

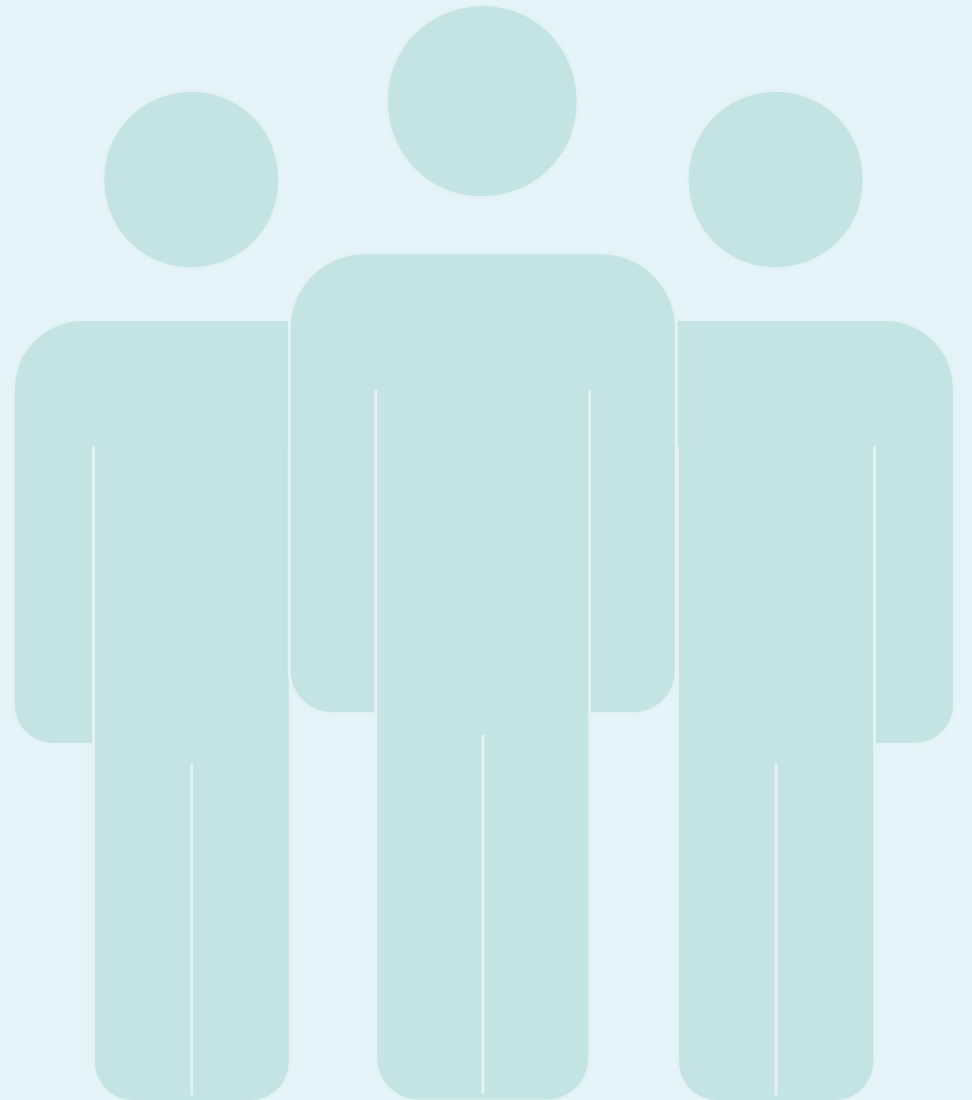
# REM de l'Est

Analyse synthèse – Alimentation électrique

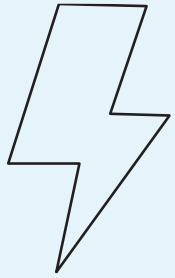
**2021**

Filiale de la Caisse de dépôt et placement du Québec | [cdpqinfra.com](http://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:

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



Exemple d'aiguillages

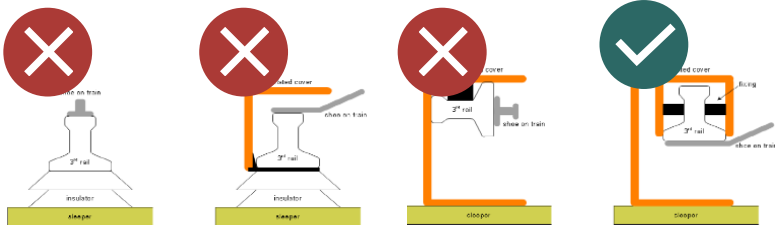


# Le troisième rail

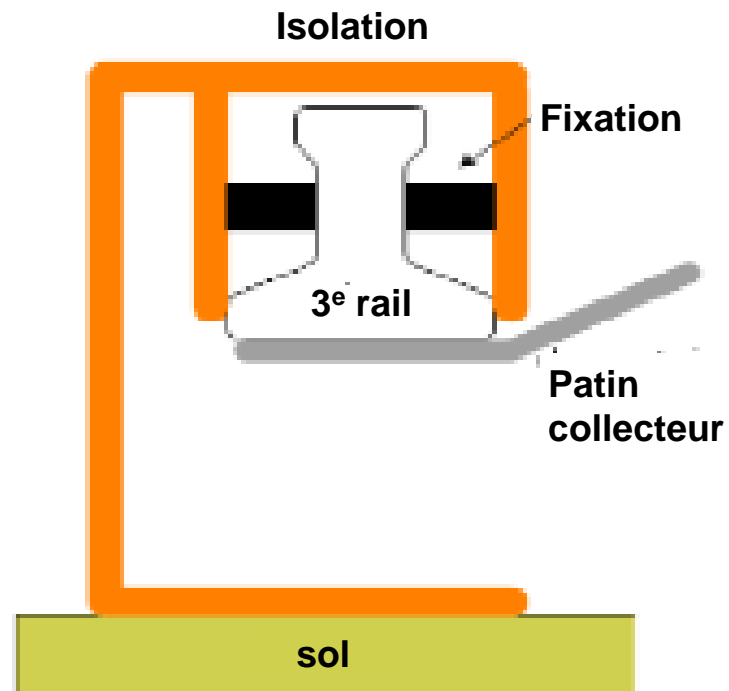
L'énergie (traction) est transmise aux trains le long de la voie ferrée au moyen d'un système situé au niveau du sol, constitué d'un 3<sup>ème</sup> rail posé à proximité des rails de roulement.

## 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<sup>ème</sup> rail



Vue en coupe 3<sup>ème</sup> rail



Patin collecteur sur 3<sup>ème</sup> rail



# Le troisième rail – Retour d'expérience : Moscou

## Recherche de références dans le monde :

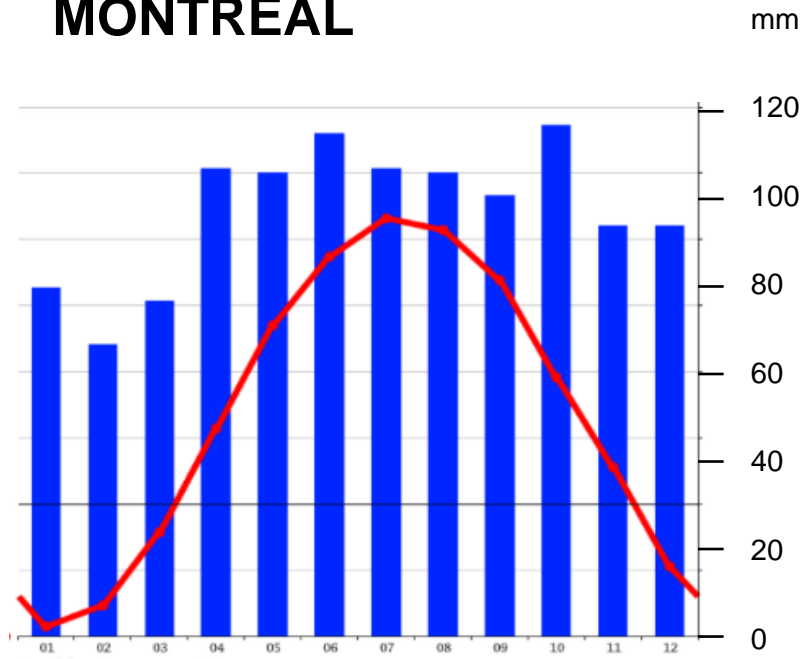
Moscou est la ville la plus près de Montréal pour les conditions météos

*(même classification de climat selon Köppen-Geiger)*

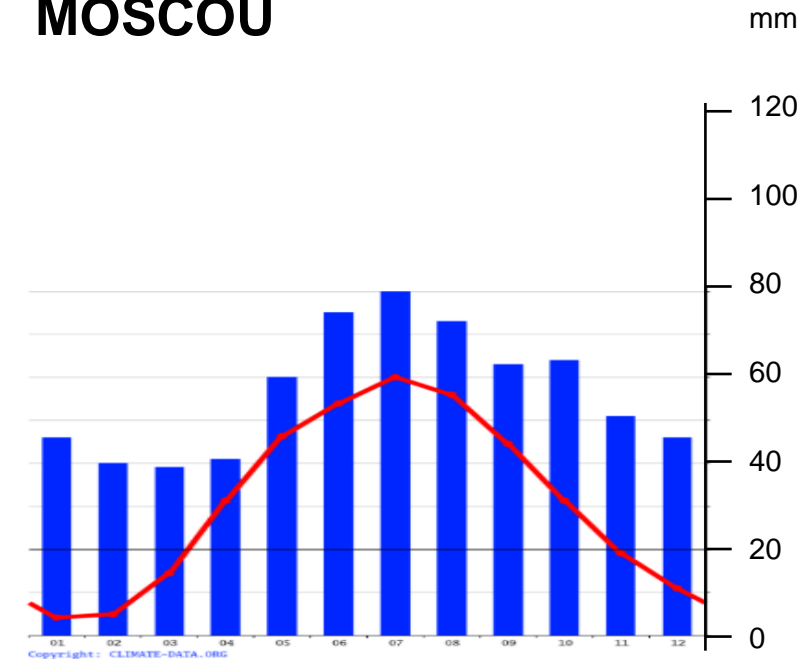
- Précipitations de neige maximales mensuelles enregistrées à Moscou = **1,5 à 2 fois inférieures** à celles de Montréal
- À 90% en tunnel ou au sol
- Pour les portions en aérien en zone peu urbanisée, la neige est projetée au sol

Ne peut constituer une référence

## MONTRÉAL



## MOSCOU



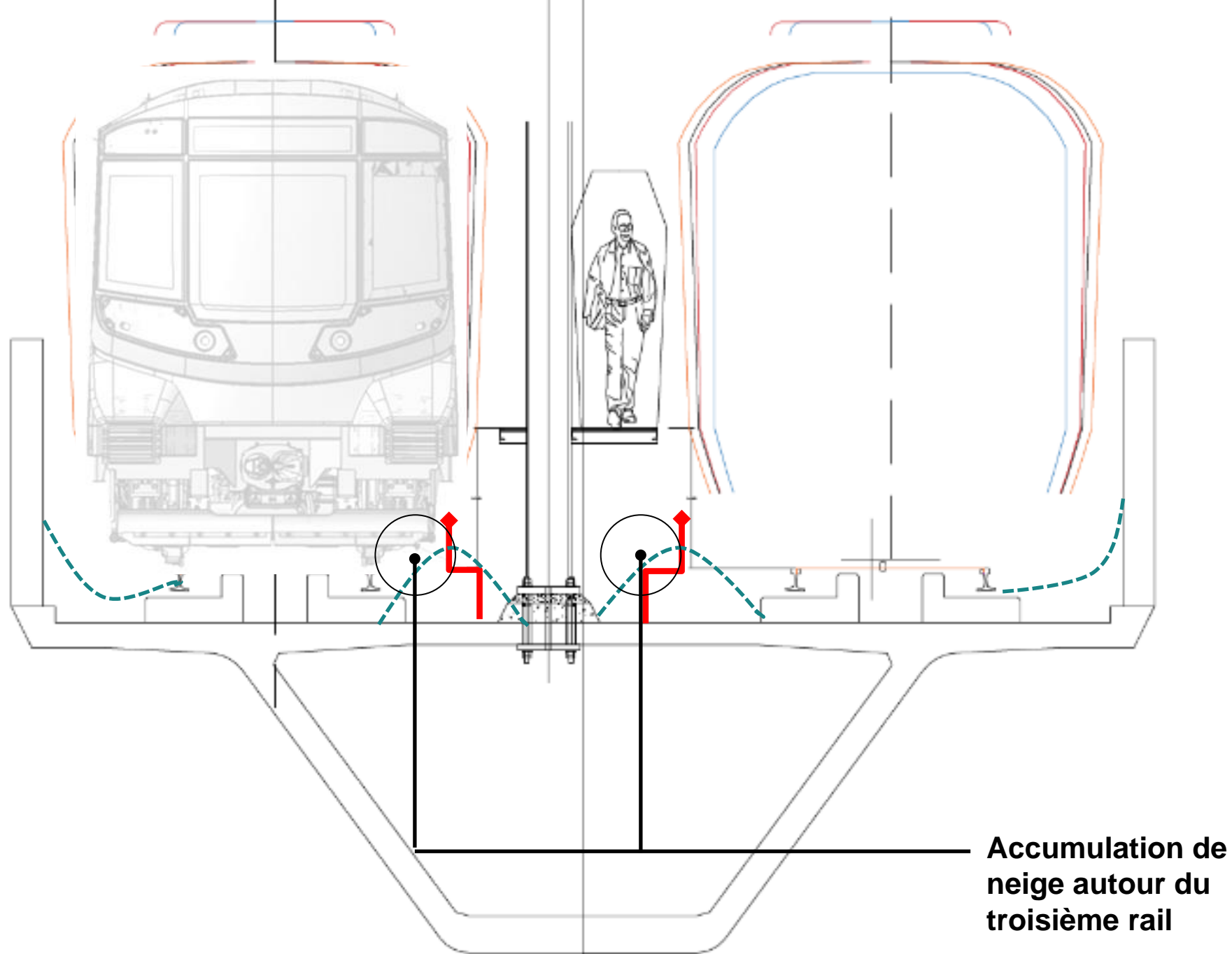
# Le troisième rail

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

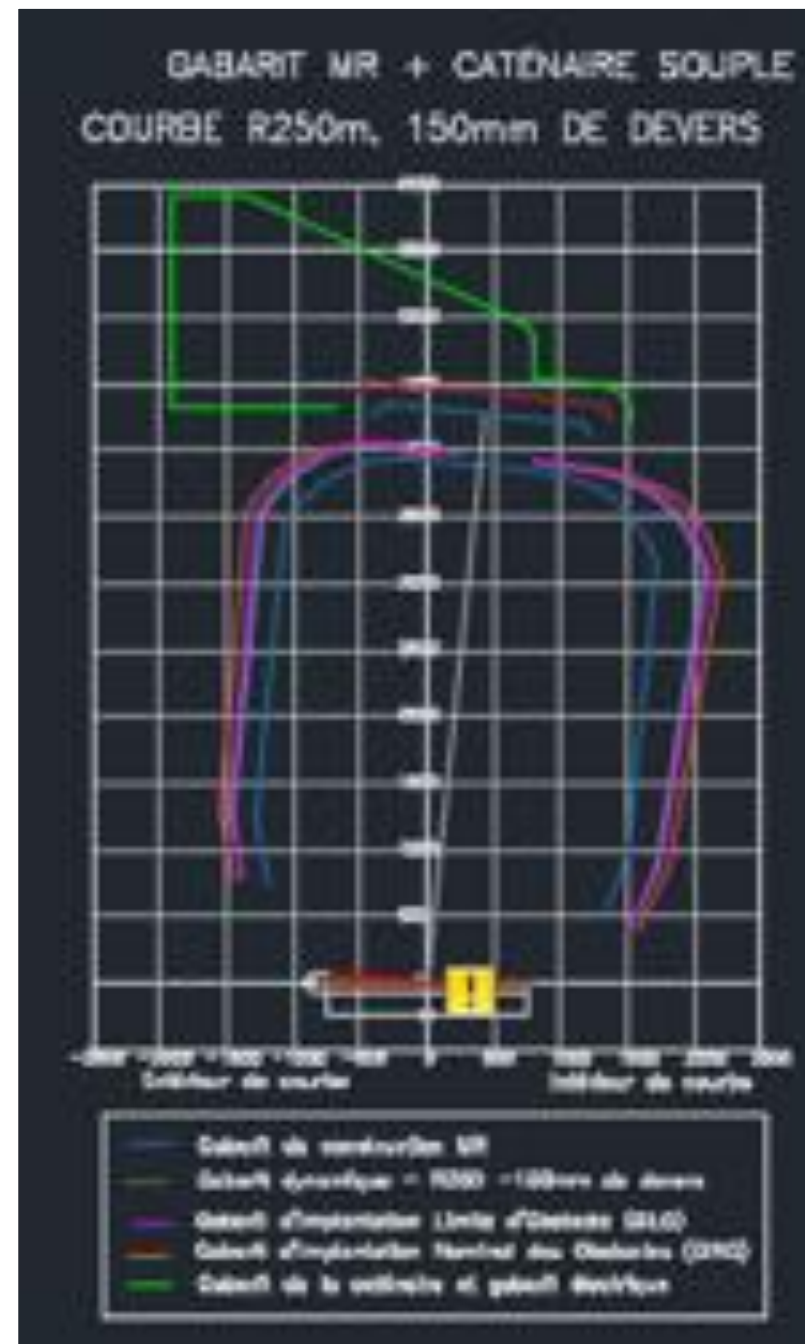
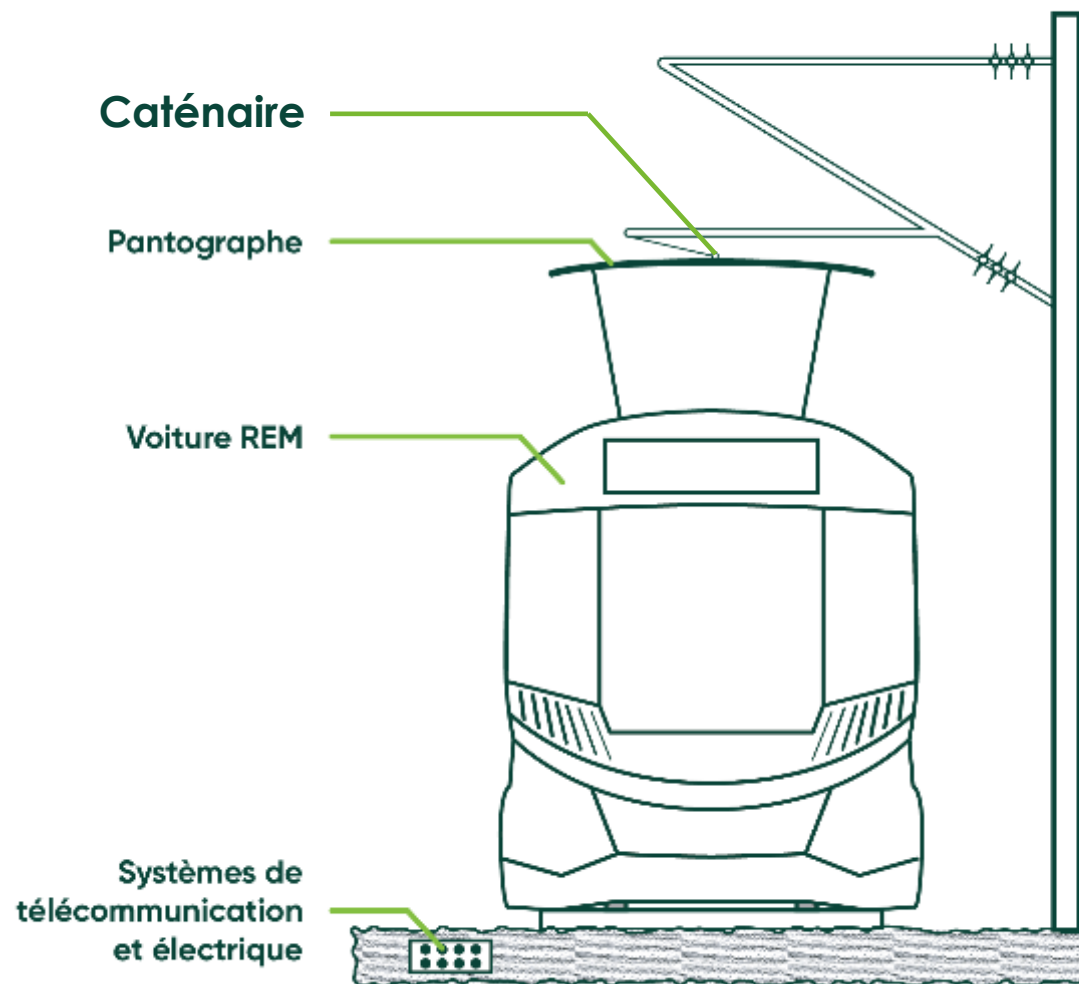
→ **Détérioration accélérée des infrastructures et impossibilité de garantir la fiabilité du réseau**



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

# 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



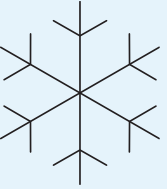
# Analyse comparative

| CRITÈRES  | Caténaire souple - CAT  | Solution 3 <sup>ème</sup> rail  |
|---|---|---|
| <b>Vitesse maximale d'exploitation</b>                                  |    |    |
| <b>Conditions météorologiques</b>                                       |    |    |
| <b>Caractéristiques électriques</b>                                     |    |    |
| <b>Tracé</b>  |    |    |
| <b>Opérations &amp; maintenance</b>                                     |    |    |
| <b>Intégration urbaine</b>  |  |  |
| <b>Sécurité du personnel</b> (maintenance)                              |  |  |
| <b>Retour d'expérience en milieu neigeux</b><br>(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

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