



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

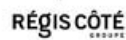


Dossier P-12-600-04

Consortium Tramway Québec-Lévis



et ses partenaires



Intitulé du document
<p>2<sup>E</sup> SOUS LIVRABLE 1.2 NOTE TECHNIQUE MATÉRIEL ROULANT</p>

Numéro du document	Révision
610879-0200-4MEN-0001	00

**PRINCIPAUX COLLABORATEURS AU RAPPORT :****Jean-François GUINET****VÉRIFIÉ PAR : Pascal CHOVIN**  

---

**APPROUVÉ PAR : André Gendreau**  

---

<b>NUMÉRO DU DOCUMENT :</b>		610879-0200-4MEN-0001
<b>REV.</b>	<b>DATE</b>	<b>TYPE DE RELÂCHE</b>
PA	14/02/2013	Émission préliminaire pour commentaire interne
PB	21/02/2013	Émission préliminaire au RTC
00	22/04/2013	Émission finale au RTC incluant commentaires RTC

## T A B L E D E S M A T I È R E S

<b>1</b>	<b>OBJET .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIPTION GÉNÉRALE DU MATÉRIEL ROULANT .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Critères de définitions des caractéristiques .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>Architecture générale du matériel roulant.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>ENVIRONNEMENT OPÉRATIONNEL.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Tracé.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>Voie.....</b>	<b>7</b>
<b>3.3</b>	<b>Alimentation électrique .....</b>	<b>7</b>
<b>3.4</b>	<b>Aménagement du réseau .....</b>	<b>8</b>
3.4.1	Stations .....	8
3.4.2	Tunnel .....	8
3.4.3	Remisage des rames .....	8
<b>3.5</b>	<b>Environnement climatique .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES POUR L'EXPLOITATION DU MATÉRIEL ROULANT ...</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Conditions générales d'exploitation .....</b>	<b>9</b>
<b>4.2</b>	<b>Utilisation des véhicules .....</b>	<b>9</b>
<b>4.3</b>	<b>Performances .....</b>	<b>9</b>
4.3.1	Traction .....	9
4.3.2	Freinage .....	9
4.3.3	Secours .....	10
<b>4.4</b>	<b>Équipements d'exploitation .....</b>	<b>10</b>
4.4.1	Echanges d'information sol-bord .....	10
4.4.2	Billetique.....	10
<b>4.5</b>	<b>Cabine de conduite .....</b>	<b>11</b>
4.5.1	Agencement de la cabine de conduite.....	11
4.5.2	Confort acoustique.....	11
4.5.3	Confort climatique .....	11
4.5.4	Confort visuel .....	12
<b>4.6</b>	<b>Fiabilité et disponibilité .....</b>	<b>12</b>
4.6.1	Disposition constructive .....	12
4.6.2	Objectifs de fiabilité .....	13
<b>4.7</b>	<b>maintenance .....</b>	<b>13</b>
<b>4.8</b>	<b>Sécurité active.....</b>	<b>13</b>
4.8.1	Signalisation et éclairage extérieur.....	13
4.8.2	Cabine de conduite .....	14
4.8.3	Avertisseur sonore et lumineux.....	14
4.8.4	Portes .....	14
4.8.5	Eclairage de secours.....	14
<b>4.9</b>	<b>Sécurité Passive.....</b>	<b>14</b>
4.9.1	Enregistrement des événements de marche .....	14
4.9.2	Dispositions contre l'incendie.....	15

---

4.9.3	Dimensionnement de la structure .....	15
4.9.4	Chasse-obstacle .....	16
4.9.5	Ramasse-corps .....	16
4.9.6	Aménagements extérieurs et intérieurs .....	16
4.9.7	Résistance au vandalisme .....	17
<b>5</b>	<b>SPÉCIFICATIONS FONCTIONNELLES GÉNÉRALES DU MATÉRIEL ROULANT .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1</b>	<b>Capacité .....</b>	<b>18</b>
<b>5.2</b>	<b>accès .....</b>	<b>18</b>
<b>5.3</b>	<b>Déplacements dans le véhicule .....</b>	<b>19</b>
<b>5.4</b>	<b>Confort .....</b>	<b>19</b>
5.4.1	Sièges .....	19
5.4.2	Confort climatique .....	20
5.4.3	Confort acoustique .....	20
5.4.4	Confort visuel .....	20
5.4.5	Confort dynamique .....	20
<b>5.5</b>	<b>Information des voyageurs .....</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>LISTE DES NORMES .....</b>	<b>22</b>

## 1 OBJET

L'objet de cette note est de présenter, sur la base de la technologie de référence retenue, la description générale du matériel roulant ainsi que son environnement opérationnel.

Elle décrit également les spécifications générales pour l'exploitation du matériel roulant et ses spécifications fonctionnelles.

## 2 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU MATÉRIEL ROULANT

### 2.1 CRITÈRES DE DÉFINITIONS DES CARACTÉRISTIQUES

Les caractéristiques du matériel roulant ont été définies en tenant compte des besoins qui sont ceux :

- de l'autorité organisatrice responsable des investissements, de la qualité du système (image de marque pour les localités desservies, etc.) et de son attractivité pendant plusieurs décennies compte tenu de la concurrence permanente de l'automobile;
- des clients particulièrement sensibles à la qualité de service (rapidité, fiabilité), la sécurité et le confort du système;
- de l'exploitant responsable de la qualité de service et des coûts d'exploitation;
- des organismes chargés de protéger l'environnement, sensibles aux questions d'insertion dans le site du système, de pollution, de bruit, de vibrations, etc.;
- outre la réponse à ces besoins, les choix retenus doivent permettre de préserver la possibilité d'une mise en concurrence efficace des constructeurs.

### 2.2 ARCHITECTURE GÉNÉRALE DU MATÉRIEL ROULANT

La technologie retenue pour le matériel roulant est un tramway à roulement fer, à plancher bas et alimentation électrique par ligne aérienne de contact.

Le véhicule est de type articulé, bidirectionnel et composé de modules. Sa longueur est d'environ 33 m et sa largeur de 2,65 m.

Afin d'augmenter leur capacité initiale, les véhicules sont conçus pour rendre possible un allongement à environ 43 m. Cette opération sera également réalisable après leur mise en service commerciale.

## 3 ENVIRONNEMENT OPÉRATIONNEL

### 3.1 TRACÉ

Le tracé retenu à la suite des études du livrable 1.1 possède des caractéristiques auxquelles peuvent répondre les différents constructeurs de matériels roulants.

- largeur
  - gabarit statique de 2,65 m (en alignement droit);
  - gabarit dynamique de 2,95 m (en alignement droit);
  - gabarit limite d'obstacle de 3,25 m (en alignement droit);
  - surlargeur en courbe de rayon  $25\text{ m} < 0,5\text{m}$  (par rapport au gabarit en alignement droit).
- rayon minimal des courbes en plan :
  - recommandé :  $\geq 50\text{ m}$ ;
  - minimal absolu :  $25\text{ m}$ .
- pente maximale en ligne :  $\leq 8\%$  en alignement droit;
- rayon minimal en profil en long;
  - en creux  $> 500\text{ m}$ ;
  - en bosse  $> 700\text{ m}$ .
- vitesse maximale de circulation en exploitation de  $70\text{ km/h}$ .

*Nota* : Les caractéristiques détaillées retenues sont mentionnées dans la note « Hypothèses générales » référence 610879-0010-4REN0001.

### 3.2 VOIE

L'écartement de voie est le standard UIC 1435 mm.

Les véhicules doivent pouvoir rouler sur différents types de rails (champignons, rails à gorge) ainsi que localement en ornière porteuse. Les profils seront communiqués aux constructeurs pour la définition du profil de roue le mieux adapté (étude du contact roue-rail).

La charge maximale à l'essieu avec 8 voyageurs par  $\text{m}^2$  sera inférieure à 12 tonnes.

### 3.3 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

La tension continue de  $750\text{ V}$  a été retenue pour le tramway de Québec et de Lévis.

L'alimentation du tramway en site partagé avec le trafic routier nécessite une alimentation par ligne aérienne à des niveaux adaptés en fonction des situations rencontrées. En conséquence, la hauteur de ligne de contact sera comprise entre  $3,7$  et  $6,3\text{ m}$ .

La récupération de l'énergie de freinage par réinjection est décrite dans le 5<sup>e</sup> sous-livrable 1.3.

## 3.4 AMÉNAGEMENT DU RÉSEAU

### 3.4.1 Stations

Les quais des stations sont en position latérale ou centrale. Ils sont principalement en alignement droit et exceptionnellement en courbe de rayon supérieur à 1000 m.

La hauteur des quais est de 300 mm au-dessus du plan de roulement.

### 3.4.2 Tunnel

Une partie du tracé est en tunnel.

### 3.4.3 Remisage des rames

Le Centre d'Exploitation et d'Entretien dispose d'un remisage couvert et fermé pour les rames de tramway. Ce local sera tempéré pour assurer la mise hors gel des véhicules sans qu'ils soient alimentés.

## 3.5 ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE

Les conditions climatiques sont mentionnées dans la note « Mode d'alimentation Système – Critères de conception » référence 610879-0010-4AEN-0002.

Les contraintes principales portent sur les paramètres :

- température;
- givre/Verglas;
- précipitations (pluie et neige);
- vent;
- présence de feuilles mortes collées sur les rails;
- et la concomitance de ces phénomènes.

Le matériel roulant doit pouvoir franchir une zone d'une centaine de mètres submergée par 3 à 5 cm d'eau.



## 4 SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES POUR L'EXPLOITATION DU MATÉRIEL ROULANT

### 4.1 CONDITIONS GÉNÉRALES D'EXPLOITATION

Les véhicules circulent en site protégé et en site banalisé, partagé avec le trafic routier ou piétonnier. Ils sont bi-directionnels et équipés de portes sur chaque face.

La conduite est manuelle et en marche à vue. L'exploitation est à agent seul et en unité simple.

La supervision générale du réseau est réalisée au niveau d'un poste de commande centralisée en liaison permanente avec les véhicules.

### 4.2 UTILISATION DES VEHICULES

Les véhicules sont conçus et construits pour une durée de vie de 30 ans, sur la base d'un kilométrage annuel de l'ordre de 60 000 km.

Nota : Une augmentation du kilométrage annuel est possible et ne remettrait pas en cause la durée de vie de 30 ans. En revanche, des ajustements du plan de maintenance pourraient être nécessaires si celle-ci est conséquente.

### 4.3 PERFORMANCES

#### 4.3.1 Traction

Pour un véhicule en charge maximale (6 personnes/m<sup>2</sup>), en alignement droit et en palier et sous la tension nominale de 750 V, les performances de traction sont les suivantes :

- vitesse maximale : 70 km/h;
- l'accélération moyenne entre 0 et 40 km/h est de 1 m/s<sup>2</sup>;
- l'accélération instantanée est inférieure ou égale à 1,3 m/s<sup>2</sup>;
- l'accélération résiduelle à 70 km/h est de 0,1 m/s<sup>2</sup>.

Avec un essieu moteur hors service et une tension de ligne nominale, le véhicule en charge normale (4 pers/m<sup>2</sup>) doit être capable de démarrer dans la rampe maximale de la ligne avec une accélération minimale de 0,05 m/s<sup>2</sup>.

#### 4.3.2 Freinage

Les principes de conception et les performances du système de freinage doivent être conformes aux prescriptions et exigences opérationnelles de la norme EN 13452-1, paragraphe 6, pour ce qui concerne les tramways et véhicules ferroviaires légers.

Pour information, les décélérations équivalentes moyennes exigées par cette norme sont :

- frein de service : 0 à 1,2 m/s<sup>2</sup>;

- frein d'urgence : 1,2 et 2,8 m/s<sup>2</sup>;
- frein de sécurité : 1 m/s<sup>2</sup>.

Avec une unité de freinage à friction hors service sur le véhicule, le freinage d'immobilisation doit maintenir immobile pendant 1 heure, le véhicule en charge maximale (6 personnes/m<sup>2</sup>) à l'arrêt dans la pente maximale en prenant en compte un vent de 100 km/h soufflant dans la direction la plus défavorable.

Avec une unité de freinage à friction hors service sur le véhicule, le freinage de stationnement doit maintenir immobile, pendant une période illimitée, le véhicule en ordre de marche à l'arrêt dans la rampe maximale en prenant en compte un vent de 100 km/h soufflant dans la direction la plus défavorable.

### 4.3.3 Secours

Les opérations de secours peuvent être réalisées quel que soit le lieu, le tracé ou le profil de voie y compris dans les stations.

Avec une tension ligne à la valeur nominale, le véhicule à vide secourant un autre véhicule dans les mêmes conditions de charge totalement inactive, doit être capable de démarrer et de franchir la rampe maximale de la ligne avec une accélération minimale. Ce convoi doit pouvoir s'arrêter et demeurer immobilisé dans cette rampe.

Le convoi devra pouvoir être capable de rouler à une vitesse minimum de 30 km/h en alignement droit et en palier.

## 4.4 ÉQUIPEMENTS D'EXPLOITATION

### 4.4.1 Echanges d'information sol-bord

Les moyens d'échanges d'informations entre les véhicules et le poste de commande centralisé permettent d'assurer les fonctions suivantes :

- communication radio;
- aide à l'exploitation;
- information sonore et visuelle des voyageurs.

Il est en outre possible, depuis les véhicules, de commander les aiguillages. Des équipements embarqués permettent également aux systèmes au sol de gérer les priorités aux carrefours.

### 4.4.2 Billetique

La vente des titres de transport se fera à l'extérieur des véhicules. Les véhicules seront équipés de dispositifs de validation des titres de transport à proximité de chaque porte.

## 4.5 CABINE DE CONDUITE

### 4.5.1 Agencement de la cabine de conduite

Chaque extrémité du véhicule est équipée d'une cabine de conduite. Les deux cabines sont identiques.

La cabine de conduite est séparée et isolée du compartiment voyageur par une paroi mobile permettant l'accès du conducteur. Maintenue en position fermée lorsque la cabine est occupée, elle reste facilement manœuvrable afin de permettre au conducteur d'évacuer la cabine très rapidement.

Les commandes et les contrôles mis à disposition de l'agent de conduite doivent être étudiés dans un souci d'ergonomie.

Des aménagements sont prévus pour faciliter le rangement des affaires personnelles de l'agent de conduite ainsi que l'installation des agrès ou autres équipements de sécurité.

La disposition du siège du conducteur et des différentes commandes installées dans le poste de conduite, les montants structurels du bout avant, la forme du pare-brise, la position et le balayage de l'essuie-vitre, tiennent compte des dimensions anthropométriques du personnel de conduite qui peuvent varier de 1,52 m (5<sup>e</sup> percentile femme suivant norme ISO 14738) à 1,95 m (95<sup>e</sup> percentile homme suivant norme ISO 14738).

Le siège du conducteur offre un maintien confortable, possède un appuie-tête et des accoudoirs. Ses réglages sont aisés.

Nota : les normes qui ont servi de support de développement des matériels qui répondent aux besoins identifiés n'exigent pas une ceinture de sécurité pour le siège du conducteur. Si requis par le RTC, cet équipement pourrait être ajouté aux spécifications techniques du matériel roulant.

### 4.5.2 Confort acoustique

Les niveaux de pression acoustiques définis ci-après seront mesurés à l'intérieur du véhicule conformément aux prescriptions de la norme EN ISO 3381.

À l'arrêt, le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A (LAeq) pendant une durée de 30 secondes dans la cabine de conduite est < 60 dB(A).

À la vitesse maximale d'exploitation le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A (LAeq) pendant une durée de 30 secondes dans la cabine de conduite est < 72 dB(A).

### 4.5.3 Confort climatique

Chaque cabine est équipée de son propre système de chauffage et de réfrigération. Des dispositions spécifiques sont prévues pour garantir une température suffisante au niveau des pieds de l'agent de conduite.

L'agent de conduite ne doit pas se trouver dans un espace rendu inconfortable par la présence d'une ventilation.

Les performances du système sont conformes à la norme EN 14813-1 pour les véhicules de catégorie B, en zone II pour la réfrigération et zone III pour le chauffage.

L'isolation du véhicule contribue efficacement à l'atteinte des objectifs de performance tout en limitant la consommation électrique des équipements.

#### 4.5.4 Confort visuel

L'éclairage de la cabine répond aux exigences de la norme EN 13272. Il est commandé par l'agent de conduite.

Les vitrages et les parois de la cabine de conduite n'induisent pas de reflets ni d'image parasite sur le pupitre ou sur la vitre frontale. L'éclairage des instruments de bord ne doit pas éblouir le conducteur et ne doit pas se refléter dans le pare-brise.

Aucun reflet du compartiment destiné aux voyageurs ne doit être visible dans le pare-brise ou sur les instruments de bord, et gêner la vision du conducteur.

Les pare-brises et autres baies vitrées doivent respecter l'intégrité des couleurs, des formes et des inscriptions des signaux et des panneaux.

Un ou des pare-soleil évitent l'éblouissement par les rayons du soleil venant frapper la face ou les côtés de la cabine de conduite, en toute saison et à toute heure de la journée.

Ce système est réglable facilement par l'agent de conduite. La position obtenue par le conducteur est stable. Le mécanisme de guidage du système ne doit pas réduire son champ de vision.

Un dispositif efficace, peu bruyant et rapide permet le désembuage et le dégivrage :

- du vitrage frontal y compris des zones situées en face des indicateurs de destination;
- des vitrages latéraux.

Les dispositifs essuie-vitre et lave-vitre sont commandés par l'agent de conduite.

## 4.6 FIABILITÉ ET DISPONIBILITÉ

### 4.6.1 Disposition constructive

Afin de garantir la fiabilité et la disponibilité des véhicules, ceux-ci doivent être conçus sur la base de technologies éprouvées permettant de réduire l'impact des défaillances sur l'exploitation.

En ce qui concerne les conditions climatiques, les technologies utilisées permettent en particulier :

- d'éviter l'accumulation de neige ou de glace en particulier sous-châssis;
- d'évacuer la neige sur les côtés;

- de protéger les équipements sous-châssis (passages de câbles, éventuelles antennes, etc.);
- de garantir, en toutes circonstances, le bon fonctionnement des parties mobiles (portes, pantographe, patins magnétiques, essuie-glace, etc.) et des dispositifs de sablage;
- de garantir la bonne visibilité du conducteur (efficacité du système de dégivrage);
- d'interdire la pénétration de neige et d'eau dans les équipements;
- d'interdire la formation de condensation à l'intérieur des équipements.

Les divers composants et produits (notamment les joints, graisses, huiles, composants électroniques, etc.) ont des caractéristiques adaptées aux conditions climatiques en particulier aux températures basses.

## 4.6.2 Objectifs de fiabilité

Une défaillance grave est définie comme une défaillance qui empêche la circulation du véhicule ou entraîne un retard du service supérieur à 15 minutes. Pour ce type de défaillance, le taux maximal est de 1,5 défaillance par million de kilomètre.

## 4.7 MAINTENANCE

La conception des véhicules devra garantir une optimisation des temps de maintenance préventive (travail en heures creuses) et la réduction des temps d'immobilisation pour les opérations de maintenance corrective.

Les dispositions qui permettent d'atteindre ces objectifs sont en particulier :

- la facilité de détection et de localisation des défaillances;
- la bonne accessibilité et la rapidité d'échange des sous-ensembles (composants électriques, éléments de garnissage et de carrosserie, etc.);
- le regroupement en toiture du maximum d'équipements;
- la facilité de nettoyage en particulier les sièges sont fixés sur les faces;
- l'utilisation de composants standards;
- l'organisation efficace des approvisionnements.

## 4.8 SÉCURITÉ ACTIVE

### 4.8.1 Signalisation et éclairage extérieur

La signalisation du véhicule et le système d'éclairage comprennent :

- un système de type routier à deux positions (feux de route et feux de croisement) pour éclairer à l'avant du véhicule;
- des signaux à un seul régime d'éclairage à feux rouge, qui signalent par un allumage fixe l'arrière du véhicule lorsque qu'un sens de marche est sélectionné et les extrémités du véhicule lorsqu'il est en position garage;
- des signaux de couleur rouge qui s'éclairent automatiquement lorsque le véhicule est en phase de freinage;
- deux signaux de couleur rouge (feux de brouillard) servant à signaler le véhicule lorsque les conditions de visibilité sont réduites;

- des signaux de couleur orange à allumage clignotant, placés à chaque extrémité et sur les côtés du véhicule utilisés en tant que feux de détresse.
- La position des signaux et les puissances d'éclairage, respectent la réglementation routière.

#### 4.8.2 Cabine de conduite

Le contrôle de la vigilance du conducteur est assuré par un système de veille automatique à contrôle de maintien d'appui conforme à la fiche UIC 641.

Un dispositif discret, permet à l'agent de conduite d'entrer en contact radio avec le poste de commande centralisé pour avertir de toute agression.

Des caméras de rétrovision permettent l'observation des mouvements des voyageurs sur les quais par l'agent de conduite.

#### 4.8.3 Avertisseur sonore et lumineux

L'agent de conduite doit pouvoir commander :

- un avertisseur sonore, dont le niveau de pression acoustique lorsque le véhicule est à l'arrêt, sera réglé à 93 dBA dans les conditions de mesure définies par la norme ISO 3095. Le niveau de pression acoustique pourra cependant être réglable de 93 dBA à 100 dBA dans les mêmes conditions de mesure;
- un avertisseur optique, indépendant de la commande de l'avertisseur sonore.

#### 4.8.4 Portes

La commande de traction est assujettie à la fermeture des portes (fermeture de la boucle de sécurité). Les portes sont conformes à la norme EN 14752.

Des dispositifs d'alarme et d'évacuation sont positionnés à proximité immédiate de chaque porte.

#### 4.8.5 Eclairage de secours

L'éclairage normal est maintenu pour toute disparition de l'alimentation extérieure du véhicule pour une durée de 3 minutes. Au-delà, il ne subsiste que l'éclairage de secours. L'éclairage de secours, alimenté directement par la source d'énergie autonome du véhicule, est maintenu en service pendant au moins 1/2 heure.

### 4.9 SÉCURITÉ PASSIVE

#### 4.9.1 Enregistrement des événements de marche

Les différents paramètres caractéristiques de la marche en exploitation sont enregistrés en permanence sur un enregistreur d'événements.

## 4.9.2 Dispositions contre l'incendie

Les matériaux sont conformes aux exigences issues d'une des séries de normes suivantes, en tenant compte de la circulation en tunnel :

- normes britanniques BS6853, GM/RT2120 numéro 2 et AV/ST9002 numéro 1;
- normes françaises NF F 16-101:1988 et NF F 16-102/1992;
- la norme allemande DIN 5510-2:2003.

Les règles applicables de la fiche UIC 564-2 doivent être respectées. En particulier, les sièges voyageurs et conducteur sont conformes aux prescriptions de la fiche UIC 564-2 annexe 13.

L'agent de conduite dispose en cabine des moyens d'intervention pour tenter d'éteindre tout début d'incendie sur et dans le véhicule, quelle qu'en soit l'origine. Pour cela il dispose dans chaque cabine d'un ou deux extincteur(s) de 6kg adéquat(s) pour l'extinction des incendies de classe A, B et C.

Nota : La norme nord-américaine NFPA 130 traite des dispositions contre l'incendie. Cependant, les matériels qui répondent aux besoins identifiés ont été développés avec les normes européennes d'où les normes citées dans ce paragraphe.

## 4.9.3 Dimensionnement de la structure.

Les efforts verticaux et longitudinaux à prendre en compte pour le dimensionnement de la structure sont indiqués dans la norme NF EN 12663 en considérant que le matériel est classé en catégorie V.

La structure des caisses est composée :

- de zones indéformables, constituées par les espaces occupés par les voyageurs et le personnel de conduite;
- de zones déformables, prévues pour absorber l'énergie développée lors des chocs;
- d'une zone de survie de cabine, constituée par un volume dans lequel le personnel de conduite se situe en toute sécurité pendant le choc.

Le dimensionnement de la structure de caisse et des extrémités du véhicule doit permettre de protéger le conducteur et les voyageurs des écrasements, de l'intrusion de projectiles dans l'habitacle et des effets secondaires des décélérations lors d'une collision. La norme EN 15227 s'applique. Les véhicules sont classés dans la catégorie C-IV de cette norme.

Les scénarios de collision de conception sont :

- collision à 15 km/h avec une unité ferroviaire identique;
- collision à 25 km/h avec un obstacle rigide de 3 tonnes.

Les exigences décrites au §6 « sécurité passive structurelle » de la norme EN 15227 s'appliquent (chevauchement, espaces de survie, limite de décélération, chasse obstacles).



#### 4.9.4 Chasse-obstacle

Les exigences de la norme EN 15227 s'appliquent.



Exemple de chasse-obstacle positionné sur la largeur du bogie (Tramway de Paris)



Exemple de chasse-obstacle positionné devant la roue (Tramway de Dijon)

#### 4.9.5 Ramasse-corps

Les extrémités du véhicule sont conçues pour éviter au corps d'une personne allongée sur la voie entre les deux fils de rail (adulte ou jeune enfant), de passer sous le bogie ou sous les roues du bogie.

#### 4.9.6 Aménagements extérieurs et intérieurs

Les faces extérieures et les extrémités du véhicule, susceptibles de rentrer en contact avec un piéton lors d'un accident, ne présentent pas d'arêtes, ni de formes agressives.

Il n'existe pas de possibilité de maintien ou de stationnement à l'extérieur, sur les faces latérales et frontales et entre les caisses du véhicule.

Il n'existe pas de possibilité de saisir des parties saillantes ou encastrées à l'extérieur, sur les faces latérales et frontales et entre les caisses du véhicule.



La tenue mécanique des aménagements intérieurs est conforme aux exigences de la fiche UIC 566.

Les aménagements intérieurs ne présentent pas d'angles vifs ni de risques de coincement.

Les portes sont utilisées comme issues de secours.

La surface du plancher du véhicule est antidérapante.

#### **4.9.7 Résistance au vandalisme**

Les aménagements et matériaux dissuadent, dans la mesure du possible, les vandales de tout acte tel que graffitis, lacération, démontage, casse, etc.

## 5 SPÉCIFICATIONS FONCTIONNELLES GÉNÉRALES DU MATÉRIEL ROULANT

### 5.1 CAPACITÉ

Les prévisions de fréquentation du tramway de Québec et de Lévis conduisent à un besoin en capacité d'environ 200 places. Cette valeur comprend les places assises ainsi que les places debout en considérant 4 voyageurs par m<sup>2</sup>.

S'agissant de la problématique de la capacité, l'idée est de trouver le meilleur compromis entre le confort notamment aux heures de pointe et le bon dimensionnement du système en termes de nombre de matériel et de fréquence. La valeur de 4 voyageurs par m<sup>2</sup> répond bien à cet objectif et est usuelle en France. Dans les pays où la concurrence de l'automobile est faible, des ratios supérieurs sont tolérés par les Autorités Organisatrices des Transports.

Il existera des situations où cette valeur sera dépassée (panne d'un autre véhicule, retard, événement exceptionnel, etc.) mais l'objectif est qu'elles restent exceptionnelles.

Nota : Les véhicules sont conçus pour supporter des charges supérieures (6 à 8 voyageurs par m<sup>2</sup>).

Le gain en capacité de la version allongée à 43 m devra se traduire par une augmentation de la capacité d'au moins 30 %.

### 5.2 ACCÈS

Pour permettre l'accès à tous, la conception du véhicule garantit un accès de plain-pied. Pour une station en alignement droit, la lacune horizontale est inférieure à 50 mm.

Quelles que soient les circonstances (usure de roue, chargement), la lacune verticale est inférieure à 50 mm. En aucun cas, la hauteur du plancher du véhicule ne doit être en deçà du quai.

Le véhicule comporte des portes extérieures louvoyantes coulissantes à doubles battants d'une largeur minimale de 1 300 mm réparties de façon la plus homogène possible et dont le nombre permet, en condition de charge normale, le renouvellement de 50 % des voyageurs lors d'un arrêt de 30 secondes (temps d'ouverture et de fermeture des portes compris).

Les portes à simple battant sont autorisées si elles présentent une largeur d'au moins 800 mm et si elles sont situées à proximité immédiate de la cabine de conduite.

Les portes sont réparties de manière symétrique sur les deux faces.

La hauteur de passage libre des portes ouvertes est d'au moins 1 950 mm.

Toutes les portes possèdent une commande intérieure et extérieure.

Des dispositions spécifiques sont prévues pour prévenir la présence de glace et de neige au niveau des accès et garantir ainsi la sécurité des voyageurs. La conception des portes garantit leur bon fonctionnement en toutes circonstances.

## 5.3 DÉPLACEMENTS DANS LE VÉHICULE

Les aménagements intérieurs à proximité des portes facilitent le flux des voyageurs.

Tous les voyageurs ayant accès au véhicule, sauf cas particulier des usagers de fauteuils roulants (exigences particulières), doivent pouvoir se déplacer dans ou entre les modules, sans rencontrer d'obstacles fixes constitués par des composants du véhicule.

Cet objectif est obtenu en :

- maintenant un niveau constant du plancher dans toutes les zones destinées aux déplacements (les faibles rampes sont tolérées);
- offrant la possibilité à tout voyageur de se maintenir d'une main au minimum en tout point des zones de circulation et d'accumulation quel que soit le taux d'occupation;
- dimensionnant les passages dans les articulations ou entre les sièges à un minimum de 650 mm sur une hauteur de 1 950 mm;
- dimensionnant la largeur minimale des couloirs sur toute la longueur de la voiture à 450 mm depuis le niveau du sol jusqu'à une hauteur de 1 000 mm et de 550 mm depuis une hauteur de 1 000 mm jusqu'à une hauteur de 1 950 mm. Cette exigence représente le minimum acceptable, le constructeur devra maximiser ces largeurs afin de faciliter la circulation des voyageurs dans le véhicule,
- maintenant une hauteur de plafond minimale de 2 100 mm dans tout le véhicule.

Il est prévu au moins deux espaces pour utilisateurs de fauteuil roulant. Chaque espace est :

- libre de tout obstacle et de dimensions minimales de 1 300 × 800 mm;
- situé à proximité des portes et accessible sans obstacles (la largeur minimale de passage pour un fauteuil roulant est de 800 mm);
- accessible de chaque côté de la rame, en raison de la disposition possible des quais (latéraux et centraux).

Nota : il est possible de prévoir plus d'espaces (jusqu'à quatre), mais cela conduirait à réduire le nombre de places assises et donc le taux de confort (ratio entre le nombre de places assises et le nombre de places assises et debout).

Un système de sécurité permet de maintenir le fauteuil roulant lorsqu'il est positionné dans l'espace qui lui est destiné.

## 5.4 CONFORT

### 5.4.1 Sièges

Les sièges sont individualisés et sont principalement positionnés dans le sens transversal au déplacement du véhicule.

Le nombre minimal de sièges fixes est de 50. Ces sièges ont une largeur minimale de 450 mm. En compléments, des sièges à assise relevable seront prévus afin d'augmenter la capacité en places assises en heures creuses. Leur largeur minimale

est de 450 mm et leur niveau de confort est aussi proche que possible de celui des sièges fixes.

Les sièges possèdent, en partie haute, côté plateforme et côté couloir, des poignées de maintien.

Des sièges prioritaires représentant 10 % du total des sièges fixes sont prévus pour les personnes à mobilité réduite.

#### 5.4.2 Confort climatique

Les performances du système (température intérieure, homogénéité, vitesses d'air, etc.) sont conformes à la norme EN 14750-1 pour les véhicules de catégorie B, en zone II pour la réfrigération (+35°C / 50 % d'humidité) et zone III pour le chauffage (-40°C). Le système est conçu pour prévenir la formation de condensation dans le véhicule.

L'isolation du véhicule contribue efficacement à l'atteinte des objectifs de performance tout en limitant la consommation électrique des équipements.

#### 5.4.3 Confort acoustique

Les niveaux de pression acoustiques définis ci-après seront mesurés à l'intérieur du véhicule conformément aux prescriptions de la norme EN ISO 3381.

À l'arrêt, le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A (LAeq) pendant une durée de 30 secondes dans la salle est inférieur à 62 dB(A).

À la vitesse maximale d'exploitation Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A (LAeq) pendant une durée de 30 secondes dans la salle est inférieur à 72 dB(A).

#### 5.4.4 Confort visuel

Lorsque le niveau d'éclairement naturel ne devient plus suffisant pour assurer une luminosité correcte à l'intérieur du véhicule, un éclairage artificiel est mis en marche par l'agent de conduite. Il répond aux exigences de la norme EN 13272.

#### 5.4.5 Confort dynamique

Le confort dynamique est apprécié conformément à la fiche UIC 513, à la vitesse maximale. Les indices de confort sont déterminés suivant la méthode simplifiée, au centre du véhicule et à chacune de ses extrémités au droit du bogie ou dans la cabine de conduite. En chacun de ces points, les indices de confort suivants sont mesurés dans les deux sens de circulation, en alignement et sur un parcours complet :

$$N_{MV} ; N_{MVY} \text{ (avec } N_{MVY} = 6 * a^{Wd_{VP95}}) \text{ et } N_{MVZ} \text{ (avec } N_{MVZ} = 6 * a^{Wd_{ZP95}})$$

Le véhicule étant vide en état de fonctionnement normal (toutes les fonctions en service), les indices de confort respectent les critères suivants :

Pour un parcours complet :  $N_{MV} < 2$ ,  $N_{MVY} < 1.4$  et  $N_{MVZ} < 1.1$

Pour un parcours en alignement :  $N_{MV} < 2.1$ ,  $N_{MVY} < 1.5$  et  $N_{MVZ} < 1.1$

## 5.5 INFORMATION DES VOYAGEURS

Ces informations ont pour objectifs d'aider les voyageurs à se déplacer sur le réseau et de leur indiquer des événements particuliers qui peuvent avoir une influence directe sur leur déplacement ou leur sécurité.

Toutes ces informations tiennent compte du fait que le véhicule est capable d'accueillir l'ensemble de la population, y compris les malvoyants et les malentendants.

Les informations destinées à aider le voyageur à se déplacer sur le réseau sont constituées par :

- des informations visuelles de destination pouvant être lues à plus de 15 m, dans toutes les conditions d'éclairage, par une personne située à l'extérieur du véhicule. Elles sont placées sur chaque face avant du véhicule;
- 2 informations visuelles de destination réparties sur chaque face latérale du véhicule. Ces dispositifs doivent être visibles, dans toutes les conditions météorologiques et d'éclairage, par une personne située à une distance entre 1 et 15 mètres de la face latérale du véhicule;
- des informations visuelles, type autocollants, servant à renseigner les voyageurs sur le réseau de transport (plan de ligne et/ou du réseau);
- Des informations visuelles, type afficheurs à LED, placées dans chaque espace voyageur, pouvant être lues par l'ensemble des personnes en positions assise et debout. Elles indiquent notamment la destination du véhicule, le nom de la prochaine station, les correspondances;
- Des informations sonores réalisées sous la forme d'annonces enregistrées obtenues par un dispositif de synthèse vocale indiquent la destination du véhicule et le nom de la prochaine station.

## 6 LISTE DES NORMES

REFERENCE	ORGANISME	TITRE
EN 12-663	EN	Applications ferroviaires - Résistance des structures de véhicules ferroviaires
EN 13272	EN	Applications ferroviaires. Éclairage électrique pour matériel roulant des systèmes de transport public.
EN 13452-1	EN	Applications Ferroviaires. Freinage - Systèmes de freinage des transports publics urbains et suburbains. Partie 1 : exigences de performances.
EN 13452-2	EN	Applications ferroviaires Freinage - Systèmes de freinage des transports publics urbains et suburbains - Partie 2 : méthodes d'essai.
EN ISO 14738	EN	Sécurité des machines - Prescriptions anthropométriques relatives à la conception des postes de travail sur les machines
EN 14750-1	EN	Applications ferroviaires. Conditionnement de l'air pour matériel roulant urbain et banlieue. Partie 1 : paramètres de bien-être
EN 14750-2	EN	Applications ferroviaires - Conditionnement de l'air pour matériel roulant urbain et banlieue - Partie 2: Essais de type
EN 14752	EN	Applications ferroviaires - Systèmes de porte d'accès pour matériel roulant
EN 14813-1	EN	Applications ferroviaires - Conditionnement de l'air pour cabines de conduite - Partie 1: Paramètres de bien-être
EN 14813-2	EN	Applications ferroviaires - Conditionnement de l'air pour cabines de conduite - Partie 2: Essais de type
EN 15227	EN	Applications ferroviaires – Exigences en sécurité passive contre collision pour les structures de caisses des véhicules ferroviaires
EN 50-121	EN	Applications ferroviaires - Compatibilité électromagnétique
EN 50124-1	EN	Applications ferroviaires. Coordination de l'isolement. Partie 1 : prescriptions fondamentales - Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique
EN 50124-2	EN	Applications ferroviaires - Coordination de l'isolement - Partie 2: Surtensions et protections associées

REFERENCE	ORGANISME	TITRE
EN 50125-1	EN	Applications ferroviaires - Conditions d'environnement pour le matériel - Partie 1: Equipement embarqué du matériel roulant
EN 50215	EN	Applications ferroviaires. Essais sur matériel roulant après achèvement et avant mise en service.
EN 50388	EN	Applications ferroviaires - Alimentation électrique et matériel roulant - Critères techniques pour la coordination entre le système d'alimentation (sous-station) et le matériel roulant pour réaliser l'interopérabilité
EN 12299	EN	Applications ferroviaires - Confort de marche des voyageurs - Mesurage et évaluation
518	UIC	Essais et homologation de véhicules ferroviaires du point de vue du comportement dynamique - Sécurité, fatigue de la voie, qualité de marche
564-2	UIC	Règles relatives à la protection et à la lutte contre l'incendie dans les véhicules ferroviaires du service international, transportant des voyageurs ou véhicules assimilés
641	UIC	Conditions pour les dispositifs de veille automatique utilisés en trafic international
2631-1	ISO	Vibrations et chocs mécaniques - Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps - Partie 1: Exigences générales
3381	ISO	Applications ferroviaires. Acoustique. Mesurage du bruit à l'intérieur des véhicules circulant sur rails.
3095	ISO	Applications ferroviaires. Acoustique. Mesurage du bruit émis par les véhicules circulant sur rails.
9001	ISO	Systèmes de management de la qualité - Exigences
9000-3	ISO	Normes pour le management de la qualité et l'assurance de la qualité. Partie 3 : lignes directrices pour l'application de l'ISO 9001:1994 au développement, à la mise à disposition, à l'installation et à la maintenance du logiciel
10007	ISO	Systèmes de management de la qualité - Lignes directrices pour le management de configuration
51130	DIN	Essais des revêtements de sol – détermination de la résistance au glissement