

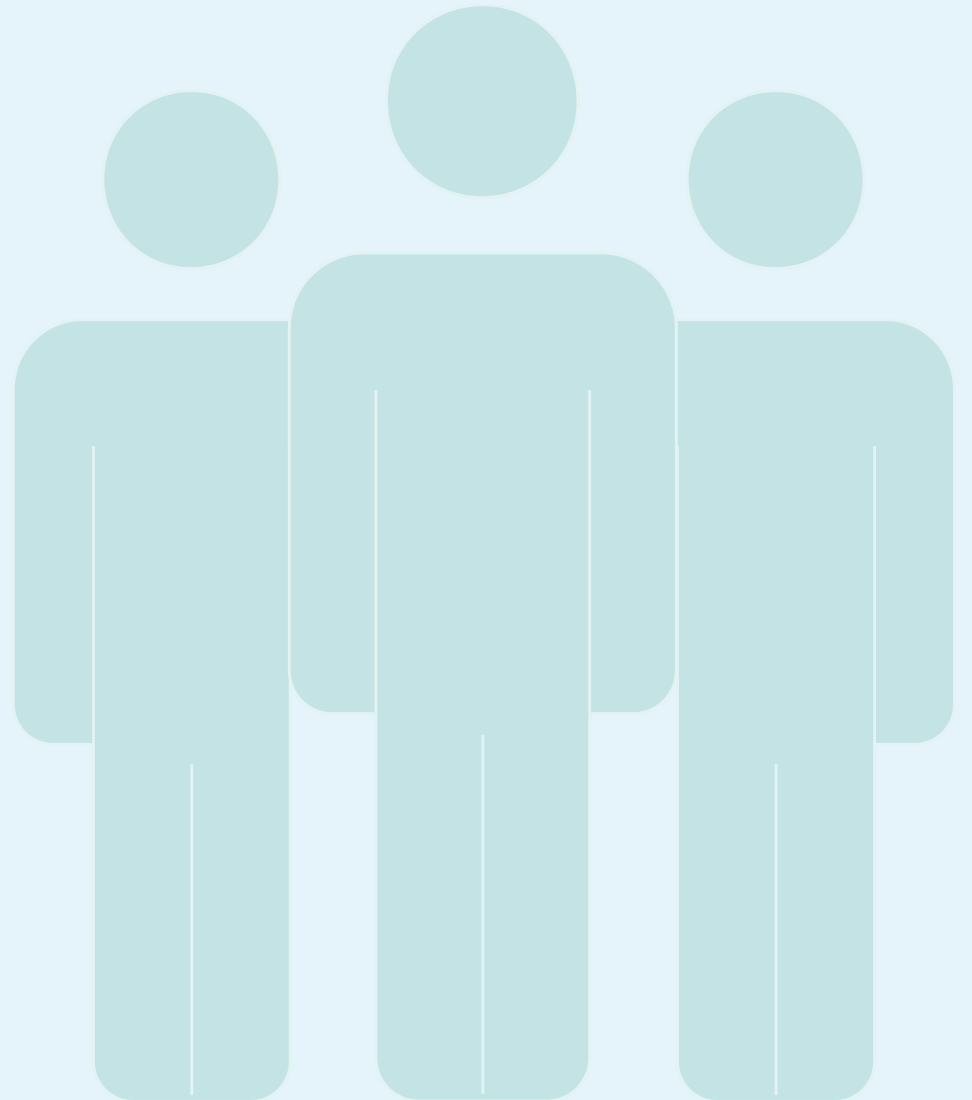
REM de l'Est

Analyse synthèse – Alimentation électrique

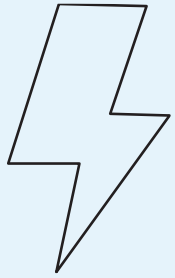
2021

Filiale de la Caisse de dépôt et placement du Québec | cdpqinfra.com

Ce document constitue de l'information privilégiée et confidentielle, et ne peut être transmis ou communiqué sans le consentement préalable de la Caisse.



Contexte



REM =
métro léger
automatisé
électrique

2 options possibles pour
l'alimentation électrique :

- **Troisième rail**
contact avec un rail à
proximité des rails de
roulement
→ en 750 Vdc
- **Caténaires rigides
ou souples**
conducteurs en cuivre
ou aluminium au-dessus des
voies et captage du courant
par pantographe
→ en 1500 Vdc



Paramètres à considérer

Les paramètres suivants sont considérés dans la section de la solution de captation:

Vitesse maximale d'exploitation	→ 100 km/hr
Conditions météorologiques	→ niveau d'enneigement, vitesse de vent, précipitations
Caractéristiques électriques	→ tension d'alimentation, courant, intégration des sous-stations
Tracé	→ Interface avec les aiguillages
Opérations & maintenance	→ fiabilité, disponibilité, maintenabilité
Intégration urbaine	→ facilité d'intégration
Sécurité du personnel (maintenance)	→ proximité des équipements électriques
Retour d'expérience	→ projets en exploitation dans un milieu équivalent ailleurs dans le monde

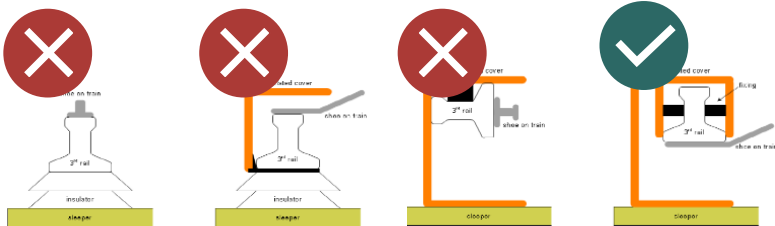


Le troisième rail

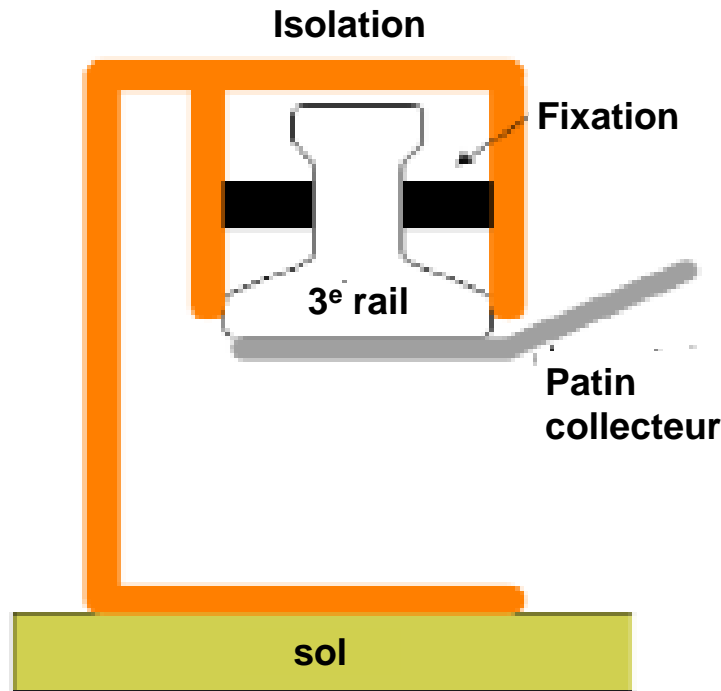
L'énergie (traction) est transmise aux trains le long de la voie ferrée au moyen d'un système situé au niveau du sol, constitué d'un 3^{ème} rail posé à proximité des rails de roulement.

4 configurations possibles pour un troisième rail :

contact avec le matériel roulant par le haut, par le haut avec capotage, par le bas ou sur le côté



Solution retenue pour fin d'analyse dans le contexte montréalais (neige) : **par le bas**



Exemple installation 3^{ème} rail



Vue en coupe 3^{ème} rail



Patin collecteur sur 3^{ème} rail



Le troisième rail – Retour d'expérience : Moscou

Recherche de références dans le monde :

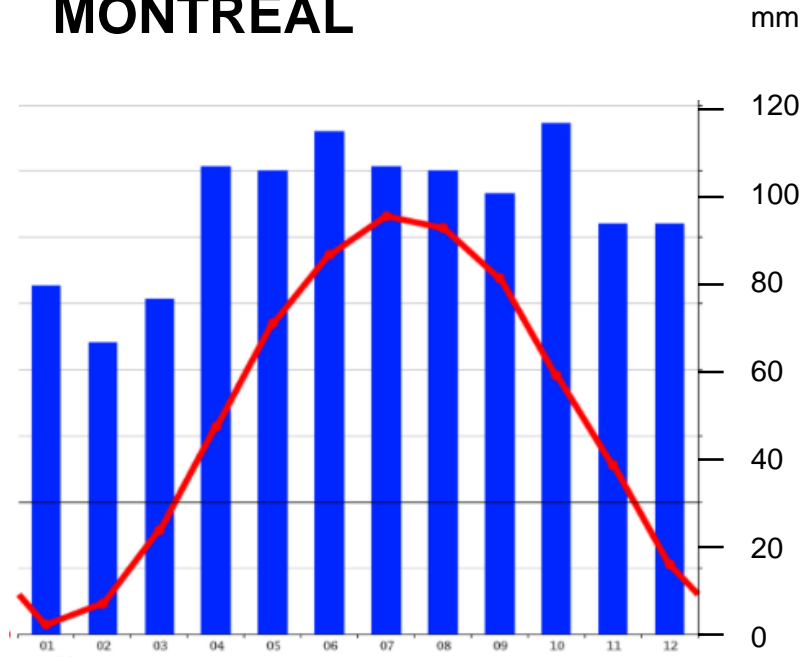
Moscou est la ville la plus près de Montréal pour les conditions météos

(même classification de climat selon Köppen-Geiger)

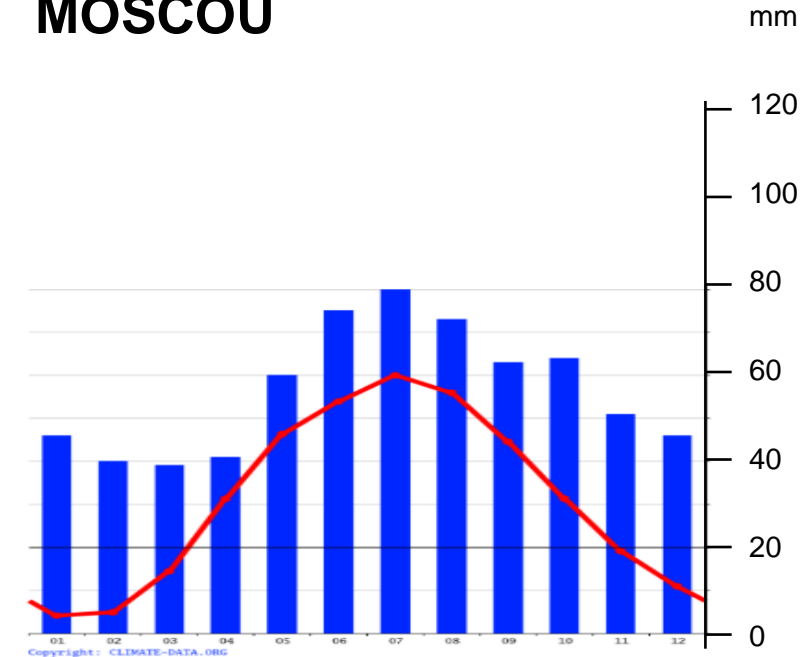
- Précipitations de neige maximales mensuelles enregistrées à Moscou = **1,5 à 2 fois inférieures** à celles de Montréal
- À 90% en tunnel ou au sol
- Pour les portions en aérien en zone peu urbanisée, la neige est projetée au sol

Ne peut constituer une référence

MONTRÉAL



MOSCOU



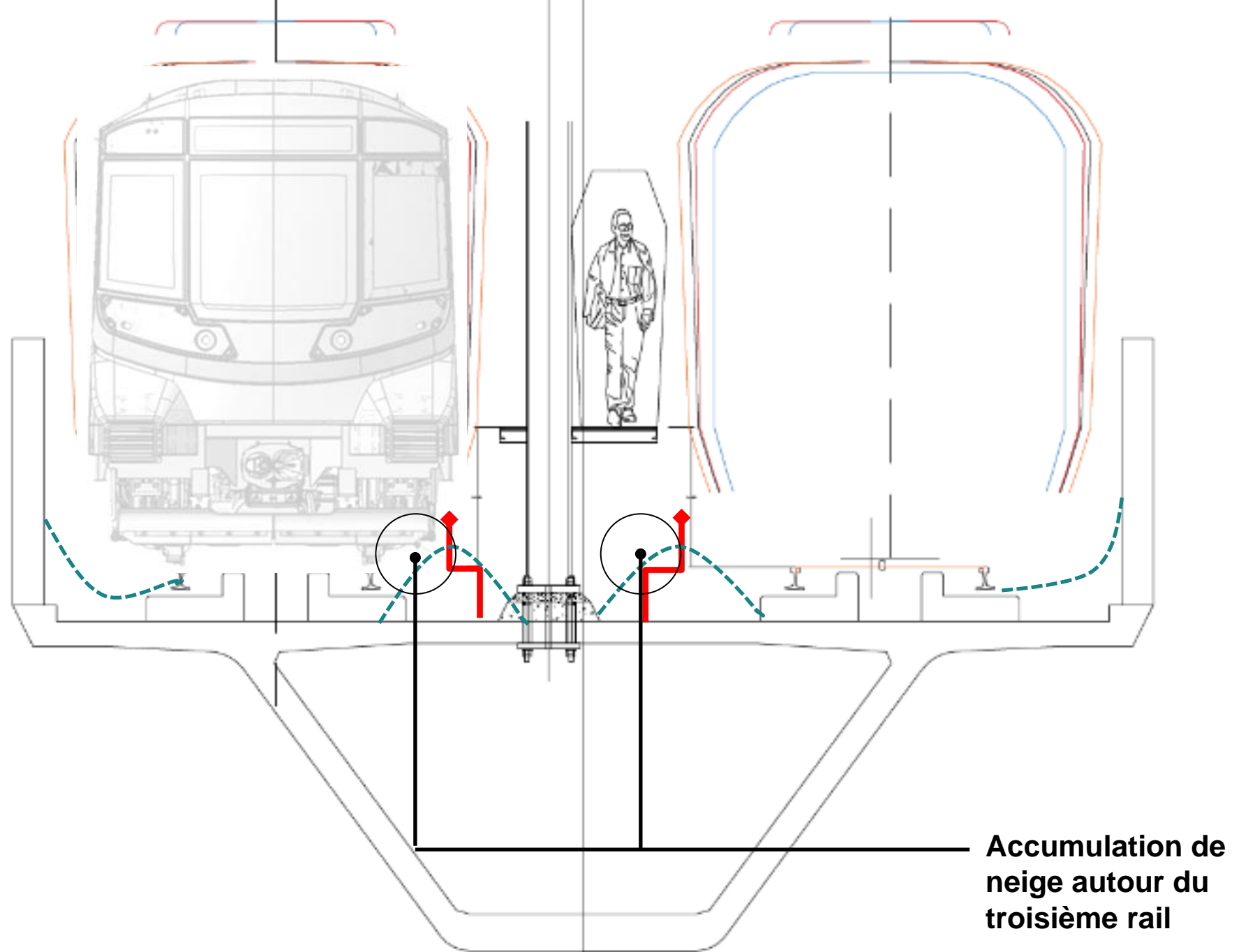
Le troisième rail

Niveau d'enneigement sur le rail extérieur accentué par le passage des trains

→ **accumulation de neige**

Méthodes de déneigement pendant les heures d'exploitation

→ **impact critique sur la disponibilité du service**



Contexte – Troisième rail

Aucun troisième rail dans le monde dans des conditions hivernales similaires à celles de Montréal (niveau d'enneigement moyen qui doit être supporté)

Tous les fournisseurs contactés confirment la non-existence d'un système de transport opérant avec un troisième rail dans les conditions de Montréal

PROBLÉMATIQUES PRINCIPALES

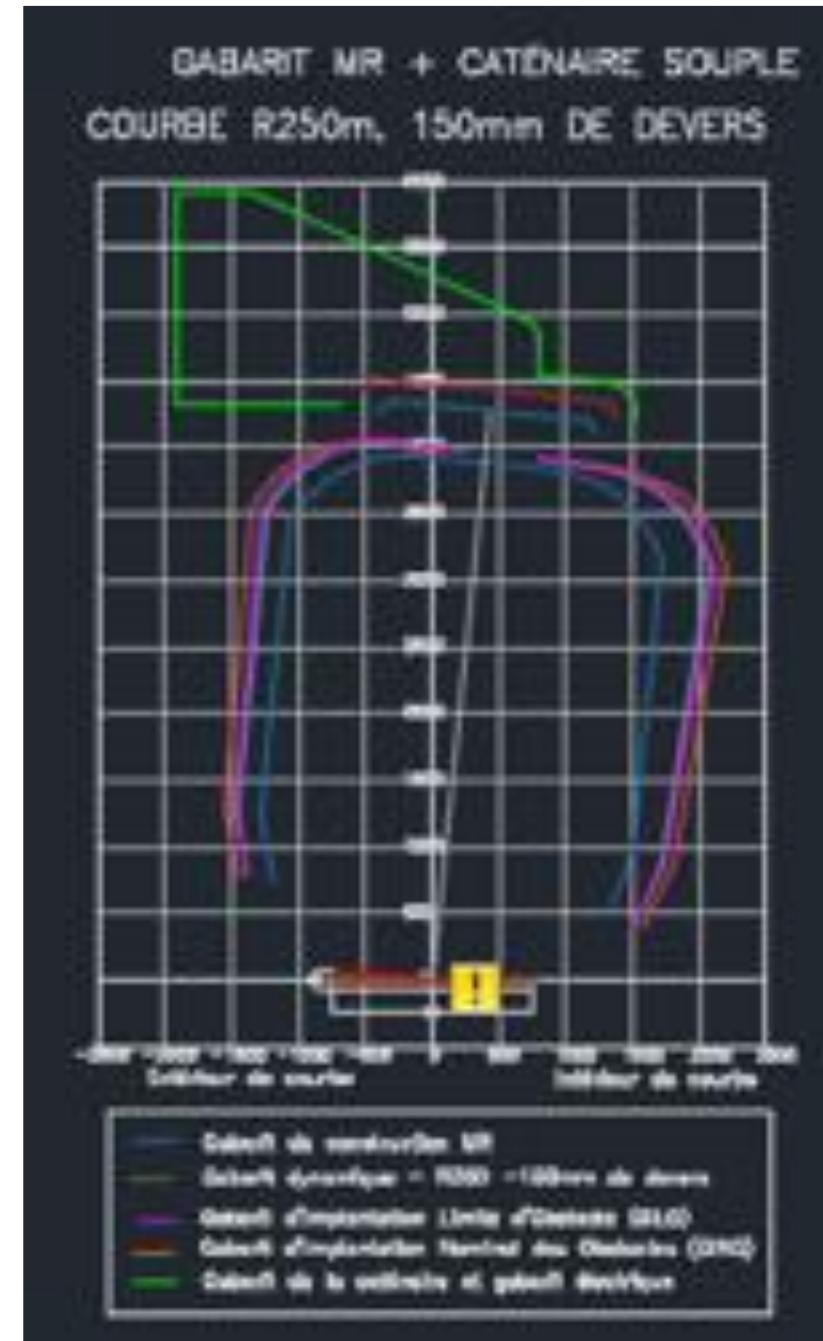
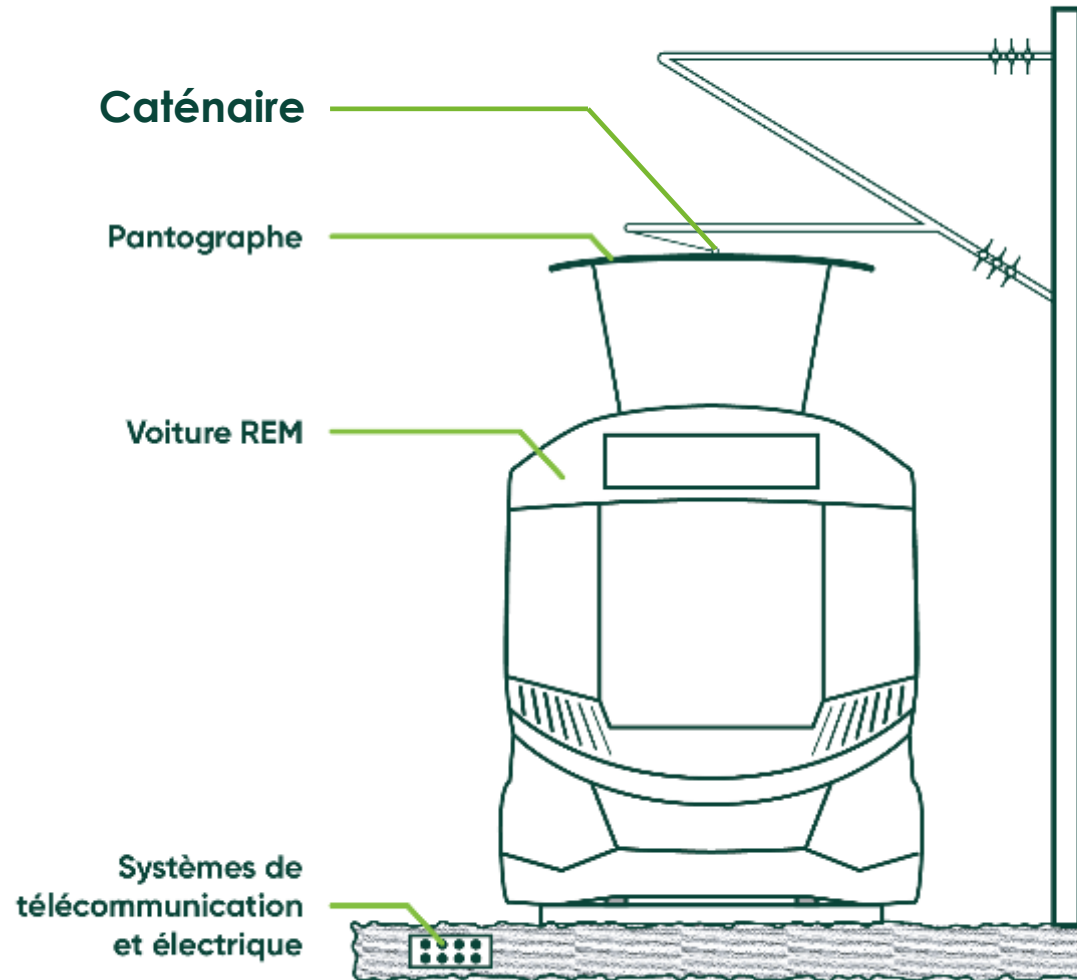
- Risque de gel entre les joints de dilatation, perte de la continuité électrique au niveau des appareils de voie, doublement du nombre de sous-stations électriques à intégrer au centre-ville
- Une perte de contact avec le troisième rail et le patin entraîne une création d'arc électrique qui peut les endommager et générer des déclenchements intempestifs des postes d'alimentation (disjoncteur)
- Un recouvrement partiel ou total de l'isolateur du troisième rail entraîne au mieux une augmentation du niveau des courants de fuite, au pire une coupure de l'alimentation sur défaut d'isolement

→ **Détérioration accélérée des infrastructures et impossibilité de garantir la fiabilité du réseau**

Caténaire

Système aérien positionnant un fil de contact nu (caténaire) au-dessus des voies. Le captage du courant est effectué par pantographe.

La hauteur du système doit respecter un dégagement réglementaire avec le matériel roulant et pour l'isolement électrique.



Configurations

En voie principale (sections aériennes et en tunnel pour le REM de l'Est), il existe 3 types de configurations :

Tramway – LAC
(Ligne aérienne de contact)






Caténaire légère souple - CAT



Caténaire rigide – PAC
(Profil aérien de contact)



Analyse comparative des différentes configurations

	Tramway - LAC	Caténaire souple - CAT	Caténaire rigide - PAC
Vitesse maximale d'exploitation	$v \leq 70$ km/h	$v \leq 200$ km/h	$v \leq 120$ km/h
Caractéristiques mécaniques	<ul style="list-style-type: none"> Fil de Contact Suspension au droit de chaque support uniquement Intervalles support: 20 à 50 m Dégagement vertical: 1,5 m 	<ul style="list-style-type: none"> Fil de Contact + Porteur Suspension au droit de chaque support + Pendules entre supports Intervalle support: 20 à 50 m Dégagement vertical: 2,25 m 	<ul style="list-style-type: none"> Profilé + Fil de Contact Suspension au droit de chaque élément de Profil aérien de contact Intervalle support: 10 m Dégagement vertical: 0,8 à 1,5 m
Caractéristiques électriques	<ul style="list-style-type: none"> Section électrique: 150 mm² Poste d'alimentation à intervalle de 1,5 km (750V) 	<ul style="list-style-type: none"> Section électrique: 407 mm² Poste d'alimentation à intervalle de 3 km (1500V) 	<ul style="list-style-type: none"> Section électrique: 1378 mm² Poste d'alimentation à intervalle de 3 km (1500V)
Exemples			

Caténaire

Compte tenu de la vitesse d'exploitation maximale du REM de l'Est à 100 km/h, la solution LAC ne peut être retenue.

Pour les sections en **aérien** :

Solution caténaire souple – CAT

















- Moins de poteaux pour soutenir les caténaires
- Capacité à affronter les conditions météorologiques
- Vitesse maximale de conception possible

Pour les sections en **tunnel** :

Solution caténaire rigide – PAC

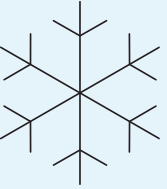
- Encombrement minimal compatible avec le diamètre du tube
- Possibilité rapide de dépose/repose du système caténaire par tronçon lors d'opérations de maintenance
- Durabilité









Analyse comparative

CRITÈRES	Caténaire souple - CAT	Solution 3 ^{ème} rail
Vitesse maximale d'exploitation		
Conditions météorologiques		
Caractéristiques électriques		
Tracé		
Opérations & maintenance		
Intégration urbaine		
Sécurité du personnel (maintenance)		
Retour d'expérience en milieu neigeux (équivalent à Montréal)		

Conclusion

Les conditions climatiques hivernales de Montréal ne permettent pas de concevoir le système d'alimentation par **troisième rail**



CRITÈRES CATÉNAIRE	EVALUATION	
Vitesse maximale d'exploitation		Compatible avec la vitesse maximale d'exploitation de 100 km/h
Conditions météorologiques		Méthodes préventives et correctives identifiées
Caractéristiques électriques		Minimisation du nombre de postes redresseurs (sous-stations électriques) – aux 3 km environ
Tracé		
Opérations & maintenance		Complexité d'entretien due aux conditions météorologiques
Intégration urbaine		Solutions disponibles sur le marché permettant d'optimiser l'intégration urbaine
Sécurité du personnel (maintenance)		Pas de mesures/consignes particulières, critère pris en compte dans la conception
Retour d'expérience		Nombreuses références en exploitation et panel de fournisseurs majeurs conséquent