;
- Lame d'air voie double en AD sans poteaux centraux : 0,15 mètre ;
- Largeur du GLO voie double en AD sans poteaux centraux : 6,35 mètres ;
- Largeur de la plateforme en AD et circulation automobile de part et d'autre, sans poteaux centraux : 6,95 m ;
- Hauteur GS hors pantographe : 3,30 mètres environ ;
- Hauteur GS avec pantographe replié : 3,52 mètres environ ;
- Hauteur captation minimale : 3,70 mètres ;
- Hauteur captation maximale : 6,30 mètres.

### 6.2 Conditions de confort

- Gauche maximum : 4 mm/m ;
- Gauche en fonction de la vitesse :  $g \leq 180 / V$  ;
- Accélération horizontale maximale non compensée : 0,68 m/s<sup>2</sup> ;
- Insuffisance de dévers maximale : 100 mm ;
- Vitesse maximale : 70 km/h ;
- Jerk maximum : 0,4 m/s<sup>3</sup> ;
- Accélération verticale maximale : 0,2 m/s<sup>2</sup> ;
- Dévers maximal : 120 mm ;
- Type de mise en dévers coplanaire ou voie par voie.

### 6.3 Caractéristiques du trace en plan

- Rayon minimum en ligne : 50 mètres et exceptionnellement 25 mètres ;
- Rayon minimum en dépôt : 25 mètres ;
- Longueur minimale de clothoïde : 12 mètres.

## 6.4 Caractéristiques en profil en long

- Rayon parabolique mini en creux (concave) : 500 mètres ;
- Rayon parabolique mini en bosse (convexe) : 700 mètres ;
- Pente maximale en ligne en alignement droit: 8% ;
- Pente minimale en ligne 1% et exceptionnellement : 0,5% ;
- Pente maximale en terminus et en voie de manœuvre : 0,5% et exceptionnellement 2% ;
- Pente maximale dans les appareils de voie : 4%.

## 6.5 Caractéristiques en station :

- Station en AD
- Rayon minimum en plan en station : en AD et exceptionnellement 1 000 mètres ;
- Longueur AD au-delà du quai : 15 mètres hors rampe d'accès ;
- Rayon minimum en profil en long en station : 2 000 mètres ;
- Pente maximale en station : 2% et exceptionnellement 4% ;
- Lacune horizontale maximum : 50 mm ;
- Lacune verticale maximum : 50 mm.

## ANNEXE

### TABLEAU RECAPITULATIF DU GABARIT LIMITE D'OBSTACLE HORIZONTAL (GLO)



