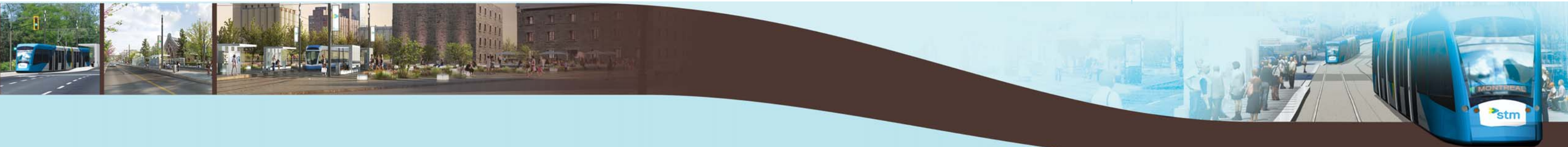




# TRAMWAY de Montréal

**PHASE 2**  
Étude de faisabilité de la première ligne



Volume Y4 - Mission technique

Novembre 2011



## PHASE 2 – ÉTUDE DE FAISABILITÉ DE LA PREMIÈRE LIGNE

Volume Y4 – Mission technique

**TRAMWAY DE MONTREAL**

4 avril 2011

090802	25	Y4	ALL	RAP	CGS	01	2.0
Projet	Phase	Livrable	Lieu	Forme	Émetteur	Numéro	Version



## SIGNATURES

	Rédigé par	Vérifié par
Prénom, Nom	Paul Tétreault, ing.jr, urb.-stag., M.urb. OIQ – 5007053   OUQ – 6186	Vincent Ermatinger, ing., M.Sc.A. OIQ – 140097
Fonction	Analyste	Responsable planification
Signature		

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

## VERSIONS

Version	Date	Nature du document
1.0	2010-08-23	Rapport préliminaire
2.0	2011-04-04	Rapport final

### Référence complète

Consortium GENIVAR - SYSTRA (2009) PHASE 2 – ÉTUDE DE FAISABILITÉ DE LA PREMIÈRE LIGNE, Volume Y4 – Mission technique, pour la Ville de Montréal, Montréal, 126 pages et annexes.

\\SERV-REL-DATA1\projets\Montreal\M1140XXM114012\01-Structure\25 Phase 2\Y Assistance Client\Y4 Mission technique\23 Brouillons\090802\_25\_Y4\_ALL\_RAP\_CGS\_01\_v2.0\_MissionTechnique\_20110404.doc







## MISE EN GARDE GÉNÉRALE

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

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

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

## PREAMBULE

Ce document constitue le volume Y4 – Mission technique des études de faisabilité de la première ligne du réseau initial de tramways de Montréal.

Il s'insère dans le cadre plus large de l'assistance au client (rubrique Y), dont il représente l'un des thèmes. La rubrique Y regroupe les éléments de type assistance à maîtrise d'ouvrage, lesquels consistent en des prestations sur des thématiques non directement liées au projet technique lui-même, mais à son encadrement institutionnel, financier et médiatique.

Le volume Y4 présente les éléments liés à la tenue d'un atelier d'échange sur le tramway qui a eu lieu les 17 et 18 juin 2010 et traite des principaux éléments suivants :

- Le tramway et les conditions hivernales : déneigement, déglacage, chauffage, etc.;
- La conception-construction des réseaux et des véhicules;
- La sécurité;
- L'alimentation électrique.

## SYNTHÈSE

Les présentations et discussions qui ont eu lieu lors de cet atelier d'échange de 2 jours ont permis de clairement démontrer qu'il est possible de concevoir et d'exploiter un système de tramways dans des conditions contraignantes en termes climatiques et de pente, pour autant que certaines précautions soient prises en phase de conception et que les opérations du tramway soient adaptées à ces conditions spécifiques.

Les principaux enseignements à tirer de cet atelier d'échange sont :

- Assurer un bon drainage de la plateforme;
- Assurer un entretien fréquent de la plateforme et des rails (balayage, nettoyage de la gorge du rail, etc.);
- L'accumulation de feuilles dans les rails pose un problème majeur d'entretien et d'exploitation à l'automne;
- Chauffer les éléments sensibles du système en hiver : aiguilles, sablières, caméras, borne billettique, etc.





## TABLE DES MATIERES

<b>Atelier d'échange : 17 et 18 juin 2010 .....</b>	<b>1</b>
<b>1.0 Introduction.....</b>	<b>3</b>
1.1 Introduction.....	3
1.2 Invités .....	3
1.3 Organismes participants.....	3
<b>2.0 Présentation générale des réseaux.....</b>	<b>4</b>
2.1 Introduction.....	4
2.2 Montréal.....	4
2.3 Calgary .....	4
2.4 Minneapolis .....	4
2.5 Göteborg .....	4
2.6 Helsinki .....	5
<b>3.0 Déneigement et dégivrage .....</b>	<b>5</b>
3.1 Statistiques météorologiques et contraintes de déneigement à Montréal .....	5
3.2 Déneigement et dégivrage .....	5
3.3 Chauffage .....	6
3.4 Automne .....	7
<b>4.0 Conception-construction .....</b>	<b>7</b>
4.1 Infrastructures et systèmes .....	7
4.2 Matériel roulant.....	8
<b>5.0 Sécurité .....</b>	<b>10</b>
5.1 Sécurité liée au nouveau système de transport.....	10
5.2 Gestion des services d'urgence et d'autres interventions le long de la ligne .....	13
<b>6.0 Alimentation électrique .....</b>	<b>14</b>
6.1 Technologie et contrat avec le distributeur .....	14
6.2 Techniques d'alimentation .....	15
<b>Annexes .....</b>	<b>17</b>
<b>Annexe A – Présentation du projet de tramway à Montréal .....</b>	<b>18</b>
<b>Annexe B – Présentation du SLR de Calgary .....</b>	<b>20</b>
<b>Annexe C – Présentation du SLR de Minneapolis .....</b>	<b>21</b>
<b>Annexe D – Présentation du réseau de tramway de Göteborg .....</b>	<b>22</b>
<b>Annexe E – Présentation du réseau de tramway d'Helsinki.....</b>	<b>23</b>
<b>Annexe F – présentation sur les Conditions climatiques et le déneigement à Montréal.....</b>	<b>24</b>
<b>Annexe G – Présentation sur la Sécurité des tramways.....</b>	<b>25</b>
<b>Annexe H – Présentation sur l'alimentation électrique du tramway .....</b>	<b>26</b>
<b>Annexe I – Présentation des innovations en alimentation électrique .....</b>	<b>27</b>



# ATELIER D'ÉCHANGE : 17 ET 18 JUIN 2010



## 1.0 INTRODUCTION

### 1.1 INTRODUCTION

Ce volume résume les présentations et discussions qui ont eu lieu lors de l'atelier d'échange portant sur les tramways tenu les 17 et 18 juin 2010. Les thèmes abordés portaient sur l'opération de tramways en conditions hivernales, la conception-construction des réseaux et des véhicules, la sécurité et l'alimentation électrique.

Des invités de quatre réseaux de tramways en opération dans des villes avec des conditions climatiques hivernales comparables à celles de Montréal étaient présents, en plus d'experts en sécurité et en alimentation électrique.

L'objectif de cet atelier d'échange était notamment d'avoir des retours d'expérience sur les enjeux liés au tramway en conditions hivernales, les problèmes rencontrés et les solutions adoptées par les différents intervenants.

### 1.2 INVITÉS

Organisme	Nom	Fonction	Contact
Calgary Transit (Calgary)	Peter Sicobean	Track & Way Project Engineer - Calgary Transit – LRT	<a href="mailto:Peter.Sicobean@calgary.ca">Peter.Sicobean@calgary.ca</a>
Metropolitan Council (Minneapolis)	Sheri Gingerich	Deputy Chief of Rail Operations	<a href="mailto:Sheri.Gingerich@metc.state.mn.us">Sheri.Gingerich@metc.state.mn.us</a>
Metropolitan Council (Minneapolis)	Jim Alexander	Design Manager for the Central Corridor LR	<a href="mailto:Jim.Alexander@metc.state.mn.us">Jim.Alexander@metc.state.mn.us</a>
Göteborgs Spårvägar (Göteborg)	Christer Olsson	Chef des opérations	<a href="mailto:christer.olsson@sparvagen.goteborg.se">christer.olsson@sparvagen.goteborg.se</a>
Helsingin Kaupungin Liikennelaitos (Helsinki)	Heikkilä Ollipekka	Head of development in Helsinki City Transport tram unit	<a href="mailto:Ollipekka.Heikkila@tekn.hel.fi">Ollipekka.Heikkila@tekn.hel.fi</a>
SYSTRA	Luc Meyson	Expert alimentation	<a href="mailto:lmeyson@systra.com">lmeyson@systra.com</a>
Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP)	Thierry Blachet	Expert tramway sécurité et opération	<a href="mailto:thierry.blachet@ratp.fr">thierry.blachet@ratp.fr</a>

Cet atelier d'échange a été animé par Eric Peissel du consortium GENIVAR-SYSTRA.

### 1.3 ORGANISMES PARTICIPANTS

Les organismes suivants ont participé à l'atelier d'échange sur le tramway.

Organisme
Ville de Montréal – Service des infrastructures, transport et environnement
Ville de Montréal – Service de la mise en valeur du territoire et du patrimoine
Ville de Montréal – Direction des grands parcs et de la nature en ville
Ville de Montréal – Service de sécurité incendie de Montréal
Ville de Montréal – Service de police de la ville de Montréal
Ville de Montréal – Direction de l'environnement et du développement durable
Ville de Montréal – Direction propreté et déneigement
Ville de Montréal – Arrondissements : <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ville-Marie</li> <li>■ Côte-des-Neiges – Notre-Dame-de-Grâce</li> <li>■ Sud-Ouest</li> </ul>
Hydro-Québec
Société de transport de Montréal
Ministère des Transports du Québec
Communauté métropolitaine de Montréal
Agence métropolitaine de transport de la région de Montréal
Transports Canada
Ministère des affaires municipales, des régions et de l'occupation du territoire
Ville de Québec
Consortium GENIVAR-SYSTRA

## 2.0 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES RÉSEAUX

### 2.1 INTRODUCTION

L'introduction de l'atelier d'échange a été présentée par M. Marc Blanchet, directeur du Service des infrastructures, transport et environnement (SITE) de la Ville de Montréal.

Le plan de transport de Montréal prévoit, comme chantier N°1, la mise en place d'un réseau de tramways. La planification pour la première ligne est à l'étape de l'étude de faisabilité. L'insertion du tramway en milieu urbain améliorera la qualité de vie dans les quartiers centraux et permettra d'offrir un service de transport collectif structurant sur un corridor à fort achalandage, en plus de désenclaver les secteurs du sud du centre-ville. Une des préoccupations majeures pour les exploitants du tramway est l'impact des conditions climatiques hivernales et des pentes que l'on retrouve sur le long du tracé, et c'est pourquoi des invités de Calgary, Minneapolis, Göteborg et Helsinki ont été conviés à participer à cet atelier d'échange.

### 2.2 MONTRÉAL

M. Emmanuel Felipe du Service des infrastructures, transport et environnement de la Ville de Montréal, présente le projet de la première ligne de tramway à Montréal. La présentation est disponible en annexe.

Le projet du tramway de Montréal s'insère dans les visions du Plan de transport de Montréal, du Plan d'urbanisme, du Plan stratégique de développement durable, de la Politique québécoise de transport collectif et du Plan stratégique d'Hydro-Québec.

Les systèmes de tramway modernes ont des temps de parcours rapides, une bonne fiabilité de service et sont accessibles à tous les usagers, avec des stations et des véhicules conviviaux. Plusieurs villes ont mis en place des systèmes de tramway pour améliorer la qualité de vie de leurs résidents et promouvoir le développement urbain et économique en dédiant de l'espace autrefois affecté aux voitures, pour le rendre disponible aux piétons et au transport collectif.

La première phase des études du réseau initial de tramway a permis de définir l'organisation générale du réseau (deux lignes radiales et une ligne circulaire au centre-ville) et d'identifier la première ligne, soit la ligne Côte-des-Neiges combinée à la boucle du centre-ville en empruntant l'axe René-Lévesque. Cette première ligne aura une longueur de 12,5 kilomètres. L'axe Côte-des-Neiges est actuellement déjà fortement sollicité par de nombreux usagers utilisant divers modes de déplacements et il n'est pas possible d'en augmenter l'achalandage avec le service de transport collectif existant. Le tramway améliorera aussi la mobilité à l'intérieur du centre-ville de Montréal. Cette première ligne sera fortement achalandée dans les deux directions et sera parmi les réseaux les plus achalandés en Amérique du Nord (passagers par kilomètre) en raison de la présence de nombreux générateurs importants le long de cette ligne. Par ailleurs, la construction d'un tramway pourra aider à promouvoir la requalification de terrains vacants et sous-utilisés le long de l'axe.

### 2.3 CALGARY

M. Peter Sicobean de Calgary Transit a présenté le réseau du C-Train. La présentation est disponible en annexe.

Le réseau de train léger de Calgary s'étend actuellement sur 46 kilomètres et comprend 26 stations. Le tronçon de 2 kilomètres sur rue au centre-ville de Calgary (*7th Avenue Transit Mall*) a été inauguré en 1981 et des trains surélevés y circulent à une vitesse maximale de 40 km/h. L'extérieur du périmètre urbain est en site propre et est opéré comme un chemin de fer traditionnel avec des vitesses maximales de 80 km/h. Des prolongements sont prévus à ce réseau dont l'alimentation électrique qui sera entièrement produite par

éoliennes. L'achalandage du réseau a augmenté de près de 50 % au cours des 10 dernières années et atteint maintenant près de 100 millions d'usagers par année, un achalandage très élevé pour un réseau de train léger. La part modale du transport collectif au centre de Calgary est d'environ 50 %.

Au centre-ville, le *7th Avenue Transit Mall* est utilisé par plusieurs modes : trains, autobus et véhicules d'urgence. La fréquence en pointe est élevée pour les trains légers (3 minutes par direction).

Calgary fait face à des conditions climatiques hivernales spécifiques, avec des températures très basses et peu de neige. Les précipitations annuelles se chiffrent au tiers des précipitations de Montréal. De plus, des vents chauds, « Chinooks », provenant des Rocheuses au cours de l'hiver causent des réchauffements importants tout au long de l'hiver, réduisant ainsi les accumulations de neige et évitant à la Ville de devoir les ramasser.

### 2.4 MINNEAPOLIS

Jim Alexander de Metro Transit présente le réseau de tramway de la région des « Twin Cities » (Minneapolis et Saint-Paul) au Minnesota. La présentation est disponible en annexe.

Le réseau de tramway de Minneapolis et Saint-Paul (Twin Cities) s'étendait à son apogée sur environ 1 000 milles (1 600 kilomètres) et a été entièrement abandonné vers le milieu du 20<sup>e</sup> siècle. Une ligne de train léger, l'*Hiawatha Line*, a été inaugurée en 2004, s'étendant sur 12 miles (19,3 km) avec ses 19 stations. Le réseau est aménagé sur rue au centre-ville de Minneapolis et se prolonge jusqu'au Mall of America à Bloomington. Cette ligne traverse plusieurs types de milieux au centre-ville et en banlieue. Les aménagements varient donc le long du corridor. L'achalandage actuel est près de 27 000 usagers par jour en semaine et les fréquences de passage en période de pointe sont aux 7,5 minutes.

Le succès de la ligne Hiawatha a emmené le *Metropolitan Council* des *Twin Cities* à développer une deuxième ligne de train léger prévue pour 2014, le *Central Corridor*. Reliant les centres-villes de Minneapolis et de Saint-Paul, cette ligne d'une longueur de 11 miles (17,7 km) et de 18 stations sera insérée sur rue sur une grande partie du tracé. L'insertion est plus compliquée sur University Avenue à travers le campus de l'université du Minnesota et le Capitole du Minnesota au centre de Saint-Paul. Des informations additionnelles sur ce projet sont disponibles sur le site web ([www.centralcorridor.org](http://www.centralcorridor.org)).

### 2.5 GÖTEBORG

Christer Olsson du Göteborgs Spårvägar à Göteborg Suède présente le réseau de tramway. La présentation est disponible en annexe.

Göteborg est une ville fondée en 1621, avec une population de 500 000 habitants (900 000 dans la région) dans le sud-ouest de la Suède. Les conditions climatiques sont similaires à Montréal, mais les températures sont un peu plus élevées en hiver, avec une problématique spécifique de vents humides salés venant de la mer. La température varie beaucoup au cours de l'année comme à Montréal.

Le réseau de tramway est inauguré en 1879 et électrifié en 1902. Le réseau n'a pas été abandonné au 20<sup>e</sup> siècle comme la plupart des réseaux nord-américains et a été modernisé au fil des ans. Ce réseau transporte maintenant 102 millions de passagers par an et s'étend sur 51 kilomètres avec 133 arrêts. Le réseau est aménagé sur rue en site banalisé, en tunnel et en site propre (pour les nouvelles lignes).

## 2.6 HELSINKI

Heikkilä Ollipekka du Helsingin Kaupungin Liikennelaitos (HKL) présente le réseau de transport de Helsinki en Finlande. La présentation est disponible en annexe.

Helsinki est la capitale de la Finlande avec une population de 576 000 habitants. La température varie beaucoup au cours de l'année, de -35 à +35 °C, avec une problématique spécifique de vents humides salés venant de la mer.

Le réseau de tramways transportant 120 millions de passagers par an s'étend maintenant sur 91 kilomètres en plus d'un métro. Le tramway est inséré sur rue dans plusieurs secteurs historiques de la ville, avec des rues très étroites et de nombreuses courbes horizontales et verticales serrées. Les véhicules ont donc dû être adaptés aux conditions climatiques hivernales spécifiques de Helsinki.

## 3.0 DÉNEIGEMENT ET DÉGIVRAGE

### 3.1 STATISTIQUES MÉTÉOROLOGIQUES ET CONTRAINTES DE DÉNEIGEMENT À MONTRÉAL

Michel Frenette de l'Unité de la propreté et du déneigement de la Ville de Montréal présente les conditions climatiques à Montréal et les opérations hivernales. La présentation est disponible en annexe.

Montréal reçoit en moyenne 900 mm de précipitations par année dont 225 centimètres de neige. En moyenne, il y a des précipitations hivernales environ 65 fois par année, dont 7 sont de la pluie verglaçante. Les événements de précipitations hivernales ont été classifiés par ampleur de précipitation, la majorité des événements produisent 5 centimètres ou moins de neige. Une des problématiques associées au déneigement est que les températures plongent habituellement à environ -15°C après une précipitation en hiver.

Les principales étapes de déneigement sont les suivantes : l'épandage des abrasifs (environ 65 opérations par année), le dégagement de la neige (environ 15 opérations par année), l'enlèvement et l'élimination de la neige (environ 5 par année). La méthode de déneigement utilisée dépend de la précipitation. Le type d'abrasif utilisé diffère entre les trottoirs et les chaussées et varie en fonction de la température.

L'insertion du tramway nécessite de revoir les techniques utilisées pendant le déneigement. L'unité de la propreté et du déneigement a quelques questionnements relativement à l'insertion du tramway :

- Le type d'équipement à utiliser;
- La séquence des opérations de déneigement (i.e. dans quel ordre déneiger les trottoirs, la chaussée et les voies de tramway);
- L'impact du sel sur les rails;
- L'impact des abrasifs sur les infrastructures du tramway, notamment les rails;
- L'impact sur les contrats de déneigement (temps, équipement, etc.).

## 3.2 DÉNEIGEMENT ET DÉGIVRAGE

### 3.2.1 Calgary

La présentation de Peter Sicobean est disponible en annexe.

Le *7th Avenue Transit Mall*, où circulent trains, autobus et véhicules d'urgence, est sous la responsabilité de *Calgary Transit*, l'agence responsable du transport collectif pour le déneigement, le déglacage et le dégivrage. Un plan d'opérations hivernales est établi pour établir les responsabilités et la coordination avec les services impliqués de la Ville. Les vents *chinook* aident grandement au déneigement puisque ces vents chauds éliminent la neige accumulée. Pour éviter d'endommager les rails, la pelle des véhicules de déneigement ne touche pas le rail. Quelques problèmes de corrosion sont aussi rencontrés, car les cycles de gel-dégel sont particulièrement problématiques. Aucun équipement de dégivrage de la LAC n'est utilisé.

Aucun système de déglacage n'a jamais été mis en place, sauf pour les aiguillages et n'a pas causé de problématique, probablement en raison des vents *chinooks* en hiver. Des équipements de déneigement sont utilisés et sont munis de pelles, balais et des nettoyeurs de la gorge du rail.

### 3.2.2 Minneapolis

La présentation de Sheri Gingerich est disponible en annexe.

Les sections de la ligne Hiawatha avec rails encastrés préoccupent grandement les autorités responsables du déneigement. Le Metro Transit est responsable du déneigement des rails. Les sels de déglacage sont problématiques pour les rails et les autres équipements. Le déneigement des plateformes est difficile, puisque le design de chaque station est unique, ce qui oblige les opérateurs à s'adapter au mobilier urbain présent sur les quais. Les aiguillages sont chauffés pour réduire l'accumulation de neige et sont surveillés durant les précipitations et déneigés manuellement lors des tempêtes. Selon Mme Gingerich, il est extrêmement important de ne pas arrêter les opérations du tramway pendant une tempête hivernale puisque cette opération d'envergure peut engendrer un long délai avant la remise en service (dégivrage, enlèvement de la neige, etc.). Pendant une tempête hivernale, le passage de tramways limite l'accumulation de neige et de glace sur les voies, les rails et sur les lignes aériennes. Il est aussi important d'assurer que l'environnement autour des équipements de vente de titres soit accessible aux usagers lors de conditions hivernales. Les voies parallèles au tramway doivent être déneigées de manière à déployer la neige loin de la plateforme.

Le déneigement de la cour de triage est plus problématique que les autres sections en opération puisque ces segments de voies sont souvent peu utilisés lors de tempêtes de neige importantes. La neige accumulée et le refroidissement après une tempête de neige rendent son déneigement compliqué. Les charrues montées sur les trains n'étaient pas assez performantes pour assurer le déneigement. Le déneigement de la cour de triage est maintenant assuré avec d'autres équipements. De plus, la majorité des déraillements sont survenus dans les cours de triage.

Pour le dégivrage de la LAC, la manière la plus efficace pour assurer sa fonctionnalité est de maintenir une fréquence de passage des tramways élevée. Les trains sont équipés de sablières pour améliorer l'adhérence des roues. Il est aussi important de prendre en considération les autres composantes autres que les rails, les véhicules et les stations. Les caméras et les équipements de ventes de titres devraient aussi être chauffés puisqu'eux aussi sont exposés aux intempéries. Quatre véhicules sont équipés d'un pantographe additionnel pour assurer le déglacage des fils aériens. Le chauffage des aiguillages est primordial pour assurer leur bon fonctionnement. La formation du personnel pour les opérations hivernales est aussi importante.

### 3.2.3 Göteborg

La présentation de Christer Olsson est disponible en annexe.

Göteborg reçoit en moyenne près de 250 mm de précipitations sous forme de neige ou de pluie de décembre à mars.

À Göteborg, le déneigement des trottoirs est assuré par les propriétaires des riverains. Les voies sont déneigées par la municipalité qui utilise des sous-traitants. L'exploitant est responsable du déneigement des aiguillages, des centres d'entretien et des voies en site propre. Le déneigement est effectué entièrement par des véhicules routiers. Des réunions de coordination entre les responsables du déneigement sont tenues en octobre, mais la coordination pourrait tout de même être améliorée. Les sections où les tramways circulent en site banal sont problématiques puisque les voitures entassent de la neige dans la gorge des rails. Les fréquences de tramways élevées aident toutefois à éviter cette problématique. Il est important de s'assurer que la gorge des rails soit bien nettoyée pour assurer le bon fonctionnement du système.

Pour assurer le déglacage du réseau, des tramways circulent même après sa fermeture. Il est très important de ne jamais interrompre le service sur le réseau pour éviter une accumulation importante de glace. Les efforts nécessaires pour la remise en service du réseau sont plus importants que ceux requis pour assurer son opération continue. Les aiguillages sont chauffés pour assurer leur dégivrage. Des véhicules spécialisés sont utilisés pour nettoyer la gorge des rails.

### 3.2.4 Helsinki

La présentation de Heikkilä Ollipekka est disponible en annexe.

Helsinki reçoit en moyenne 200 mm de précipitations chaque hiver (précipitation en eau équivalente, pas en neige tombée). Cependant, l'hiver 2009-2010 a apporté environ 700 mm de précipitations. Lors de tempêtes de neige importantes, plusieurs types d'équipements sont utilisés, par exemple : tramways équipés de brosses, camions équipés de charrue, tracteurs et un camion épandeur de matériaux de déglacage. Des équipements spécialisés sont utilisés pour le déneigement des arrêts avec une pelle amovible et un équipement spécialisé pour l'épandage de sable sur la plateforme. Des tramways spécialisés sont équipés de balais pour nettoyer la gorge des rails de neige, de glace, de sable, de feuilles et de débris. Ces tramways d'entretien seront remplacés en 2011-2014 par de nouveaux équipements fabriqués sur mesure, équipés d'un balai et des pantographes pour le déglacage des fils aériens.

Le déglacage de la LAC est effectué à l'aide des tramways d'entretien munis de 2 pantographes : le 1<sup>er</sup> assure le déglacage de la LAC tandis que le 2<sup>ème</sup> assure l'alimentation du véhicule. Il est prévu de tester le déglacage de la LAC sur les ponts à l'aide d'éthylèneglycol. Tous les véhicules sont équipés de sablières pour assurer la traction des tramways en conditions hivernales. Ces sablières doivent être chauffées pour assurer leur bon fonctionnement.

### 3.2.5 Discussion

**Question :** Problème de glace sur les caténaires ?

**Réponse :** Aucun problème n'a été relevé par les opérateurs.

**Question :** Problématiques d'écoulement de l'eau ?

**Réponse :** À Göteborg, ils ont des problèmes liés à l'accumulation d'eau qui ne s'écoule pas à cause de la neige. À Minneapolis, les systèmes enfouis sont imperméabilisés et ont eu certains problèmes de corrosion. Il importe aussi de nettoyer les regards d'égouts pour éviter les accumulations. Selon le représentant de Calgary Transit, la conception des systèmes de drainage est importante. Une attention particulière doit être portée au drainage des aiguillages pour éviter l'accumulation d'eau.

**Question :** Comment gérer les accumulations de glace ?

**Réponse :** Selon M. Ollipekka, les endroits avec de la circulation automobile sur les rails doivent être déglacés en priorité. La gorge doit être nettoyée au moins une fois par jour. Selon M. Olsson, il est important d'éviter les accumulations de glace en continuant l'opération du tramway.

**Question :** Quels sont les impacts sur les usagers lors du déneigement ?

**Réponse :** Les usagers doivent se déplacer lors du déneigement des quais.

**Question :** Quel était l'impact des précipitations record à Helsinki lors de l'hiver 2009-2010 ?

**Réponse :** L'opérateur s'est concentré surtout sur le déneigement/déglacage des rails. Puisqu'il n'était pas possible de déneiger tous les arrêts de tramways, il y a eu des problèmes avec l'ouverture des portes. Plusieurs déraillements sont survenus pendant cet hiver. La présence de bancs de neige en bordure de chaussée a diminué la largeur des voies de stationnement et plusieurs voitures mal garées ont été frappées par un tramway.

**Question :** Est-ce que l'exploitation d'autobus sur les voies du tramway est problématique ?

**Réponse :** Selon M. Sicobean, cela n'est pas problématique puisque les opérateurs d'autobus et de trains travaillent ensemble à partir d'un même bureau. À Minneapolis, les chauffeurs doivent suivre une formation spécifique. Les fréquences de tramways élevées évitent les problématiques liées au déneigement.

**Question :** Quels sont les impacts du déneigement des rues transversales sur les voies du tramway ?

**Réponse :** À Calgary, les équipements de déneigement doivent lever leur pelle lorsqu'ils croisent des voies de tramways pour éviter d'endommager les rails. Les sections de rail sont plus problématiques. Des employés nettoient la gorge manuellement.

**Question :** Quels sont les impacts du déneigement sur les pentes élevées (par exemple, pente prévue sur le chemin de la Côte-des-Neiges à 8 %) ?

**Réponse :** À Minneapolis, située dans un secteur avec peu de collines, la pente maximale permise est de 6 %. La pente maximale dépend de la longueur de cette courbe verticale. Les feuilles sont plus problématiques que la neige sur les pentes importantes. À Helsinki, les bogies sont tous motorisés et ne sont pas problématiques. Le remorquage de véhicules est très difficile dans les pentes. Il importe aussi de bien distribuer les freins sur les véhicules. À Göteborg, les feuilles sont très problématiques dans les pentes.

**Question :** Quel est l'effet du gel sur les équipements sensibles ?

**Réponse :** À Minneapolis, les brosses de déneigement peuvent endommager certains équipements. Il est aussi important de chauffer les environs des équipements de ventes de titres pour assurer que leur utilisation soit toujours conviviale en hiver.

## 3.3 CHAUFFAGE

### 3.3.1 Calgary

La présentation de Peter Sicobean est disponible en annexe.

Au centre-ville de Calgary, les stations sont chauffées au minimum pour assurer un certain confort aux usagers. Les nouvelles stations sont chauffées afin d'assurer un bon confort aux usagers en dehors du centre-ville. Les aiguillages sont chauffés au gaz sur les sections de rail avec ballast et électriquement au centre-ville.



### 3.3.2 Minneapolis

La présentation de Sheri Gingerich est disponible en annexe.

À Minneapolis, les plateformes sont équipées d'abris chauffés par rayonnement. La température est plus agréable qu'à l'extérieur, ces endroits ne doivent pas être trop confortables pour que les usagers y restent trop longtemps. Les équipements de ventes de titres sont chauffés et couverts.

### 3.3.3 Göteborg

La présentation de Christer Olsson est disponible en annexe.

La majorité des aiguillages sont équipés de chauffage. La plupart des arrêts ne possèdent pas d'abris chauffés mais les stations terminales sont chauffées. Les arrêts sont chauffés à l'aide de systèmes à l'eau chaude sous les quais. De plus, les aiguillages sont équipés de chauffage électrique.

### 3.3.4 Helsinki

La présentation de Heikkilä Ollipekka est disponible en annexe.

Tous les aiguillages sont équipés de chauffage. Il est parfois difficile de fondre la neige entassée dans les aiguillages, il est donc important de minimiser le trafic de véhicules routiers au-dessus des aiguillages. Certaines rues du centre-ville sont chauffées à l'aide de la chaleur résiduelle provenant de centrales thermiques. La nuit, les véhicules sont stockés à l'intérieur des centres d'entretien qui sont chauffés afin que les véhicules et les équipements restent au sec.

### 3.3.5 Discussion

**Question :** Comment nettoyer les véhicules en hiver ?

**Réponse :** Il ne faut pas nettoyer les véhicules à l'extérieur (machine à laver) car cela provoquera une formation de glace sur le véhicule.

**Question :** Chauffage des plateformes pour le déneigement/déglacage

**Réponse :** Dans la région des Twin Cities, Saint-Paul est muni d'une centrale thermique et la chaleur résiduelle pourrait être utilisée pour chauffer les plateformes de la nouvelle ligne, le *Central Corridor*. M. Ollipekka a précisé qu'il est important de chauffer une superficie plus grande que la plateforme pour éviter les accumulations de glace et la présence de flaques d'eau.

**Question :** Remarques sur le chauffage des véhicules

**Réponse :** L'énergie radiante provenant des freins pourrait être utilisée en partie pour le chauffage des véhicules. Il est important de chauffer les planchers pour faire fondre la neige accumulée dans les véhicules. L'usage de chauffage par air pulsé est à proscrire car cela entraîne une dispersion des poussières dans les véhicules.

## 3.4 AUTOMNE

Les différents opérateurs ont indiqué que les feuilles tombées à l'automne sont souvent plus problématiques que la neige ou le verglas. Certaines feuilles réduisent grandement la traction des tramways et remplissent la gorge du rail. Les feuilles sont particulièrement problématiques dans les segments à forte pente, car elles réduisent le frottement roue – rail et augmentent ainsi les distances de freinage à la descente. À Minneapolis, les feuilles sont un enjeu important pour l'entretien des véhicules. Un balai spécialisé est utilisé à Göteborg pour nettoyer les rails.

## 4.0 CONCEPTION-CONSTRUCTION

### 4.1 INFRASTRUCTURES ET SYSTÈMES

#### 4.1.1 Calgary

Présentation de Peter Sicobean disponible en annexe.

À Calgary, la réhabilitation des voies a été entreprise il y a quelques années et comprend la reconstruction des stations au centre-ville. Il importe de bien sceller la connexion entre le béton et le rail pour minimiser les accumulations d'eau et les impacts des cycles de gel-dégel. L'implantation de nouveaux systèmes de rail avec du béton à haute résistance et des améliorations au drainage sont en cours. Il est très important d'assurer un bon drainage des aiguillages pour assurer leur bon fonctionnement. Un nouveau système de localisation des trains est aussi en cours de développement/implantation. Les dispositifs de fixation des rails dans les courbes sont remplacés.

#### 4.1.2 Minneapolis

Présentation de Sheri Gingerich en annexe à ce document.

Les bandes podotactiles sur les plateformes sont souvent endommagées par les pelles des équipements de déneigement et sont en cours de remplacement. Plusieurs modifications ont été apportées aux stations pour éviter l'accumulation d'eau et éviter que la neige et la glace ne tombent en gros morceaux sur les usagers en attente du tramway. La corrosion s'attaque particulièrement aux dispositifs de fixation des rails, ces derniers ont été remplacés par des dispositifs galvanisés. Les portes pliantes du garage sont mieux adaptées pour accélérer les entrées et sorties des véhicules et leur fonctionnement est moins problématique. Un système de chauffage infrarouge a été installé dans un tunnel pour éviter l'accumulation de glace, car son étanchéité a été mal planifiée.

Une problématique importante est le bris de rails en hiver dû aux températures très froides. Il est très important d'assurer l'étanchéité des équipements enfouis pour réduire l'impact des cycles de gel-dégel.

#### 4.1.3 Göteborg

Présentation de Christer Olsson disponible en annexe.

Lors de périodes de chutes de neige importantes, tel que pendant l'hiver 2009-2010, l'entretien des accès aux plateformes était problématique, notamment pour les personnes à mobilité réduite. Les rails et la LAC entre le centre d'entretien et les voies principales doivent être entretenues et dégagées. Les systèmes de signalisation sont particulièrement sensibles aux accumulations d'eau.

#### 4.1.4 Helsinki

Présentation de Heikkilä Ollipekka disponible en annexe.

L'entassement par les véhicules routiers de neige et de glace dans la gorge des rails et les aiguillages est problématique. L'hiver augmente aussi les vibrations ressenties dues au tramway en raison du gel du sol. L'usure des rails et des roues de tramway est aussi plus élevée pendant les longues périodes de gel.

#### 4.1.5 Discussion

**Question :** Est-ce que des infrastructures sont localisées sous les voies du tramway ?

**Réponse :** À Minneapolis, aucune infrastructure n'est localisée sous les voies du tramway. Les infrastructures sous l'alignement du tramway sont relocalisées lors de la construction du projet.

**Question :** Quelle est votre opinion sur les voies de tramway avec du gazon entre les rails ?

**Réponse :** À Göteborg, quelques sections ont du gazon entre les rails depuis les années 1930, mais il a été éliminé par la suite. Le gazon a été remis en place il y a quelques années et l'expérience est concluante. Le gazon réduit le bruit, mais son entretien est un peu plus compliqué. À Helsinki, quelques segments avaient du gazon mais il a été enlevé pour permettre la circulation des véhicules d'urgence. Un nouveau matériau (pavés creux engazonnés) été installé pour permettre la circulation de véhicules. À Minneapolis, ils n'utilisent pas de gazon, ce dernier pourrait causer des problèmes d'humidité.

**Question :** Utilisation de pavés en pierre entre les rails ?

**Réponse :** Göteborg a plusieurs rues avec des pavés en pierre. L'utilisation de ces pavés n'est pas problématique, mais ils doivent être scellés chaque printemps.

**Question :** Quels types d'accidents sont rencontrés en hiver ?

**Réponse :** À Göteborg, il y a plus d'accidents mais ils ne sont pas très graves en raison de l'étroitesse des rues en hiver. À Minneapolis, les piétons se comportent différemment en hiver (i.e. combinaison de bonnet / capuchon et d'un iPod). Les voitures coincées dans les voies du tramway sont aussi une problématique rencontrée en période hivernale.

**Question :** Opération combinée d'autobus et de tramways sur le 7<sup>th</sup> Avenue Transit Mall à Calgary ?

**Réponse :** Le 7<sup>th</sup> Avenue Transit Mall a des fréquences de passage d'autobus et de trains très élevées. L'entretien de ce corridor n'est pas problématique puisque les opérations d'entretien sont coordonnées. Il importe de s'assurer que les opérations d'autobus et de tramway soient coordonnées et que ces gens travaillent ensemble. À Minneapolis, les autobus et les trains auront à circuler sur un même tronçon du Central Corridor. Une distance minimale d'espacement entre autobus et trains sera mise en place.

## 4.2 MATÉRIEL ROULANT

### 4.2.1 Calgary

Présentation de M. Peter Sicobean disponible en annexe.

Les voitures de train sont surélevées. En heure de pointe, des trains de quatre (4) voitures passent aux trois (3) minutes par direction. L'alimentation électrique est assurée par des LAC installés le long de l'alignement. Le matériel roulant est très différent de ce qui est prévu à Montréal.

### 4.2.2 Minneapolis

Présentation de Sheri Gingerich en annexe à ce document.

Les voitures utilisées à Minneapolis ont été conçues par Bombardier à travers un processus d'acquisition conception-construction. Ces voitures de 90 pieds sont à plancher bas sur 70 % de leur longueur. Les sections non accessibles aux PMR sont accessibles en montant deux marches. Les véhicules sont munis d'espaces exclusifs pour les gens utilisant des fauteuils roulants. Des supports à vélo sont aussi disponibles à l'intérieur des véhicules.

Les problématiques suivantes ont été rencontrées :

- Les jupes d'accès aux bogies s'enlevaient lorsque la neige s'accumulait en arrière des panneaux. Un boulon a été installé pour fixer ces panneaux;
- De la corrosion a été observée sur un bon nombre de pièces (articulations, essieux et systèmes).

Des pelles sont installées à chaque extrémité des trains pour minimiser l'accumulation de neige. La *Federal Transit Association* a des normes sévères pour les systèmes anticollisions afin que ces véhicules résistent à un impact avec un véhicule.

### 4.2.3 Göteborg

Présentation de Christer Olsson disponible en annexe.

Göteborg possède près de 200 véhicules pour assurer le service. Des nouveaux tramways sont en construction et la livraison est plus lente que prévu.

Les problématiques suivantes ont été rencontrées pour les véhicules :

- Les pipes des sablières gèlent assez souvent;
- Les sablières ont utilisé plus de sable lors du dernier hiver;
- La neige accumulée sur les plateformes empêchait l'ouverture des portes pliantes des véhicules;
- Les particules dans la neige engendrent des problèmes aux systèmes électriques (traction, inducteur);
- Les freins pneumatiques sont problématiques en raison de la condensation. Les freins hydrauliques fonctionnent mieux en conditions hivernales;
- Le chauffage des cabines des conducteurs n'était pas assez élevé, nécessitant le remplacement fréquent des chauffeurs;
- Les bancs de neige ont endommagé plusieurs véhicules (pièces en plastique);
- La glace s'accumule sur les pantographes et les LAC lorsque les véhicules étaient arrêtés;
- Les vibrations sont plus importantes pendant les périodes de gel et ont causé des bris sur certains véhicules;
- La disponibilité des véhicules était moins élevée en hiver, davantage en raison des températures froides que de la neige.

### 4.2.4 Helsinki

Présentation de Heikkilä Ollipekka disponible en annexe.

Helsinki possède plus de 120 véhicules acquis entre 1973 et 2002. Un processus d'acquisitions est en place pour 40 nouveaux tramways qui ont été conçus par des consultants retenus par l'agence de transport. Un constructeur n'a pas encore été retenu.

Les exigences générales suivantes sont proposées :

- Température :
  - La sélection des matériaux doit tenir compte des conditions hivernales. Le calcul des charges doit prendre en compte les températures très froides. Une attention est à porter à l'acier inoxydable qui est sensible au froid (« cold brittleness »);
  - Les composantes électroniques sont très sensibles aux températures et le chauffage seulement ne suffit pas. Des normes très exigeantes sont nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de ces composantes (standard militaire à exiger pour les composants électroniques);
  - Les véhicules munis de plusieurs articulations sont à éviter puisque ces composantes ont tendance à s'user très rapidement dans des conditions hivernales. Ces articulations diminuent aussi le confort des passagers.
- Condensation :
  - Les cavités doivent toutes être ventilées pour éviter les dommages dus à la condensation;
  - Les matériaux organiques sont à éviter, notamment le bois;
  - Les planchers en bois ont été remplacés par des panneaux en fibre de verre;
  - Les systèmes pneumatiques centraux sont à éviter.
- Sel et sable :
  - La peinture doit être choisie pour résister aux abrasifs;
  - L'aluminium a tendance à s'oxyder dans des conditions humides et est à éviter.

Plusieurs suggestions ont été faites pour la conception des véhicules :

- Minimiser les « running bogies » qui ne sont pas motorisés;
- Éviter les systèmes pneumatiques centraux;
- Les fenêtres des véhicules doivent être isolées en utilisant du vitrage double;
- L'isolation du véhicule doit être performante et les « ponts de froid » sont à éviter;
- L'énergie générée par les freins pourrait être récupérée pour le chauffage et la climatisation;
- Les systèmes de chauffage à air pulsé installés sous les sièges sont à éviter puisqu'ils mettent la poussière en suspension et la font circuler dans le véhicule;
- Les planchers doivent être étanches afin qu'il n'y ait pas de fuite d'eau et éviter d'endommager les pièces sous le véhicule;
- Les panneaux extérieurs des véhicules doivent être remplaçables rapidement.

Plusieurs problèmes sont survenus avec les nouveaux véhicules acquis entre 1998 et 2002 puisque le concept n'était pas bien adapté aux conditions climatiques locales. Ces véhicules n'ont pas de bogies amovibles, ce qui augmente l'usure des roues et des rails. Ils n'ont pas d'essieux entre les roues qui assurent que les roues bougent ensemble de part et d'autre du véhicule. Le châssis en acier inoxydable a dû être ressoudé à plusieurs reprises, ce qui provoque d'autres fissures dans le reste du châssis. Le toit en matériaux composites est fissuré. Les panneaux extérieurs sont fixés à l'aide de colles qui nécessitent environ un jour de cure séchage pour qu'elle soit assez solide pour être remis en service. Cela a nécessité l'acquisition d'un véhicule additionnel. Les planchers en bois ont tendance à pourrir. Le taux de disponibilité de ces véhicules était très bas. Les pièces de ces véhicules sont de très haute qualité, mais elles sont mal intégrées. L'impact des conditions hivernales a été sous-estimé.

HKL a donc entrepris son propre design pour son nouveau véhicule qui sera entièrement à plancher bas. Ces véhicules seront munis de bogies amovibles et le nombre d'articulations sera diminué. La conception de ce véhicule prendra davantage compte de l'interaction entre les différentes composantes et les conditions climatiques hivernales.

#### 4.2.5 Discussion

**Question :** Quelle était la disponibilité des tramways lors des conditions hivernales à Helsinki ?

**Réponse :** La disponibilité des tramways est d'environ 95 % en été et 90 % en hiver.

**Question :** Quelles composantes sont plus touchées par les conditions hivernales ?

**Réponse :** Les portes, les freins (recommandation d'utiliser des freins hydrauliques) et les systèmes de chauffage sont plus problématiques.

**Question :** Quelle était la disponibilité des trains acquis entre 1998 et 2002 à Helsinki ?

**Réponse :** La disponibilité de ces véhicules était d'environ 50 % au début alors que seulement l'entretien recommandé et nécessaire pour assurer la validité de la garantie était effectué. Ces véhicules avaient besoin d'entretien spécifique pour les conditions hivernales, non anticipées par le constructeur. Le constructeur, Bombardier, s'occupe maintenant de l'entretien et devra racheter ces véhicules si leur disponibilité passe sous un seuil établi par contrat.

**Question :** Pourquoi est-ce que les essieux sont nécessaires ?

**Réponse :** Les essieux sont nécessaires pour s'assurer que la distance entre les roues soit constante et assurer que les véhicules soient stables. Cela permet également de diminuer l'usure des roues et des rails.

**Question :** Les normes de résistance aux chocs sont différentes en Amérique du Nord et en Europe. Quel poids devra être rajouté au véhicule nord-américain en raison de ces normes ?

**Réponse :** Environ 4 tonnes.

**Question :** Quelle est la durée de vie des roues ?

**Réponse :** À Minneapolis, la durée de vie est d'environ 25 000 miles. À Helsinki, la durée de vie est environ la même sur les véhicules acquis entre 1998 et 2002. Les autres véhicules à Helsinki et Göteborg ont une durée de vie d'environ 200 000 kilomètres.

**Question :** Quelles problématiques particulières ont été rencontrées par rapport aux sablières ?

**Réponse :** À Helsinki, les tuyères (nozzle) des sablières n'étaient pas chauffées.

**Question :** Est-ce que des études de vibrations ont été effectuées ?

**Réponse :** À Minneapolis, trois groupes sont particulièrement préoccupés par les vibrations : les universités (équipement de recherche très sensible), les studios d'enregistrement/radio/télévision et les hôpitaux, ceux-ci nécessitent des ententes et des mesures de mitigation particulières. Des inspections des bâtiments sont effectuées avant et après les travaux. Le suivi des vibrations est évalué pendant les travaux. Le représentant d'Helsinki mentionne que les vibrations sont pires en période de gel. M. Olsson souligne que les courbes serrées sont problématiques, surtout au niveau du bruit.

**Question :** Comment gérez-vous le bruit produit dans les courbes ?

**Réponse :** À Calgary, les rayons des courbes sont assez grands (60 mètres minimum) et des lubrifiants (bientôt biodégradables) sont utilisés. À Minneapolis, des lubrifiants biodégradables qui fonctionnent bien ont été utilisés.

**Question :** Est-ce qu'il y a des problématiques pour effectuer la lubrification des rails encastrés ?

**Réponse :** À Minneapolis, des lubrificateurs de rails encastrés ont été installés. Ils ont eu quelques problèmes au début.

**Question :** Est-ce qu'il y a des problématiques de lubrification en hiver ?

**Réponse :** La pluie et la neige diminuent le bruit et ainsi les besoins de lubrification.

**Question :** Est-ce que l'accumulation de la neige sur le toit des tramways est problématique ?

**Réponse :** Les nouveaux tramways d'Helsinki seront entièrement couverts. Il peut y avoir de la neige accumulée entre les voitures. À Göteborg, ils n'ont jamais eu de problème avec la neige accumulée.

## 5.0 SÉCURITÉ

### 5.1 SÉCURITÉ LIÉE AU NOUVEAU SYSTÈME DE TRANSPORT

#### 5.1.1 Présentation RATP

Présentation de M. Thierry Blanchet de la Régie autonome des transports Parisiens (RATP), expert sécurité systèmes – tramways et tunnels ferroviaires, disponible en annexe.

#### **GÉNÉRALITÉS**

Pour assurer la sécurité des divers usagers, il importe d'adapter le tramway en fonction du milieu urbain. Le plan de sécurité doit être établi au niveau du système et permet de diminuer le nombre d'accidents. En France, les tramways ont généralement 30 à 50 % moins d'accidents que les services par autobus en site propre.

Les plans de sécurité du tramway doivent prendre en compte les nombreuses composantes du système, non seulement le tramway, soit le système de transport (tramway, stations, etc.), le milieu d'insertion (voirie, trottoirs, mobilier, aménagement, etc.), les ouvrages d'art, les risques extérieurs et les services de secours.

L'arrivée d'un tramway nécessite des changements de comportement pour tous les usagers puisque le milieu urbain se complexifie (distances, visibilité, etc.). Il est donc important que les nombreux usagers puissent bien comprendre l'environnement urbain. Le tramway a aussi un comportement différent par rapport aux autres véhicules routiers, notamment les distances de freinage sont beaucoup plus longues puisque les tramways ne roulent pas sur des pneumatiques. Le tramway doit donc avoir la priorité à certains endroits.

Les plans de sécurité doivent aussi prendre en compte les nombreux usagers qui ont des comportements et des besoins différents : piétons, cyclistes, riverains, automobilistes, livraisons, services d'urgence, taxis, tramway, autobus, etc.

#### **PIÉTONS ET PERSONNES A MOBILITE REDUITE**

Les piétons et les personnes à mobilité réduite sont les plus vulnérables puisqu'ils sont moins bien protégés en plus d'être les plus difficiles à contraindre. Ces usagers recherchent les itinéraires les plus directs, confortables et sécuritaires.

Pour assurer de bonnes conditions de traverses, il est important de bien identifier les pôles générateurs de piétons existants et à venir afin d'identifier les cheminements les plus probables. Ces lignes de désir entre les générateurs doivent être respectées le plus possible. Les itinéraires piétons doivent être continus et confortables. Il est important que les aménagements puissent être bien compris par les usagers à l'aide des matériaux et de la signalisation. Il est aussi important de s'assurer que la signalisation ne soit pas contradictoire, notamment aux traverses piétonnes du tramway où ce dernier a priorité sur le piéton à l'encontre des règles de circulation routière qui stipulent le contraire : la priorité des piétons sur les autres véhicules. Les traverses piétonnes doivent aussi être aménagées là où les distances de traverse sont plus courtes et les vitesses des véhicules sont plus faibles, notamment aux carrefours et aux stations (ligne de désir). Un important risque d'accident pour les piétons est les gens qui se précipitent pour attraper un tramway sans porter attention aux environs (autres tramways, véhicules routiers, etc.).

Les traverses les plus sûres sont courtes (8 mètres maximum sans feux et 12 mètres maximum avec feux). Les traverses à plusieurs temps avec des refuges piétons pouvant aussi accueillir les cyclistes améliorent aussi la sécurité (traversée en baïonnette). La visibilité doit aussi être bonne aux abords des traverses piétonnes pour les piétons et les véhicules. Où l'espace le permet, il est aussi important d'installer des dispositifs pour que les piétons puissent faire face aux conflits.

#### **CYCLISTES**

Les itinéraires cyclables doivent avoir un minimum de détours pour s'assurer qu'ils soient respectés. Ces itinéraires doivent être bien séparés des voies du tramway. Il importe de porter attention aux matériaux pour que l'aménagement soit compris. Il faut aussi s'assurer que les aménagements cyclables n'empiètent pas sur les espaces prévus pour les piétons.

#### **ACCES RIVERAINS, COMMERCES ET LIVRAISONS**

Le tramway est inséré en milieu urbain et il y a donc plusieurs besoins d'accès et de livraisons. Il y a un risque que certains véhicules s'immobilisent sur les voies du tramway et il importe que les accès riverains soient bien visibles. Les espaces de livraisons et d'accès doivent être bien indiqués pour qu'ils soient respectés et n'empiètent pas sur les voies du tramway.

#### **VEHICULES ROUTIERS**

Pour bien gérer l'interface entre les véhicules routiers et le tramway, il est important de bien marquer l'emprise du tramway pour que les véhicules ne s'immobilisent pas dans l'espace pour le tramway. Ce marquage permet aussi aux opérateurs de bien percevoir les dangers potentiels. Les feux de circulation aux carrefours doivent être « crédibles », c'est-à-dire que les feux doivent changer du vert au rouge au bon moment pour laisser le passage du tramway. La phase tramway devrait être terminée aussitôt après le passage des tramways. Les aménagements doivent être appropriés pour que les conducteurs puissent bien anticiper des problèmes potentiels.

Il importe de bien sécuriser les espaces en réduisant la vitesse des véhicules automobiles, d'améliorer la visibilité des carrefours, réduire les distances/temps de traversée, réduire les conflits et avoir une bonne visibilité.

#### **ZONES DE CONFLIT**

Les zones de conflit principales aux carrefours sont les traverses piétonnes, les mouvements de virage, les demi-tours et le passage de tramways. La contrainte principale du tramway est que ce dernier est guidé. L'emprise ne se limite pas à l'espace entre les rails, mais au gabarit limite d'obstacle (GLO) qui doit être bien indiqué pour que le conducteur puisse percevoir des risques. Les tramways sont conduits à vue pour gérer ces problématiques, mais ne peuvent pas freiner aussi rapidement que les véhicules privés.

Pour minimiser les impacts potentiels des zones de conflit, la vitesse du tramway est diminuée dans les carrefours (30 à 40 km/h). Les obstacles fixes situés près de l'emprise sont à éviter puisque lors d'accidents, le tramway peut prendre une certaine distance avant de s'immobiliser et les véhicules entraînés ne devraient pas percuter un objet fixe pour éviter qu'ils soient écrasés entre le tramway et l'objet fixe. En France, les objets fixes sont situés à un minimum de 1,5 mètres du GLO.

Sur les plateformes, l'espace doit être bien dégagé et les plateformes doivent être bien dimensionnées pour éviter qu'elles soient trop encombrées (1,5 passagers/mètre carré).

Le stationnement peut être permis le long du tramway, mais on doit prendre en compte l'effet de masque que les véhicules garés peuvent avoir aux traverses piétonnes. Les problématiques dues au stationnement sont

surtout rencontrées pour les tronçons du tramway en insertion latérale. Les sites propres latéraux comportent aussi un risque que des véhicules de livraison soient immobilisés dans l'emprise du tramway. Il est donc important de bien gérer les espaces de livraison.

Pour les sites avec une insertion centrale, les problématiques de piétons et de virages à gauche sont les plus importantes. Pour les sites d'insertion de tramway en latéral, les problématiques à gérer sont les accès riverains, les piétons et les virages.

### SERVICES DE SECOURS

Il est important de travailler avec les services de secours dès le début le projet pour éviter d'avoir trop de procédures et d'équipements spécifiques en zone de tramway. Il est nécessaire d'établir des procédures d'intervention avec les services de secours, notamment des procédures de déploiement d'échelles et pour couper le courant avec les services d'incendie. Le maintien des accès aux façades des bâtiments est aussi nécessaire pour les services d'urgence. Des procédures spécifiques devront être mises en place pour les accidents avec le tramway en plus d'un plan d'interventions pour les secours.

### GESTION DE LA SÉCURITÉ

La sécurité devra être considérée lors de la conception et lors de son exploitation du réseau de tramways.

Lors de la conception, il faut tenir compte de l'environnement d'insertion et des comportements locaux. Des règlements et des procédures (i.e. procédure de priorité du tramway, feux de circulation) devront être mis en place s'ils ne sont pas existants. Les services de secours devront être consultés et leur opinion prise en compte dès cette étape. Des ententes doivent aussi être établies avec les responsables de la voirie sur les procédures d'entretien. Des audits de sécurité seront nécessaires par des parties indépendantes dès cette étape.

Il faut aussi penser à l'élaboration des procédures d'exploitation et à la formation du personnel lors de la conception et la réalisation. Par exemple, une piste d'essai est nécessaire pour procéder aux tests de freinage du tramway. La formation des conducteurs doit être entamée longtemps avant la mise en service.

Lors de l'exploitation du système, les éléments suivants devront être mis en place et mis à jour sur une base régulière, notamment :

- Les plans d'intervention de secours;
- Le poste de commandement;
- Les règlements de sécurité;
- Les plans d'exploitation, de signalisation, de commandes d'énergie;
- La formation initiale et continue des exploitants;
- Le suivi de sécurité (entretien, suivi des accidents, gestion de crise, etc.).

### CONCLUSION

La mise en place du tramway nécessitera un temps d'adaptation pour tous les usagers (utilisateurs du tramway, piétons, cyclistes, riverains, exploitants, services d'urgence, etc.) et l'exploitation initiale du tramway nécessitera beaucoup d'efforts, notamment sur le plan des communications. Les vitesses du tramway au début de l'exploitation sont habituellement plus faibles pour permettre une adaptation progressive. Les feux de circulation et la gestion des priorités aux feux devront être ajustés pendant l'exploitation pour améliorer les temps de parcours. Plusieurs suivis sont nécessaires avec les conducteurs, sécurité, entretien, etc.

#### 5.1.2 Calgary

Présentation de M. Peter Sicobean disponible en annexe.

Il n'y a pas de réglementation fédérale pour la sécurité des trains en milieu urbain. Des audits de l'APTA sont effectués à tous les deux ans. Calgary Transit a une approche assez proactive sur la sécurité.

#### 5.1.3 Minneapolis

Présentation de Sheri Gingerich en annexe à ce document.

La ligne Hiawatha est ouverte depuis 2004 et 48 accidents sont survenus dont 7 décès et 24 accidents avec des blessures. La majorité des accidents surviennent alors que l'automobiliste, le cycliste ou le piéton entreprend une manœuvre dangereuse et/ou illégale.

Plusieurs activités sont entreprises pour améliorer la sécurité : billets pour traverse piétonne illégale à travers les voies de tramway, campagne publicitaire et d'éducation sur la sécurité près des tramways, implication des intervenants locaux et mise en place d'enquêtes pour chaque accident.

Le processus d'enquête est supervisé par l'état qui a un rôle consultatif. Les accidents sont déclarés à une agence fédérale, le *National Transportation Safety Board*. Les trains sont munis de systèmes d'enregistrement des données qui sont utilisées pour les enquêtes. Des caméras sont installées à bord des trains et sur les plateformes qui peuvent aider aux enquêtes.

Des systèmes avertissant du passage d'un deuxième train sont en place. Les trains doivent aussi utiliser leur klaxon alors qu'ils se croisent.

#### 5.1.4 Göteborg

Présentation de Christer Olsson disponible en annexe.

Des statistiques sur les accidents et les incidents ont été présentées pour 2008 et 2009 pour plusieurs catégories (accidents routiers, piétons, accidents tram-tram, objets fixes, déraillements, feu et autres). Ces statistiques sont comparées aux accidents avec les autobus qui n'ont pas les mêmes exigences pour rapporter les accidents que les trains et n'ont pas besoin de signaler les incidents. Les tramways ont tendance à être situés dans des endroits où il y a plus de piétons, donc les accidents avec les piétons sont plus élevés qu'avec les autobus. Les tramways ne sont donc pas plus dangereux que des autobus. Il y a plusieurs accidents avec les voitures virant à gauche qui n'ont pas attendu le passage du tramway.

Les statistiques d'interruption de service ont été présentées et les accidents ne représentent qu'une petite partie des interruptions; les bris du matériel roulant causent plus d'interruptions de service).

Plusieurs mesures ont été mises en place pour améliorer la sécurité :

- Ajout de clôtures entre les voies aux stations pour que les gens ne traversent pas aux stations;
- Éviter de marquer les passages piétons dans les passages puisque les piétons n'ont pas la priorité sur les tramways;
- Ajout de bandes podotactiles sur les quais;
- Ajout de traverses en « z » pour que les piétons aperçoivent l'arrivée des tramways;
- Élimination des arrêts en bordure de chaussée (usagers doivent traverser une ou des voies de circulation à la sortie du tramway et les voitures doivent s'immobiliser pour permettre le passage);
- Construction des voies de tramway et de circulation dénivelées pour éviter que les voitures circulent illégalement sur l'emprise.

### 5.1.5 Helsinki

Présentation de Heikkilä Ollipekka disponible en annexe.

Les statistiques sur le nombre d'accidents ont été présentées. Les accidents n'augmentent habituellement pas en hiver, sauf qu'en 2009-2010 le nombre d'accidents en hiver étaient beaucoup plus élevé en raison du grand nombre de précipitations (généralement la gravité n'est pas importante; beaucoup d'accidents avec les voitures). Les conducteurs doivent signaler les incidents survenus. Les conducteurs reçoivent une prime s'ils n'ont pas d'accidents à chaque année.

### 5.1.6 Discussion

**Question :** Problématique et gestion des accidents en milieu urbain dans de nombreuses villes.

**Réponse :** À Minneapolis, la plupart des accidents sont dans les tronçons avec des vitesses plus rapides. À Calgary, peu de problématiques particulières ont été relevées au centre-ville. À Göteborg, les limites de vitesse des tramways sont maintenues entre 30 et 50 km/h. À Helsinki, la limite de vitesse est de 40 km/h sur la majorité des circuits.

**Question :** Est-ce que des aménagements cyclables sont nécessaires sur l'ensemble du parcours du tramway ?

**Réponse :** Dans plusieurs cas, il y a des aménagements cyclables sur le parcours du tramway. Les voies du tramway ne peuvent pas être utilisées par les cyclistes en raison des rails. La pertinence d'aménager des pistes/bandes cyclables doit être évaluée cas par cas en fonction des besoins et de l'espace disponible. À Minneapolis, ils essayaient de fournir des aménagements cyclables où l'espace est disponible (dépend de la largeur de l'emprise).

**Question :** Comment assurer une bonne visibilité dans les stations/platformes pour que les usagers aperçoivent les tramways et trains ?

**Réponse :** Les obstacles visuels doivent être minimisés et les abris ne doivent pas faire la longueur entière de la station. Des garde-corps sont installés au bout des quais. À Calgary, la marche arrière des trains est interdite.

**Question :** Quelle est la largeur minimale des quais ?

**Réponse :** À Minneapolis, ils utilisent des quais minimaux de 20 pieds pour les quais centraux. Selon le représentant de la RATP, la largeur typique est de 3 mètres pour un quai latéral et 5 mètres pour un quai central. À Göteborg, la largeur dépend de l'espace disponible et de l'achalandage, les stations sont améliorées pour répondre aux besoins des personnes à mobilité réduite. À Helsinki, la largeur minimale des quais est de 2,5 mètres.

**Question :** Publicité sur le domaine public le long de l'axe du tramway ?

**Réponse :** Selon le représentant de la RATP, la présence et la localisation de publicité dépend de la sécurité et des besoins des usagers. La publicité ne peut pas empiéter sur le fonctionnement et la visibilité dans les stations. À Göteborg, la municipalité gère la publicité dans le domaine public.

**Question :** Vitesses opérationnelles dans les stations ?

**Réponse :** À Göteborg, les trains sont limités à 15 ou 20 km/h aux arrêts, lorsqu'ils n'arrêtent pas. À Helsinki et à Minneapolis, les trains/trams doivent arrêter à chaque arrêt. À Calgary, les trains doivent ralentir dans les stations.

**Question :** Impact sur les personnes aveugles dans les espaces du tramway ?

**Réponse :** Le représentant de la RATP, a indiqué que des traverses piétonnes sonorisées sont en place en France. À Minneapolis, les aménagements suivants sont mis en place : bandes podotactiles et traverses

sonorisées à chaque carrefour, bandes podotactiles sur les quais et avertissement sonore de l'arrivée d'un train. Pour les personnes sourdes, des signaux visuels sont en place en plus d'un avertissement visuel de l'arrivée d'un deuxième train (le deuxième train/tramway est moins attendu par les usagers et est donc plus dangereux). À Helsinki, des aménagements aux carrefours sont en place, ainsi qu'un avertissement sonore de l'arrivée d'un train aux stations. À Göteborg, des mesures sont mises en place au cas par cas.

**Question :** Est-ce que les tramways sont soumis aux mêmes règles de circulation que les véhicules routiers ?

**Réponse :** Selon le représentant de la RATP, le tramway n'est pas soumis aux règlements de circulation mais doit observer ses signaux. Les signaux de tramway et de circulation routière doivent fonctionner ensemble. Il faut faire particulièrement attention aux piétons puisqu'ils ne sont pas prioritaires au tramway et cela doit être réglementé.

**Question :** Est-ce que les signaux aux carrefours doivent être munis de pré-avertissements que le signal va changer ?

**Réponse :** Au centre-ville de Minneapolis, il n'y pas de dispositifs, seulement sur les tronçons opérant dans un corridor exclusif. À Helsinki, quelques pré-avertissements sont installés. Selon la RATP, quelques réseaux ont mis en place ces systèmes. Certains réseaux ont des systèmes indiquant au conducteur que leur priorité a été prise en compte.

**Question :** Quels systèmes de détection de tramways aux carrefours utilisez-vous et qui sont fonctionnels en conditions hivernales (neige, sel, etc.) ?

**Réponse :** À Minneapolis, des boucles de détection seront ajoutées. À Calgary et à Helsinki, des boucles sont installées. À Göteborg, des systèmes radio et des boucles sont en place.

**Question :** Le marquage est caché par la neige qui s'accumule parfois; comment assurer que le marquage soit visible ?

**Réponse :** Des panneaux sont aussi installés pour maintenir la visibilité. Le marquage n'est pas toujours visible lors de tempêtes hivernales.

**Question :** Qui déclare les accidents/incidents ?

**Réponse :** Les exigences de déclaration d'accidents ferroviaires sont plus exigeantes que pour les véhicules routiers. À Göteborg, les chauffeurs sont responsables de signaler les incidents. Des investigations sont effectuées pour chaque accident. Un audit d'une semaine est effectué aux quatre ans à Göteborg.

**Question :** Sécurité dans les zones piétonnes avec les tramways ?

**Réponse :** À Göteborg, ils n'y a pas de problèmes particuliers, probablement puisque les vitesses des tramways sont faibles dans ces endroits. La plupart des accidents surviennent sur les rues avec de la circulation automobile. Selon le représentant de la RATP, il est important de bien choisir les matériaux pour indiquer le GLO et la présence du tramway. Les traverses piétonnes en chicane sont plus utiles à l'extérieur du centre. Les vitesses des tramways doivent être très faibles dans les places piétonnes. Les clôtures sont aussi à éviter pour éviter de piéger des piétons. Le traitement des pôles multimodaux est plus compliqué.

**Question :** Commentaires sur les traverses piétonnes ?

**Réponse :** Les barrières pour piétons sont très rares en milieu urbain et sont à éviter (RATP). À Minneapolis, les traverses du tramway avec des bras sont à éviter pour éviter les pièges. Les traverses en chicane sont utilisées souvent à Minneapolis et à Calgary. À Helsinki, on recommande d'éviter le marquage des passages piétons à travers les voies du tramway puisque cela donne un faux sentiment de sécurité.

**Question :** Sécurité d'un SRB versus un tramway ?

**Réponse :** Selon le représentant de la RATP, les mesures ne sont pas les mêmes pour les deux types de site. Les problématiques rencontrées au niveau de la sécurité sont souvent les mêmes puisque plusieurs enjeux se

rapportent plus au site propre qu'avec le type de véhicule. Pour les tramways, il est important que l'avant des trains n'aggrave pas les accidents avec les piétons.

**Question :** Quelle évaluation de vulnérabilité et des menaces effectuez-vous au Minnesota ?

**Réponse :** Une évaluation sur la vulnérabilité a été effectuée et le Capitole de l'état du Minnesota à Saint-Paul a été identifié comme un lieu sensible. Le personnel est formé sur les procédures à utiliser en cas de terrorisme. Un service de police pour le transport collectif est aussi en place. Les trains sont munis de systèmes d'avertissement pour les usagers et de téléphones d'urgence.

À Göteborg, les véhicules et les arrêts sont munis de caméras. Des interrupteurs de secours sont installés dans les véhicules. À Helsinki, des caméras sont installées dans les trains, ainsi qu'à l'extérieur. Des caméras sont aussi installées dans la ville. À Calgary, des caméras sont installées à l'intérieur des trains.

**Question :** À quels endroits y a-t-il plus de déraillements ?

**Réponse :** Il y a plus de déraillements aux aiguillages car la gorge est moins profonde. Il y a également plus de déraillements dans les dépôts.

## 5.2 GESTION DES SERVICES D'URGENCE ET D'AUTRES INTERVENTIONS LE LONG DE LA LIGNE

### 5.2.1 Interventions des fardières (Hydro-Québec)

Présentation de Vincent Duval d'Hydro-Québec disponible en annexe.

Hydro-Québec se positionne en faveur de l'énergie verte et est donc en faveur de l'électrification des réseaux de transport collectif. C'est pourquoi Hydro-Québec est impliqué dans l'étude de faisabilité du tramway pour en accélérer l'implantation.

Hydro-Québec et la Commission des services électriques de Montréal (CSEM) possèdent un nombre important d'infrastructures sous la chaussée, dont des transformateurs et des câbles de transmission. Ces infrastructures doivent être accessibles en tout temps pour effectuer des réparations et l'entretien.

Hydro-Québec se questionne sur la localisation de ces infrastructures dans l'axe du tramway. Comment assurer l'entretien de ces réseaux ? Où garer les véhicules utilisés pour les réparations et l'entretien ?

### 5.2.2 Calgary

Présentation de Peter Sicobean disponible en annexe.

Calgary n'a pas relocalisé ses infrastructures souterraines avec la mise en place du C-Train. Le distributeur électrique est responsable de la distribution et des systèmes électriques (transformateurs, caténaires, etc.). Il y a plusieurs problèmes de coordination des travaux entre le distributeur électrique et l'agence de transport collectif. Ce mode de fonctionnement est déconseillé. Il est important de spécifier qui est responsable de l'emprise du tramway. La mise en place d'un système de permis pour effectuer des travaux le long de l'emprise est nécessaire pour assurer la bonne gestion du corridor.

### 5.2.3 Minneapolis

Présentation de Jim Alexander disponible en annexe.

Un système de permis pour effectuer des travaux a été mis en place. Lors d'opérations d'entretien, seulement une voie est utilisée. L'entretien de nuit est préconisé. Lors d'interruptions de service, des autobus sont utilisés pour assurer le service. Les travailleurs reçoivent des formations pour travailler près de l'emprise. Ce système a permis de construire des bâtiments à quelques mètres des voies sans rencontrer trop de problèmes. La mise en place de procédures d'entretien et de gestion des travaux est très importante pour en assurer la bonne gestion.

Un groupe des incendies et de sécurité des personnes a été mis en place pour gérer la coordination avec les services d'urgence et pour assurer la formation du personnel en sécurité. Des exercices sont tenus pour tester les procédures d'intervention en cas d'urgence.

Le déplacement des infrastructures est un aspect qui requiert beaucoup d'efforts lors de l'implantation du réseau de train léger. Toutes les infrastructures sous le SLR ont été relocalisées. Metro Transit a le droit d'examiner toute modification aux infrastructures souterraines à 10 pieds de son emprise et jusqu'à une profondeur de 5 pieds. Il est important d'examiner la relocalisation des infrastructures dès le début d'un projet.

### 5.2.4 Göteborg

Présentation de Christer Olsson disponible en annexe.

L'agence de transport à Göteborg dispose de ses propres équipes d'intervention pour le support technique. Ils disposent aussi d'un centre de contrôle des opérations et travaillent en collaboration avec les services d'urgence.

### 5.2.5 Helsinki

Présentation de Heikkilä Ollipekka disponible en annexe.

À Helsinki, les interventions sont coordonnées avec le service ambulancier et des incendies. L'agence de transport dispose d'un camion pour effectuer certaines interventions et est enregistré comme un véhicule d'incendies (dispose de la même priorité). Un superviseur est toujours en fonction au cas où il y aurait un accident. Dix voies de stockage sont distribuées sur l'ensemble du réseau en cas de bris de véhicules. Deux équipes sont en place pour réparer la LAC. Le remorquage de véhicules garés sur les voies du tramway est effectué par l'agence de transport, HKL.

### 5.2.6 Discussion

**Question :** Qui a la responsabilité d'enlever les voitures garées sur les voies du tramway ?

**Réponse :** Göteborg fait affaire avec une compagnie de remorquage.

**Question :** Est-ce que vous avez des voies de stockage de tramway à Göteborg ?

**Réponse :** Plusieurs voies de stockage sont parsemées sur le territoire de la ville. Il peut en manquer en cas de bris.

**Question :** À Göteborg, comment gérez-vous les travaux sur le réseau routier ?

**Réponse :** Un travail étroit avec le service de voirie. Les travaux nécessitent parfois de rediriger des tramways.

**Question :** À Helsinki, comment gérez-vous les infrastructures souterraines ?

**Réponse :** Il n'y a pas d'infrastructures sous les voies du tramway. HKL collabore avec le distributeur électrique pour ses interventions.

**Question :** Comment coordonner la gestion des accidents (i.e. police) ?

**Réponse :** À Helsinki, les policiers doivent fermer l'emprise pour effectuer des enquêtes pour les accidents majeurs. HKL a la possibilité de changer l'itinéraire des tramways après un accident.

## 6.0 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

### 6.1 TECHNOLOGIE ET CONTRAT AVEC LE DISTRIBUTEUR

#### 6.1.1 Présentation

Présentation de Luc Meyson de SYSTRA, expert en alimentation électrique, disponible en annexe.

Des diagrammes de réseaux de distribution électrique typiques ont été présentés avec les postes de redressement : directs et en boucle.

Les voltages typiques ont été présentés :

- Énergie de traction : 750V (tramway moderne) ou 1500V (Japon et Suisse);
- Énergie d'alimentation du système : 12kV, 25kV.

L'électricité peut causer des problèmes de corrosion des rails et des réseaux souterrains, notamment par les courants vagabonds. Les courants vagabonds se produisent entre les véhicules et les postes de redressement. Ces courants vagabonds peuvent utiliser des infrastructures métalliques enfouies entre le véhicule et le poste de redressement causant de la corrosion. Les mesures de mitigation passives comprennent l'isolement des infrastructures souterraines. Le drainage polarisé et les anodes sacrificielles sont des méthodes de mitigation actives (protection cathodique).

Les redresseurs assurant la traction des tramways causent des vagues harmoniques qui peuvent causer la surchauffe des équipements électriques, des bris du matériel électronique et le vieillissement prématuré des équipements électriques. Les effets de ces harmoniques peuvent être mitigés par la modification des redresseurs assurant la traction ou la mise en place des filtres d'harmoniques actifs ou passifs. Il est important de bien inspecter ces équipements électriques et mettre en place des plans d'entretien.

Des plans typiques de salles d'alimentation électrique ont été présentés. Il est important d'assurer un accès aisé aux postes de redressement pour les véhicules d'entretien de ces équipements.

#### 6.1.2 Calgary

Aucune information présentée.

#### 6.1.3 Minneapolis

Présentation de Jim Alexander disponible en annexe.

À Minneapolis, la plupart des pannes de courant touchent l'équipement le long des voies (signalisation, signalisation des passages à niveau, etc.). Il est donc important d'équiper ces équipements avec des batteries et d'avoir accès à des génératrices rapidement en cas de pannes prolongées.

Le réseau électrique est conçu de façon que si un poste de redressement tombe en panne, les autres postes puissent prendre le relais.

Metro Transit est responsable des infrastructures électriques sur le réseau. Le distributeur électrique alimente le réseau et sa responsabilité se termine à l'entrée des postes de redressement. Le centre de contrôle est muni de génératrices en cas d'interruption de courant. Metro Transit développe ses relations avec le distributeur électrique pour bien coopérer sur les projets futurs (Central Corridor).

#### 6.1.4 Göteborg

Présentation de Christer Olsson disponible en annexe.

Le système est alimenté à partir de plusieurs points d'alimentation répartis sur le réseau. Les sections de voies sont généralement alimentées à partir de deux sources d'alimentation différentes. Les pannes de courant sont très rares sur leur réseau électrique. Les interruptions ne se prolongent généralement pas au-delà de 10 secondes. Ces pannes très courtes ne sont habituellement pas remarquées par les conducteurs à bord des véhicules. Les camions ayant une charge trop haute et percutant les LAC sont la cause la plus fréquente de pannes.

#### 6.1.5 Helsinki

Présentation de Heikkilä Olliikka disponible en annexe.

Le réseau de tramways d'Helsinki est alimenté à partir de 21 sous-stations. Les trains sont munis de super condensateurs pour assurer l'alimentation électrique des équipements auxiliaires (air climatisé, etc.). Tout comme à Göteborg, il y a très peu de pannes de courant et les LAC endommagées sont plus problématiques.

#### 6.1.6 Discussion

**Question :** Est-ce que les postes de redressement peuvent être souterrains ou doivent être en surface ?

**Réponse :** Les postes de redressement peuvent être souterrains ou en surface.

**Question :** Combien de postes de redressement sont nécessaires pour alimenter un tramway ?

**Réponse :** Des simulations des besoins en alimentation sont nécessaires. Cela dépend des pentes, de la longueur du tracé, des besoins en alimentation des véhicules et du type d'alimentation électrique. En général, on compte un poste de redressement par kilomètre.

**Question :** Quelles problématiques sont rencontrées avec les salles d'alimentation électrique souterraines ?

**Réponse :** Il est préférable de les construire en surface pour avoir un meilleur accès. Les salles souterraines ont besoin d'une grue pour l'entretien et doivent être bien scellées.

À Minneapolis, les postes sont tous en surface. La localisation de ces postes dans certains quartiers est souvent problématique. Il est préférable de les localiser très près du tramway. Le nombre dépend des besoins en alimentation, notamment les pentes élevées et l'air climatisé.

À Calgary, tous les postes sont en surface et ils sont localisés à tous les 2 km.

À Helsinki, certains postes sont localisés dans des bâtiments.

Le RATP achète souvent des bâtiments le long d'une ligne pour y construire des postes de redressement, ces derniers sont isolés des autres étages.

**Question :** Est-ce qu'il y a des problématiques liées à l'interférence électromagnétique (i.e. hôpitaux, etc.) ?

**Réponse :** Les appareils d'imagerie à résonance magnétique sont très sensibles à ce phénomène. À Minneapolis, plusieurs mesures seront utilisées pour mitiger cette problématique sur le central corridor en installant des plaques en cuivre sous les voies du train pour contrer cet effet. Les hôpitaux sont souvent très préoccupés par la vibration lors des travaux de construction.

**Question :** Problématiques liées à l'accès des véhicules aux postes de redressement.

**Réponse :** L'accès aux postes doit être assuré pour effectuer son entretien.

**Question :** Jusqu'à quelle profondeur protégez-vous les infrastructures enfouies des courants vagabonds ?

**Réponse :** Il n'y a pas de règle générale, cela dépend des sols (conductivité diffère en fonction de la nature des sols) et doit être étudié au cas par cas.



**Question :** Est-ce que le sel peut causer des problèmes avec les courants vagabonds ?

**Réponse :** Le rail de roulement est isolé avec du goudron. À Minneapolis, ils ont des problèmes avec les courants vagabonds qui sont amplifiés par le sel. Les aiguillages et les systèmes de détection sont souvent problématiques.

**Question :** Est-il préférable d'utiliser du courant à 750 ou 1 500 V ?

**Réponse :** Les courants vagabonds et leur présence sont directement liés au voltage. Les voltages plus élevés diminuent les courants vagabonds. Cependant, la réglementation au Canada est plus exigeante pour les réseaux de 1 500 V.

**Question :** Où doit-on isoler les sections de rail ?

**Réponse :** Selon le représentant de SYSTRA, une étude d'exploitation est nécessaire pour identifier les contraintes et besoins en exploitation. La LAC doit être sectionné à chaque service partiel. À Calgary, la séparation des sections de tramways n'a pas été faite en fonction des opérations et cette expérience n'est pas conseillée. À Minneapolis, ils ont eu des problèmes avec des séparations situées dans le milieu d'une station. Ceux-ci ont été bougés puisque la station ne pouvait pas être utilisée si une des deux sections avant ou après n'avait pas d'alimentation électrique.

**Question :** Quelles sont les exigences de disponibilité d'électricité pour le contrat avec le distributeur (i.e. 99 %) ?

**Réponse :** Les opérateurs n'ont pas d'exigences spécifiques sur la disponibilité du courant.

**Question :** Est-ce que les équipements électroniques à bord des tramways sont sensibles ?

**Réponse :** À Minneapolis, les nouveaux véhicules sont protégés des surtensions. Cependant, le redémarrage des trains nécessite un ordinateur portable. À Helsinki, ils n'ont pas de problèmes avec les anciens modèles de tramway; les nouveaux tramways (livraison entre 1998 et 2002) sont problématiques. Les équipements électroniques additionnels (caméras, air climatisé, etc.) ont tendance à tomber en panne davantage. Les piles des trains doivent aussi être conçues pour permettre leur démarrage par temps froid.

## 6.2 TECHNIQUES D'ALIMENTATION

### 6.2.1 Présentation

Présentation de Luc Meyson de SYSTRA, expert en alimentation électrique, disponible en annexe.

Le projet de tramway de L'Usai au Qatar, ville en développement au nord de Doha a été présenté. Ce projet utilisera des LAC/caténaires flexibles et rigides. Les LAC rigides seront utilisés dans les tunnels où la hauteur libre est moins élevée.

Le système de transfert (« people move ») de l'aéroport de Madrid Barajas a été présenté. C'est un système entièrement automatique et l'alimentation électrique se fait par le rail, mais ne peut être utilisé pour un tramway urbain.

Les voies de tramway entre le réseau de Malaga en Espagne et le centre d'entretien sont alimentées par des super condensateurs. Les super condensateurs permettent d'éviter l'installation de fils puisque les batteries des tramways sont rechargées lorsqu'ils sont arrêtés (ex. station). Ces super condensateurs utilisent moins d'énergie puisque celle provenant du freinage est réutilisée. Ce système est en période d'essai, mais n'a pas encore été utilisé pour le transport de personnes. Les risques associés à ce système sont :

- Pas utilisé pour le transport de personnes;
- Pas d'approbation réglementaire pour son usage;
- La performance est moins élevée que les systèmes avec LAC;
- Nécessite plus de 20 secondes de chargement à chaque arrêt.

Le Sul Do Tejo Metro à Lisbonne au Portugal utilise des condensateurs à double couche pour circuler entre la ligne principale et le centre d'entretien. En 2008, ce mode d'opération a commencé à être utilisé sur certains segments pour le transport de passagers, mais des LAC sont tout de même en place. Les batteries sont chargées aux arrêts à l'aide du pantographe. Les risques principaux à l'adoption de cette technologie sont :

- Nouvelle technologie pas adoptée ailleurs;
- Nécessite plus de 20 secondes pour charger les batteries (temps d'arrêt longs);
- La performance est moins élevée que les systèmes utilisant une LAC.

À Bordeaux, l'alimentation électrique est assurée par un troisième rail enfoui dans le sol – APS (Alimentation par le sol). Un système de séparation est en place pour assurer que seulement une courte section du rail sous le tramway est alimentée pour éliminer le risque d'électrocution. Le rail n'est pas alimenté lorsqu'il n'y a pas un tramway au-dessus. Ce système est utilisé pour le transport de passagers depuis 2003. Les véhicules sont équipés de batteries au cas où un segment est en panne. Le principal risque associé à ce système est qu'il n'est pas possible d'installer ce système là où il y a des conditions hivernales puisque la glace empêcherait l'alimentation.

Un système (PRIMOVE) alimentant le tramway par induction a été développé et ne nécessite pas de câbles aériens. Un câble souterrain alimente le tramway par induction, il n'y a pas de risque d'alimentation. Ce système en développement a seulement été installé sur un court tronçon d'une voie d'essai, mais sera implanté bientôt à Augsbourg en Allemagne. Les risques associés à ce système sont :

- pas utilisé pour le transport de personnes;
- le système par induction ne peut pas être recouvert de béton et les voitures ne peuvent pas traverser au-dessus (rues transversales). Le recouvrement synthétique pourrait être problématique pour le déneigement des voies.

Le système Translohr est un système alimenté par une ligne de contact installée sur le toit des tramways et alimentée par une caténaire à la fois. Il n'y a donc pas de câbles entre les poteaux de la caténaire. Des poteaux sont installés à des intervalles réguliers pour assurer l'alimentation électrique. Des super condensateurs peuvent être installés pour éviter l'installation de mâts sur certains tronçons. Cependant, cette technologie n'est qu'à l'étape conceptuelle et des essais n'ont pas encore été commencés.

La technologie d'alimentation électrique pour le tramway doit être choisie en fonction de :

- les conditions climatiques;
- la disponibilité de la technologie (fournisseurs);
- le niveau de développement technique atteint;
- les objectifs du projet;
- la performance;
- le coût;
- les impacts sur les autres systèmes et parties/riverains.

### 6.2.2 Opérateurs

Les opérateurs n'ont pas effectué de présentations pour ce volet.

### 6.2.3 Discussion

**Question :** Est-ce que les opérateurs présents ont une expérience avec une technique d'alimentation alternative aux LAC ?

**Réponse :** Helsinki a examiné l'utilisation des super condensateurs.

**Question :** Est-ce que vous avez des informations sur les super condensateurs installés sur le tramway de Nice ?

**Réponse :** Ils ont une courte durée de vie et l'entretien des batteries est compliqué. Le conducteur doit lever et rabaisser la caténaire, ce dernier est souvent endommagé en raison d'oublis d'effectuer cette procédure.

# ANNEXES



## ANNEXE A – PRÉSENTATION DU PROJET DE TRAMWAY À MONTRÉAL





Concept

# Montréal Tramway Project

Seminar  
June 17-18, 2010

## Presentation

- Context
- Modern Tramway
- Studies - Tram Network
- The first line: Côte-des-Neiges — downtown



## Background

### The tramway from 1892 to 1959: Montréal's development wellspring

- 350 km of rail
- 1,000 cars in service
- 1 million passengers per day



Context

Modern tramway

Studies - Tram network

The first line

## Master Plans

- 2004: The Urban Master Plan promotes public transport and the development of a healthier urban environment
- 2005: The Strategic Plan for Sustainable Development in the Montréal community reconciles environment protection and development of Montréal
- 2006: The Québec Transit Policy aims to increase ridership
- 2008: The Montréal Transportation Plan promotes public transport and provides for a Tramway Network of about twenty kilometers
- 2009: The Hydro-Québec Strategic Plan proposes the electrification of public transport using clean, renewable energy



Bordeaux

Context

Modern tramway

Studies - Tram network

The first line

## Modern and Efficient Transport System

- Shorter travel time
  - In and out access to the tram facilitated by wide doors
  - Priority at intersections
  - Dedicated lanes (escaping traffic jams)
- Punctual
- Accessible to all
- User-friendly vehicles and distinctive stations



Paris



Paris

Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## Vidéos



Alicante



Bruxelles



Genève



Innsbruck



Marseille



Valence

Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## Modern and Efficient Transport System



Lyon



Montpellier

Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## Economic and Urban Development



Strasbourg before



Strasbourg after

Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			



## Economic and Urban Development



Grenoble before

Grenoble after

Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
			Montréal

## First Study Phase

- Analysis of the tram network presented in the master Transport Plan
- Identification of a first line of this network
- Defining the deployment phases to complete the network



Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
			Montréal

## High-Traffic corridors



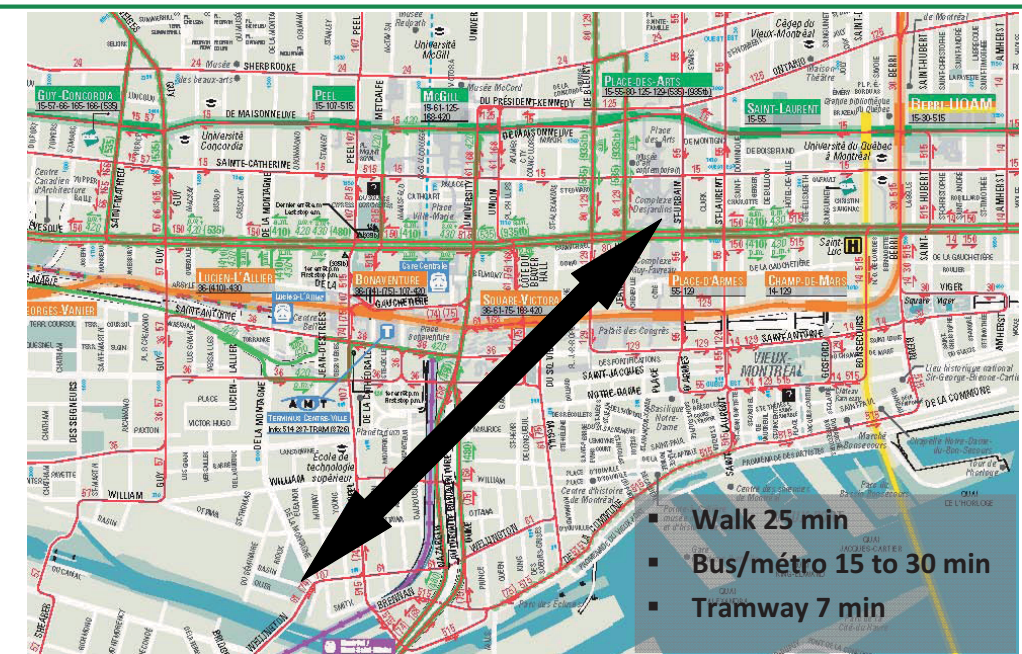
Guy-Concordia Métro exit



Guy Street

Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
			Montréal

## Downtown Mobility



Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
			Montréal

## A well-integrated network of trams



Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

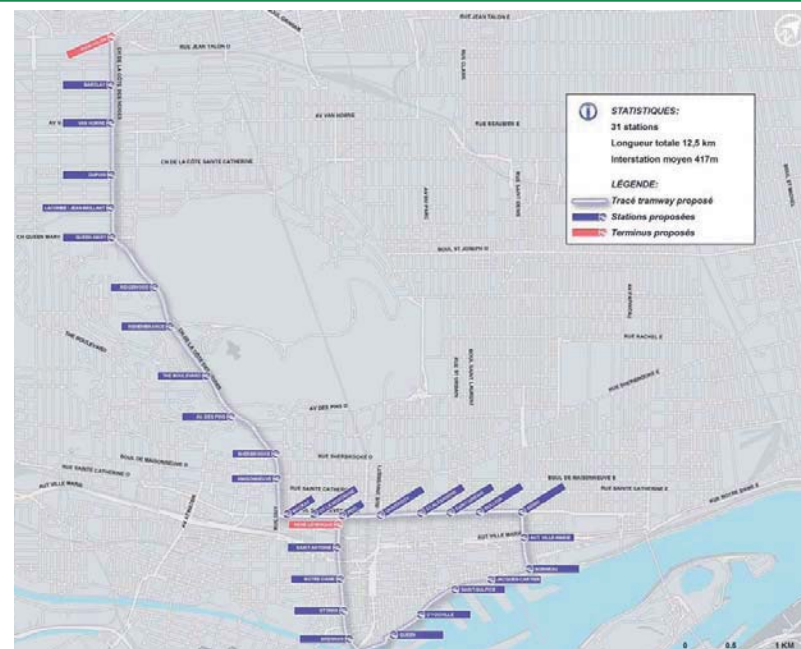
## Network with high ridership level

- More than 32 million passengers annually
- More than 110,000 trips per day
- Excellent performance: top of the list - North American networks

Rang	Système	Déplacements / an	Longueur du réseau	Déplacements/ an/km
		(Milliers de voyages)	(voies: km)	(Milliers de voy/km)
1	Montréal – Ligne Côte-des-Neiges	19 655	9,4	1 983
2	Boston	81 843	45,7	1 791
3	Calgary	69 990	45,0	1 555
4	Montréal – Réseau complet	31 610	21,9	1 443
5	Montréal – Ligne du Parc	9 551	6,9	1 442
6	Toronto	89 552	86,1	1 040
7	Edmonton	13 355	13,1	1 019
8	Houston	12 014	12,0	1 001
9	Montréal – Ligne centre-ville	5 004	6,6	758
10	Tramway de Portland	3 500	6,3	556

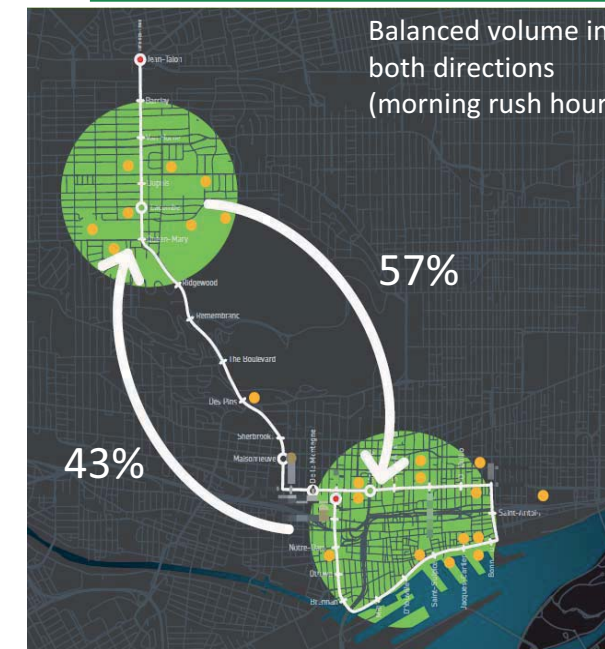
Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## The First Line: Côte-des-Neiges – Downtown



Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## The First Line: Côte-des-Neiges – Downtown



- More than 50,000 passengers per day
- Frequency: 4 to 5 minutes during rush hour
- Service to a number of large generators - employment, education and culture
- More than 320,000 jobs and 100,000 residents near the line
- Development potential
  - 220 ha of vacant or under-utilized lots
  - Potential for 30,000 housing units
  - Potential for 1.6 million m<sup>2</sup> of commercial and offices floor space

Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## Côte-des-Neiges Road



Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## Côte-des-Neiges Road



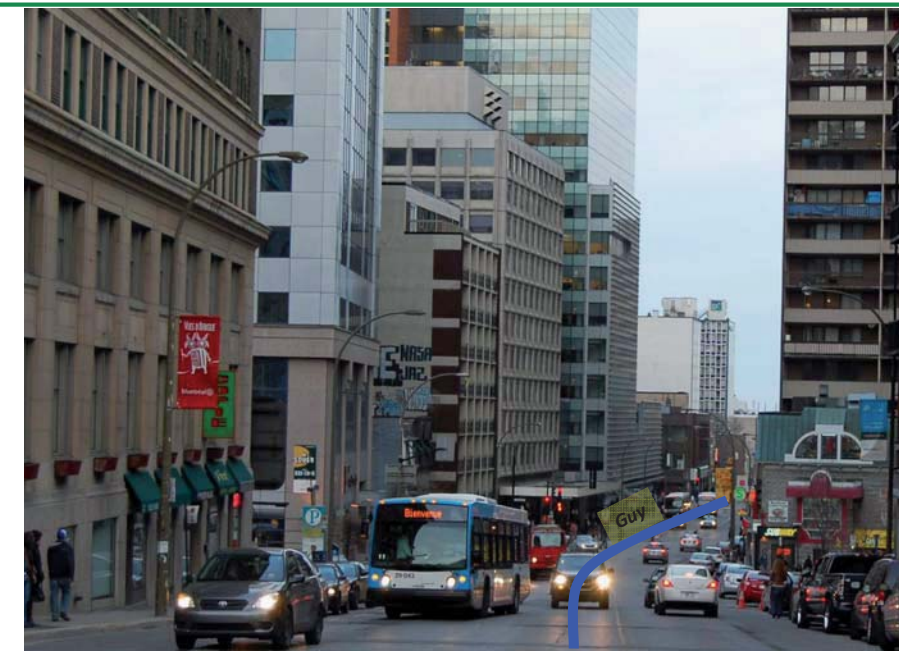
Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## Côte-des-Neiges Road



Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## Guy Street



Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## René-Lévesque Boulevard



René-Lévesque Boulevard

Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## De la Commune Street



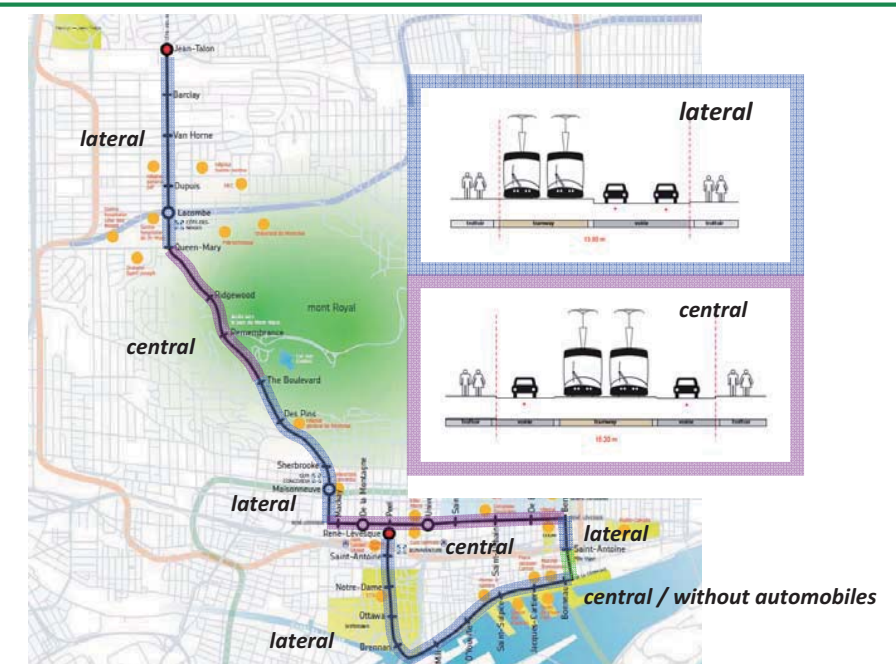
Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## Peel Street



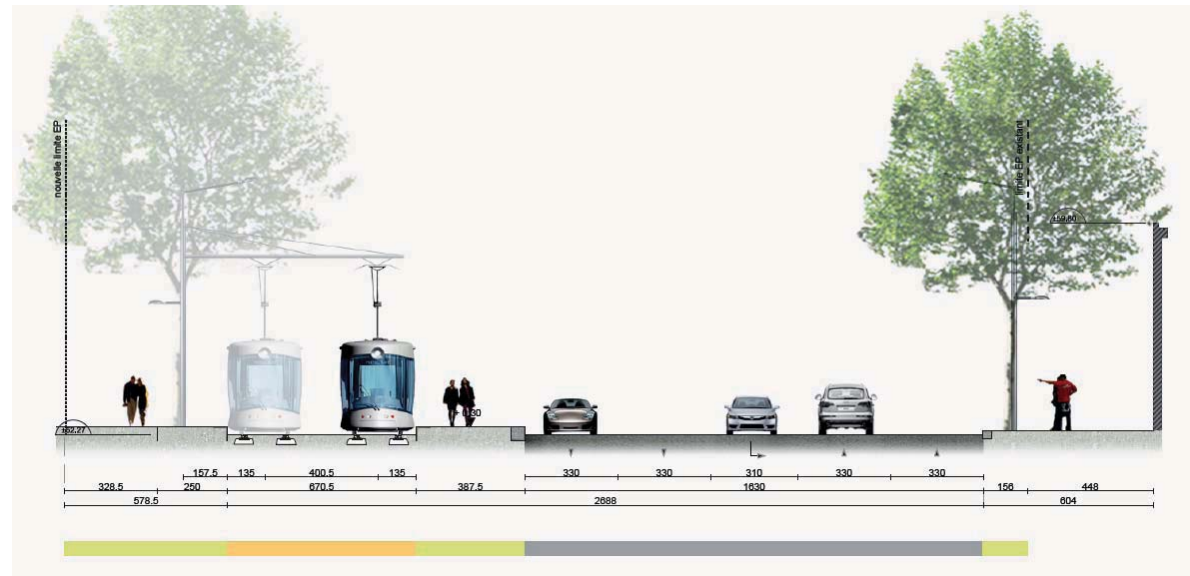
Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## Positioning studied along the line



Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line
Montréal			

## Lateral positioning



Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line

Montréal

## Central positioning



Context	Modern tramway	Studies - Tram network	The first line

Montréal

## Questions



[ville.montreal.qc.ca/tramway](http://ville.montreal.qc.ca/tramway)



## ANNEXE B – PRÉSENTATION DU SLR DE CALGARY







# City of Calgary - Transit - LRT

Montreal Tramway Seminar, June 17-18

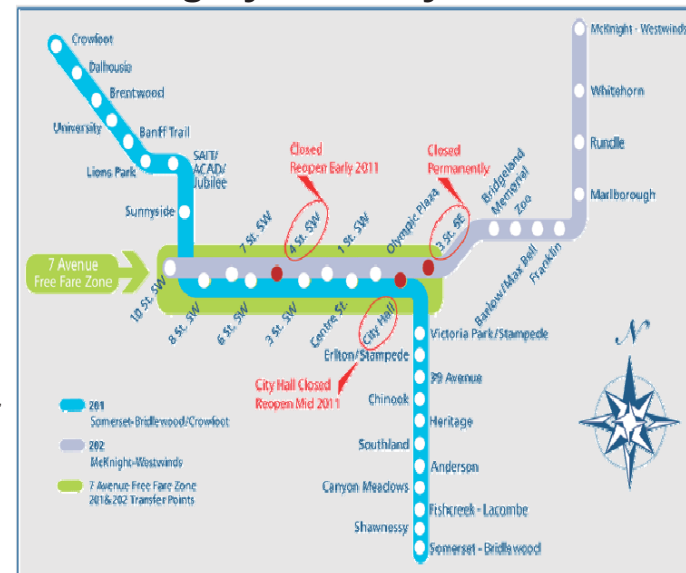
by Peter Sicobean P. Eng.

www.calgary.ca call 3-1-1



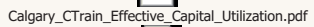
## General presentation of Calgary's LRT system

- LRT TECHNICAL ROW DATA (46 km of double track, 26 major stations and 11 downtown stations)**
  - Downtown (a transit mall - tramway style) - free fare (total length approx 3.0 Km of double track in-street structure)**
    - 2.0 km in-street section, opened May 25, 1981 (the rest has been added with NE and NW corridors)
    - Trains share transit mall with buses and emergency vehicles only.
  - South LRT Corridor (total length approx 17.5 Km of double track, 90% ballasted, 10% D.F. on bridges and tunnels)**
    - 11 km, opened May 25, 1981
    - Trains run on fenced right-of-way (R.O.W.) most of it is parallel to freight rail line - C. P. Rail.
    - 3.5 km extension to Fish Creek/Lacombe, opened October 26, 2001
    - 3.0 km extension to Somerset/Bridlewood, opened June 28, 2004
  - Northeast LRT Corridor (total length approx 13 Km of double track, 85% ballasted, 15% on D.F. bridges and tunnels)**
    - 10.0 km, April 29, 1985
    - Trains run in median of roadway, with a concrete barrier separation
    - 3.0 km extension to McKnight-Westwinds, opened on December 17, 2007
  - Northwest LRT Corridor (total length approx 12.5 Km of double track, 80% ballasted 20% D.F. on bridges and tunnels)**
    - 5 km, opened September 7, 1987 (to accommodate 1988 Winter Olympics)
    - 1.0 km extension to Brentwood, opened August 31, 1990
    - 3.0 km extension to Dalhousie, opened December 15, 2003
    - 3.5 km extension to Crowfoot, opened June 15, 2009
    - Trains run in median of roadway and on exclusive right-of-way (R.O.W.) through residential areas



### City & Ridership (calgarytransit.com)

- During the past decade Calgary's population has increased by more than 25% while Calgary Transit annual ridership increased by nearly double (45%)
- 2009 LRT Weekday boardings over 266,000 (unlinked trips) by far the highest in North America. (for an LRT systems)
- Transit (Bus & LRT) carry close to 50 % of work trips to and from downtown business district.
- A large LRT Feeder bus network, each station is served by a number of bus routes to serve the adjacent communities and employment area, which defines the LRT system as a backbone of a very successful Transit system.
- Two maintenance depot to serve a fleet of 160 LRV (Siemens car U2-DC and SD-160-DC & AC)

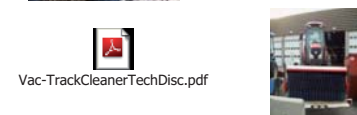
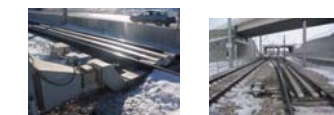
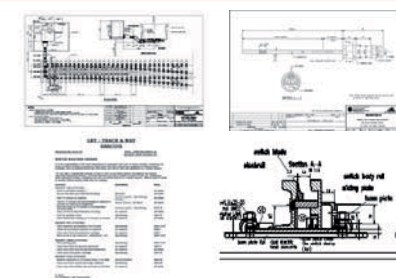


### Design highlights:

- The ROW is protected from pedestrian or vehicle intrusion with fences, barriers and bollards to allow 80 km/h outside downtown transit mall.
- Downtown is restricted at 40 km/h. Trains operate at line of site in conjunction with buses and Emergency vehicles only, on designated - 7-th Avenue corridor. Trains movement is controlled by conventional traffic signals with fixed-time cycle.
- ABS system c/w VIS, at grade x-ings trains pre-empt the normal operation to allow uninterrupted movement between stations.
- 100 lb ARA-A rail for main line, R160 girder rail for in-street and S41/10 for special trackwork.
- 100 % CWR including the special trackwork, concrete ties, Pandrol clip, DF - Lord, and Vashloh for special trackwork.
- Traction power system with 660 Volts DC nominal voltage to provide continuous operation of 4-car trains at a design three (3) minute headway
- The Calgary Transit CTrain is 100% emissions free, power is being supplied by wind generated electricity
- New extensions, under construction, West Leg (8 km), NE (3 km), NW (3 km) ( see [www.westlirt.ca](http://www.westlirt.ca))

### Winter conditions in Calgary:

- Calgary's climate is relatively dry: we receive only about 30 % of Montreal's annual precipitations and close to 50 % of Montreal's annual snowfall only (most of this we get in March, April and May). Average high similar to Montreal around 11°C, average low around -2.3° about 4°C lower than Montreal.
- No defrosting of overhead catenary system or any other way side facilities (never been a problem)
- Because the entire system is CWR we keep a close on laying temperature, if this is more than 60°C above the expected minimum temperature we de-stress the track before winter.
- Priorities are defined by "Winter orders" (Activities, locations, heaters, 3-rd party contract help, and more)
- Equipment: groover tractor, sweepers, graders (3-rd party contract), broomer tractor, vacuum truck
- Switch heaters: Gas fired switch heater (Hovey type) for main line applications and open pit switches at downtown locations. Electrical switch heaters (part of the special trackwork) under the switch tongue part of the stockrail housing component.
- LRT Station heating: Minimal user comfort at downtown stations to prevent homeless sheltering,.... Large new stations with all comfort on mainline



Vac-TrackCleanerTechDisc.pdf



## SPECIAL REHAB PROJECTS

 old rail on 7-ave.pdf



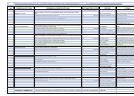
### 1. Downtown 7-th Avenue Refurbishment Projects

#### 1.1 In-street track and special trackwork rehab

The total length of the In-street track is approximate 3 Km of double track including the two (2) interlockings (O'Neil & City Hall)

The root causes of the deterioration of the track structure are mainly due to:

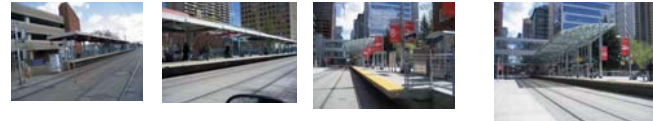
- infrastructure aging, the girder rail and the concrete pavement are close to the end of their useful life (more than 29 years in service)
- Inadequate original design of the embedded track.
- Heavy increase of LRT and street traffic.



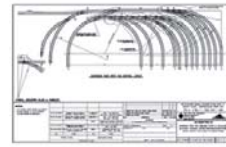
 RR-31-01-0121-1-D-oversize-2006.PDF



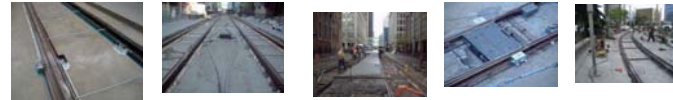
#### 1.2 Station reconstruction project



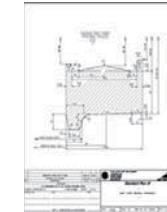
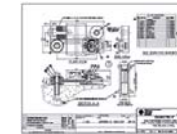
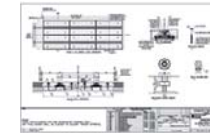
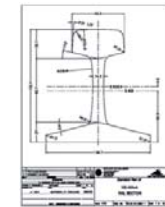
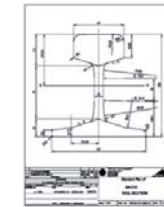
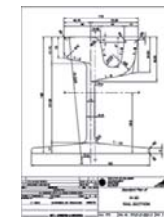
### 2. Anderson Depot West-Fan rehab Project

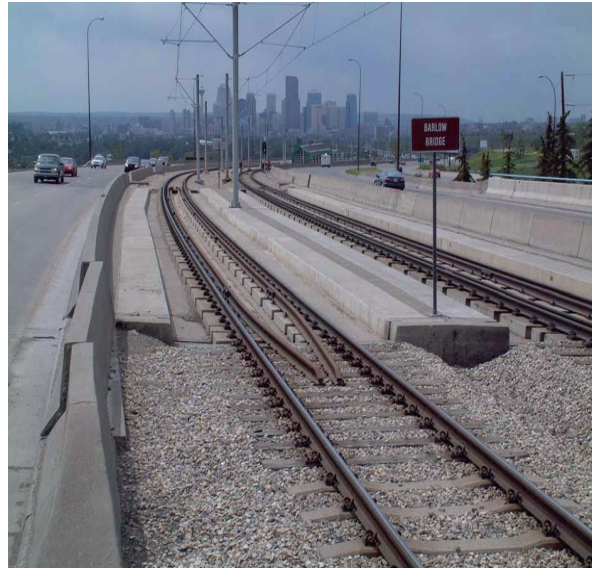


 phase 4 details.pdf



Misc. for discussion only





### What do I do after this work ?

Babysitting my grandkids, golf, soccer,...but a really good day is measured by the size of my grandkid's smile !!





## ANNEXE C – PRÉSENTATION DU SLR DE MINNEAPOLIS





# Light Rail Transit Hiawatha and Central Corridor Minneapolis and Saint Paul

Tramway Seminar Program  
Montreal  
June 17, 2010

Jim Alexander, P.E.  
Assistant Director Transitways Development  
Metro Transit



Over 50 years ago in Minnesota.....



Public Transportation had a  
different look....



Today we have  
Hiawatha Light Rail



# Hiawatha Light Rail



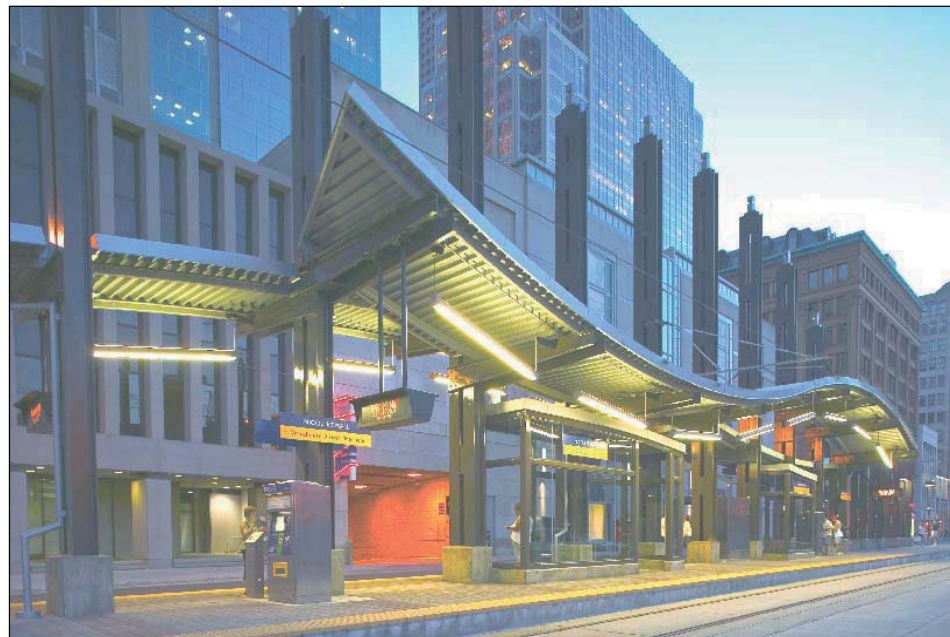
- Service from downtown Minneapolis to Mall of America via Minneapolis/Saint Paul Airport
- 12 miles of track
  - Ballast
  - Embedded
  - Direct fixation
- 19 Stations
- 7-1/2 minute peak period frequency
- 10 minutes midday
- 15 minutes evening
- 40 minute run time
- 27 vehicle fleet
- 135 people/vehicle
- 27,100 riders per weekday



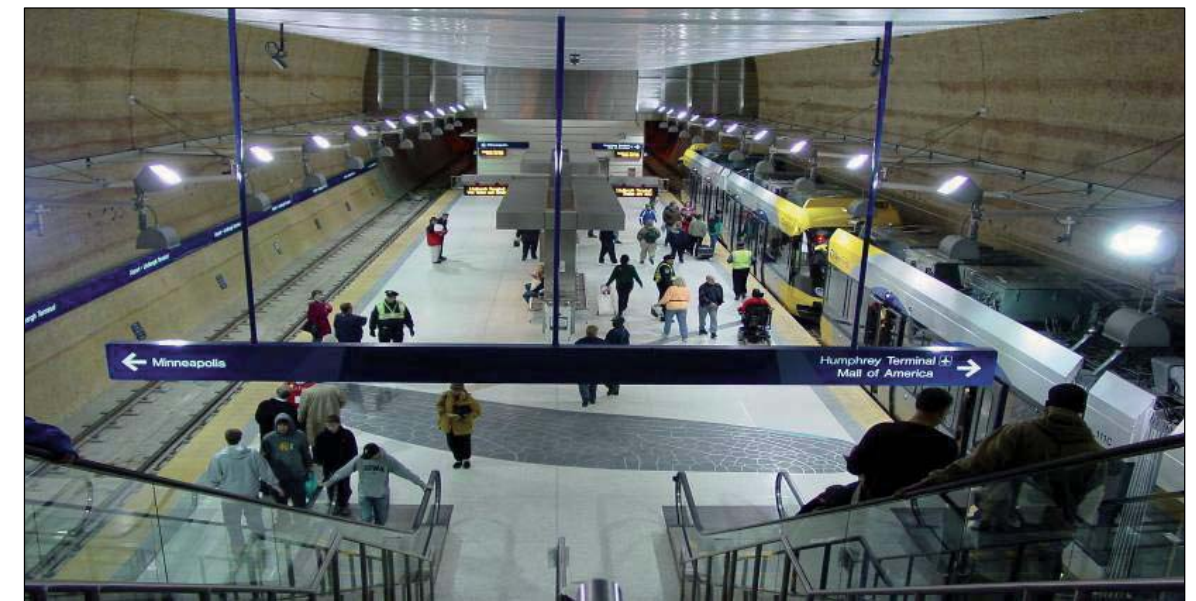
# Downtown Minneapolis



# Nicollet Mall Station



# Lindbergh Terminal Station





# Mall of America Station



**Metropolitan Council**

**Metro Transit**  
a service of the Metropolitan Council

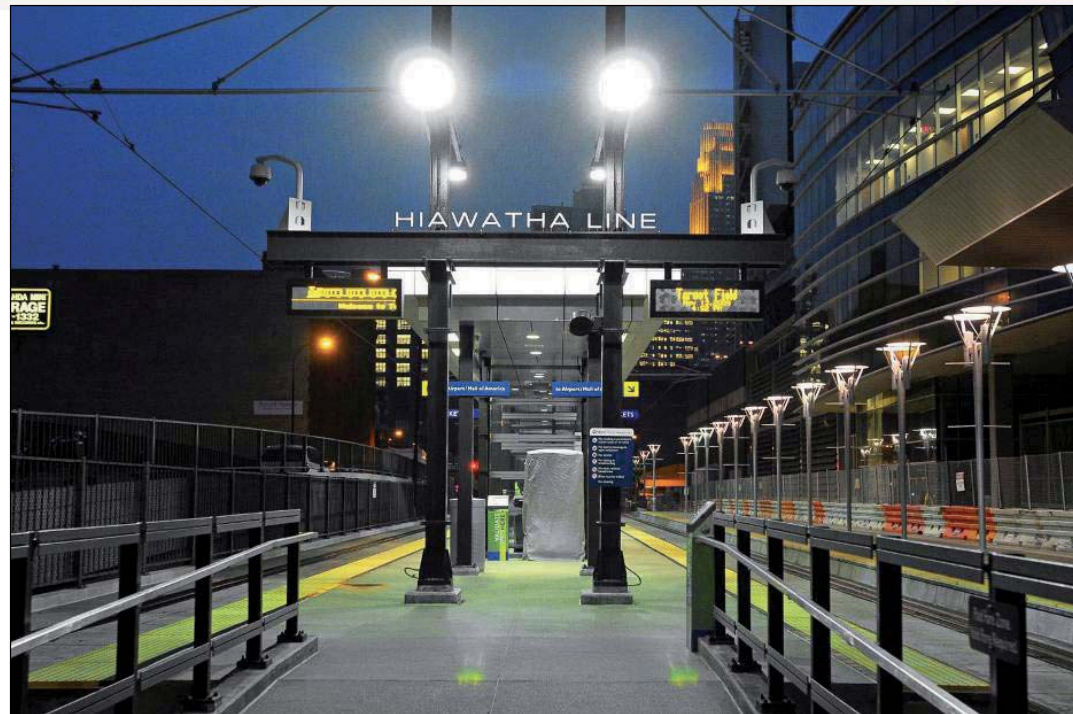
# Operations and Maintenance Facility



**Metropolitan Council**

**Hiawatha Line**  
**Metro Transit**  
a service of the Metropolitan Council

# Hiawatha Target Field Station



**Metropolitan Council**

**Metro Transit**  
a service of the Metropolitan Council

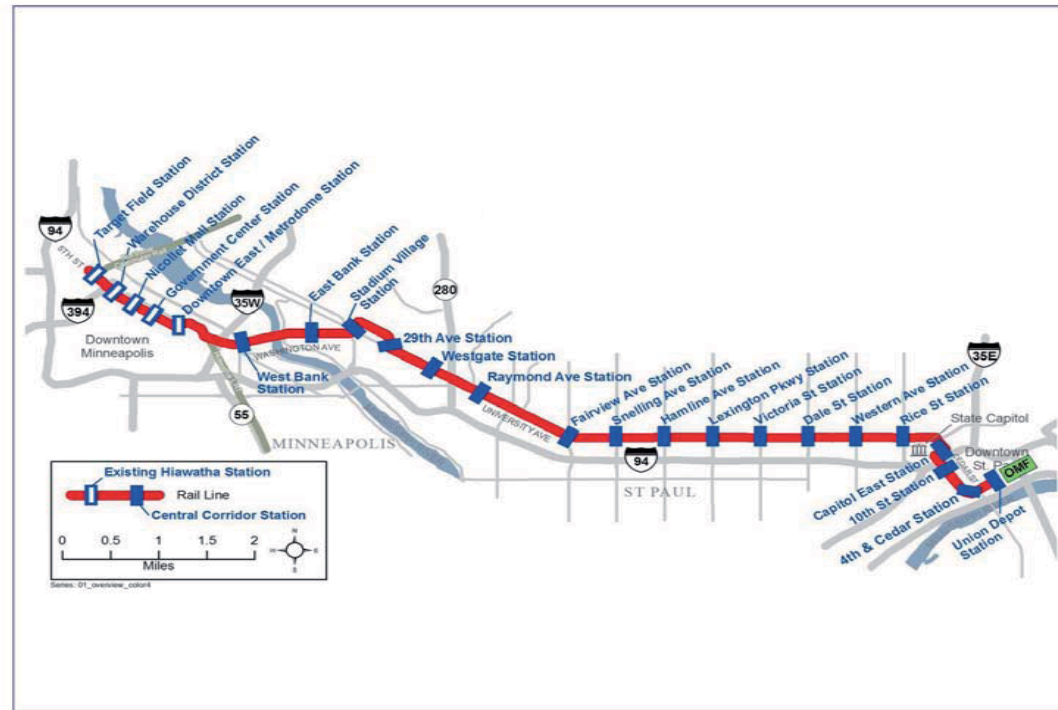
# Northstar Target Field Station



**Metropolitan Council**

**Metro Transit**  
a service of the Metropolitan Council

# Central Corridor Light Rail



# Central Corridor Light Rail

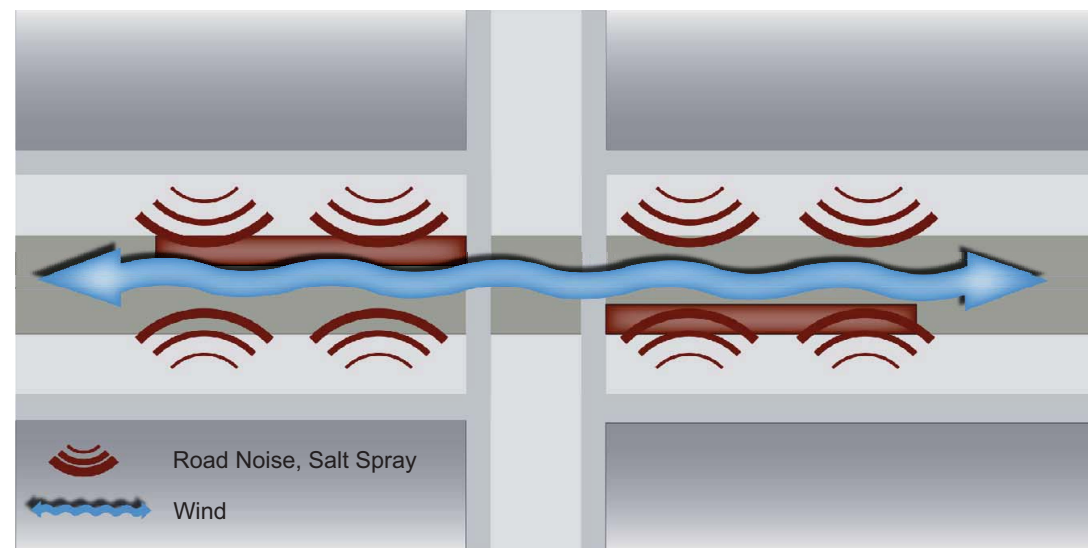


- Service from downtown Minneapolis to downtown Saint Paul
- 11 miles of track
  - Embedded
  - Direct fixation
  - Ballast
  - Floating slab
- 18 new stations
- 7-1/2 minute peak period frequency
- 10 minute midday
- 15 minute evening
- 31 vehicle fleet
- 41,000 projected riders per weekday by 2030

# Station Design



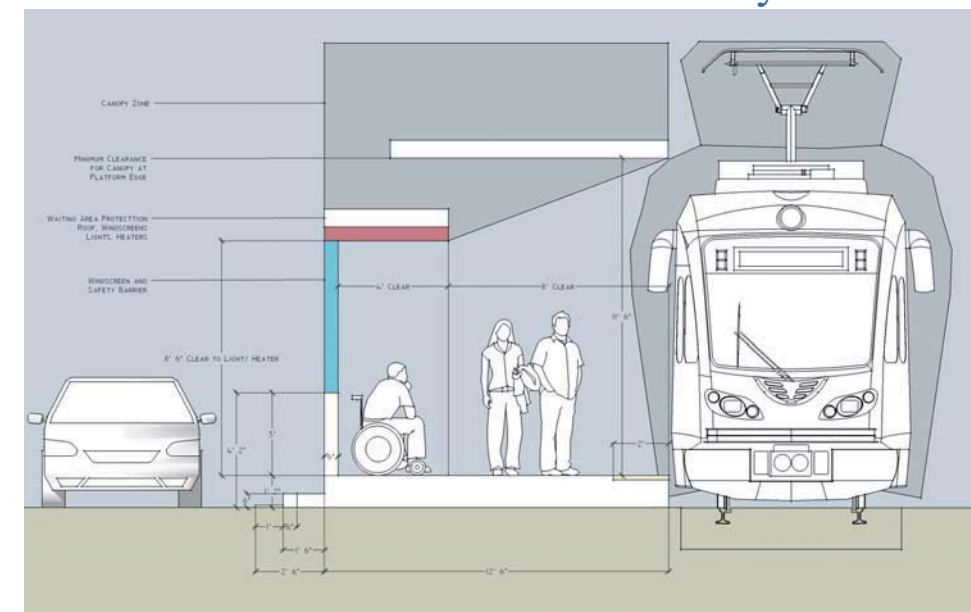
## Street Running Wind, Noise, Road Spray



# Station Design



## Street Running Safety and Comfort



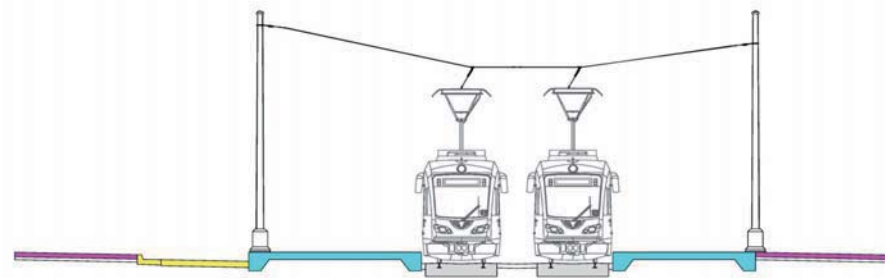
## Station Design - Side platform



## Station Design - Center platform



## Guideway Design Considerations



## Washington Avenue - Existing



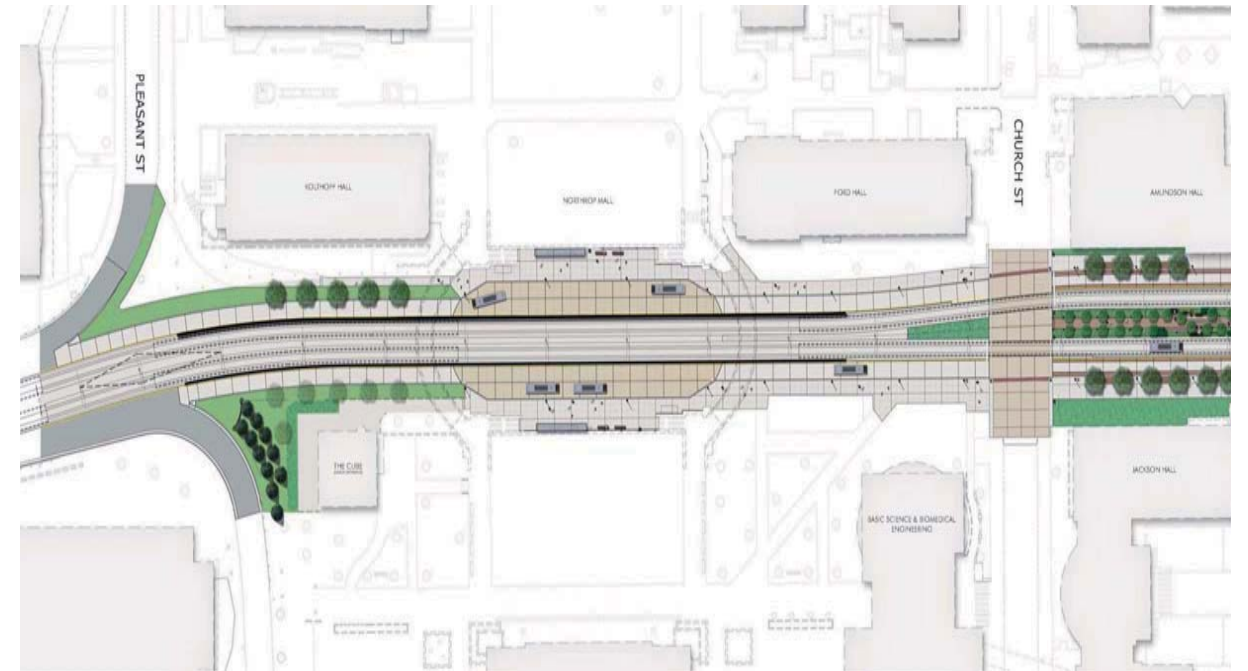
# Washington Ave. - Transit/Ped Mall



**Metropolitan Council**

**MetroTransit**  
a service of the Metropolitan Council

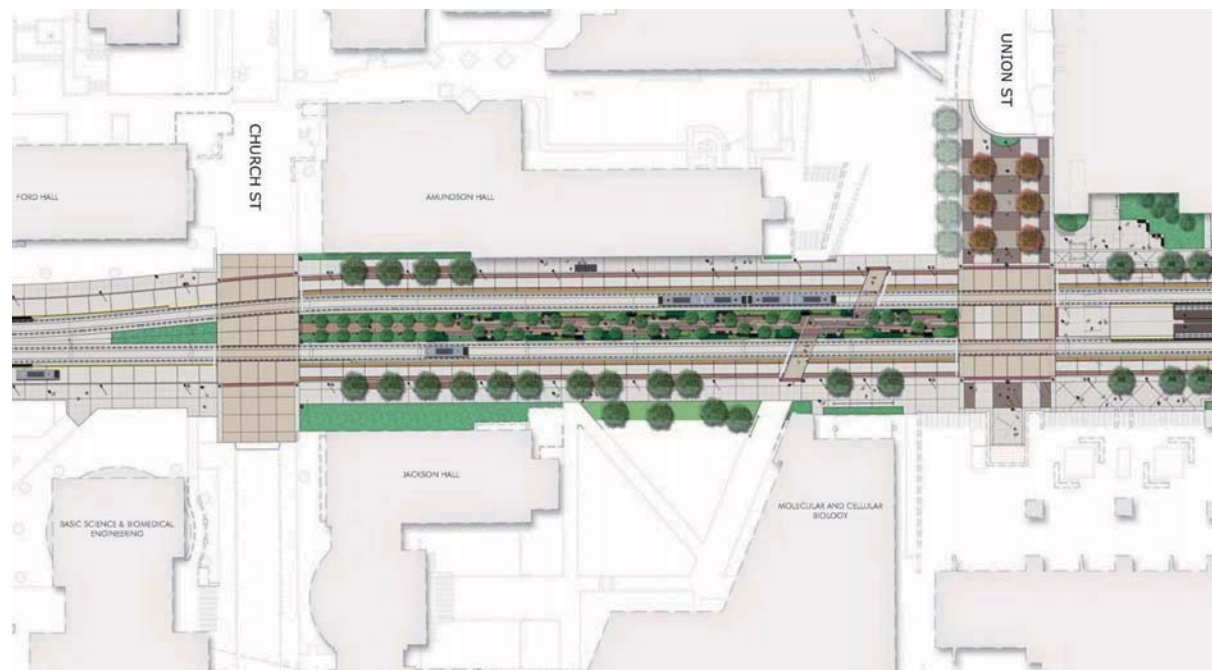
# Washington Ave. - Transit/Ped Mall



**Metropolitan Council**

**MetroTransit**  
a service of the Metropolitan Council

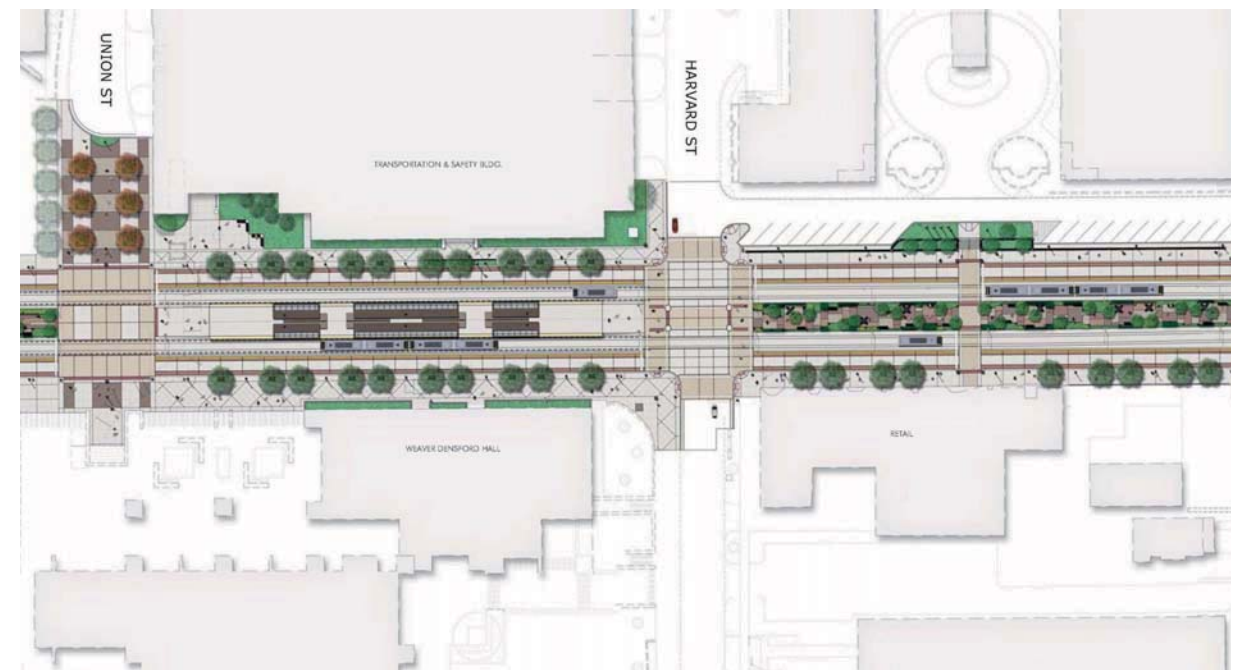
# Washington Ave. - Transit/Ped Mall



**Metropolitan Council**

**MetroTransit**  
a service of the Metropolitan Council

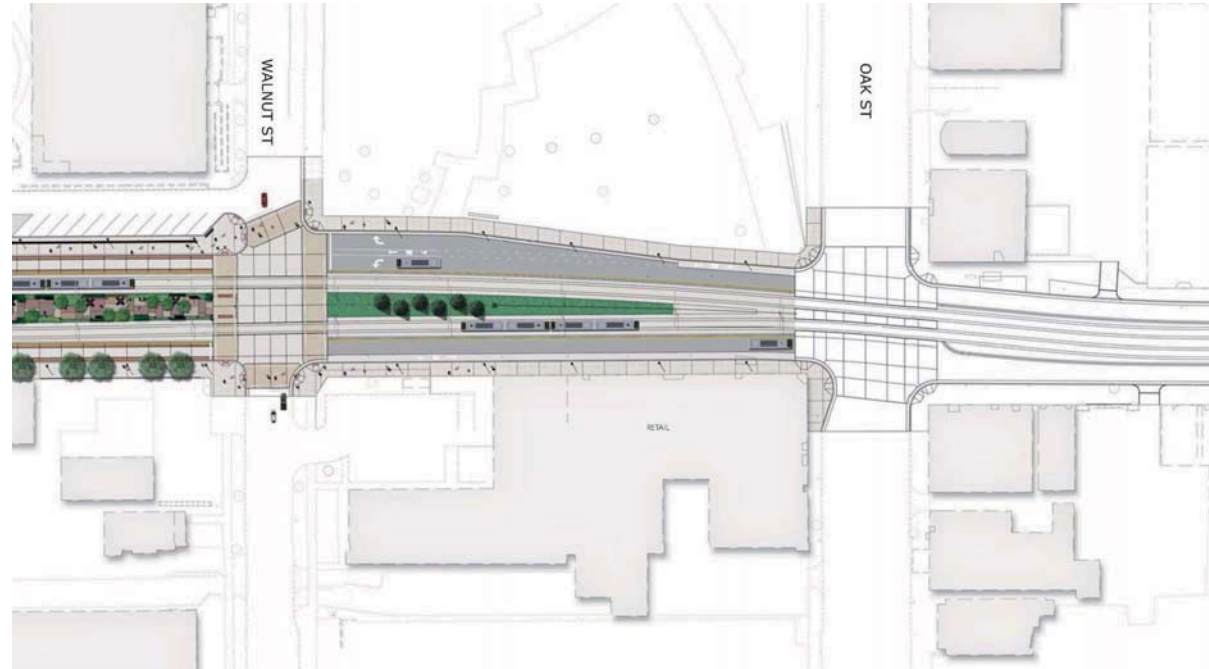
# Washington Ave. - Transit/Ped Mall



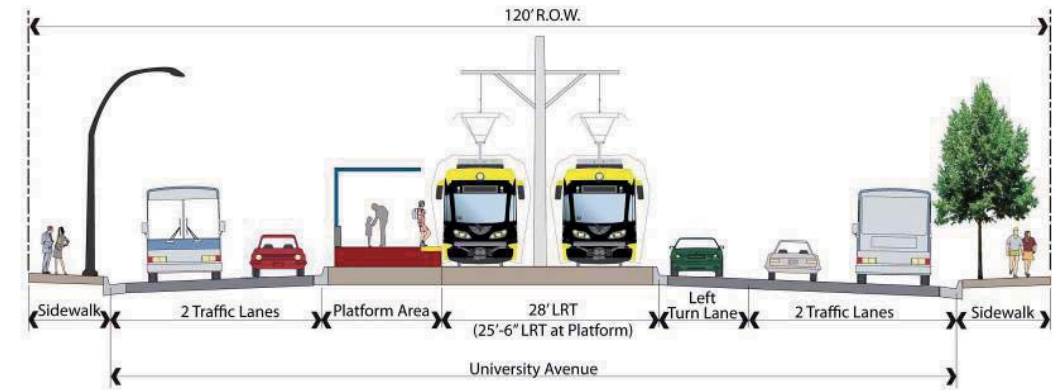
**Metropolitan Council**

**MetroTransit**  
a service of the Metropolitan Council

# Washington Ave. - Transit/Ped Mall

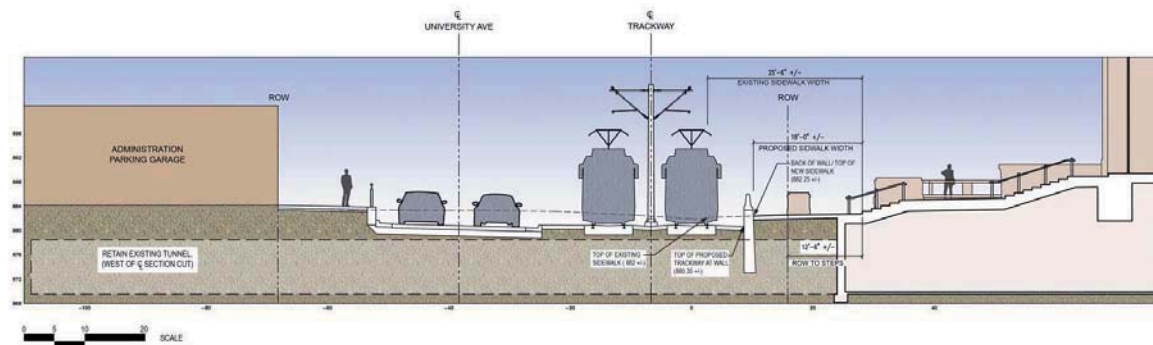


# University Ave. - Center running

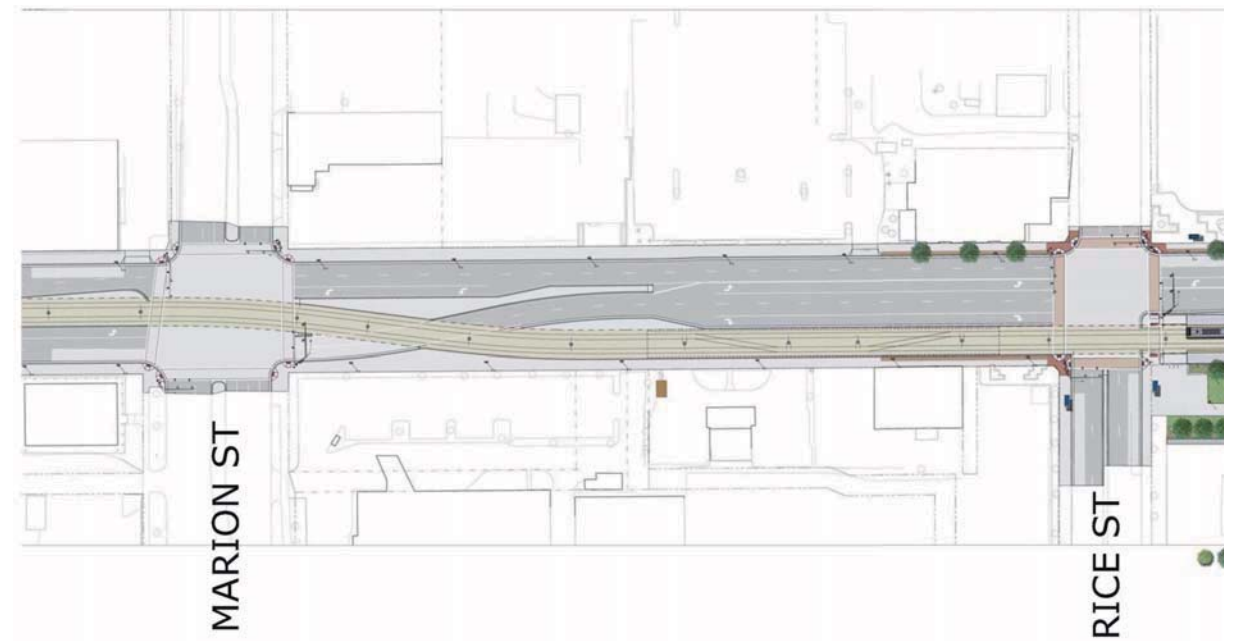


EXISTING TYPICAL CROSS-SECTION THROUGH UNIVERSITY AVENUE - STATION  
Added Sidewalk

# University Avenue - Side running



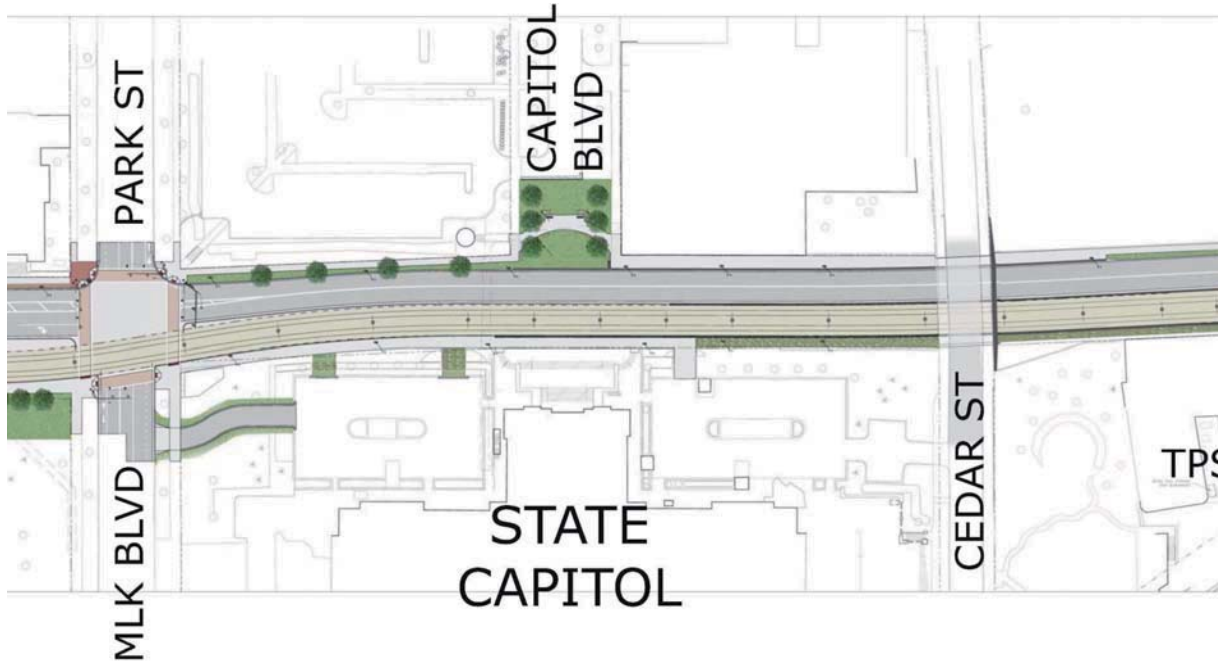
# Capitol area - Side running



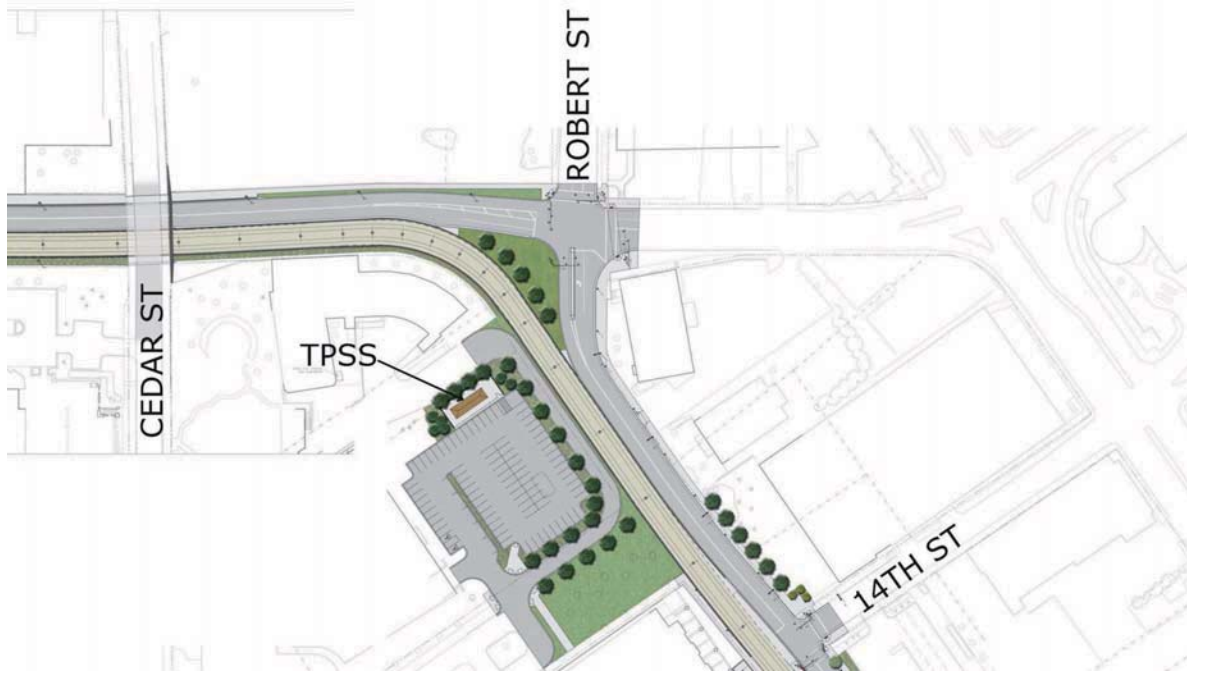
# Capitol area - Side running



# Capitol area - Side running



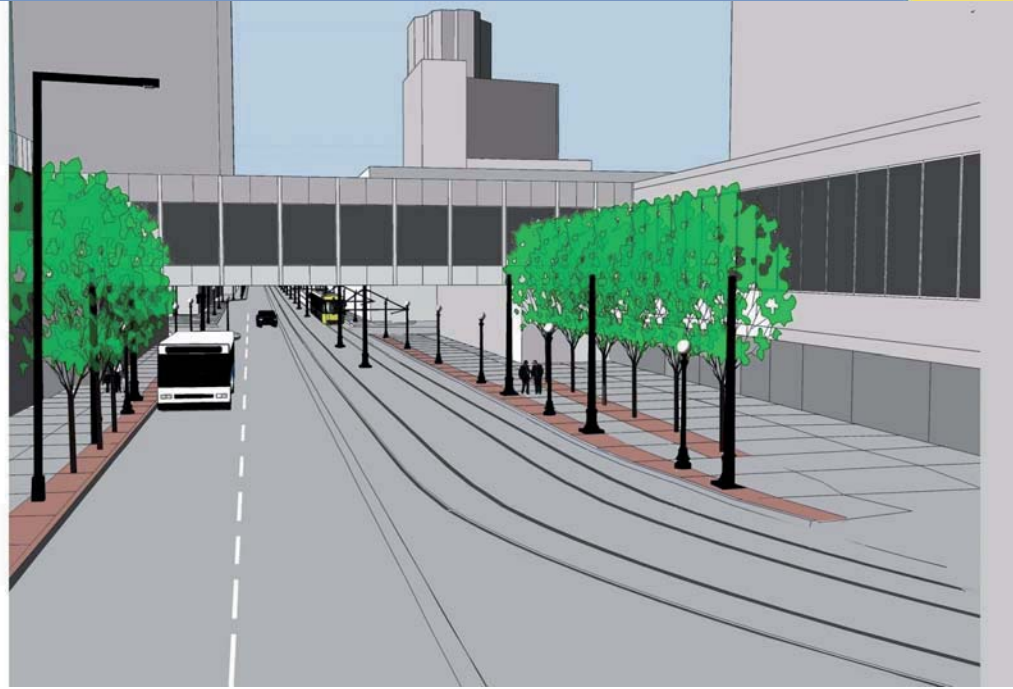
# Capitol area - Side running



# Capitol area - Side running



## Cedar Street - Side running



## Pedestrian crossing



## Operations & Maintenance

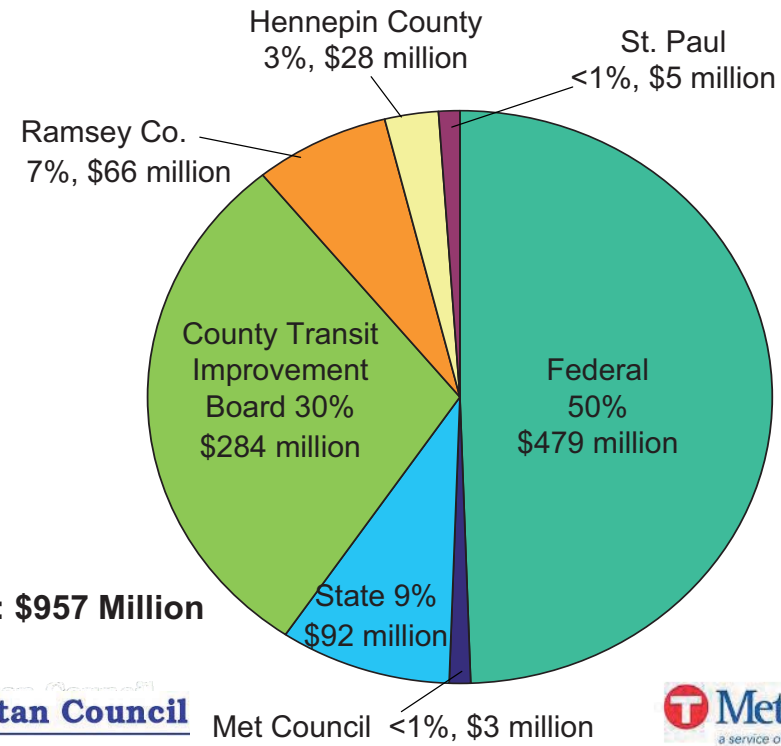


## Central Corridor Timeline



- 2004-06 Prepare DEIS; select alignment & mode
- 2007-09 Conduct Preliminary Engineering
- May 2010 Enter Final Design
- July 2010 Begin heavy construction under LONP's
- Nov 2010 Execute Full Funding Grant Agmt
- 2014 Start revenue operation

## Central Corridor Sources of Funds



Total Budget: \$957 Million



Met Council <1%, \$3 million



## More Information



Check out our website:

- [www.centralcorridor.org](http://www.centralcorridor.org)

Contact the Central Corridor Project Office:

- 540 Fairview Avenue North  
St. Paul, MN 55104
- Comment Line: 651-602-1645
- Email: [centralcorridor@metc.state.mn.us](mailto:centralcorridor@metc.state.mn.us)







## Y4 – TRAMWAY SEMINAR

Sheri Gingerich

Deputy Chief Operations Officer – Rail



## 1. Snow Removal

- Embedded track is greatest concern
- Platform snow removal challenges
- Cleaning of switches on alignment



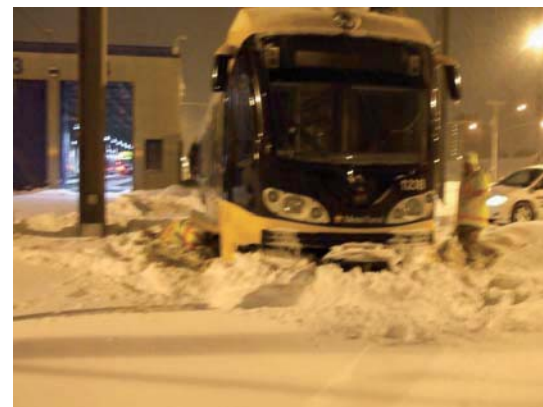
Platform snow removal



## Snow Removal

### Yard Snow Removal

### Platform Snow Removal



## End of snow removal section discussion



## 2. Overhead wire defrosting & rail de-icing

- Sleet Cutters
- Short headways
- Rail heating system



Loss of shunt

## 2. Overhead wire defrosting

- Modifications to train sets with installation of sleet cutter pantograph



Both pantographs deployed



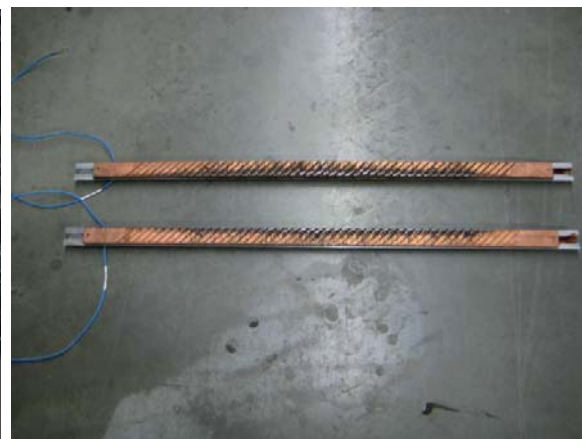
Roof top (pantographs lowered)

## 2. Overhead defrosting

- Modifications to train sets with installation of sleet cutter pantograph



Ice cutter switch (under cove)  
to avoid operator confusion



Old style copper sleet cutter  
carbons

## End of Overhead defrosting discussion

- Have a plan in place that all staff are trained in
- Plan ahead by watching the weather forecast
- Keep the trains running 24 hours during a snow/ice event
- Stay on top of maintenance of heating equipment



### 3. Heating on the network

- Electric rod heaters for switches
- Embedded switches need more monitoring
- Heated apron outside of wash bay
- Outside cameras require heaters



### 4. Main operational problems: infrastructures and systems

- Embedded switches during winter
- Ice buildup in the tunnel and ice on OCS
- Ice buildup on maintenance aprons
- Snow buildup on wayside and bar signals



### Main Operational problems, infrastructure and systems

Roll up door



Bi-fold door



### Main Operational problems, infrastructure and systems

- Platform tactile warning pavers – freeze/thaw conditions can create heaving of the pavers
- Snow sliding off the shelter roof – placement of a device to cut the snow as it slides off roof
- Water drainage from roof – assuring the water does not freeze by providing some form of heat tape
- Proper rail clips for corrosive environment (galvanized versus non-galvanized)



## Main Operational problems

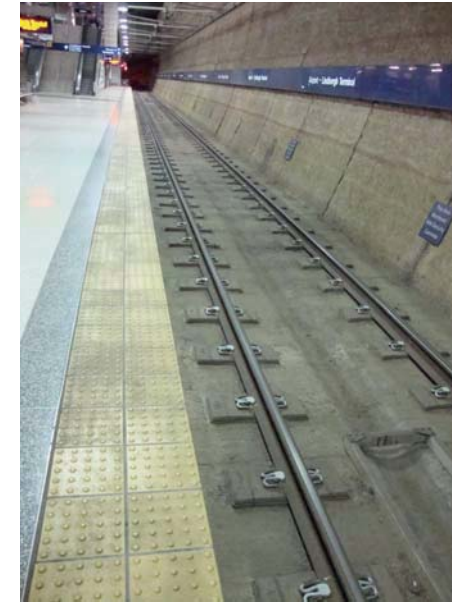
### Damaged old style paver



### New style paver



## Main Operational problems

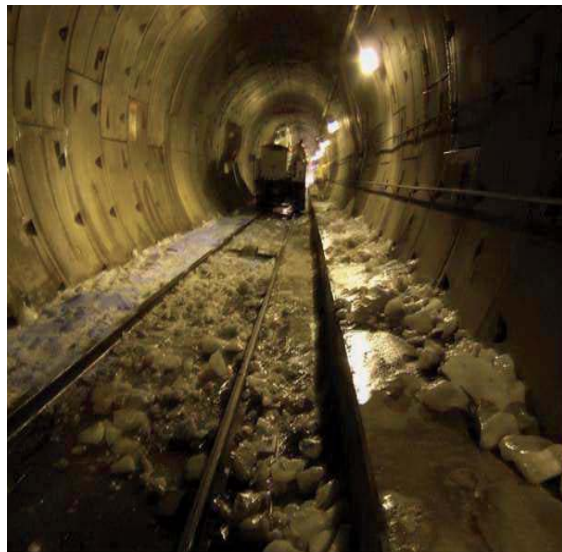


New galvanized fasteners in tunnel

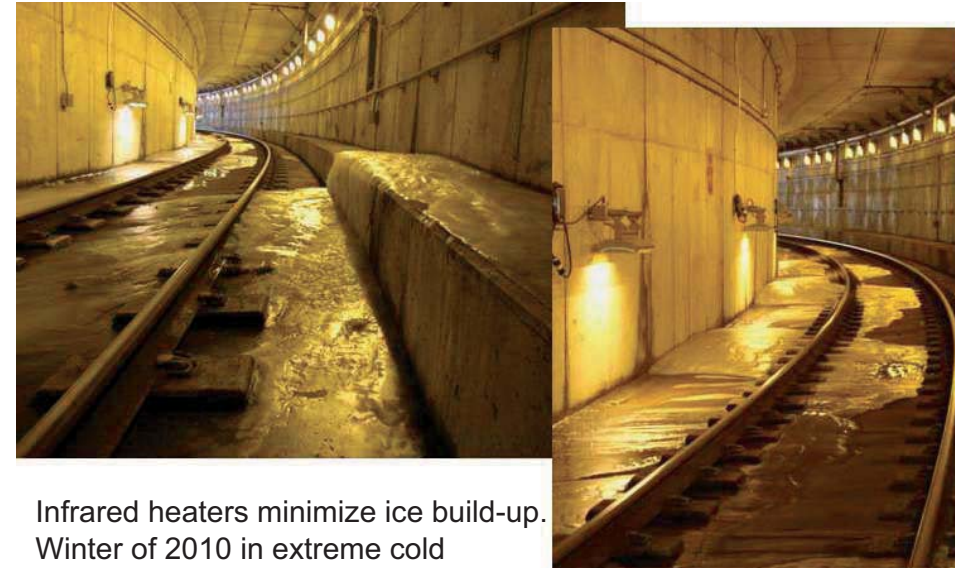
Corrosion of Non-Galvanized Clip Rail Fasteners and rail web and base in Tunnel, due to use of salt to melt down ice.



## Rail De-icing in tunnels



## Tunnel Ice Mitigation



Infrared heaters minimize ice build-up. Winter of 2010 in extreme cold





## Main Operational problems



Rail breaks can occur during extreme long term sub-zero cold



## Main Operational problems



Rail break that occurred in winter of 2010



## End of main operational problems section



## 5. Main operational problems: rolling stock

- Side power truck access skirts



Problem: skirt would be forced open when snow would pack in behind the panel





## 5. Main operational problems: rolling stock

- Side power truck access skirts



Solution: bolt modification to hold skirt shut



## 5. Main operational problems: rolling stock

- Rust and corrosion concerns



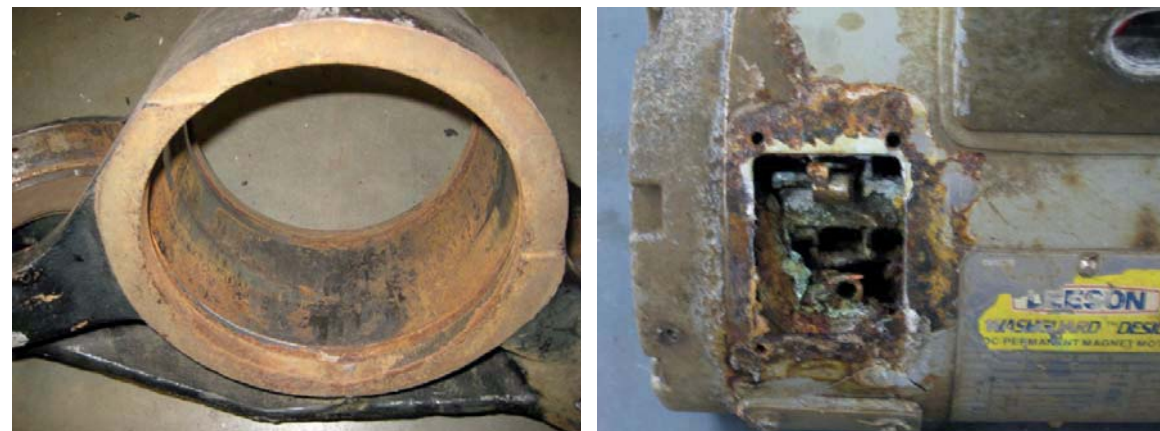
Speed sensor wiring connections

Articulation components



## 5. Main operational problems: rolling stock

- Rust and corrosion concerns



Axle bearing boxes

Electronic Control Unit pump motor



## 5. Main operational problems: rolling stock

- Operating in winter weather like conditions



Snow plows on both ends





## 5. Main operational problems: rolling stock

To date, no cancellation of service due to weather



## End of main operational problems rolling stock



## 6. Safety concerns for the new transport system

- Light rail/car accidents
- Light rail/bike accidents
- Light rail/pedestrian accidents



Downtown traffic crossing tracks



## Safety concerns

### Fatalities

- 3 pedestrians
- 1 person who fell between cars as train left station <sup>S1</sup><sub>S2</sub>
- 1 bicyclist
- 2 motorists in cars that violated down gate arms at crossing

## Safety Concerns

### Injuries

- 24 injuries
- Illegal actions
- Disregard of active/passive warning devices
- 18 occurred at grade crossings

### Property damage

- Gate arms
- Warning devices

## Safety concerns summary

- Education of the local community is essential to a safe start up
- Public outreach keeps the community involved and informed
- Follow-up after each accident with an after action review of the accident to determine if changes need to be made to the system
- Proper compliance testing of operations keeps you informed of potential problems

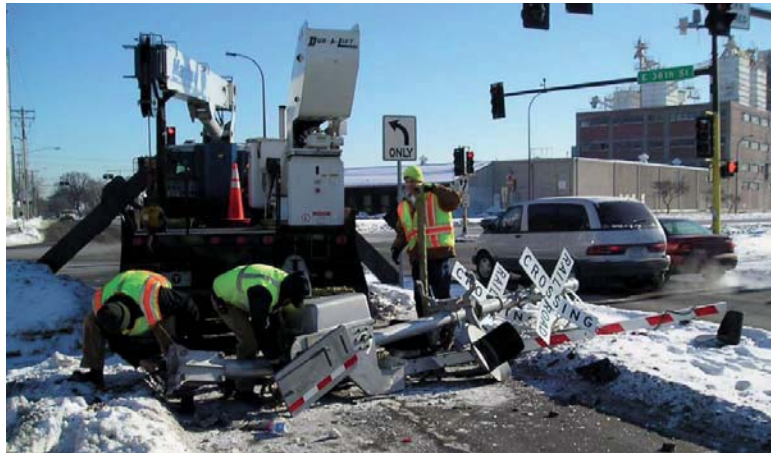
## End of safety section





## 7. Management of emergency services and other interventions

- Fire Life Safety Committee
- Emergency drills
- Safety awareness



## 8. Power supply: technology and contract with power distributor

- Local electrical supplier feeds sub-stations from different locations minimizing disruptions
  - If one sub-station loses power, sub-stations on each side of the power grid can supply adequate power for the trains
- Developing a relationship with agency staff for future contacts
- Rail Control Center has a generator to provide backup if an outage occurs



## 9. Power supply techniques

- Annual LRV electrical consumption
  - 13,315,000 kwh
- Train miles in 2009 – 1,043,000
  - Car miles (2 car trains) – 1,987,663 miles
  - 12 miles of revenue track
- Passengers carried in 2009 – 9.8 million
  - 101 special events



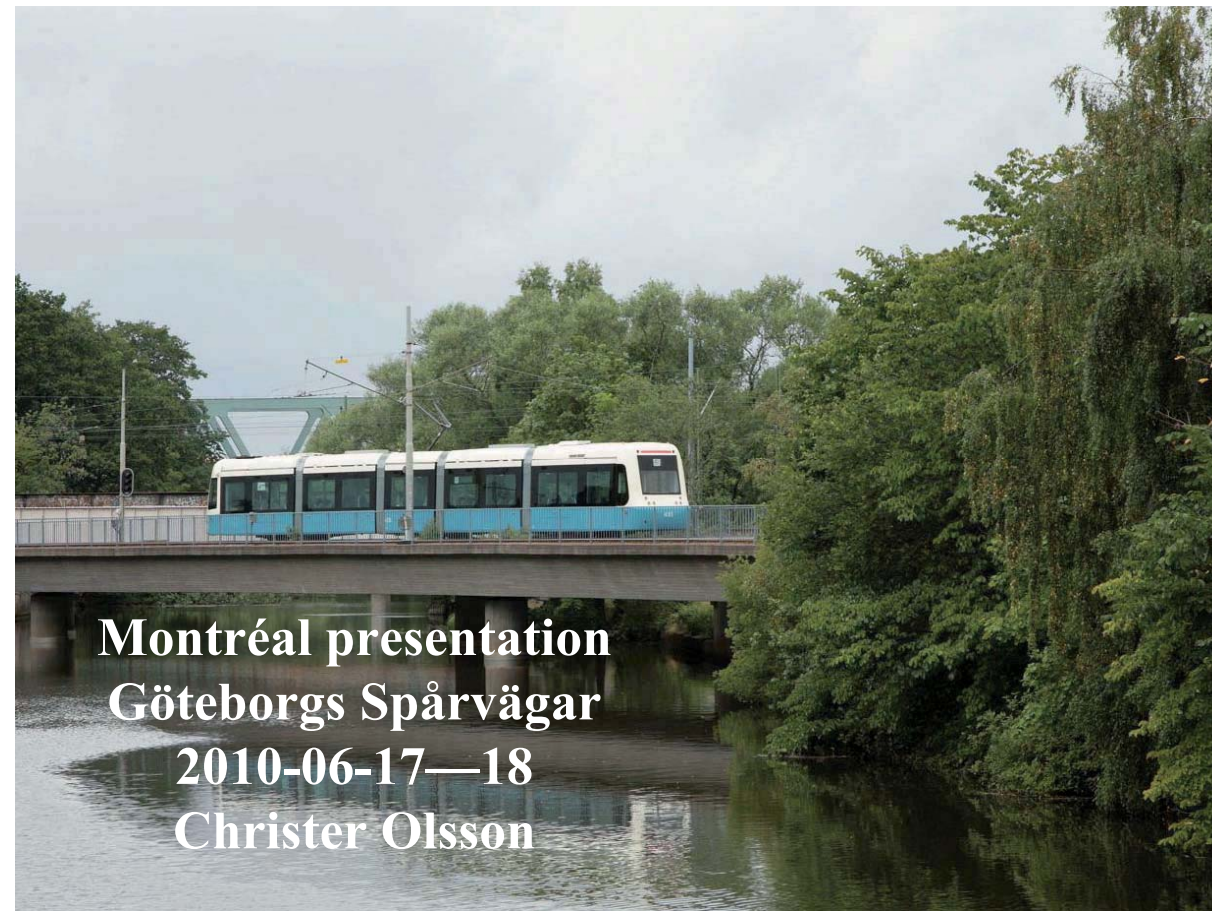
## Side/center and split platforms





## ANNEXE D – PRÉSENTATION DU RÉSEAU DE TRAMWAY DE GÖTEBORG





Montréal presentation  
 Göteborgs Spårvägar  
 2010-06-17—18  
 Christer Olsson

## Sweden - Göteborg (Gothenburg)



### Sweden

**Area:** 174,000 sq mi (450,000 km<sup>2</sup>), the third largest country in Western Europe

**Longest north-south distance:** 978 mi (1 574 km)

**Longest east-west distance:** 310 mi (499 km)

**Capital:** Stockholm

**Population:** 9.3 million inhabitants

**Languages:** Swedish; recognized minority languages: Sami (Lapp), Finnish, Meänkieli (Tornedalen Finnish), Yiddish, Romani Chib

**Form of government:** Constitutional monarchy, parliamentary democracy

**Parliament:** The Riksdag, with 349 members in one chamber

**Religion:** In practice, Sweden is very secularized. The Church of Sweden is Evangelical Lutheran; co-exists with many other beliefs

**Life expectancy:** Men 79 years, women 83 years

### Daylight

#### January

Malmö: 7 hours  
 Stockholm: 6 hours  
 Kiruna: 0 hours

#### July

Malmö: 17 hours  
 Stockholm: 18 hours  
 Kiruna: 24 hours

### Average temperatures

#### January

Malmö: -0.2°C  
 Stockholm: -2.8°C  
 Kiruna: -16.0°C

#### July

Malmö: +16.8°C  
 Stockholm: +17.2°C  
 Kiruna: +12.8°C

GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar

## Göteborg

**Area:** 450 km<sup>2</sup>

**Population:** 500 000 inhabitants (region 900 000)

**Population density:** 2 576 per sq km (region 248 per sq km)

**History:** founded 1621.

**Industry:** Volvo, SKF, Göteborg Harbor, Astra Zeneca, Ericsson

**Time Zone:** CET (UTC+1)



Photo: NASA



Photo: Mikael Miettinen



GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar

## The trams in Göteborg 1 - Operations

**Operator:** Göteborgs Spårvägar (owned by the City of Göteborg)  
**History:** Started 1879 (horse-trams), Electric trams from 1902  
**No of routes:** 13  
**Production:** 13.1 million km (8.14 million mi), 924 043 trips  
**Max train-sets:** 141 (2010)  
**Passengers:** 102.2 million (2009) (~150 million total in PT in Göteborg)  
**Operating cost:** 84 million € (budget 2010, City of Göteborg)  
 (operation: 63 million € / infrastructure: 21 million €)



GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar

## The trams in Göteborg 2 - Infrastructure

Network length: total 81 km (50.3 mi) (double track)  
 Segregated track bed: 51 km (31.7 mi)  
 Gauge: 1 435 mm (4 ft 8½ in)  
 Switches: 218  
 Depots: 2  
 Switches, depots: 159  
 Minimum radius: 22 m (66 ft)  
 Min radius depots: 18 m (54 ft)  
 Maximum slope: 75 ‰, min vertical radius 300 m (600 ft)  
 Maximum speed: 60 km/h (37 mph)  
 Average speed: 23 km/h (14.3 mph)  
 Stops: 133  
 Platforms: 319  
 Tunnels: 8 (longest 2 000 m (6 000 ft))  
 Longest bridge: 1 100 m (3 300 ft)



GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar

## The trams in Göteborg 3 – Rolling stock



M28 (1965-67). ASEA.  
 Lifetime extension: 1989-91 (2009).  
 No of trams: 60.  
 In operation until 2013-15. Replaced by M32.



M29 (1969-72). Hägglund & Söner.  
 Lifetime extension: 2000-2006.  
 No of trams: 58.  
 Possibly in operation until 2018-20.



M31 (delivered as M21 1984-92). ABB.  
 Reconstructed to M31 1998-2002.  
 No of trams: 80.

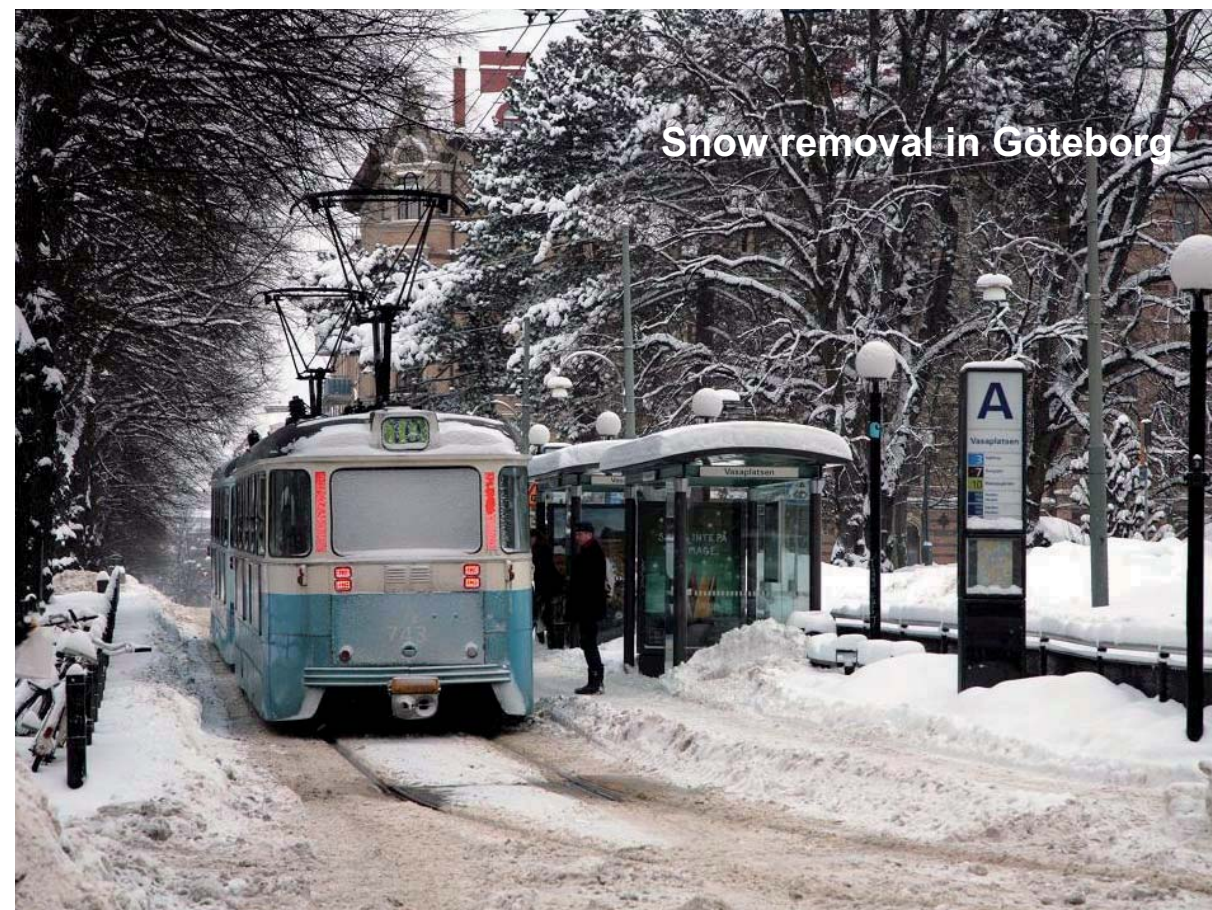


M32 (2006--). AnsaldoBreda, Sirio.  
 No of trams: 37 in operation. 40 ordered.  
 Another 25 will be delivered in 2011-12.

**Total: 235 trams**

GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar



Snow removal in Göteborg



Before 1986



Before 1996

GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar



Today

GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar 

### Average temperatures in Göteborg

Medeltemperatur (°C)	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Åm
1931-1960	-1,8	-2,0	0,7	5,4	11,0	14,8	17,0	16,3	12,5	8,0	3,9	1,1	7,2
1961-1990	-0,9	-0,9	2,0	6,0	11,6	15,5	16,6	16,2	12,8	9,1	4,4	1,0	7,8
1996	-2,5	-4,1	0,5	6,8	8,9	14,4	15,5	18,7	11,0	9,9	4,8	-1,7	6,8
2000	2,3	2,9	3,4	7,9	14,0	14,4	16,1	15,9	12,6	11,3	7,6	3,5	9,4
2003	-1,0	-1,8	2,5	6,7	11,3	16,2	18,8	17,7	14,1	6,1	5,7	3,6	8,3

C > F  
 -25 > -13  
 -20 > -4  
 -15 > 5  
 -10 > 14  
 -5 > 23  
 0 > 32  
 5 > 41  
 10 > 50  
 20 > 68  
 30 > 86

Fotnoter: 1. Årsmedeltemperatur förkortas Åm. 2. Data för 1931-1960 uppmätt vid Sæve flygplats, senare data uppmätt i Centrum.

### Precipitation

Genomsnittsnederbörd (mm)	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1931-1960	57	35	29	40	35	57	78	85	78	69	66	63
1961-1990	62	41	50	42	51	61	77	68	81	84	84	75
2003	82	40	35	77	91	80	101	86	32	112	84	89

mm > inch  
 62 > 2.44  
 100 > 3.94

### Extreme temperatures

Temperaturer (°C)	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Högsta	9,8	9,9	18,9	28,3	29,8	33,6	33,0	34,1	28,5	21,0	13,4	10,6
Lägsta	-25,9	-26,4	-19,0	-10,0	-4,3	1,3	5,9	2,3	-2,7	-7,2	-15,7	-21,9
Medel	-1,0	-1,8	2,5	6,7	11,3	16,2	18,8	17,7	14,1	6,1	5,7	3,6

Källa: Statistisk Årsbok 2005. Medeltemperatur 1961-1990: SMHI Meteorologi nr. 99, 2001.

GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar 

## Snow removal in Göteborg

### Responsibilities:

Streets and platforms: City of Göteborg, budget 6 700 000 € (all areas)  
 Estimation of city-tracks and 1 850 platforms, 1 200 000 €  
 Default planning: 7 snowfall in one year, 84 skid prevention treatments in one year

Switches and switch areas: Operator, budget 600 000 € (all year, once per day)

Depots: Operator, 30 000 € + 23 000 € (switches)

Tracks in reserved areas: Operator, 120 000 €

### Execution:

Both the City and the Operator have contracts with suppliers for snow-clearing and snow removal. The operator has resources for removing snow and ice from switches and for removing snow from segregated track beds.

### Obstacles:

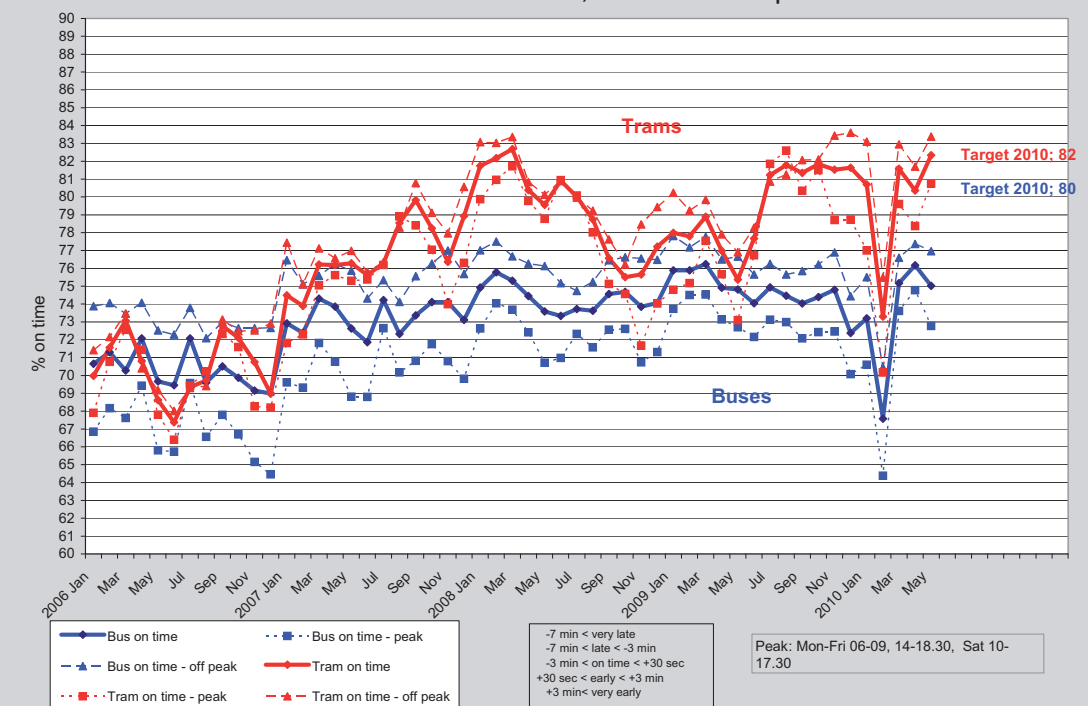
Several organizations and suppliers are involved  
 Joint lanes with buses and other traffic  
 Lack of coordination between different responsibilities  
 Variations in weather and temperatures make the planning of essential resources difficult  
 Clearing/cleaning of the rail groove



GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar 

### Trams and buses on time, Peak and off-peak



GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar 

## Slippery rail due to defoliation

October-December



Maintaining and clearing tracks by using a brush ("Borst-Erik III")

GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar 



De-icing, defrosting techniques

## De-icing, defrosting techniques

Trams are run outside scheduled operation hours  
Never close the network

On-board computers are often disturbed by power interruptions due to frost (M32, Sirio)

Switches are electrically heated

Special vehicles are used to remove ice from the rail groove



(Stockholm: glycol is used on the over-head wire)

GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar 



Heating on the network



## Heating on the network

**Switches:** almost all outdoor switches are heated (215 out of 218)  
 2 400 W on city switches  
 8 400 W on vignoles switches  
 Below 4°C (39°F) full effect. Over 7°C (45°F) no heating  
 Electricity consumption 2009: ~930 000 kWh (no depots are included)



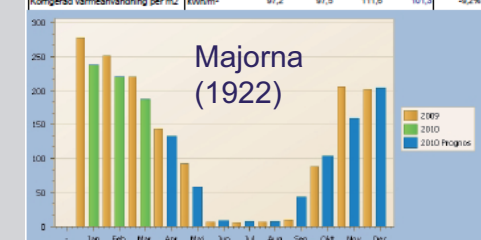
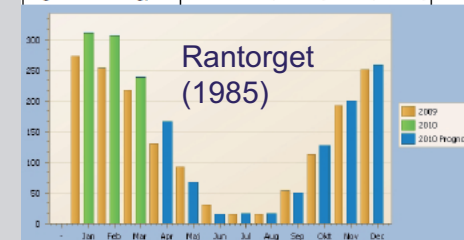
**Stations:** terminals are heated – most tram stops have non-heated shelters  
 At a few places the sidewalks and the platforms are heated

## Heating of Depots



Rantorget 4		Normalår (OO)		3 037	
Kilometer	Göteborg A	Andel Värmvatten		20,2 %	
Rubrik	Enhet	2007	2008	2009	08/10
Värmeanvändning	MWh	1 542	1 477	1 538	1 910
Graddagar	GD	2 530	2 572	2 415	3 315
Komparerad värmeanvändning	MWh	1 939	1 709	1 635	1 771
Komparerad värmeanvändning per m2	kWh/m <sup>2</sup>	73,4	65,7	62,9	68,1

Karl Johansgatan 126		Normalår (OO)		3 037	
Kilometer	Göteborg A	Andel Värmvatten		20,1 %	
Rubrik	Enhet	2007	2008	2009	08/10
Värmeanvändning	MWh	1 127	1 158	1 428	1 418
Graddagar	GD	2 530	2 572	2 415	3 315
Komparerad värmeanvändning	MWh	1 315	1 318	1 507	1 398
Komparerad värmeanvändning per m2	kWh/m <sup>2</sup>	97,2	97,5	111,8	101,3



Månad	Graddagar	Användning värme				Budgeterad användning				
		Verklig 2009 MWh	2010 MWh	Normalårkomparerad 2009 MWh	2010 MWh	2010 MWh	Diff			
Jan	528	504	697	281,0	359,0	272,0	310,7	14,2 %	-	-
Feb	487	494	574	258,5	354,5	253,3	308,1	20,8 %	-	-
Mar	448	421	498	208,3	248,2	217,0	237,9	9,7 %	-	-
Apr	308	379	398	84,9	198,0	135,2	166,0	27,8 %	-	-
Maj	90	30	98	45,3	68,0	52,8	68,0	-26,6 %	-	-
Jun	0	0	0	30,1	15,4	30,1	15,4	-48,0 %	-	-
Jul	0	0	0	15,0	15,9	15,0	15,9	6,0 %	-	-
Aug	2	0	3	14,2	16,9	14,7	15,9	8,6 %	-	-
Sep	73	25	73	35,0	48,7	54,1	49,7	-8,2 %	-	-
Ok	244	315	244	138,5	127,2	112,5	127,2	13,1 %	-	-
Nov	379	398	379	160,7	205,0	162,5	205,0	3,0 %	-	-
Dec	480	541	480	279,1	258,0	259,9	258,0	3,0 %	-	-
Jan-Mar	1 461	1 419	1 739	729,4	1 032	743,3	854,7	16,2 %	-	-
Tot	3 037	2 815	3 315	1 538	1 919	1 636	1 771	8,4 %	-	-

Månad	Graddagar	Användning värme				Budgeterad användning				
		Verklig 2009 MWh	2010 MWh	Normalårkomparerad 2009 MWh	2010 MWh	2010 MWh	Diff			
Jan	528	504	697	265,4	304,7	277,7	257,0	-14,6 %	-	-
Feb	487	494	574	253,8	354,0	250,4	293,4	-12,4 %	-	-
Mar	448	421	498	208,5	195,3	218,2	187,2	-14,8 %	-	-
Apr	308	379	398	93,8	152,8	143,3	132,8	-7,3 %	-	-
Maj	90	30	98	56,8	87,8	61,1	87,8	-37,9 %	-	-
Jun	0	0	0	4,7	8,2	4,7	8,2	37,7 %	-	-
Jul	0	0	0	5,9	7,4	5,9	7,4	25,5 %	-	-
Aug	2	0	3	6,0	7,4	6,2	7,4	18,7 %	-	-
Sep	73	25	73	6,2	43,6	6,5	43,6	358,4 %	-	-
Ok	244	315	244	108,1	103,2	87,8	103,2	17,4 %	-	-
Nov	379	398	379	171,2	198,9	205,0	158,9	-22,5 %	-	-
Dec	480	541	480	234,7	203,9	234,7	203,9	6,9 %	-	-
Jan-Mar	1 461	1 419	1 739	728,5	754,0	747,3	843,8	-13,9 %	-	-
Tot	3 037	2 815	3 315	1 408	1 478	1 507	1 398	-8,2 %	-	-



Main operational problems encountered in past winter season

## Main operational problems encountered in past winter season

### Platforms:

- the use of ramps for wheelchairs
- access to platforms

### Depots:

- the tracks and over-head wire from the depot to the network

### Systems:

- signalling systems are sensitive during the spring floods

### Other:

- keep the network running
- parked cars
- coordination and supervision between involved organizations





Experience feedback concerning the rolling stock

### Experience feedback concerning the rolling stock

- Frozen sand pipes
  - Sand consumption was higher than normal - extra sand filling was needed
  - Snow interfered with folding doors
  - Snow particles in electrical equipment (traction, inductors)
  - Condensation caused problems with compressed air brakes
  - Driver cabins were cold causing the need to relieve drivers
  - Damages to vehicles caused by snow banks
  - Frost collected on overhead wires and on pantographs when trams were in depots
  - Damaged radial shafts caused by vibrations from sand and ice
- During the winter of 2009/10 we had slightly less availability, not due to snow but to low temperatures



Safety concerns

### Annual incident and accident statistics

	2008					2009				
	Incident	Accident	Minor injuries	Serious injuries	Killed	Incident	Accident	Minor injuries	Serious injuries	Killed
<b>Collision tram-tram</b>	116	18	1	0	0	87	16	10	0	0
<b>Collision object</b>	106	32	1	0	0	89	54	0	0	0
<b>Road accidents</b>	209	301	31	1	0	250	262	56	2	0
Car, truck, bus	194	287	23	1	0	228	254	52	2	0
Bicycle, scooter, motorcycle	15	14	8	0	0	22	8	4	0	0
<b>Road crossing accidents</b>	5	3	0	0	0	7	1	0	0	0
Car, truck, bus	5	3	0	0	0	3	1	0	0	0
Bicycle, scooter, motorcycle	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
<b>Human accidents</b>	735	242	218	7	0	806	257	196	10	2
Pedestrian	652	43	35	3	0	728	43	28	5	2
Falls inside tram	26	97	95	3	0	17	102	89	5	0
Falls boarding/leaving tram	29	79	75	1	0	28	91	75	0	0
Falls boarding/leaving (wheelchair)	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0
Falls on platform	5	9	5	0	0	0	11	2	0	0
Suicide	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Workplace accident	23	11	6	0	0	32	10	2	0	0
<b>Derailment</b>	47	11	1	0	0	58	17	0	0	0
<b>Fire, smoke</b>	22	19	5	0	0	27	18	0	0	0
<b>Other</b>	621	104	14	0	0	590	116	9	0	0
<b>Total</b>	<b>1861</b>	<b>730</b>	<b>271</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>1914</b>	<b>741</b>	<b>271</b>	<b>12</b>	<b>2</b>

### Accident statistics, trams and buses in Göteborg, 2009

#### Trams:

13.1 million km (8.14 million mi), 102.2 million passengers

#### Buses:

27.6 million km (18.6 million mi), 51 million passengers

#### Trams:

- Total accidents: 741

#### Buses:

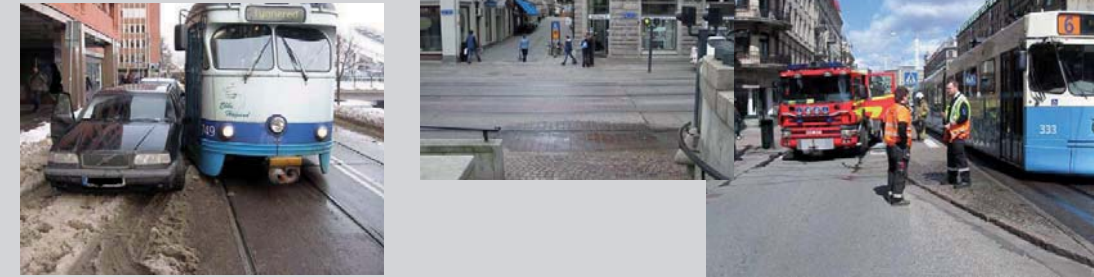
- Total accidents: 1 290

#### Extract:

- Tram-car: 254
- Collision (with object): 54
- Tram-pedestrian: 43
- Falls inside tram: 102

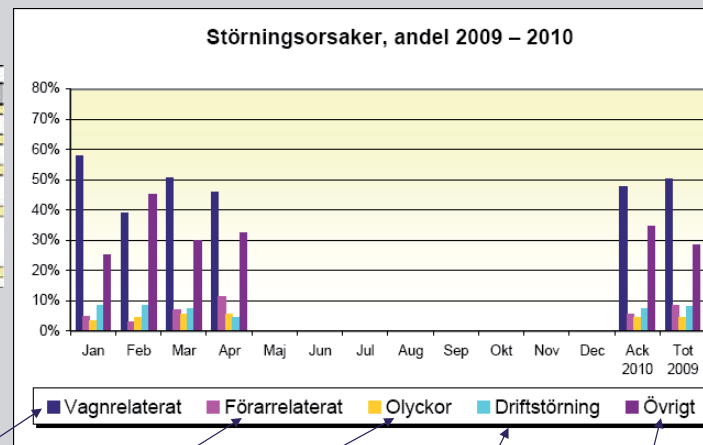
#### Extract:

- Bus-car: 512
- Collision (with object): 332
- Bus-pedestrian: 13
- Falls inside bus: 142



### Service interruptions in Göteborg, 2009-10 (I)

Störningsorsaker per kategori															
KATEGORI	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Ack 2009	2010	Tot
Vagnrelaterat	380	345	230	154	0	0	0	0	0	0	0	0	1 059	2 554	2 554
Förarrelaterat	375	311	203	153	0	0	0	0	0	0	0	0	1 039	2 554	2 554
Olyckor	5	15	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31	36	36
Driftstörning	32	25	31	23	0	0	0	0	0	0	0	0	127	449	449
Övrigt	1	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8	9	9
Felströmningar	31	21	29	16	0	0	0	0	0	0	0	0	119	433	433
Vagnrelaterat	23	17	25	16	0	0	0	0	0	0	0	0	104	231	231
Olyckor	15	23	20	13	0	0	0	0	0	0	0	0	71	155	155
Felströmningar	4	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	16	57	57
Övrigt	4	10	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	17	19	19
Driftstörning	55	49	33	15	0	0	0	0	0	0	0	0	177	417	417
Felströmningar	19	26	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	54	143	143
Övrigt	4	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13	35	35
Konfliktlösning	6	4	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	17	39	39
Signal/Väntar	16	29	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	51	62	62
Skadagångare	10	6	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	34	133	133
Övrigt	155	178	136	119	0	0	0	0	0	0	0	0	788	1 472	1 472
Tot med indrivna	655	636	455	335	0	0	0	0	0	0	0	0	2 281	5 147	5 147

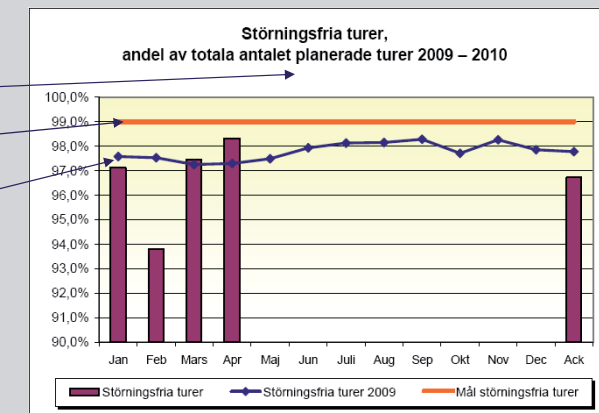


Rolling stock      Driver      Accidents      Infrastructure, obstacles      Other

### Service interruptions in Göteborg, 2009-10 (II)

	2010	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Ack.
Planned trips	Planerade turer	81104	75620	84251	81174	0	0	0	0	0	0	0	0	322 149
Cancelled trips	- Indragna hela turer	194	1 994	140	50	0	0	0	0	0	0	0	0	2 378
Shortened trips	- Avkortade turer	1 938	2 203	1 155	1 121	0	0	0	0	0	0	0	0	6 417
Rescheduled trips	- Omlagda turer	165	135	542	187	0	0	0	0	0	0	0	0	1 029
Shortened train	- Indragna släpvagnar	31	368	316	1	0	0	0	0	0	0	0	0	716
TOTAL	S:a störda turer	2328	4700	2153	1359	0	0	0	0	0	0	0	0	10 540
	Störningsfria turer	97,1%	93,8%	97,4%	98,3%									96,7%

### Non-interrupted trips 2009-10



Target

2009

### Undertaken measures



Fencing between the tracks at tram stops



Street stops were removed in the 1980s



Pedestrian crossings with obstacles. Light and sound signals



Standardization of pedestrian crossings



Street and tracks in different levels



### Emergency services



### Emergency services



- Own resources:
- Traffic control center
- Traffic managers
- Towing and lifting
- Technical support vehicles
- Staff on standby-duty (track and catenary managers, accident investigator)

Direct hotlines to police, emergency services and electricity supplier

### Power supply



### Power supply

Network: 61 power stations (input 10kV AC, output 750 V DC), 138 feeding points (max 3 000 A)

Sections are in most cases fed from two points and two power stations

Depots: One power station, two feeding points



Power station



Feeding point "F 3702"

### Reported failures:

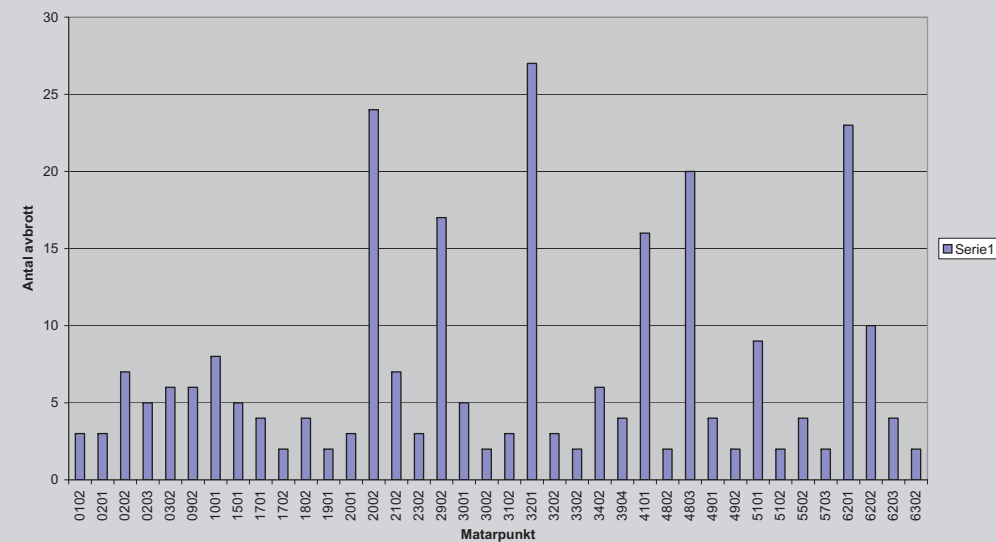
- Power supply to power station (10 kV): less than once per year
- Feeding points: 261 (2010 YTD)
- Catenary: ~35 per year

Normally an interruption in the power supply from a feeding point lasts for less than 10 seconds

An increasing number of new trams (M32 Sirio) causes several overload interruptions of the power supply in the depots

Major catenary damages creates interruptions for a longer time, normally 30 min up to a few hours

Antal korta avbrott - Totalt



Feeding points – Interruptions in electricity supply Jan-Jun 2010

### Power supply techniques



## Power supply techniques

### To reduce electricity consumption:

- Eco-driving. Questionable results
- Re-regenerative braking (M31 and M32)

Note that surplus electricity is not returned to power stations. All re-generated electricity is used by other trams. In the older trams this energy is transformed into heat in brake resistors. Our older trams are designed to use 600 V which means that traction-motors, compressors and converters would be damaged by the power spikes from the M31 which sometimes reaches as high as 1 000 V.

### Overhead wires:

- Standard catenary is used, no ground-supply or battery systems
- Anchors on building facades are used wherever possible

### Electricity consumption 2009:

- 52 495 MWh
- 4.01 kWh per train-set kilometer (6.45 kWh per train-set mi)
- 0.51 kWh per passenger

---

GS Spårvagn AB

Göteborgs Spårvägar 



## ANNEXE E – PRÉSENTATION DU RÉSEAU DE TRAMWAY D'HELSINKI





# Y4-TRAMWAY SEMINAR

Presentation of tramway networks



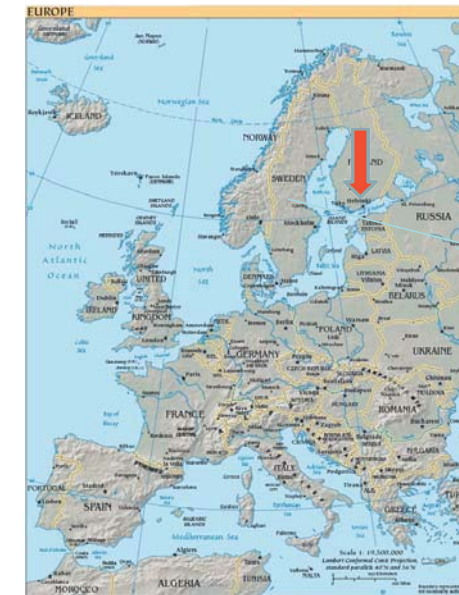
25.05.2010 Oph

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



# Introduction

**Ollipekka Heikkilä**  
Head of Development  
Bachelor of Science (Eng.)  
Helsinki City Public Transport  
HCT-Tram Traffic  
ollipekka.heikkila@hkl.hel.fi



### Finland:

- Independence since 1917
- Member of EU since 1995
- Population: 5 255 068
- 187 888 lakes
- Export: Cell phones, Cruise ships etc,

### City Of Helsinki:

- Founded 1550
- Capital city since 1812
- 576.000 inhabitants
- mean Temperature 6.6°C
- lowest temperature -35°C
- highest temperature +35°C

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



# Helsinki Tram Network

- 11 Tram lines (2 lines under constr.)
- 91,3 km line track (112,3 km total)
- 120 million passenger km a year
- 131 tram cars (92 with low-floor)
- 2 maintenance and garage depots
- 1 heavy maintenance depot



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



# Fleet of HCT

- **40 Articulated vehicles**  
manufactured: 1973-75  
39 seats, 106 standees (4 prs/sqm)  
low-floor section: n/a  
manufacturer: Valmet (Düwag)
- **42 Articulated vehicles**  
manufactured: 1983-87/2006-11  
49 seats, 120 standees (4 prs/sqm)  
low-floor section: 20%  
manufacturer: Valmet/HCT (Düwag)
- **40 Multi-articulated vehicles**  
manufactured: 1998-2002  
45 seats, 80 standees (4 prs/sqm)  
low-floor section: 100%  
manufacturer: Transtech (Bombardier)
- **40 Articulated vehicles NEW**  
to be manufactured 2011-2018  
low-floor section: 100%  
supplier: Bombardier, CAF or Transtech



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



# Y4-TRAMWAY SEMINAR

## Snow removal



25.05.2010 Oph

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## Snow removal procedures

- **Winter period costs 900 000€**
  - during december-march
  - snow depth in average is 200mm
  - snow depth in 2010 was 700mm
- **Heavy snowfall requires continuous removal**
  - 2 snow cleaning trams
  - 7 snow removal tractors
  - 4 snow trucks
  - 1 ice removal excavator
- **Stops need special equipment**
  - 2 to 5m expandable ploughs
  - special side sanding truck
  - excavator with ice removal plough

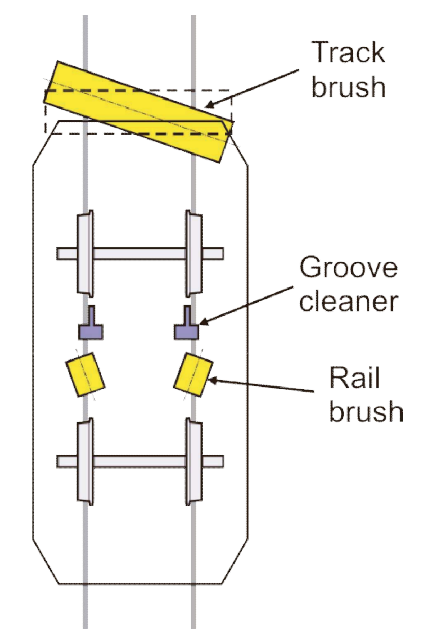


Foto A.Alku ©

## Snow cleaning tram



Foto A.Alku ©



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## Snow cleaning tram

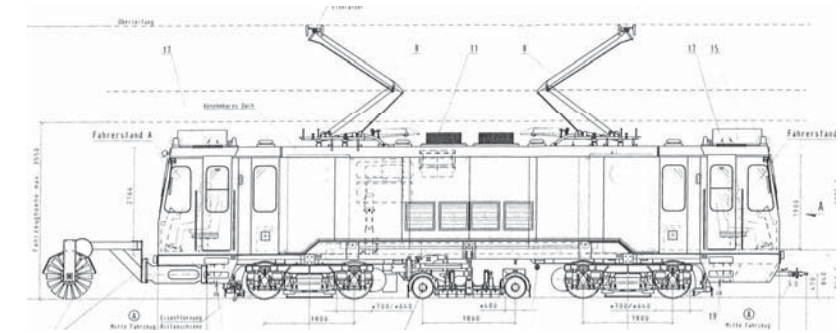
- Snow cleaning trams are used to open the needed gauge for the trams and to remove snow and dirt from the track grooves
- Trams are modified old 2-axle passenger cars
- 2 units are able to clean the whole all the network grooves during the night shift (8 hours)
- During snowfall, brush trams run continuously during regular service
- 4 old units will be replaced by 2 new multi-purpose work trams during 2011-2014



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## New multi purpose work tram



- 2 units are manufactured by Windhoff GmbH in Germany
- Changeable work boggie in center
- To be equipped with snow brush and groove cleaning equipment
- To be used also for rail grinding and spring/autumn cleaning
- To be equipped with two pantographs for de-icing purposes

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## Light snow removal unit



- light tractor unit (1pc)
- 4 tons
- is used for snow removal of the depot and spare tracks
- is also equipped with salt spreading unit

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## Mid-size snow removal units

- mid-size tractor unit (2pcs)
- 11,5 tons
- is equipped with expandable snowplough to clean platform areas
- can also be equipped with hydraulic hammer for fixing the ice lifted pavement around the tracks



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



# Heavy snow removal units

- heavy payload (5pcs)
- up to 14,3 tons
- 2 units are equipped with expandable 5m ploughs for stop cleaning
- 2 units are equipped with v-snowploughs for track cleaning beside stops
- 1 unit is used for snow loading during heavy snowfall



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



# Trucks

- 4 units are used for snow transportation during and after heavy snowfall
- 1 unit for continuous sand spreading for stops



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



# Y4-TRAMWAY SEMINAR

Overhead wire defrosting and rail de-icing techniques



25.05.2010 OpH

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## Overhead wire defrosting and rail de-icing techniques

- **Overhead wire defrosting**

Resistor controlled cars are used to mechanically remove ice from overhead.

New multi purpose work trams will be equipped with double pantographs to ensure the ice removal and propulsion

Glycol treatment and heating will be tested in the near future on the over sea bridges in the line extensions.



- **Sanding**

All axels with brakes or traction are equipped with pneumatic sand distributors.

All nozles and tubes heated.

240 tons of sand is used annually



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## Heating on the network

- **Track switch heating**

- all switches are equipped with thermostat controlled 2x6 kW resistors
- snow damped in switches by car traffic is occasionally impossible to melt down
- best solution is to minimize car traffic over the switches



- **Street heating**

- Efficient solution (if cheap waste energy is available)
- street loses it's winter charm



Fotos A.Alku ©

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## Y4-TRAMWAY SEMINAR

### Heating on the network



25.05.2010 OpH

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## Heating on the network

- **Garage heating**

- Temperature is kept 5C° above the freezing point
- All the trams are stored inside during the night brake
- Trams are stored doors open to dry the interior



Foto A.Alku ©

## Latest experience

- **Heavy snowfall tends to cause delays in the cleaning of the stops**
  - Extrem need for manpower (normally 5 men in 5 shifts, last winter 10 per shift needed)
  - Tracks were kept operatable, cleaning of stops was delayed
  - Sub-suppliers were not available during heavy conditions
  - Traffic delays were caused by de-railments and door faults



Foto A.Alku ©

## Y4-TRAMWAY SEMINAR

### Latest experience



Foto A.Alku ©

25.05.2010 OpH

## Latest experience

- Snow damped by cars disturbs the functionality of switches
- Frozen snow forms a deep groove that is difficult for car traffic & trams
- Sometimes damped snow causes de-railment
- Long frost period hardens the soil and increases the load and wear for tram structures, wheels and rails



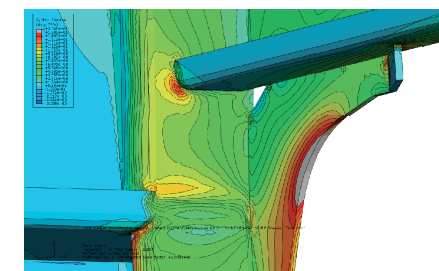
Foto A.Alku ©

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## General requirements

- **Deep temperature requirements**
  - steel qualities must be selected for deep temperature performance
  - cold brittleness must be followed, specially in stainless steel constructions
  - strenght calculations must respect low temperatures
- electronic components must be according to military standard
- heating of electronics is not an acceptable solution
- extreme wheel wheel & track wear could cause winter traffic interruptions
- bogie connection to car-body should be robust but flexible
- multi-articulated vehicles should be avoided



## Y4-TRAMWAY SEMINAR

Winter requirements for rolling stock



Foto A.Alku ©

25.05.2010 OpH

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## General requirements

- **Condensation**
  - all the cavities must be ventilated
  - bondings must be carefully designed or avoided
  - open cell and organic materials should be avoided
  - no central air-pressure systems
- **Salt and sand on street**
  - painting system must be carefully selected and well tested
  - aluminium constructions should be avoided (oxidation)
  - additional vibrations generated by sand must be respected



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## Constructional proposals

- Minimum amount of running bogies
- No central pressured air systems
- Insulated windows (double glazing)
- Insulation of the car body  $K < 1,5W/(m^2K)$
- Avoidance of "cold bridges"
- Usage of brake-energy for saloon heating and A/C
- Integrated heating of the doorsteps and floor
- No underseat heating fans
- Fan heating for windshields
- "pool construction" for floor cover
- Quickly exchangeable lower exterior panels

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## Future of trams for HCT



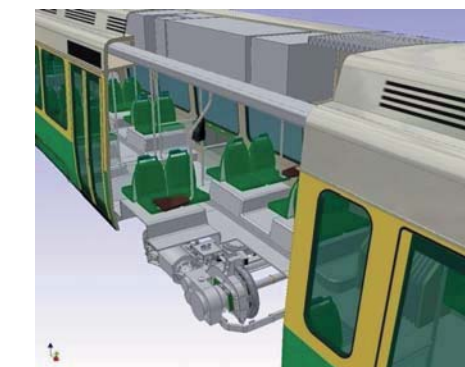
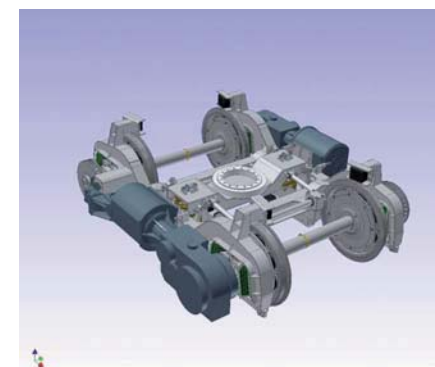
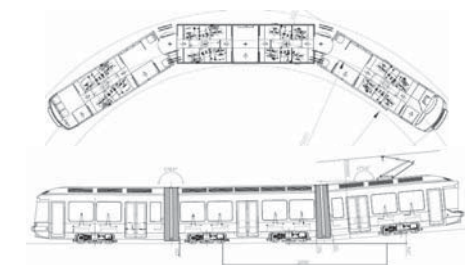
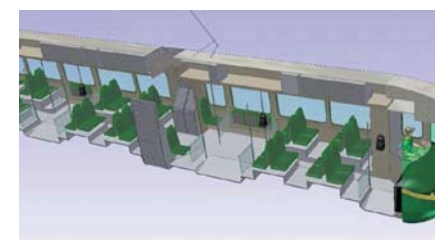
- non-turnable bogies
- no axels
- stainles-steel car-body
- heated wooden floor
- composite roof
- bonded exterior parts



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## 100% low-floor tram with bogies



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä





# Y4-TRAMWAY SEMINAR

Annual incident and accident statistics



25.05.2010 Oph

Foto A.Alku ©

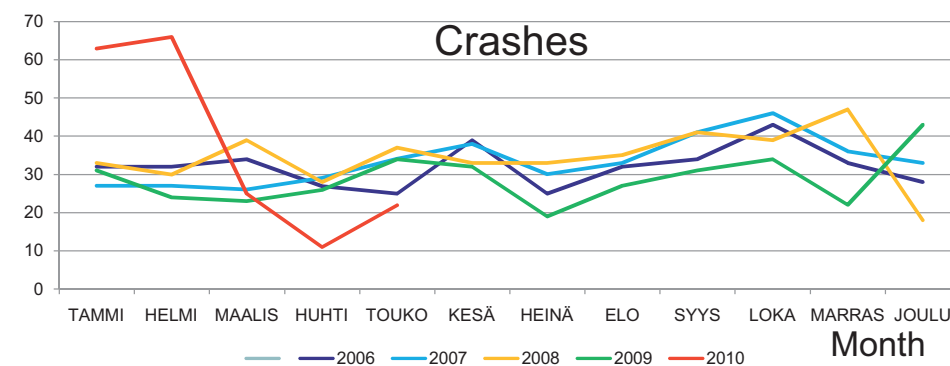
Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## Annual incident and accident statistics



- Normally there is no difference in amount of he accidents between summer and winter period
- Winter 2010 was expectationally hard (double amount of crashes)

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



# Y4-TRAMWAY SEMINAR

## Management of emergency services



25.05.2010 OpH

Foto A.Alku ©

Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



# Emergency services

- **Emergency services are managed in co-operation with Helsinki City Rescue (Fire and Ambulance department)**

- **1 Emergency unit operated under responsibility of HCT**

- licenced as a fire truck
- liftings during personal accidents
- re-railments
- emergency earthings
- collisions clarifications
- fault corrections
- minor towings

- **Sub-suppliers used in heavy de-railments (towing trucks)**



Sujuvasti Helsingin kaupunkiliikenteessä



## ANNEXE F – PRÉSENTATION SUR LES CONDITIONS CLIMATIQUES ET LE DÉNEIGEMENT À MONTRÉAL



## Meteorological data and snow operations in Montreal



Montréal 

## The « Unité de la propreté et du déneigement »

(Direction of Cleanliness and Snow management)

- Strategy for the elimination of snow;
- Emergency re-assignments;
- Development of snow disposal sites;
- Salt management Plan;
- Meteorology (forecasts, measures, stats)
- **Technical support for the Boroughs;**

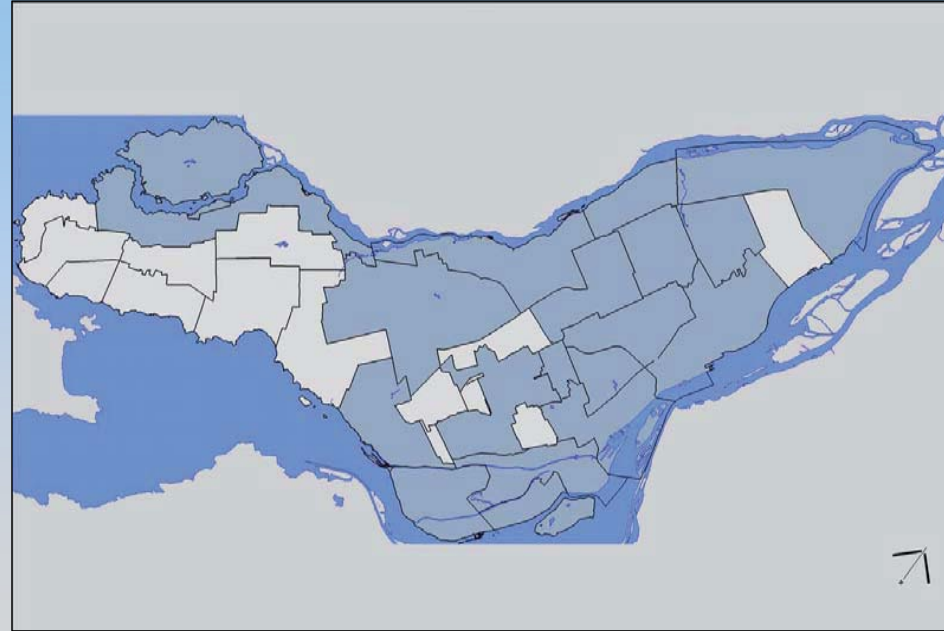
## Index

- 1.0 Montreal, in numbers
- 2.0 Winter maintenance in 4 steps
- 3.0 The insertion of tramways

## 1- Montreal, in numbers



## City of Montreal - (2006 and after)



## Geography

Since 2006: 19 boroughs

Population: 1 626 000

Streets: 4105 km (2550 Centerline-miles)

Sidewalks: 6550 km (4070 miles)

## Weather (P.E.T. Airport)

### Average temperature:

November: +2°C (36°F)	February: -7°C (20°F)
December: -7°C (20°F)	March: -2°C (28°F)
January: -10°C (14°F)	April: +6°C (43°F)

### Average precipitation:

Equivalent-water measure: 225 cm of snow / winter  
(90 inches / winter)

Total rain + snow: 900 mm / year  
(36 inches / year)

## Temperatures

- When it snows:
  - temperatures are at around -5°C (23°F)
- After a snowfall:
  - temperatures drop to -15°C (5°F)
- Of the 65 events per winter:
  - 55 happen at temperatures higher than -10°C (14°F)
  - 7 happen at temperatures between -10 and -15°C (14 and 5°F)
  - 3 happen at temperatures below -15°C (5°F)

## Events (snow, freezing rain, etc.)

- Freezing rains: 7 times per winter (often mixed with other types of prec.)
- 0.2 to 1.0 cm (1/10 to 2/5 inch): 23 times per winter
- 1.1 to 5.0 cm (2/5 to 2 inches): 14 times per winter
- 5.1 to 10 cm (2 to 4 inches): 7 times per winter
- 10.1 to 30 cm (4 to 12 inches): 6 times per winter
- More than 30 cm (more than 12 inches): 1.5 times per winter
- After a snow removal operation: 5 times per winter

## Winter maintenance stuff

Per winter, average of ...

- 65 salt/abrasive spreading operations
- 15 snow ploughing operations
- 5 snow removal operations
- 140 000 metric tonnes of salt
- 13 500 000 cubic meters of snow eliminated
- Budget of 145 000 000 \$
- Usage of 30 snow disposal sites (every kind)

## 2.0 Winter maintenance in 4 steps

#1 – Salt / abrasive spreading

#2 - Snow ploughing (sidewalks/streets)

*(decision to take)*

Posting of parking restrictions

#3 - Snow removal

#4 - Snow elimination

## Step #1 – Salt / abrasive spreading

### Materials

- rock salt, mostly not prewetted
- gravel or sand

### Pavement

- temperature over -10°C: salt
- temp. Between -10 and -15°C: 50% salt + 50% gravel
- temperature under -15°C: 10% salt + 90% gravel
- rate of 300 kg/2-lane km, double rate at some locations;
- continuous on main streets, before stops on local streets;

### Sidewalks

- all temperatures: 10% salt + 90% gravel (sometimes 50-50 salt-abrasive or 100% salt)

## Step #2 – Snow ploughing

(when precipitation reaches 2.5 cm, all streets and sidewalks)



## Parking restrictions



## Step #3 – Snow removal







## Step #4 - Elimination



### 3.0- The insertion of tramways...

- Snow ploughs (especially graders);
- Sequence of operations;
- Corrosion of the rails by salt;
- Interactions between abrasives and rails;
- Impact on contractors (in terms of specifications for timing, equipment, etc...)

**Thank you !**

Michel Frenette, ing.  
mfrenette@ville.montreal.qc.ca  
Unité de la propreté et du déneigement  
Ville de Montréal

Phone: (514)-872-3302



## ANNEXE G – PRÉSENTATION SUR LA SÉCURITÉ DES TRAMWAYS



# Sécurité des tramways urbains

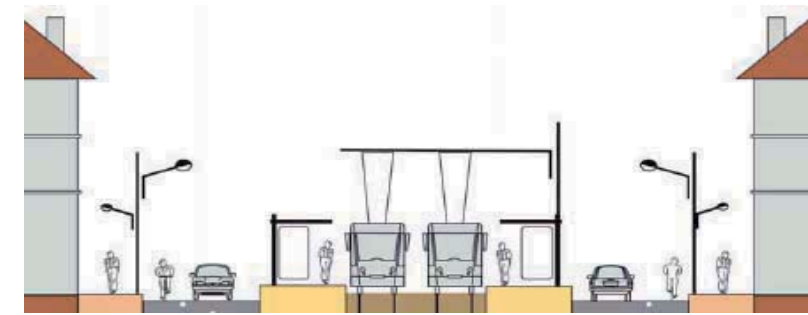
Montréal  
Présentation du 18 juin 2010

Thierry BLACHET

RATP/SYSTR  
Expert sécurité système  
tramways et tunnels ferroviaires



## Composantes du système



- **Système de transport :**
  - Infrastructures (voie, plate-forme)
  - Matériel roulant
  - Énergie (alimentation/distribution)
  - Signalisation ferroviaire
  - Exploitation/maintenance
  - Stations
- **Insertion urbaine :**
  - Aménagement de voirie
  - Signalisation dynamique
  - Signalisation fixe
  - Végétation, mobilier, éclairage
- **Risques extérieurs**
- **Services de secours**

Généralités – Piétons – Cyclistes – Riverains – Véhicules – Zones de conflit  
Services de secours – Management de la sécurité – Conclusion

3/30

## Sommaire

- Généralités
- Piétons
- Cyclistes
- Riverains
- Livraisons
- Zones de conflit
- Services de secours
- Management de la sécurité en conception/réalisation
- Management de la sécurité pendant l'exploitation
- Conclusion

Généralités – Piétons – Cyclistes – Riverains – Véhicules – Zones de conflit  
Services de secours – Management de la sécurité – Conclusion

2/30

## Arrivée d'un tramway Un changement pour tous

- Modification des comportements
- Perception nouvelle (distances, visibilité, ...)
- Complexité de l'espace
- Contradiction entre les règles de circulation VR et tramway
- Signalisation nouvelle et priorité du Tramway

Généralités – Piétons – Cyclistes – Riverains – Véhicules – Zones de conflit  
Services de secours – Management de la sécurité – Conclusion

4/30

# Multiplicité des usagers

- piétons,
- cyclistes,
- riverains,
- automobilistes,
- véhicules de livraison,
- services d'urgence et d'intervention,
- taxis,
- véhicules de transports en commun
- ...

Des besoins et des comportements différents

# Points de traversée les plus sûrs

- là où c'est le plus opportun
  - repérer les pôles générateurs de déplacements piétons
    - écoles
    - administrations
    - commerces
    - équipements publics...
  - existants et à venir
  - respecter les lignes de désir
  - identifier les populations piétonnes particulières, notamment les scolaires



# Piétons et personnes à mobilité réduite (PMR)

- Vulnérables
- Utilisent leur propre énergie pour se déplacer
- Donc n'aiment pas les contraintes
  - recherchent l'itinéraire le plus direct
  - recherchent un itinéraire confortable et sûr
- Et sont difficiles à contraindre



# Cheminement

- Offrir des itinéraires continus et confortables
- Organiser des traversées courtes aux points les plus sûrs et les plus opportuns



- selon les handicaps, les réponses en matière d'aménagement peuvent être contradictoires

# Cheminements

- **lisibilité du cheminement**

Visualiser la plate forme : le tramway est prioritaire sur les piétons  
 le piéton doit sentir qu'il arrive sur la plate forme  
 couleurs, matériaux  
 dénivellation



# Points de traversée les plus sûrs

- **bonne visibilité réciproque piétons / véhicules**
  - dégager les espaces latéraux à la traversée
  - supprimer les plantations, le mobilier «encombrant», le stationnement aux abords des traversées
- **orienter le piéton vers les autres usagers afin de voir le conflit possible**



# Points de traversée les plus sûrs

là où la vitesse des usagers est la plus modérée :

- **aux carrefours, notamment**
  - **carrefours à feux** : permettent de sécuriser la traversée des piétons en leur proposant un temps propre
  - **giratoire** : modération de la vitesse indispensable, rayon du giratoire entre 14 et 22m



- au niveau des stations

# Points de traversée les plus sûrs

## Des traversées raccourcies

- **largeur des voies circulées à réduire**
- **traversée maximale en une fois recommandée**
  - 12 m avec des feux
  - 8 m sans feux



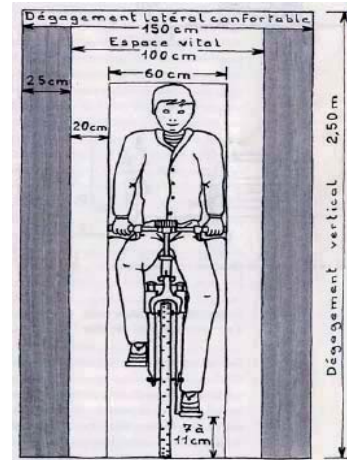
La présence d'un TCSP implique la mise en œuvre de refuges pour des traversées en plusieurs temps.

- **refuges permettant des traversées en deux temps**
  - **opter pour 2 m... au minimum**
  - **insuffisant si accueil de cycles, flux piétons important ou pression automobile trop pesante**



# Cyclistes

- Offrir des itinéraires sécurisés et cohérents, sans détours inutiles
  - limiter le différentiel de vitesse
  - continuité des aménagements
  - le plus court est le mieux



# Accès riverains, commerces, livraisons

- Pouvoir accéder à son domicile
  - à pied
  - en voiture
  - se garer à proximité
- Risque de « stockage » sur la plate forme

■ dégager de la visibilité depuis l'accès riverain



- Gérer les conflits VR/TW et piétons
- Délimitation et réglementation des espaces de livraisons

# Cyclistes

- Largeur :
  - 1,50 m en unidirectionnel
  - 3,00 m en bi-directionnel
- Pas au détriment des piétons !
  - garder avant tout un cheminement piéton suffisant et confortable
- Piste sur trottoir
  - difficulté de cohabitation si beaucoup de vélos et de piétons pas apprécié des déficients visuels
  - difficulté de traitement dans les carrefours
- Les vélos peuvent se conformer à la figurine piétons



# Les véhicules routiers

- aller d'un point à un autre
  - lisibilité des itinéraires
  - clarté de l'aménagement
- contrainte physique souvent nécessaire pour le respect des règles de circulation

donner à comprendre où se trouve la plate forme : visualiser l'emprise, le GLO





# Les vitesses

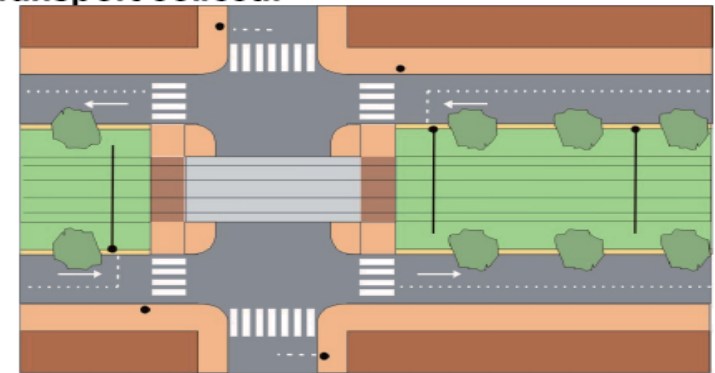
- **Les limitations de vitesse possibles en agglomération**
  - **aire piétonne :**
    - piétons prioritaires sur les véhicules routiers
  - **zone de rencontre :**
    - piétons prioritaires sur les véhicules routiers
- **zone 30**
  - là où la vie locale est prépondérante et intense
- **règle générale : 50 km/h**
- **possibilité de relever à 70 km/h**



■ mais ne s'appliquent pas aux véhicules circulant sur les voies ferrées empruntant l'assiette des routes (art. R.110-3 du code de la route)  
s'appliquent aux bus

# Les zones de conflit

- **Au niveau des intersections : concentration des conflits**
  - traversées piétonnes
  - mouvements tournants, demis-tours des véhicules
  - passage du transport collectif



# Sécuriser l'espace

- **Ralentir le trafic motorisé**
- **Améliorer la lisibilité du carrefour**
- **Dégager la visibilité du carrefour**
- **Réduire les zones de conflit**
- **Réduire les temps de traversée**



# Les zones de conflit

- **Tramway :**
  - **contrainte, il est guidé**
- **emprise ≠ espace entre les rails :** encombrement difficile à visualiser lorsque le tramway n'est pas là
- **matérialisation du GLO**
  - **importante pour le conducteur**
    - savoir si l'emprise est libre pour le passage du tramway
- **capacité de freinage plus mauvaise que les VP**
  - freinage de service 1,1 à 1,3 m/s<sup>2</sup>
  - freinage d'urgence 2,75 à 3 m/s<sup>2</sup> (bus : 5,5 à 8 m/s<sup>2</sup>)
- **conduite à vue**



## Les zones de conflit

- **Accéder au plus près des points de livraison**

- si site propre en latéral : risque de stationnement sur la plate forme

- **Parfois non respect des règles de circulation et stationnement**

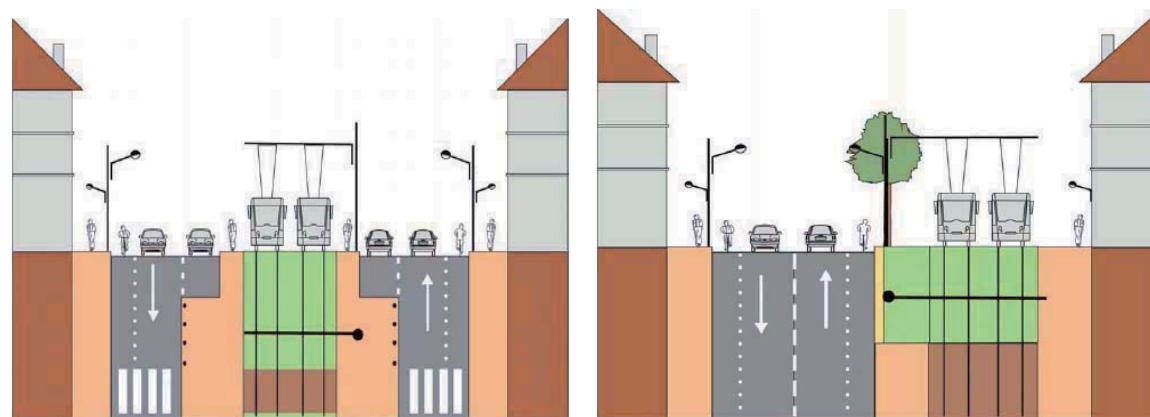
- **Arrêt  $\neq$  utilisation de la plate forme par d'autres usagers**

- **Mettre en œuvre une réglementation spécifique pour gérer les livraisons : contraintes d'horaires par exemple**

## Accessibilité des secours

- Accès aux façades
- Priorité
- Intervention sur accident
- Sécurisation de la coupure d'urgence
- Plan d'intervention secours avec l'exploitant

## Axial / latéral



## Management de la sécurité

- Conception et réalisation du projet :
  - Vision systémique de la sécurité
  - Prise en compte de l'environnement et du comportement de la population
  - Prise en compte du système de transport (sous-systèmes, fonctionnalités, mode d'exploitation normal et dégradé, interfaces...) et de son insertion urbaine
  - Référentiels réglementaires et techniques
  - Prise en compte des demandes des services de secours
  - Dossier de sécurité système (référentiel, analyse de risque, objectifs fixés et démonstration) aux différentes phases du projet
  - Un double regard indépendant sur la sécurité
  - Autorisations administratives et avis des services de l'Etat
  - Convention exploitation/services de voirie

# Management de la sécurité

- En exploitation :
  - Règlement de sécurité de l'exploitation
  - Plans d'exploitation, de signalisation, de commandes énergie
  - Plan d'intervention secours
  - Le poste de commandement
  - Formation initiale et continue des exploitants
  - Une organisation sécurité (double regard) pour :
    - Le bon fonctionnement de l'exploitation et de la maintenance
    - Le suivi des accidents ou incidents et les REX (relation avec les services de voirie)
    - L'évolution réglementaire
    - Les habilitations à la conduite
    - Les réunions de suivi exploitation/maintenance
    - La gestion des crises

## Conduite du changement

- Temps d'adaptation nécessaire pour tous
- Communication
- Evolution progressive de la vitesse commerciale du tramway
- Evolution progressive du réglage des feux
- Management des conducteurs
- Observations, suivi, bilan, REX dès les 1ers mois et après...
- Suivi avec services de voirie



## ANNEXE H – PRÉSENTATION SUR L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DU TRAMWAY



## SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply

- Colloque tramway: 17-18 juin 2010



1

## SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply

### Schedule of the presentation

- Mean SYSTRA's Contracts for tramway line
- Typical electrical diagrams of Tramway power supply
- Voltage range of Tramway
- Electrical hazards and mitigation solutions
- Maintenance of Tramway power supply system
- Accessibility of Tramway power supply room
- Answers to Questions

2

## SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply

### Mean SYSTRA's Contracts for tramway line

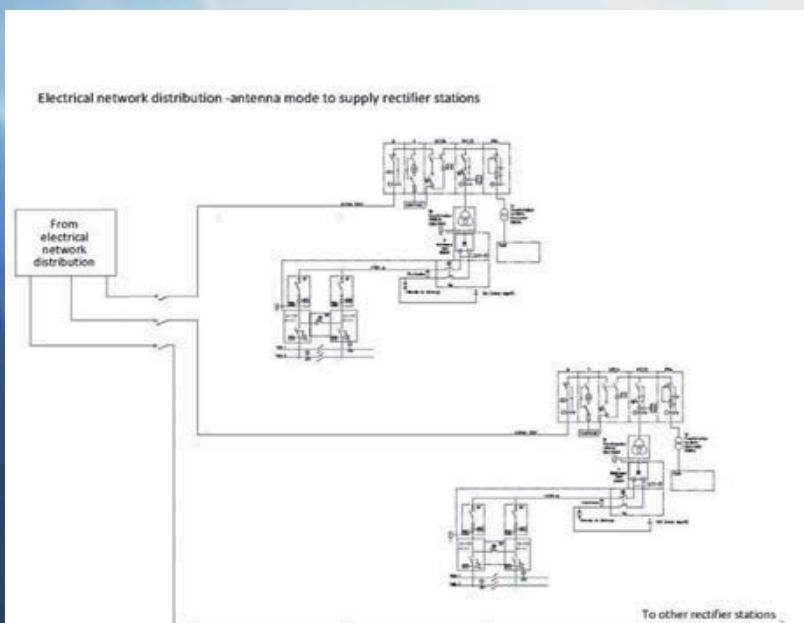
Tramway in France : Brest, Havre, Reims, SDV, TVAM, Lyon, Caen, Tours

Tramway out of France : Casablanca (Maroco), Lusail (Qatar), Al Safoo (Dubai)

3

## SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply

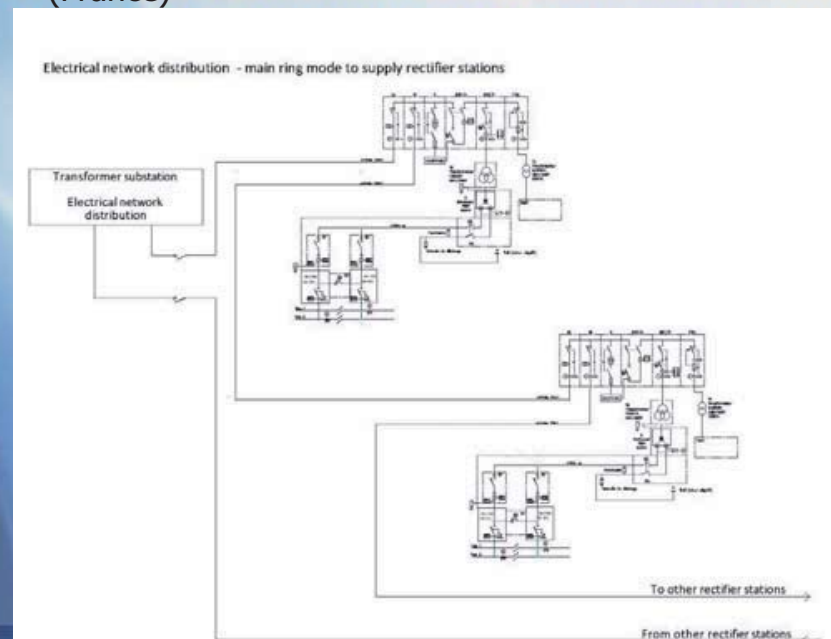
### 1 Typical electrical diagrams of Tramway power supply (France)



4

## SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply

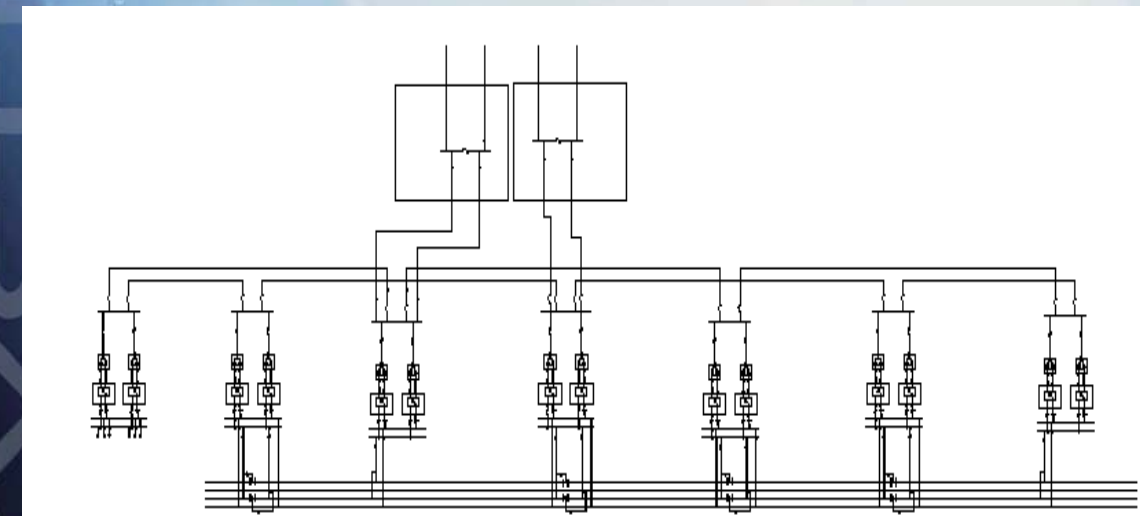
1 Typical electrical diagrams of Tramway power supply (France)



5

## SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply

1 Typical electrical diagrams of Tramway power supply (Masshad Iran, Hanoi Vietnam)



6

## SYSTRA's Experiences about Tramway Power supply

2. Voltage range of Tramway power supply

- Nominal primary voltage: 6.6 kV, 11 kV (12 kV), 20 kV (25 kV), and 33 kV AC
- Nominal secondary nominal voltage (traction level): 600 (650)VDC or 750 VDC (modern tramway) or 1500 VDC (Tramway from Kyoto to Otsu and Tramway in Swiss)

7

## SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply

3 Electrical hazards and mitigation solutions for Tramway line

### Electrical Corrosion Effects (Stray current effects)

- Damage of civil work structure,
  - metallic structure,
  - Concrete bridge
  - gas pipe,
  - water pipe,...
- Damage of Running rails,
- Damage of metallic depot equipment (earth network, earth pit, metallic cubicle, ...)

8



**SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply**

**Electrical Corrosion Effects (Stray current effects)**

Source of stray current

**Return current => running rail (active conductor)**

– **But : small % of return current flows into the soil**

This general drawing indicates stray currents circulation

9

**SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply**

**Electrical Corrosion Effects (Stray current effects)**

10

**SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply**

**Electrical Corrosion Effects (Stray current effects)**

**Mitigation solutions**

- ♦ **Passive mitigation :**
  - ☒ At track level (++)
  - ☒ At pipe level (isolating layer, isolating joints, ...) (++)
- ♦ **Active mitigation (cathodic protection)**
  - ☒ polarized drainage (French system)
  - ☒ racking system, sacrificial anode ,etc.

11

**SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply**

**3 Electrical hazards and mitigation solutions**

Harmonics generated by traction rectifiers

**Main harmonic effects**

- Overheating (transformers, relay, magnetic coil,...)
- Ageing of electrical equipment
- Troubles of electronic equipment

12

**SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply**

3 Electrical hazards and mitigation solutions

**Harmonic Mitigation for a tramway line**

- Traction Rectifiers with 12 pulses instead of 6 pulses
- Harmonics filters (active or passive filters)
- SYSTRA performs harmonics studies for electrical transportation lines in order to select the best solution and to prove the compliance of SYSTRA's design with electrical regulations (French regulations or international standards)

13

**SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply**

4 Maintenance of Tramway power supply system

SYSTRA is a specialist of:

- maintenance organization definition,
- Recommendations during Tender phase (construction guarantees, main objectives in terms of maintainability, reliability,...)
- maintenance plan for transportation line (metro lines, tramway lines and high speed lines; our experiences: Cairo, Tehran, Mashhad, Korean, Lyon,...)

Examples of main points to be checked each year are:

- Control electrical coils of rectifier substation
- Check and calibrate all DC electrical protection
- Reconfigure the of DC circuit breaker if necessary
- Verificate of the wear of DC circuit breakers (Dublin)

14

**SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply**

5 Accessibility of Tramway power supply room (s)

At preliminary stage and design phase, accessibility shall be investigated to avoid troubles during installation and heavy maintenance phase (to remove an electrical transformer, traction rectifier,...). (++)

15

**SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply**

5 Accessibility of Tramway power supply room (s)

16

**SYSTRA**  
L'ingénierie internationale du transport ferroviaire et urbain

**SYSTRA's Experiences - Tramway Power supply**

CONSULTING  
GENVAR=SYSTRA  
TRAMWAY de Montréal

Questions

17



## ANNEXE I – PRÉSENTATION DES INNOVATIONS EN ALIMENTATION ÉLECTRIQUE



SYSTRA  
L'ingénierie internationale du transport ferroviaire et urbain

Consortium  
GENVAR=SYSTRA  
TRAMWAY de Montréal

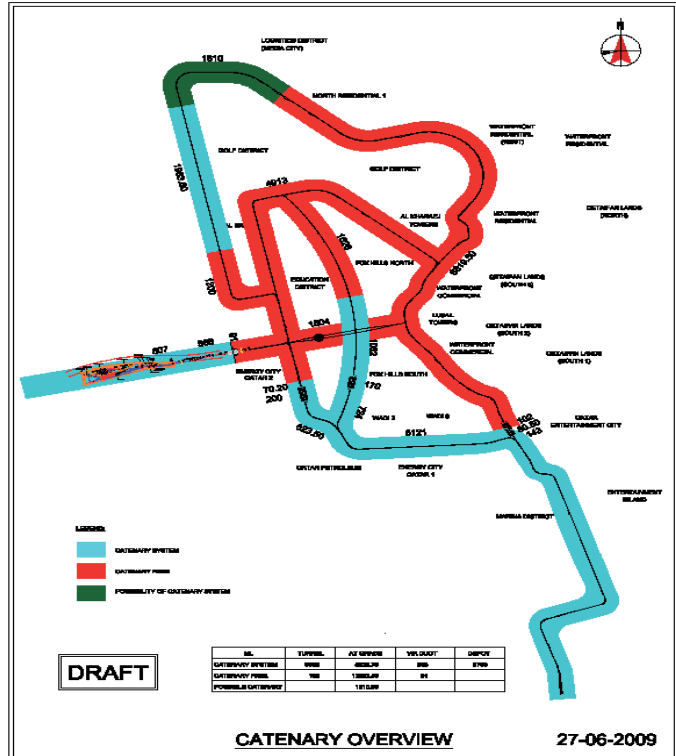
- Colloque tramway: 17-18 juin 2010



1

SYSTRA  
L'ingénierie internationale du transport ferroviaire et urbain

Consortium  
GENVAR=SYSTRA  
TRAMWAY de Montréal



NO.	TYPICAL	PI SYSTEM	VOLTAGY	DEPTH
CATENARY SYSTEM	100	100	25	100
CATENARY FEED	100	100	25	100
POTENTIALITY OF CATENARY SYSTEM	100	100	25	100

DRAFT

CATENARY OVERVIEW 27-06-2009

- Presentation of power supply innovative technologies for Tramway in operation or under development (Tramway of Lusail, Qatar 2009)

2

SYSTRA  
L'ingénierie internationale du transport ferroviaire et urbain

Schedule of the Power Supply presentation

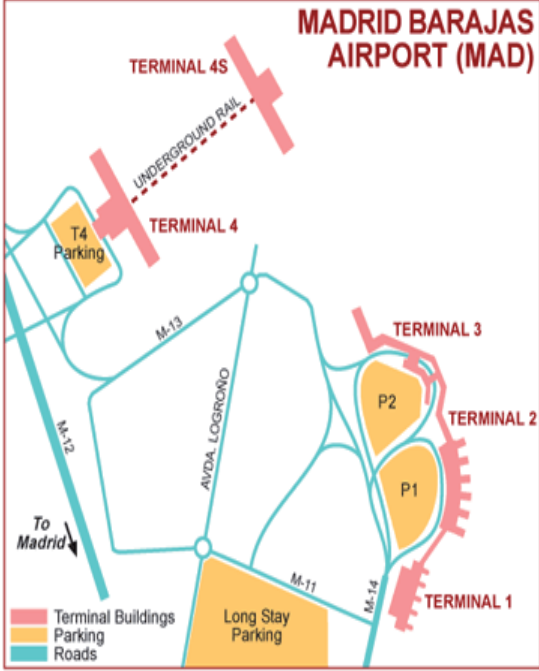
Consortium  
GENVAR=SYSTRA  
TRAMWAY de Montréal

- Bombardier people mover system at Madrid Airport (Spain)
- CAF LRT at Malaga (spain)
- Siemens LRT at Lisbon (Portugal)
- Alstom LRT at Bordeaux (France)
- Bombardier LRT at Bautzen, Primove solution (Germany)
- Translohr (Wipost) (not included in 2009 SYSTRA's analysis Study)

3

SYSTRA  
L'ingénierie internationale du transport ferroviaire et urbain

Consortium  
GENVAR=SYSTRA  
TRAMWAY de Montréal



MADRID BARAJAS AIRPORT (MAD)

Terminal Buildings  
Parking  
Roads

Bombardier people mover system at Madrid Airport (Spain)

1. Introduction  
Critical system for the airport because it is the only way for passengers to get in and out of the terminal 4 S
- Operation in 2006 at Madrid Barajas airport
- Type of operation: Automatic system, driverless from Bombardier

4

**Bombardier people mover system at Madrid Airport (Spain)**

Consortium GENVAR=SYSTRA  
TRAMWAY de Montréal

2. Main technical characteristics of the Bombardier people mover system


- Guideway: 1 underground dual track
- System Length: 1.7 mi. / 2.7 km
- Peak Hour Capacity: 6,500 pphpd
- Maximum Grade: 6%
- Average Line Speed: 18 mph / 29 km/h
- Maximum Speed: 36 mph / 60 km/h
- Number of Stations: 2 (1.4 mi / 2.2 km between stations)

5

**Bombardier people mover system at Madrid Airport (Spain)**

Consortium GENVAR=SYSTRA  
TRAMWAY de Montréal


3. Driver less Automatic people mover in the depot



6

**CAF LRT at Malaga (Spain)**

Consortium GENVAR=SYSTRA  
TRAMWAY de Montréal



1. Introduction

The Velez-Malaga tramway is a network linking both cities (Velez Malaga and Torre del Mar) and has been delivered in 2006 by CAF. During non-operation period, CAF is testing a prototype tramway using SuperCap technology on the track connecting the depot to the main line.

7

**CAF LRT at malaga (Spain)**

Consortium GENVAR=SYSTRA  
TRAMWAY de Montréal

2. Main technical characteristics of the solution

- The new Energy storage technology principle allows operating the traction motors without overhead contact line between stations.
- system is based in Ultra capacitors technology called SuperCap.
- no braking resistance as the braking energy is used to charge the SuperCap (+/- 10% energy saving).
- SuperCap are loaded during the dwell time
- The SuperCap are also used to supply the vehicle air conditioning equipment. In case of lack of energy storage.



- There is no lack of energy possibility.
- The total energy saving is between 25 to 35% depending on the operation plan and the line layout.

8



SYS TRA

Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## CAF LRT at malaga (spain)

2. Main technical characteristics of the CAF LRT

In Normal working conditions, the LRT performances are:

- Maximum distance between stations: 500 m - 1.200 m (depending on track layout)
- Minimum dwell time at station: 20 sec.
- Catenary system required power supply only at stations (integrated in Station Design).

Additional solution could be added :


- Additional Supercapacitors module
- Battery module
- Plug the LRT to emergency power supply at possible conflictive road locations (crossroads).

9

SYS TRA

Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## CAF LRT at malaga (spain)



SuperCap installed provisionally on the floor of the vehicle (five cars Tramway)

- Capacity of SuperCap : 2 x 3 kwh
- Test track +/- 700 m with a slope of 1.5 %
- Maximum speed 30 km/h

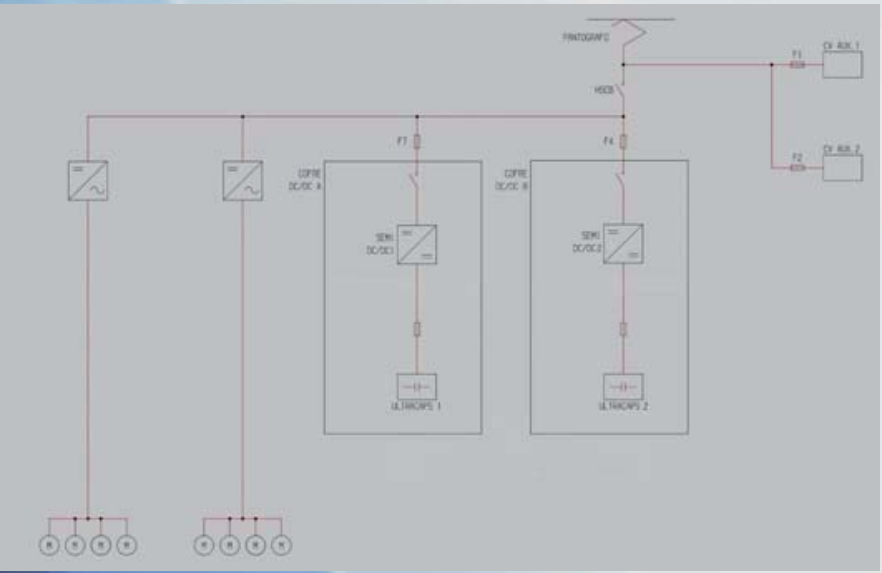
10

SYS TRA

Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## CAF LRT at malaga (spain)

3. Electrical diagram of the rolling stock



11

SYS TRA

Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## CAF LRT at malaga (spain)

4. Risks identification

- This new technology is at the very beginning stage
- Not officially approved by a transport authority
- SuperCap should be loaded in 20 seconds, not the case yet
- Performances of the vehicle in terms of speed and acceleration are below the performance reached by a Tramway vehicle with overhead catenary system.

CAF affirmed that there is no restriction in terms of speed and acceleration.

12

SYS TRA

Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## Siemens LRT at Lisbon (Portugal)

- Introduction
  - The Sul Do Tejo Metro (tramway) is a three lines network located in the Almada city (south of Lisbon) which has been delivered and is maintained by SIEMENS since 2007.
  - The Prototype of tramway vehicle (catenary free system) is tested on the line connecting the depot to the main track and in energy efficient operation on the main line during revenue service

13

SYS TRA

Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## Siemens LRT at Lisbon (Portugal)

- Main technical characteristics of the Siemens LRT
  - This new energy storage technology principle allows operating the tramway vehicle without overhead contact line between stations.
  - The system is made of a new DLC or Double Layer Capacitor energy storage unit and a traction battery unit.

14

SYS TRA

Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## Siemens LRT at Lisbon (Portugal)

- Main technical characteristics of the Siemens LRT
  - It is possible to store the braking energy of vehicle.
  - The DLC energy storage unit and the traction battery unit are used simultaneously for acceleration.
  - The usable energy storage units are:
    - 0.85 kWh from DLC (SuperCap),
    - 18 kWh from traction battery.

15

SYS TRA

Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## Siemens LRT at Lisbon (Portugal)

- Main technical characteristics of the Siemens LRT
  - In normal working conditions, with a vehicle of 70 t and on a level track (0 % gradients), the performance is:
 

	Max speed		
Auxiliary Load	20 km/h	30 km/h	35 km/h
20 kW	1050 m	930 m	810 m
  - Minimum dwell time at station: 20 sec.
  - Catenary required only at stations (integrated in Station Design).
  - Possibility of mixed routes (with/without catenary)

SIEMENS informed that the total storage capacity of the Tramway could be adapted to the alignment and required performances.

16

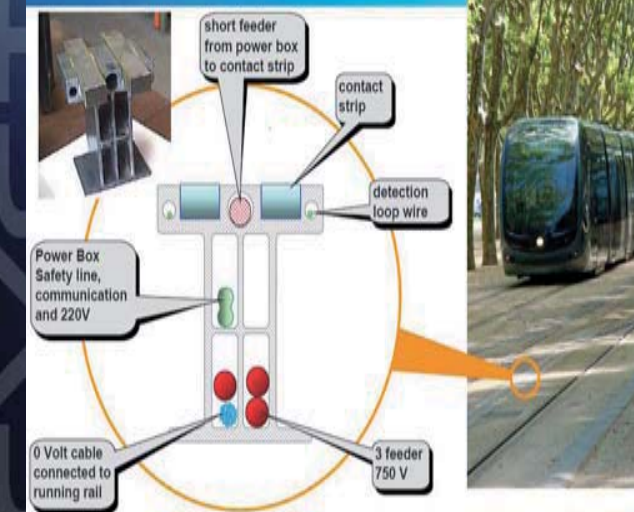
## Siemens LRT at Lisbon (Portugal)

### 3. Risks identification

- The revenue service of this new technology is at the beginning stage
- The revenue service started at the end of 2008.
- The DLC energy storage unit should be loaded in 20 secs, during dwell time in station. In 2009, the charging takes more time due to a limited charging current.
- The Performances of the vehicle in terms of speed and acceleration are below the performance reached by a tramway vehicle using a catenary system.
- At this stage of development, and because of the traction batteries time for loading, the tram vehicle cannot run on long distance without an alternative traction power supply.

17

### APS system : APS Rail



## Alstom LRT at Bordeaux (France)

### 1. Introduction

ALSTOM's APS is already in revenue service in Bordeaux (city center and some other particular area) since 2003, with sections representing 13km of APS of 43 km of tramway network (3 lines).

18

## Alstom LRT at Bordeaux (France)

### 2. Main technical characteristics of the Alstom LRT

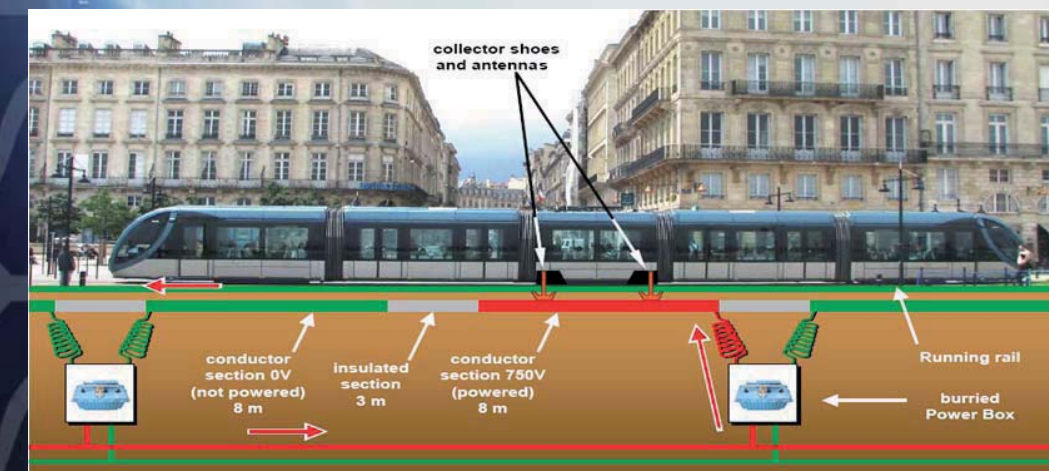
- ALSTOM APS system is based on traction power (750 V DC) supplied to the vehicle by a rail located between the rails. Power collection by the rolling stock is done thanks to a current collector shoe, through a physical contact between collector shoe and power supply embedded rail.

19

## Alstom LRT at Bordeaux (France)

### 2. Main technical characteristics of the Alstom LRT

- The power supply rail is divided in 8 m section separated by 3 m long insulation sections.
- The rail is fed with 750 V DC from boxes embedded in the track.



20

SYS TRA

Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## Alstom LRT at Bordeaux (France)

2. Main technical characteristics of the Alstom LRT

- The APS allows catenary free sections of any length.
- Transition between APS section and catenary equipped section requires full stop of the train.
- In Bordeaux, the maximum operation speed on APS sections is 50 kmph, while Citadis vehicle can operate at 70 kmph with overhead catenary.
- In order to mitigate local failure of the system, the vehicles are equipped with batteries. These batteries allow going over failed sections of about 50 meters in severe loading and gradient conditions.

21

SYS TRA

Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## Alstom LRT at Bordeaux (France)

3. Risks identification

- The APS system is going to be implemented in Dubai, for the Al Safouh project, but it seems impossible to install this system in a cold country (power collection problem with ice).
- APS does not allow regenerative braking yet, this feature is currently part of Alstom R&D program.
- Nevertheless, regeneration is under R&D studies by coupling APS with on-board super capacitors technology.

22

SYS TRA


Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## Bombardier at Bautzen (Germany)

### Bombardier's Primove solution

1. Introduction

- Bombardier's Primove solution provides continuous power to the train.



- Although similar in principle with APS (it is a continuous power supply system), the main difference is that it does not rely on a mechanical contact between a rail and a collector shoe; it is based instead on the inductive transfer principle.

23

SYS TRA

Consortium GENVAR-SYSTRAM  
TRAMWAY de Montréal

## Bombardier at Bautzen (Germany)

### Bombardier's Primove solution


2. Main technical characteristics of the Bombardier's Primove

- The system does not have any track side live wire or rail accessible to the public and thus no electrical hazard is possible.

Since the power collection is fully contact less, the Primove system can cope with dirt, sand/dust accumulation, or rain between the rails.

In addition to the inductive transfer system, Bombardier states that the Primove solution is designed to use super-caps. This allows :

- Storage of energy during regenerative electrical braking,
- Assistance to power supply during acceleration phase,
- Reduction of maximum power transfer between board and track



24

## Bombardier at Bautzen (Germany) Bombardier's Primove solution



### 3. Risks identification

- Bombardier's Primove catenary free system Primove is not yet in revenue service, but it has been under evaluation on the test track since September 2008.
- This test track is approximately 850 m long, with a section of approximately 550 m equipped with PRIMOVE system.
- Bombardier will continue testing the prototype of Primove system in Bautzen 2010.
- The BOMBARDIER Primove project will be tested at Augsburg in Germany. It will be installed on 0.8 km. This project must show the technical capacity and the electromagnetic compatibility in urban environment.
- Primove installation works will begin at Augsburg in the summer 2010.

25

## Bombardier at Bautzen (Germany) Bombardier's Primove solution

### 3. Risks identification

- The Primove allows in theory catenary free section of any length.
- Energy efficiency is improved by the use of regenerative braking, and the power peaks are reduced.
- The supercaps energy storage device is not yet installed and tested on the prototype.
- The Primove fixed coil covers, located between the rails, have to be resistant to road vehicles traffic in junction areas.

26

## Translohr Wireless Power System (Wipost)

### 1. Introduction

- The Wipost works on the reverse aerial contact line principle.



27

## Translohr - Wipost

### 2. Main technical characteristics of the Translohr

- The aerial contact line will install on the rolling stock roof. The Translohr electrical power supply could be provided by lighting equipments (very simply pantograph).
- Electrical post (mast), which combined lighting and tramway power supply, are located at regular intervals (between 18 m and 39 m).
- Supercapacitors are installed on the Translohr for crossing some areas without mast and reducing Translohr energy consumption. The braking energy is recovered.

28

## Bombardier at Bautzen (Germany) Bombardier's Primove solution

### 3. Risks identification

- Virtual rolling stock.

### CONCLUSION

- The present document analyses individually power supply innovative technologies for Tramway or LRT lines.
- The main factors which will decide between the various technologies are :
  - Dependence to weather condition
  - Industrial capacity for deliver the solution as per project time schedule
  - Level of technical development
  - Compliance with project requirements
  - Performances
  - Cost
  - Impact on other subsystems or parties