

24 octobre 2019

ANALYSE COMPARATIVE DES MODES DE TRANSPORTS LOURDS SUR RAIL



Contenu de la présentation



- 1. Mandat et objectifs**
- 2. Présentation des quatre modes de transport considérés**
- 3. Analyse préliminaire des quatre modes**
- 4. Analyse ciblée tramway et métro**
- 5. Conclusions**

1.



Mandat et objectifs

Mandat et objectifs



Mandat octroyé par le Bureau de projet

- Identifier le mode de transport optimal pour Québec sur la future ligne « Le Gendre – Charlesbourg », partie intégrante du réseau structurant de transport en commun (RSTC)

Objectifs

- Effectuer une analyse comparative entre **quatre solutions** de transport lourd sur rail, considérant :
 - La satisfaction de la demande
 - Les coûts
 - La qualité et le niveau de service
- Formuler une recommandation

2.



Présentation des quatre modes de transport considérés

Modes de transport lourds sur rail étudiés



Le tramway moderne



Modes de transport lourds sur rail étudiés



Le tramway moderne



Modes de transport lourds sur rail étudiés



Le tramway moderne



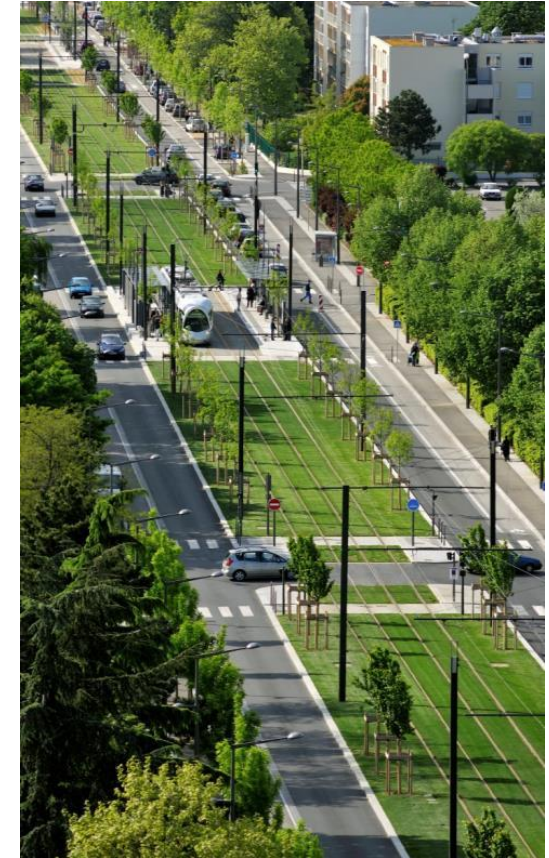
Besançon, Fr



Reims, Fr



Montpellier, Fr



Lyon, Fr

Modes de transport lourds sur rail étudiés



Le train léger sur rail



Tram-Train, Nantes



Modes de transport lourds sur rail étudiés



Le train léger sur rail



Portland, US, source: RyanLane_GettyImages



Ottawa, CA, source: PaulMcKinnon_Gettyimages



Charlotte, USA, source: PhotoSouth_Gettyimages



Perth, AU, source: Google Maps 2019



Perth, AU, source: BeyondImages_Gettyimages

Modes de transport lourds sur rail étudiés



Le monorail



Modes de transport lourds sur rail étudiés



Le monorail



Modes de transport lourds sur rail étudiés



Le monorail



Modes de transport lourds sur rail étudiés



Le métro souterrain



Lyon, Fr, Source: Laurent Cipriani, CAPA, 2019



Paris, Fr, Source: ©RATP-Denis Sutton

© - RATP - Denis Sutton

10492D10 - 18/04/2011

Modes de transport lourds sur rail étudiés



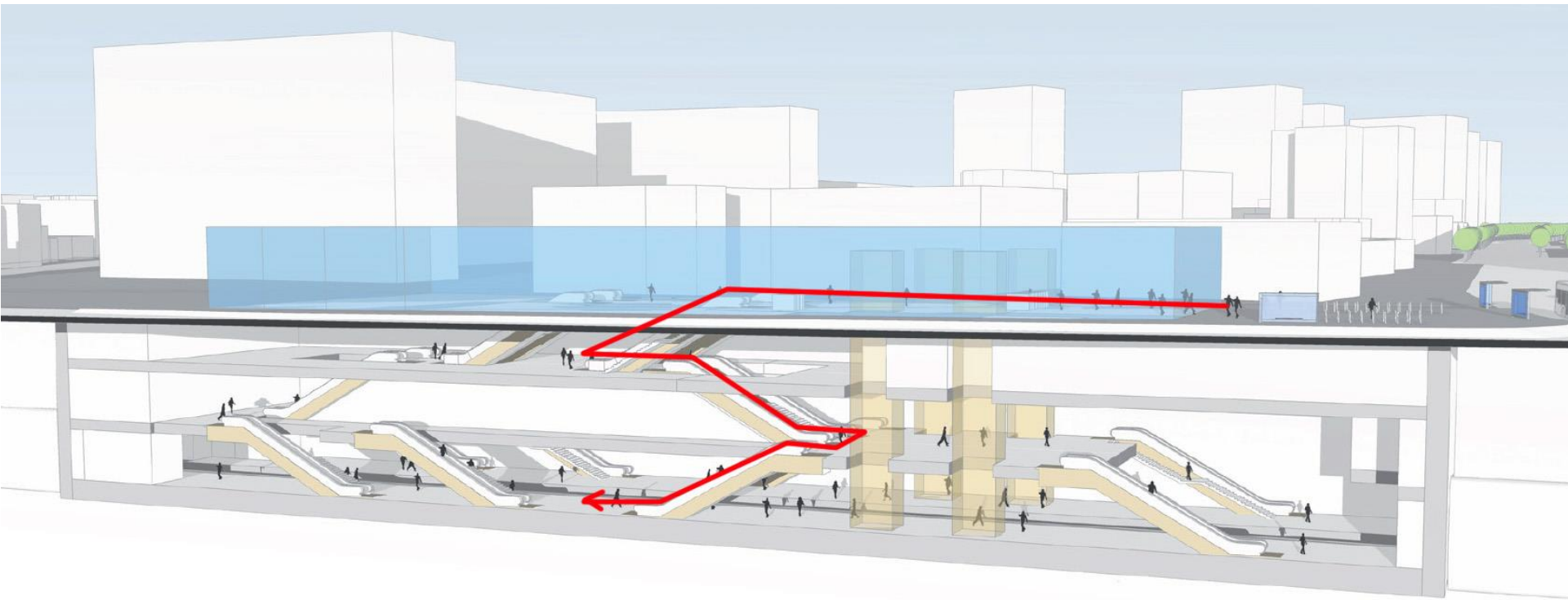
Le métro souterrain



Modes de transport lourds sur rail étudiés



Le métro souterrain



Modes de transport lourds sur rail étudiés



Synthèse

	Tramway	Train léger sur rail	Monorail	Métro
				
Spécificités	Circulation en site propre ou partagé, priorité aux intersections	Sans interaction avec le trafic de surface – Au sol ou en ouvrage	Ouvrage ou emprise dédié étanche à toute circulation	Ouvrage ou emprise dédié étanche à toute circulation
Fréquence maximale	3 minutes	1,5 minute	1,5 minute	1,5 minute
Capacité maximale (pphp*)	Jusqu'à 6 000	Jusqu'à 25 000	Jusqu'à 30 000	Jusqu'à 40 000 (voire +)
Vitesse commerciale	18 à 20 km/h (**)	30 à 40 km/h	25 à 40 km/h	25 à 50 km/h

*Passagers par heure par direction

** Moyenne observée, milieu urbain, inter station 400 m

3.



Analyse préliminaire des quatre modes

Analyse préliminaire



Critères retenus pour les quatre modes principaux :

- Conditions d'insertion
- Fiabilité
- Disponibilité technologique
- Coûts



Conditions d'insertion :

- Sites patrimoniaux classés : Vieux-Québec et Trait-Carré
- Traversée d'autoroutes : Duplessis, Henri-IV et Félix-Leclerc
- Utilisation d'artères principales : chemin des Quatre-Bourgeois, 1^{re} Avenue, boulevards Laurier et René-Lévesque
- Dénivellations importantes : secteurs Vieux-Québec et colline Parlementaire, Saint-Rodrigue et Trait-Carré, Plateau et Pointe-de-Sainte-Foy
- Autres éléments : largeur des rues, relief, barrières naturelles, nature du sol et contraintes géotechniques

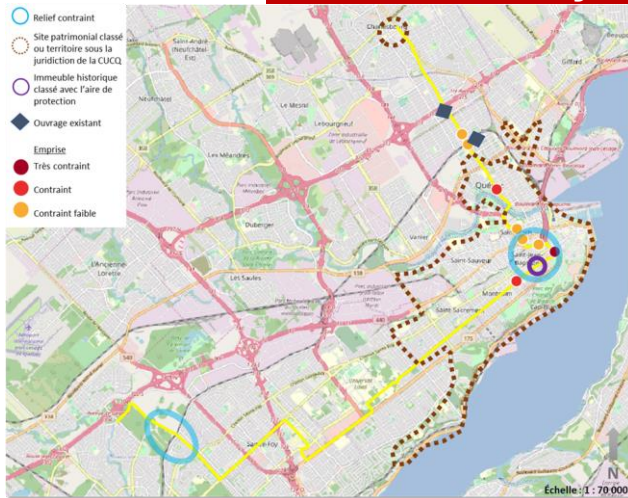
Critères d'analyse



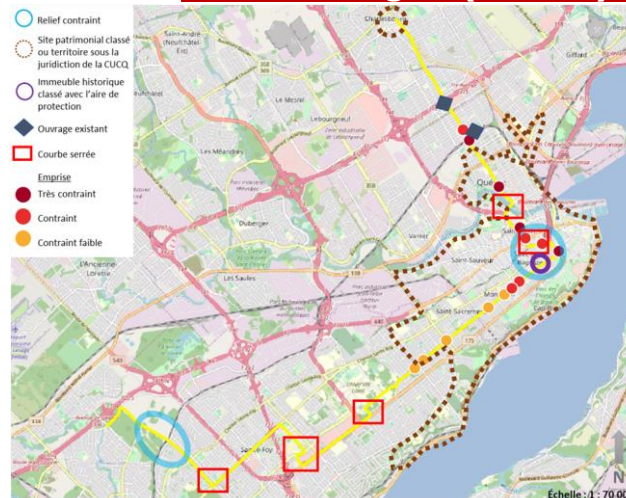
- Relief contraint
- Site patrimonial classé ou territoire sous la juridiction de la CUCQ
- Immeuble historique classé avec l'aire de protection
- Ouvrage existant
- Courbe serrée
- Emprise
 - Très contraint
 - Contraint
 - Contraint faible

Points durs d'insertion identifiés

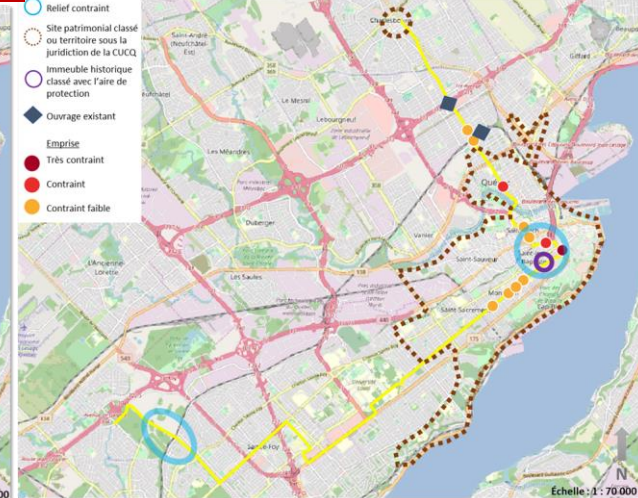
Tramway



Train léger (au sol)



Monorail



Métro

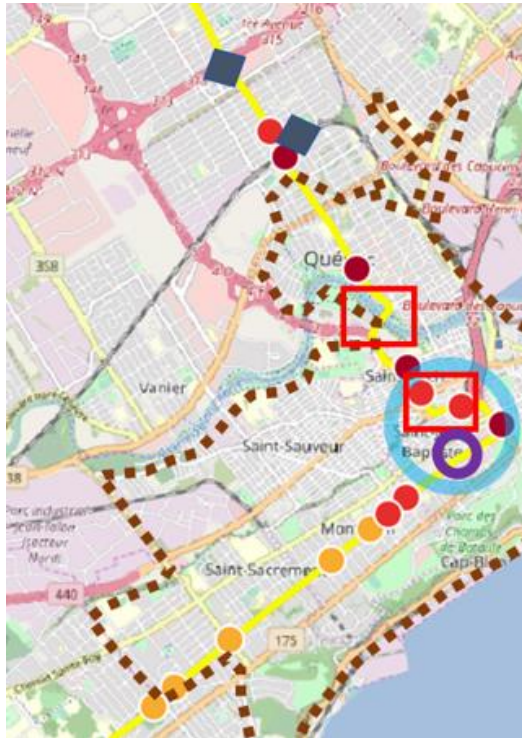
Site propre exclusif souterrain : peu d'impacts sur la surface, mais information insuffisante quant à la nature des terrains traversés

Critères d'analyse

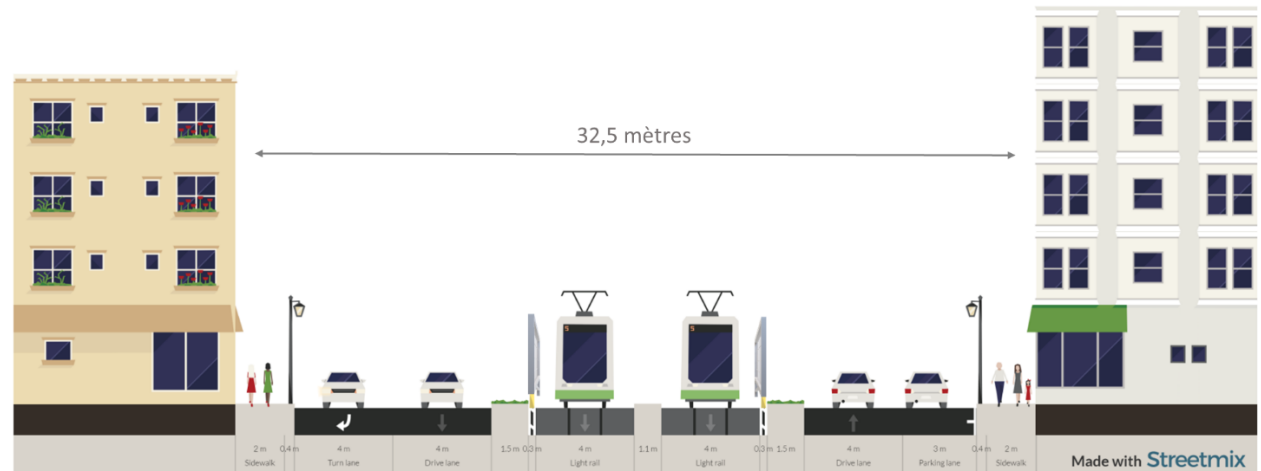


Points durs d'insertion identifiés – Focus train léger

Train léger (au sol)



- Relief contraint
- Site patrimonial classé ou territoire sous la juridiction de la CUCQ
- Immeuble historique classé avec l'aire de protection
- Ouvrage existant
- Courbe serrée
- Emprise
 - Très contraint
 - Contraint
 - Contraint faible



- Plusieurs secteurs où le gabarit est difficilement compatible avec les emprises actuelles
- Nombreuses courbes < 150m

Critères d'analyse



Fiabilité :

- Performances techniques
- Régularité (ponctualité et fréquence)
- Contexte climatique (hiver)

Critères d'analyse



Contexte climatique (hiver) :

Tramway et train léger

- Fiabilité bonne toute l'année, mais mesures à prendre lors de conditions climatiques hivernales extrêmes
- **Plan de déneigement** de la plateforme et des quais requis
- **Éléments de conception à prévoir** : réchauffage des aiguillages, centres d'entretien clos et chauffés, matériel roulant bien isolé, etc.



<https://www.raitio.org/suomen-raitiotiet-ja-raitiovaunut/helsingin-raitiotiet/raitiovaunut-hkl/kalusto/tyovaunut/hkl-2010-2012/>

Critères d'analyse



Contexte climatique (hiver) :

Monorail

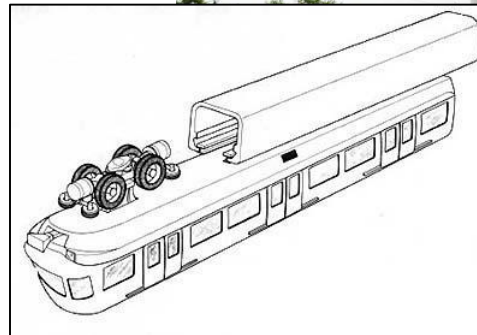
- Pas de système en exploitation dans de telles conditions
- Seul exemple à Moscou, fermé en 2017
- Système surélevé soumis aux intempéries, particulièrement à la neige
- Système « suspendu » moins soumis aux aléas climatiques, mais très peu répandu

Métro souterrain

- Aucune mesure particulière



PHOTOGRAPHE_GettyImages





Disponibilité technologique

Tramway, train léger, métro

- Offre riche avec de nombreux constructeurs
- Matériel et systèmes matures et éprouvés
- Nombreuses lignes en exploitation dans le monde
- Technologies d'infrastructure multiples et bien maîtrisées (pose de voies pour tramway et train léger sur rail, tunneliers pour métro)

Monorail

- Technologie propriétaire (même si assez répandu à travers le monde)
- Matériels incompatibles avec le système concurrent
- Menace pour la maintenabilité / durabilité à long terme

Critères d'analyse



Coûts

Investissement, renouvellement, exploitation et entretien

	Tramway	Train Léger	Monorail	Métro
Coût d'investissement (M\$ / km)	de 25 à 45	de 45 à 65	de 45 à 70	de 100 à 200
Coût d'exploitation (\$/veh.km)	de 10 à 15	de 15 à 24	de 6 à 16	de 11 à 17

Source: SYSTRA. Coûts moyens de projets en service aujourd'hui

Résultats de l'analyse comparative



Synthèse des critères analysés

	Tramway	Train léger (au sol)	Monorail	Métro souterrain
				
Conditions d'insertion	+	---	-	+++
Fiabilité (hiver)	+	+	---	+++
Disponibilité technologique	+++	+++	---	+++
Coûts	+++	---	+	---

Mode retenu
pour analyse approfondie

Mode retenu
pour analyse approfondie

4.



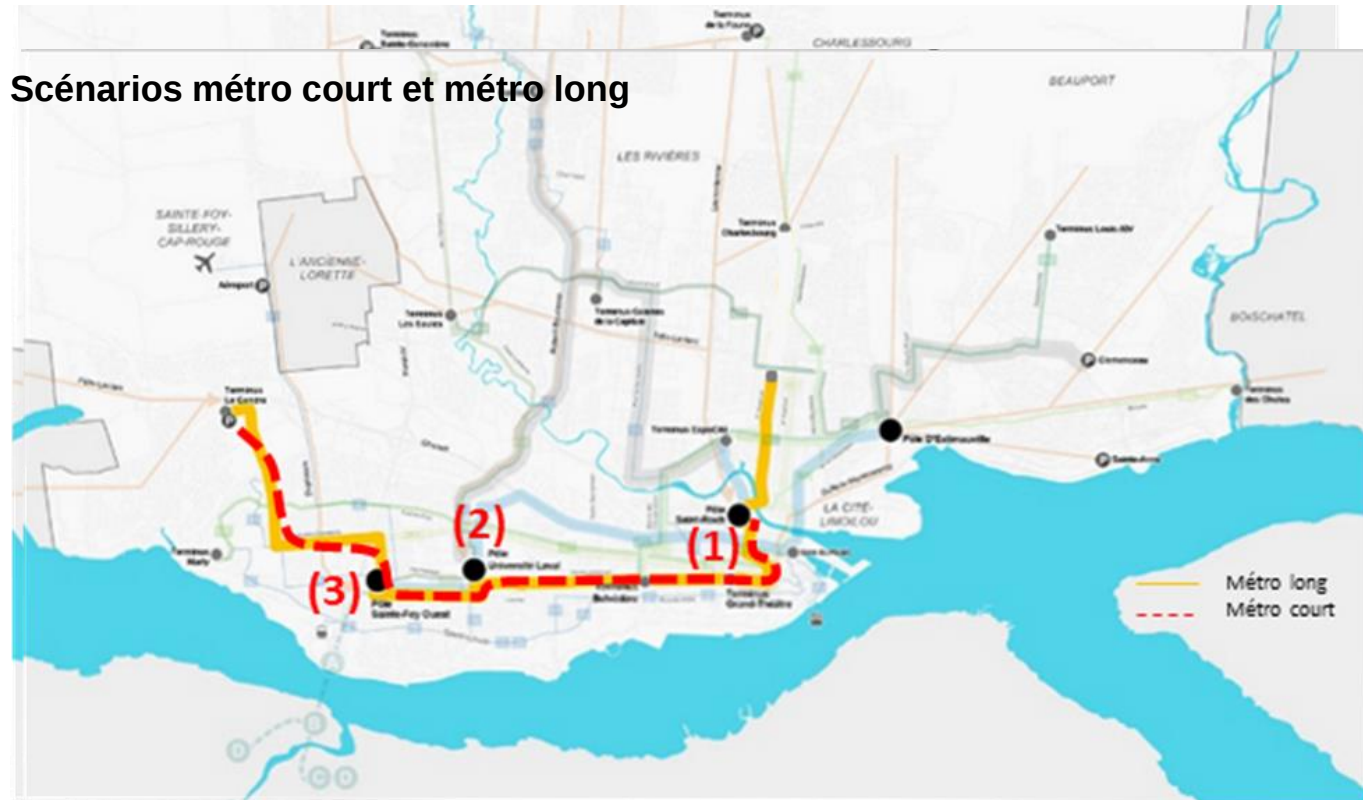
Analyse ciblée tramway et métro



Trois scénarios étudiés

- Tramway (23 km)
- Métro tracé court (16,3 km)
- Métro tracé long (20,5 km)

Scénarios métro court et métro long



Capacité du système au regard de l'achalandage attendu



Tramway

2026				2041		
Charge maximale anticipée (heure de pointe)*				3 600		
Fréquence	3 min	4 min	5 min	3 min	4 min	5 min
Capacité (260 passagers)**	5 200 (62 %)	3 900 (82 %)	3 120 (103 %)	5 200 (69 %)	3 900 (92 %)	3 120 (115 %)

- Scénario optimal : un tramway toutes les 4 minutes en pointe

*Analyse basée sur le modèle d'achalandage réalisé par le RTC

**Taux de confort : 3,3 personnes / m²

Capacité du système au regard de l'achalandage attendu



Métro - tracé court

2026				2041		
Charge maximale anticipée (heure de pointe)*				3 600		
Fréquence	3 min	4 min	5 min	3 min	4 min	5 min
Capacité (900 passagers) **	18 000 (20 %)	13 500 (27 %)	10 800 (33 %)	18 000 (23 %)	13 500 (31 %)	10 800 (39 %)

Métro - tracé long

2026				2041		
Charge maximale anticipée (heure de pointe)*				3 700		
Fréquence	3 min	4 min	5 min	3 min	4 min	5 min
Capacité (900 passagers) **	18 000 (21 %)	13 500 (27 %)	10 800 (34 %)	18 000 (23 %)	13 500 (31 %)	10 800 (39 %)

- Quelque soit le scénario, un métro standard est surdimensionné par rapport à la charge attendue, en conservant le même niveau de service que le tramway

Capacité du système au regard de l'achalandage attendu



Métro (tracé court ou long)

- Scénarios possibles
 - Rame longue (900 passagers) avec une fréquence de 13 minutes

Ou

- Rame courte (300 passagers, ~ 40 m) avec une fréquence de 4 minutes



Trois facteurs à considérer pour absorber une montée en charge

	Tramway	Métro
Augmenter la fréquence sans dégrader la régularité	Limite théorique de fréquence supérieure ou égale à 3 min	Limite théorique de fréquence supérieure ou égale à 1,5 min
	En cas de fréquence trop importante, des difficultés d'exploitation sont prévisibles le long du tracé Garantir une priorité aux feux tricolores deviendra difficile	
Augmenter la capacité de la rame	Ajout de modules (*)	Couplage de voitures (**)
Jouer sur le maillage du réseau	Intermodalité et interconnexion entre plusieurs modes existants ou futurs	

(*) sous réserve de la longueur des quais

(**) le rallongement des rames est très complexe et coûteux *a posteriori*, si cela n'a pas été prévu dans la conception des quais

5.



Conclusions

Conclusions

Synthèse des critères analysés

	Tramway	Métro
		
Conditions d'insertion	+	+++
Fiabilité (hiver)	+	+++
Disponibilité technologique	+++	+++
Coûts	+++	---
Capacité au regard de l'achalandage attendu	+++	+++ + Selon le type de métro
Évolutivité	+++	+++

Système retenu

Tramway répond à l'ensemble des critères :

- Capacité adaptée à la demande, y compris à long terme
- Fiabilité bonne toute l'année
- Nombreux constructeurs, pas de risque technologique
- Coûts 4 à 5 fois moins élevés que le métro souterrain
- Opportunité de requalification de l'espace urbain, maillage aisé avec le réseau de surface (intermodalité), accessibilité optimale

Conclusions



Synthèse des critères analysés

	Tramway	Métro
		
Exigences d'insertion et difficultés de construction	+	+++
Fiabilité	+	+++
Disponibilité technologique	+++	+++
Coûts	+++	---
Capacité au regard de l'achalandage attendu	+++	+++ + Selon le type de métro
Évolutivité	+++	+++

Système retenu

Métro souterrain

- Achalandage faible pour justifier un métro de façon évidente
- Système très performant, mais coûteux du fait des ouvrages à prévoir
- Coûts très dépendants de la profondeur du tunnel et d'autres facteurs (nature des sols, position des nappes, etc.)



LA CONFIANCE TRANSPORTE LE MONDE