

ETUDES TECHNIQUES  
RELATIVES À LA  
DESSERTE DU  
PLATEAU DE BRABOIS

Avenue Jean Jaurès,  
Avenue du G. Leclerc  
Avenue Paul Muller

## OBJET DU DOCUMENT

Ce document compile les études techniques réalisées entre 2016 et 2018 relatives à la desserte du plateau de Brabois par un **tramway fer** via les avenues Jaurès, Leclerc ou Muller. Ces études ont permis par un travail d'analyse des avantages / inconvénients de chaque solution de définir la solution la plus adaptée pour la desserte du plateau de Brabois.

La solution retenue par la Métropole du Grand Nancy dans le cadre du projet de Nouveau Tramway du Grand Nancy n'est pas présentée dans ce document mais au sein du dossier d'enquête publique.

Ces études ont fait l'objet d'un second regard en 2019 réalisé par TTK.

## SOMMAIRE

Les études sont proposées dans l'ordre chronologique :

- mars 2016 - **Etude d'EGIS par l'avenue Jean Jaurès** à Vandœuvre-lès-Nancy
- mai 2016 - **Etude d'EGIS par l'avenue Paul Muller** à Villers-lès-Nancy
- avril 2017 - **Etude d'EGIS par l'avenue Général Leclerc** à Vandœuvre-lès-Nancy (en site propre, en site partagé avec l'automobile, en voie unique)
- mars 2018 - **Expertise complémentaire de TTK par l'avenue Général Leclerc** à Vandœuvre-lès-Nancy
- juillet 2018 - **Approfondissement de l'étude TTK par l'avenue Général Leclerc** à Vandœuvre-lès-Nancy par beTRAM dans le cadre du comité de suivi
- 
- juillet 2019 - Second Regard réalisé par TTK sur les variantes par l'avenue Paul Muller et par l'avenue Général Leclerc (en site propre, en site partagé avec l'automobile, en voie unique)

**Étude d'EGIS par  
l'avenue Jean  
Jaurès**

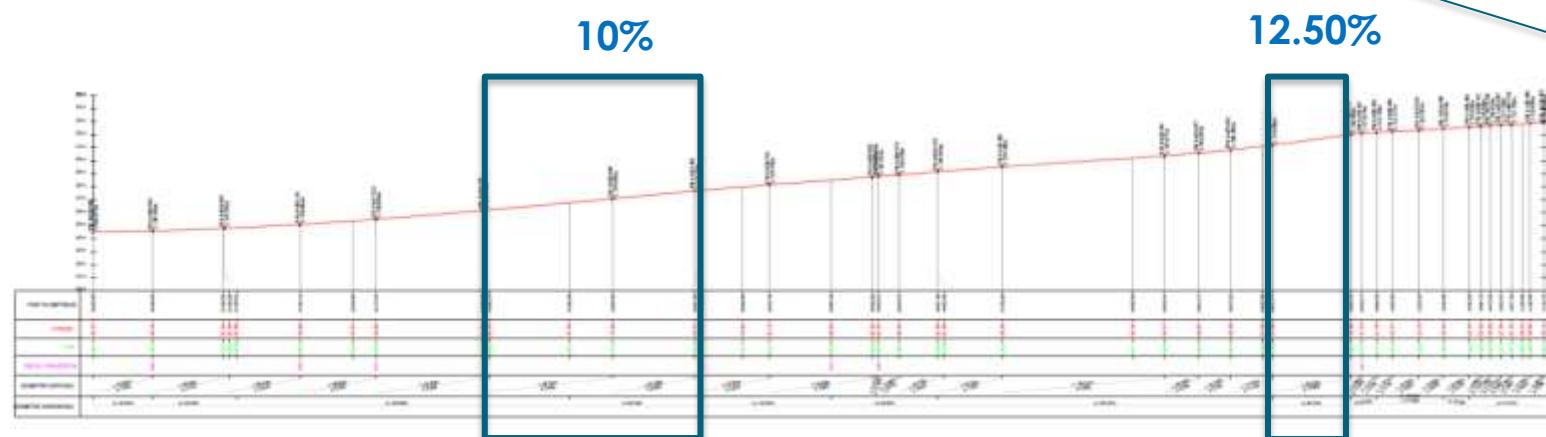
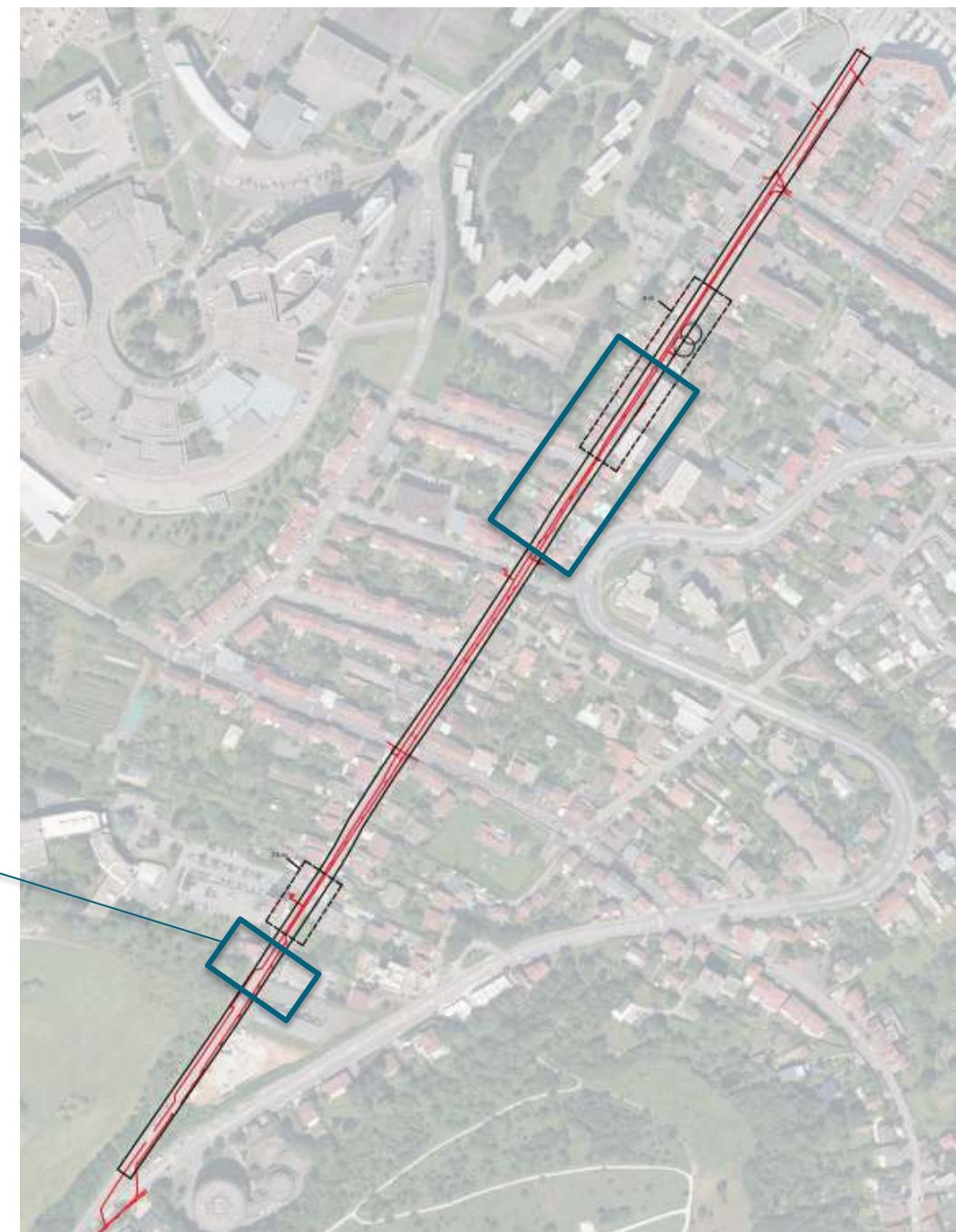
# ETUDES PRÉALABLES DÉTAILLÉES LIGNE 1

MONTÉE PAR JEAN JAURÉS

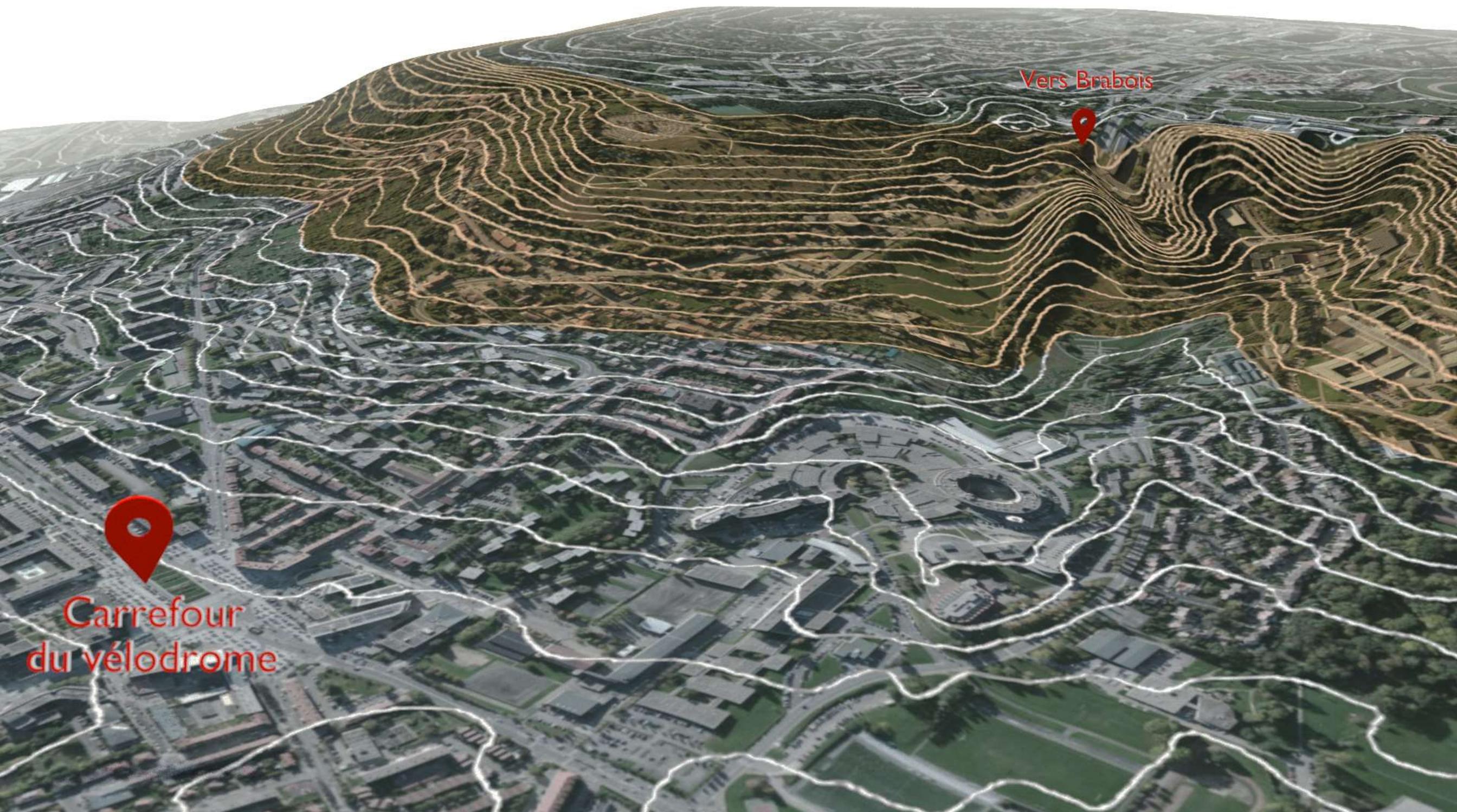
25/03/2016

# JAURÈS - CONTRAINTES EXISTANTES : PENTE

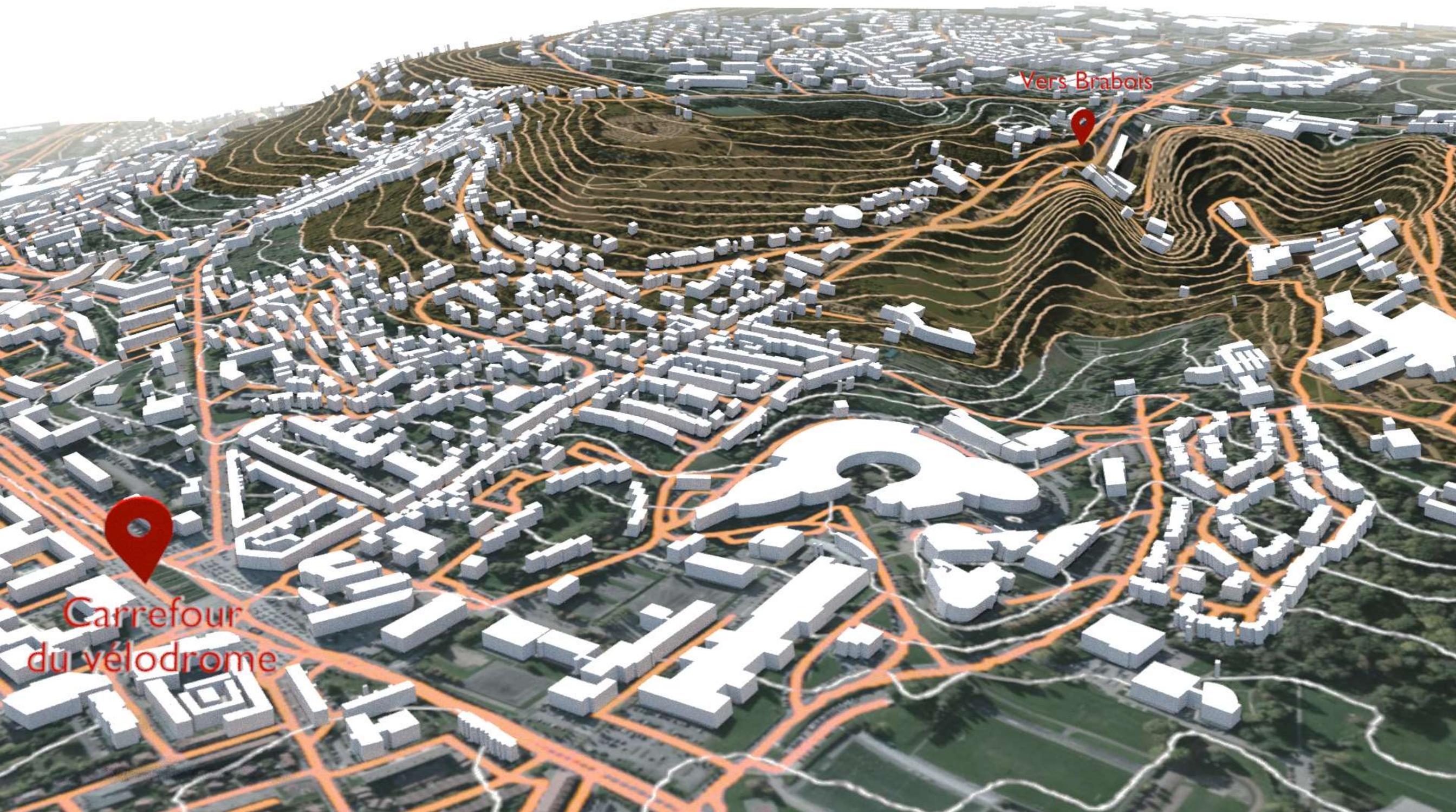
→ Deux secteurs à forte pente, supérieure à 8,5%  
(Pente maximale d'un tramway fer : 8,5%)



# JAURÈS - CONTRAINTES EXISTANTES : PENTE



# JAURÈS - CONTRAINTES EXISTANTES : PENTE



# JAURÈS - CONTRAINTES EXISTANTES : LARGEUR DE VOIRIE

→ Largeur de voirie moyenne de 13m, avec des sorties de véhicule en marche arrière sur la chaussée (70 parcelles concernées) **sans distance de recul suffisant pour assurer la sécurité d'un transport guidé (problème d'autorisation du STRMTG)**

→ **Obligation de réaliser des acquisitions foncières et des démolitions**



**Distance nécessaire**

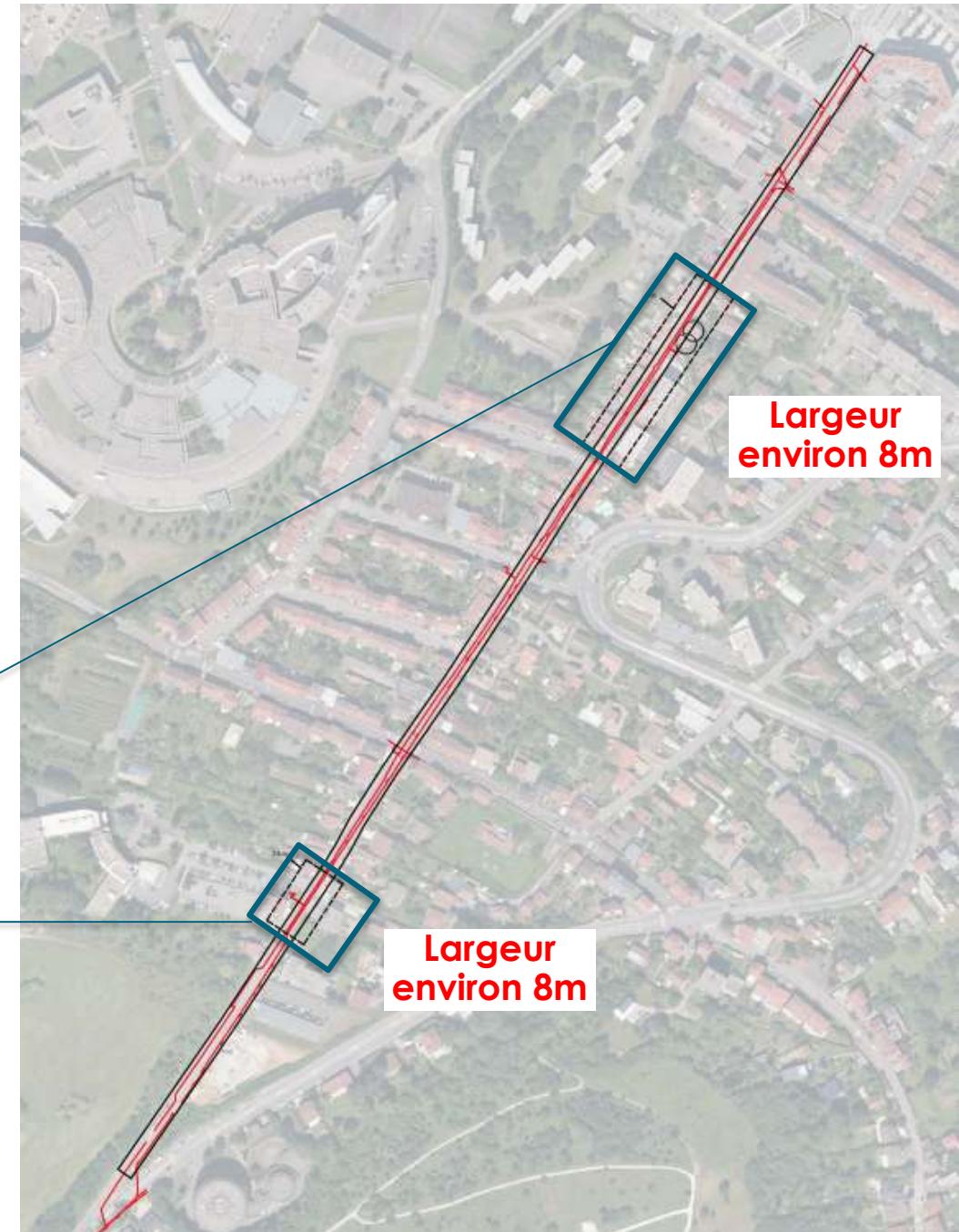
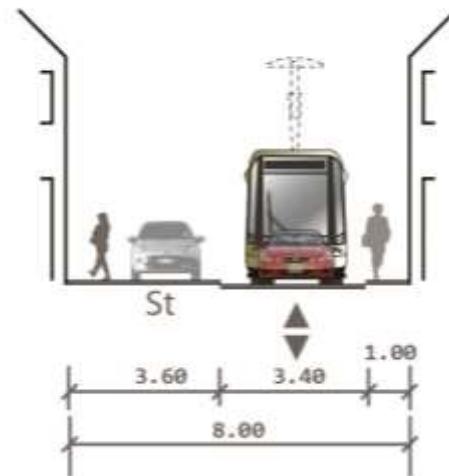
**Situation existante**



**→ Sortie en marche arrière non sécurisée**

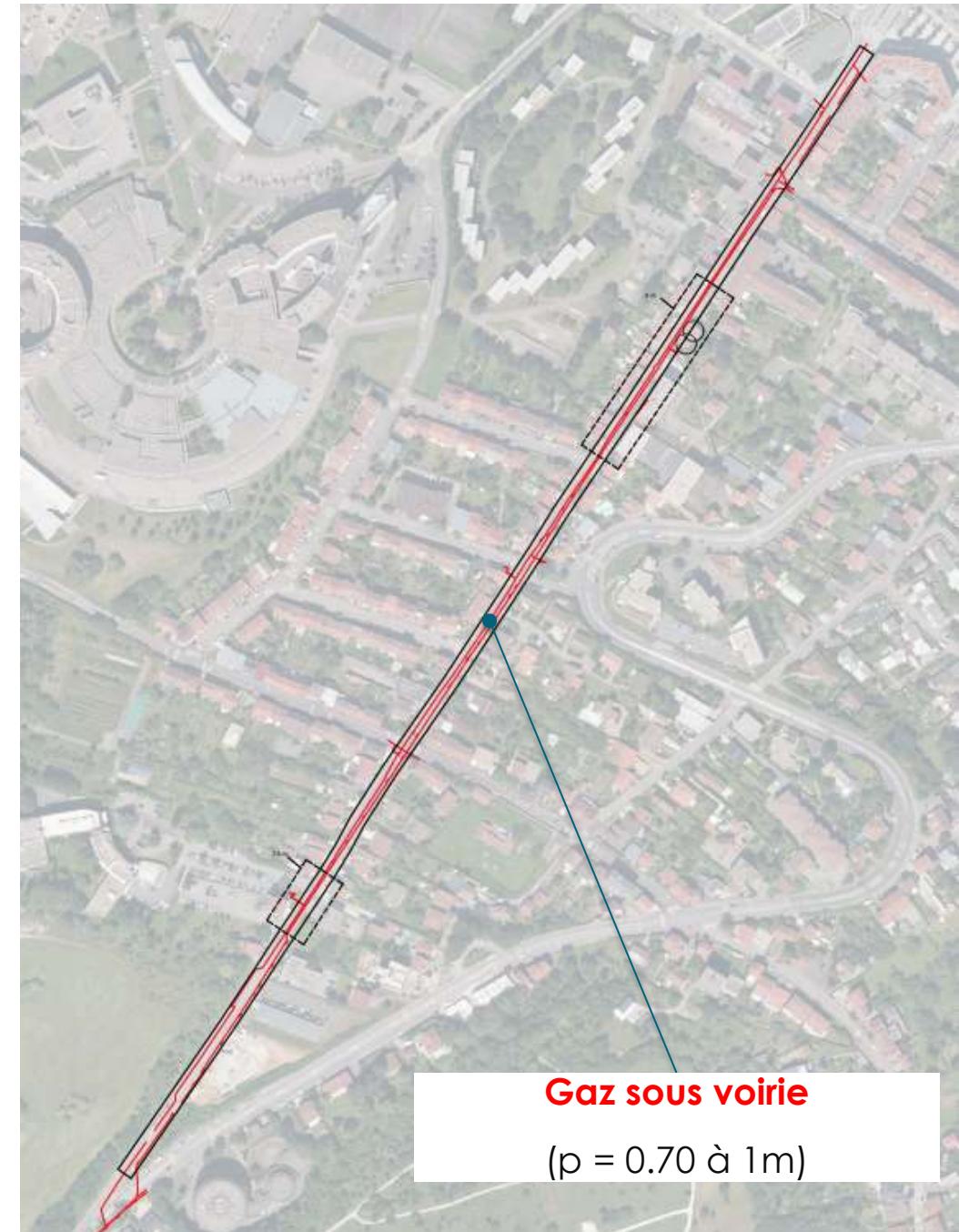
# LES CONTRAINTES EXISTANTES : LARGEUR DE VOIRIE

- Deux passages très étroits, avec une largeur de voirie de 8m environ
- Obligation de réaliser des acquisitions foncières et des démolitions



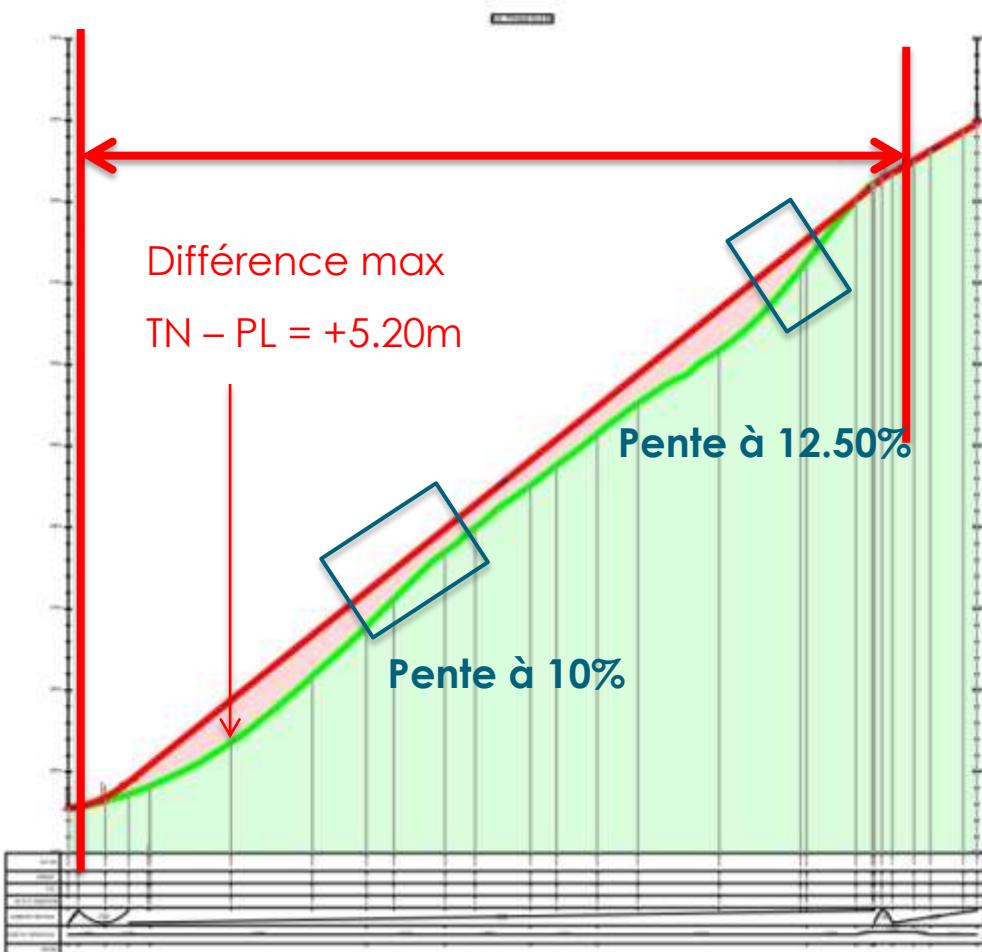
# JAURÈS - CONTRAINTES EXISTANTES : RÉSEAUX

- Réseau gaz sous la voirie, à dévier pour implanter un transport guidé
- Problématique : pas de place pour le déplacer dans la rue et d'alternative à la rue Jean Jaurès



# JAURÈS - POSSIBILITÉ D'INSERTION D'UN TRAMWAY

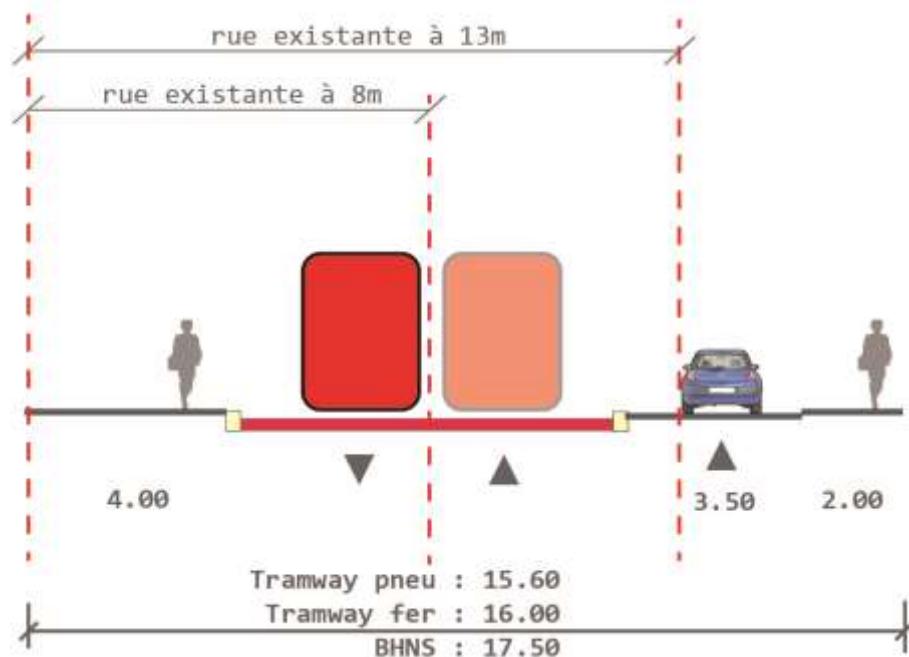
→ Reprise très importante de la pente pour un tramway fer limité à 8,5%



# JAURÈS - POSSIBILITÉ D'INSERTION D'UN TRAMWAY

→ Elargissement de la voirie pour permettre la sortie sécurisée des véhicules en marche arrière :

- **33 bâtiments impactés si élargissement côté Nord**
- **18 bâtiments impactés si élargissement côté Sud**



Elargissement d'un côté ou de l'autre de la rue



# JAURÈS - CONCLUSION SUR L'ITINÉRAIRE ACTUEL

Impossibilité liée à :

- Reprise nécessaire du profil à 8,5% impliquant une différence de niveau de 5m par rapport au terrain naturel
- Incapacité de dévier les réseaux de gaz
- Présence de nombreuses entrées charretières impossibles à sécuriser avec un mode guidé non débrayable

**Étude d'EGIS par  
l'avenue Paul  
Muller**

# ETUDES PRÉALABLES DÉTAILLÉES LIGNE 1

MONTÉE PAR PAUL MULLER

25/05/2016

# COMPARAISON EXISTANT - MULLER

	Existant	Muller
<b>Longueur de tracé</b> <i>(depuis la place du Vélodrome jusqu'au CHU avenue de Bourgogne)</i>	2500m	4500m
<b>Pente maximale</b>	13%	15%
<b>Desserte</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desserte de l'Université par la rue Basch</li><li>• Desserte du CHU</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desserte de l'université par la rue de Vandoeuvre</li><li>• Technopole de brabois</li><li>• Desserte du CHU</li></ul>

# TRACÉ MULLER – PENTE EXISTANTE

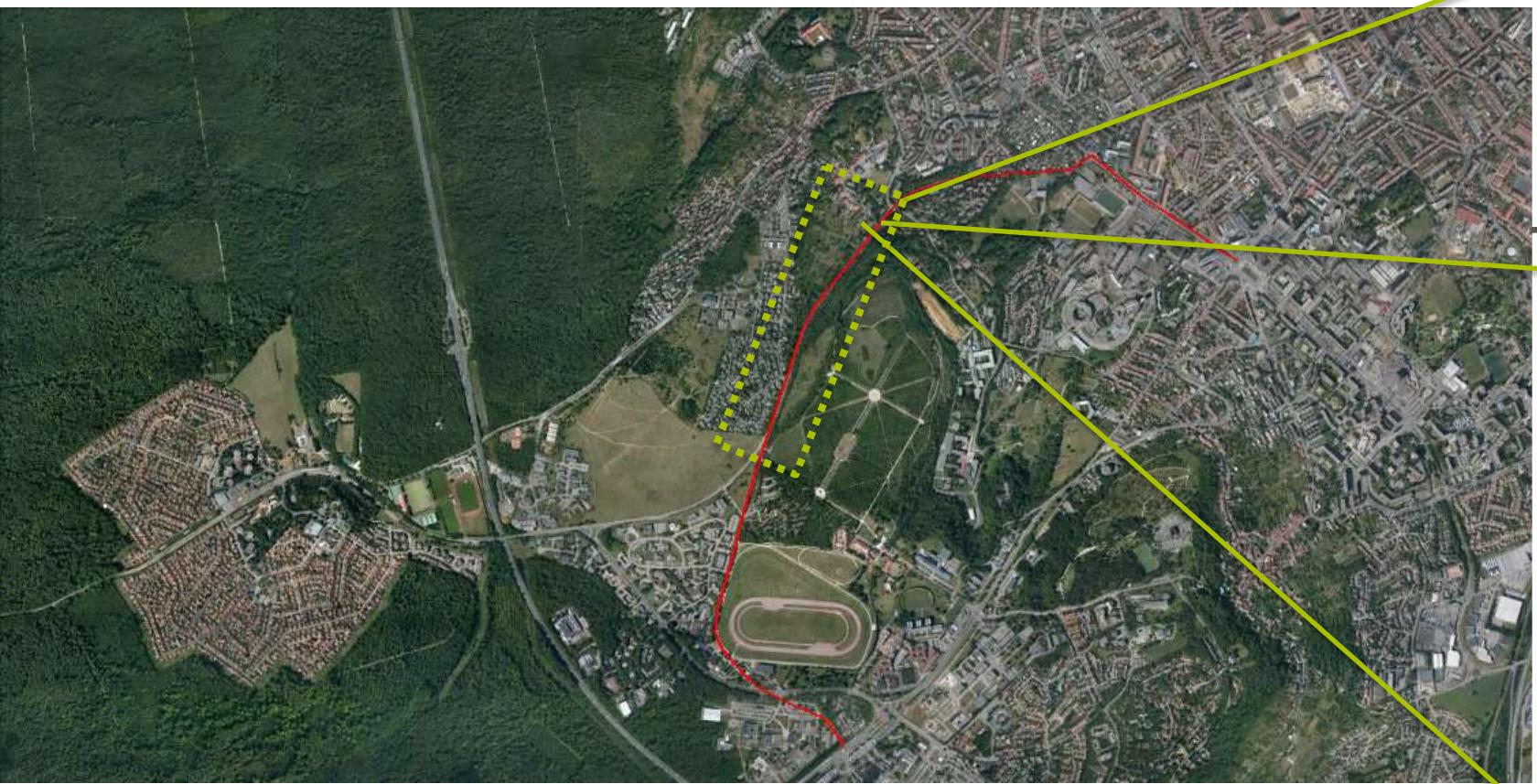


# TRACÉ MULLER – PENTE EXISTANTE



Début de la pente à plus de 9%

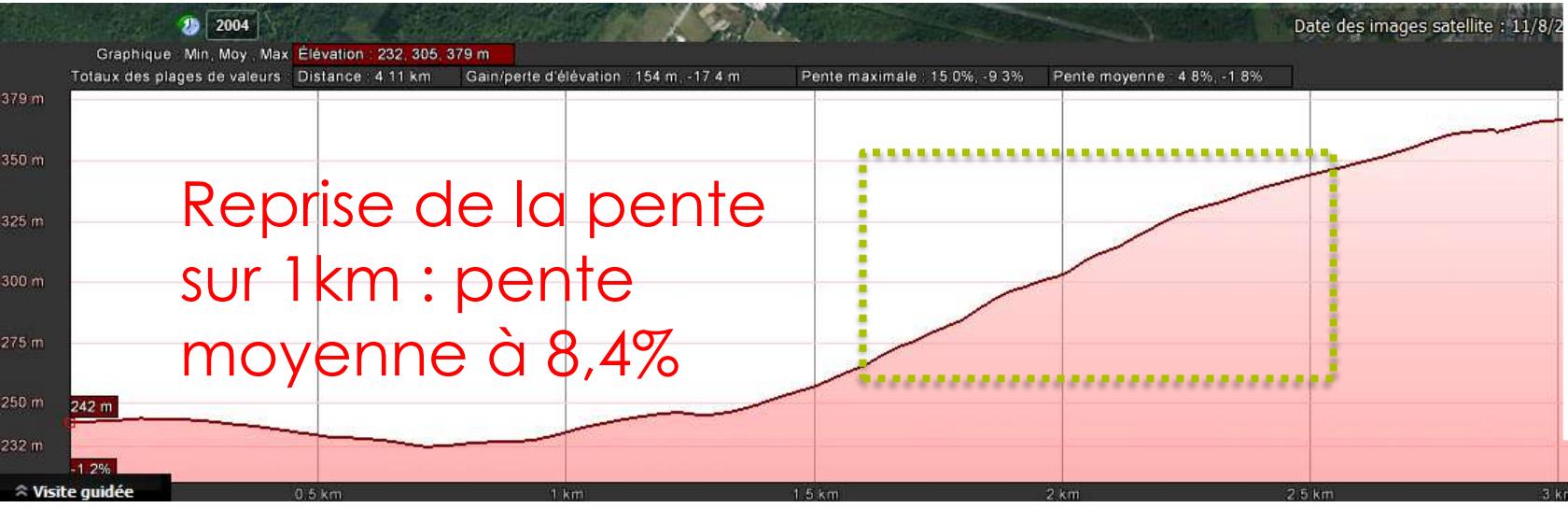
# TRACÉ MULLER - REPRISE



Début de la reprise après le carrefour avec la rue sous la Croix

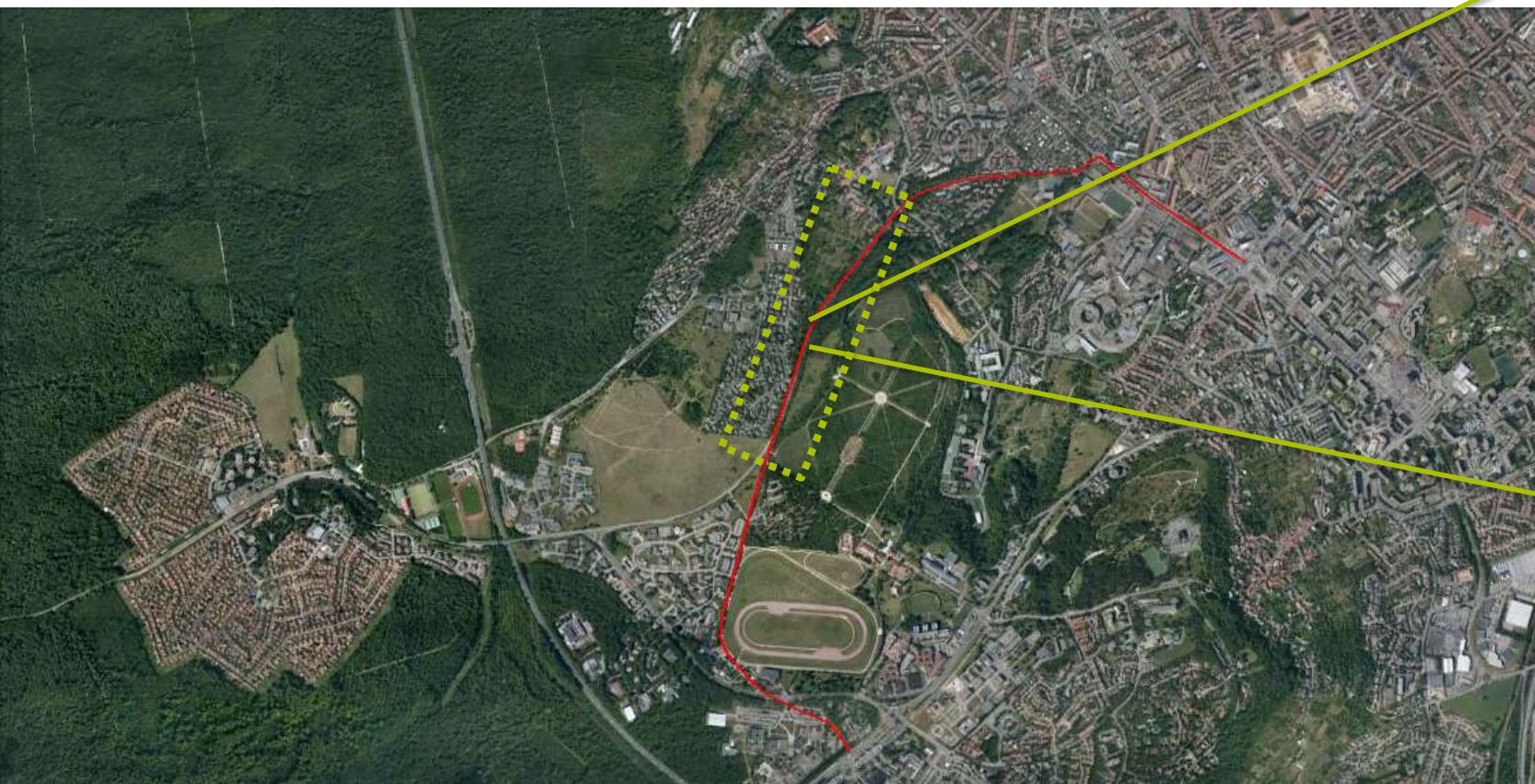


Impact carrefour rue Saint-Fiacre



Impact seuils maisons n°1 av. Muller

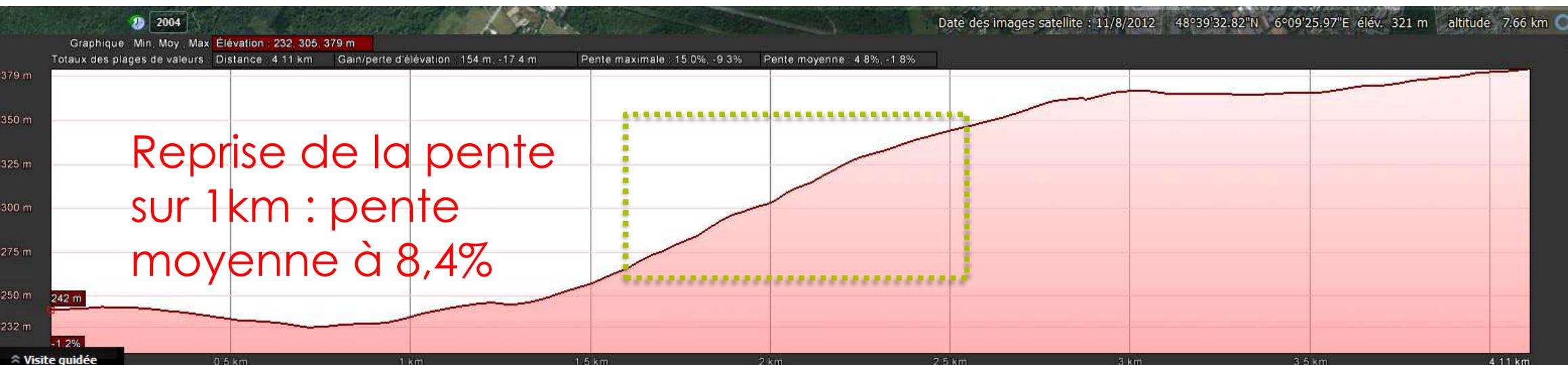
# TRACÉ MULLER



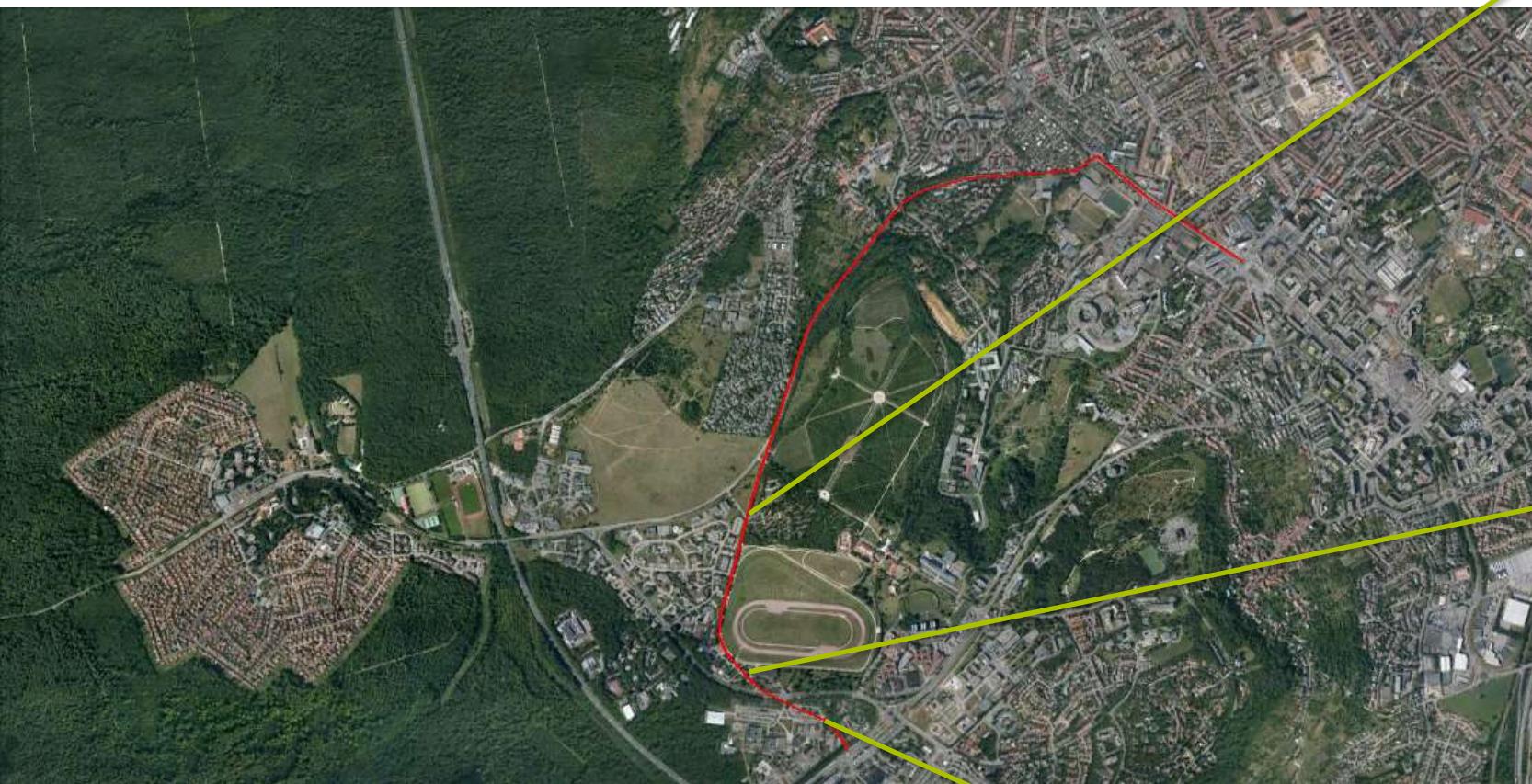
Impact seuil maison av. Muller



Impact carrefour rue du chanoine Pieron



# TRACÉ MULLER – SUITE DU TRACÉ



Passage sur chemin existant



Passage le long de l'hippodrome



Passage le long de la faculté de médecine



# SYNTHÈSE - MULLER

- Un tracé plus long par rapport à l'existant : 4,5km contre 2,5km actuellement
- Une pente très importante ponctuellement : passage à 15%
- Des acquisitions nécessaires le long de l'hippodrome et de la faculté de médecine
- Peu d'intérêt de desserte entre la rue de Vandoeuvre et la technopole (sur 1,5km environ)
- Un surcoût important dû à la longueur et aux reprises nécessaires
- + Peu d'entrées directes sur l'avenue, permettant d'envisager une reprise de la pente sur une longueur d'environ 1 km

**Étude d'EGIS par  
l'avenue du  
Général Leclerc**

# ETUDES PRÉALABLES DÉTAILLÉES LIGNE 1

MONTÉE PAR LECLERC

06/04/2017

# AVENUE LECLERC EXISTANT



Des contraintes fortes pour l'insertion d'un tramway

- | Une pente importante de l'ordre de 6%
- | Une voirie étroite par endroit à 13,20m entre parcelles
- | Des virages importants
- | De nombreuses sorties de véhicules en marche-arrière nécessitant une distance de recul de 4m par rapport à la plateforme
- | Contraintes réseau non connues



# INSERTION ENVISAGÉE

Trois insertions envisagées

Site propre

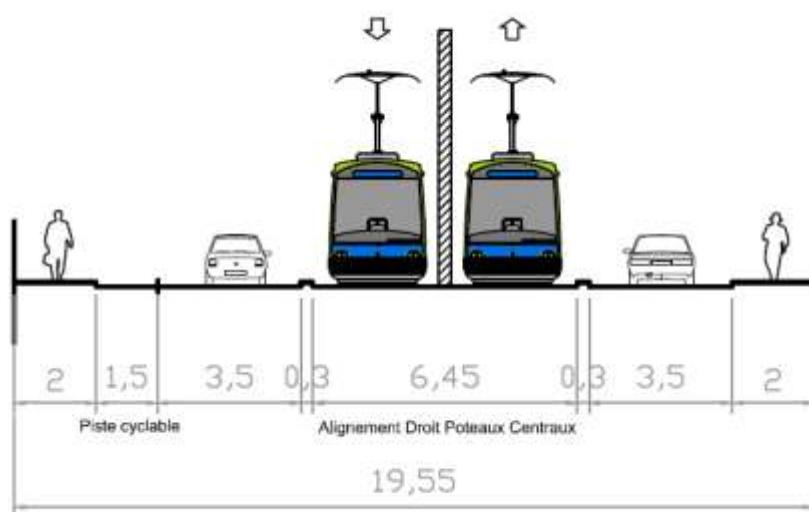
Site mixte à la descente

Site mixte à la descente et à la montée

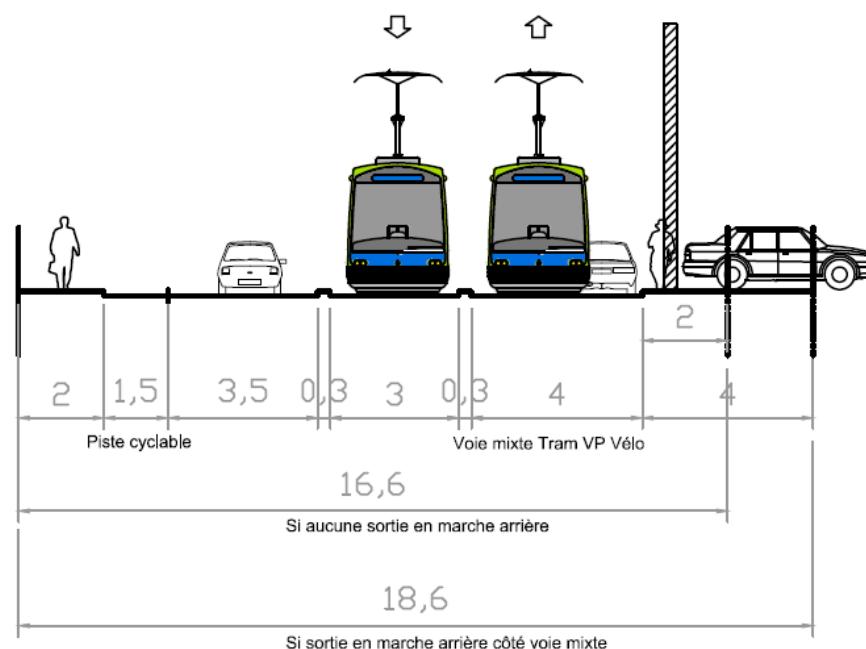
Voie unique sur 900 m

# TRAMWAY FER

## Site propre



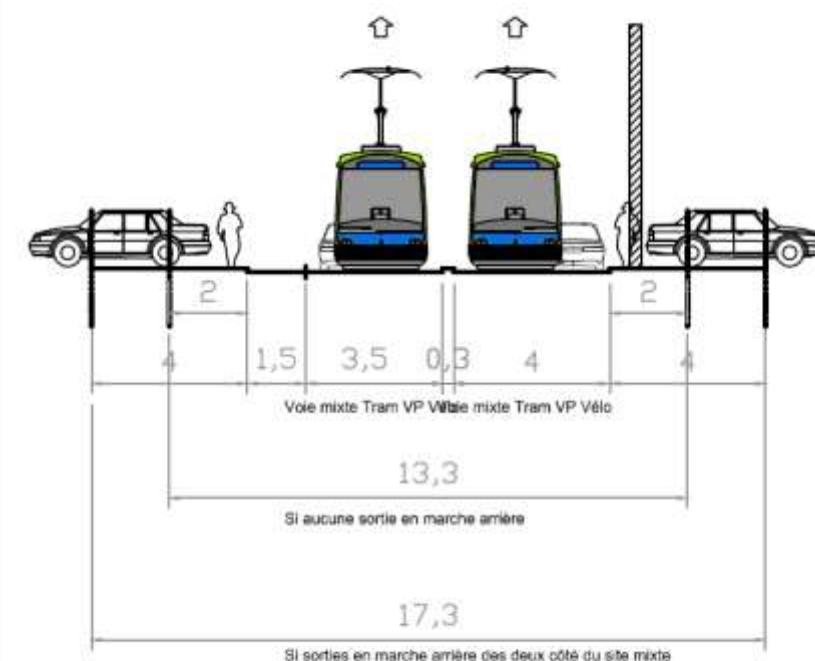
## Site mixte à la descente



Trottoir large pour entrée charretière côté plateforme mixte

→ Gain en largeur par rapport au site propre: **0,95m à 2,95** (sans sortie VP sur la voie mixte)

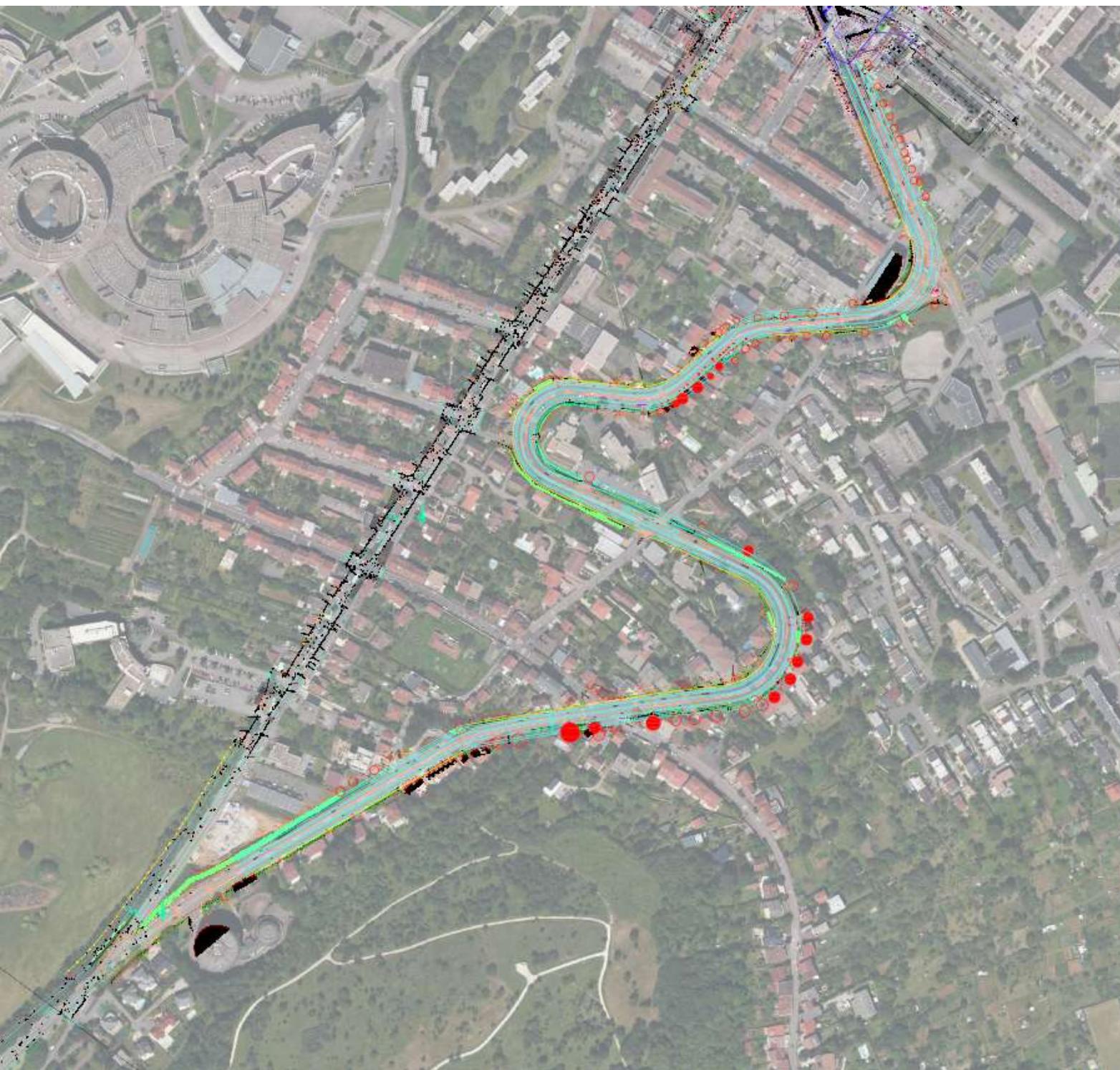
## Site mixte à la descente et à la montée



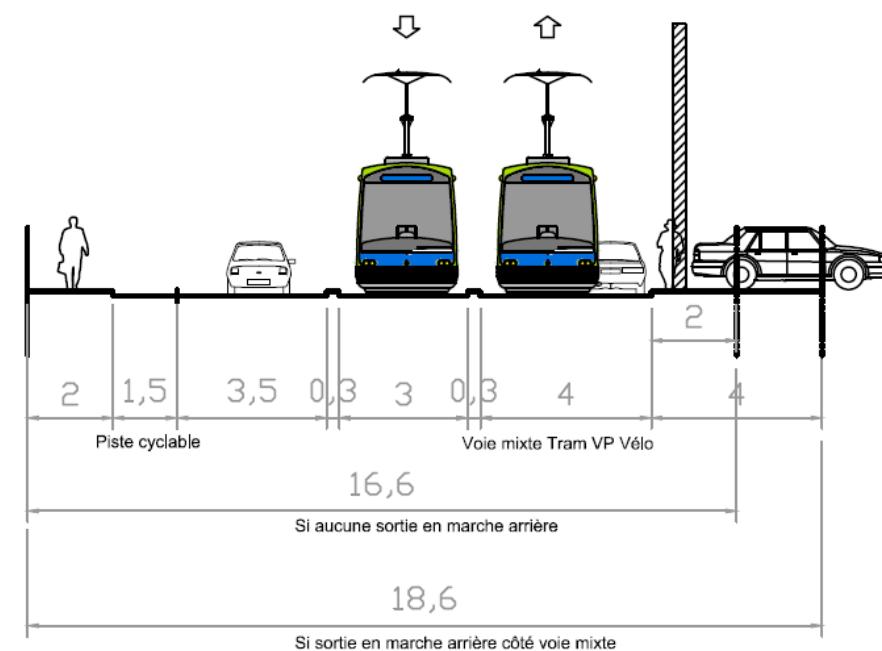
Trottoir large pour entrée charretière des deux côtés

→ Gain en largeur par rapport au site propre: **2,25m à 4,25m** (sans sortie VP sur la voie mixte)

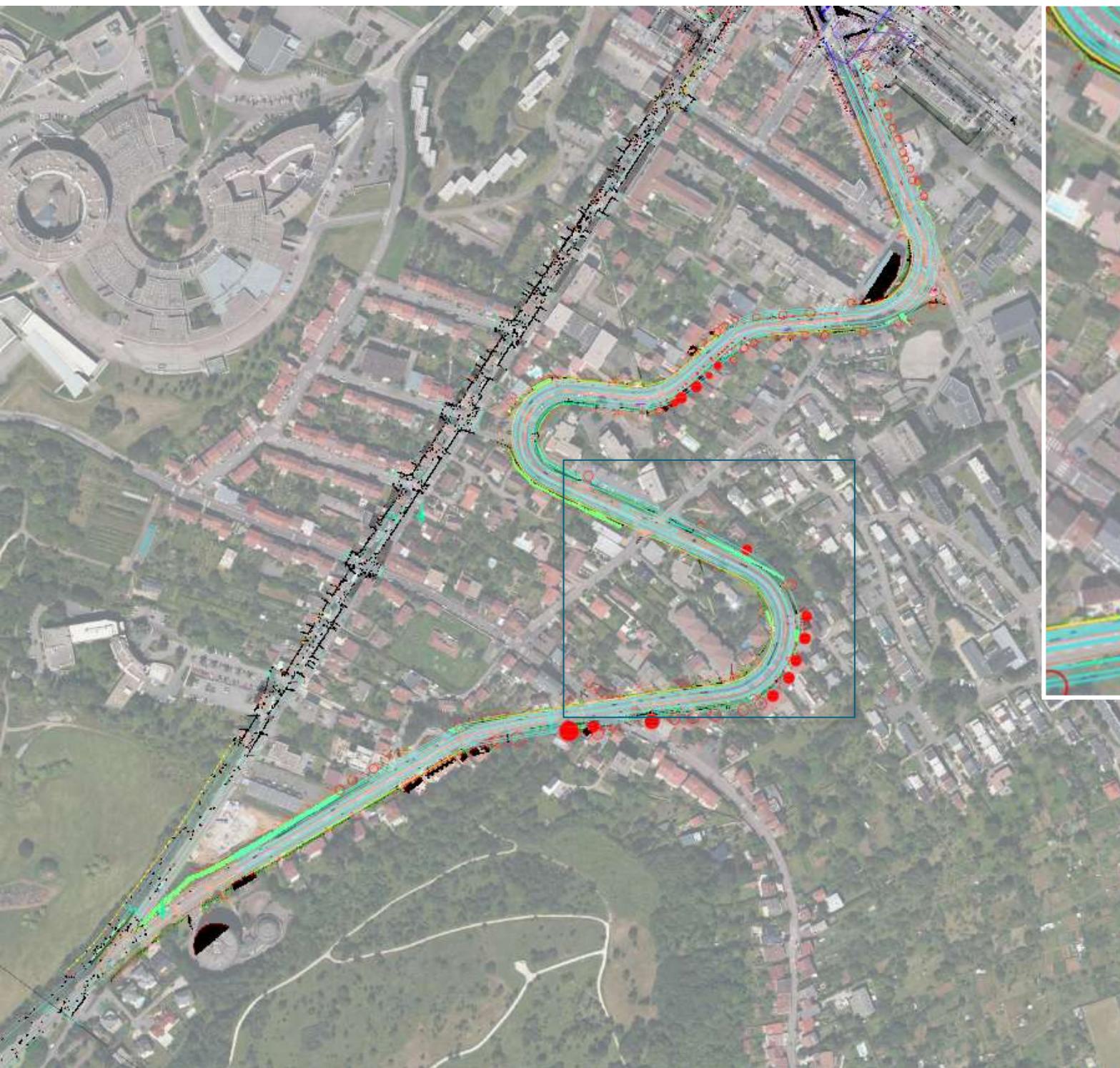
# TRAMWAY FER – SITE PROPRE



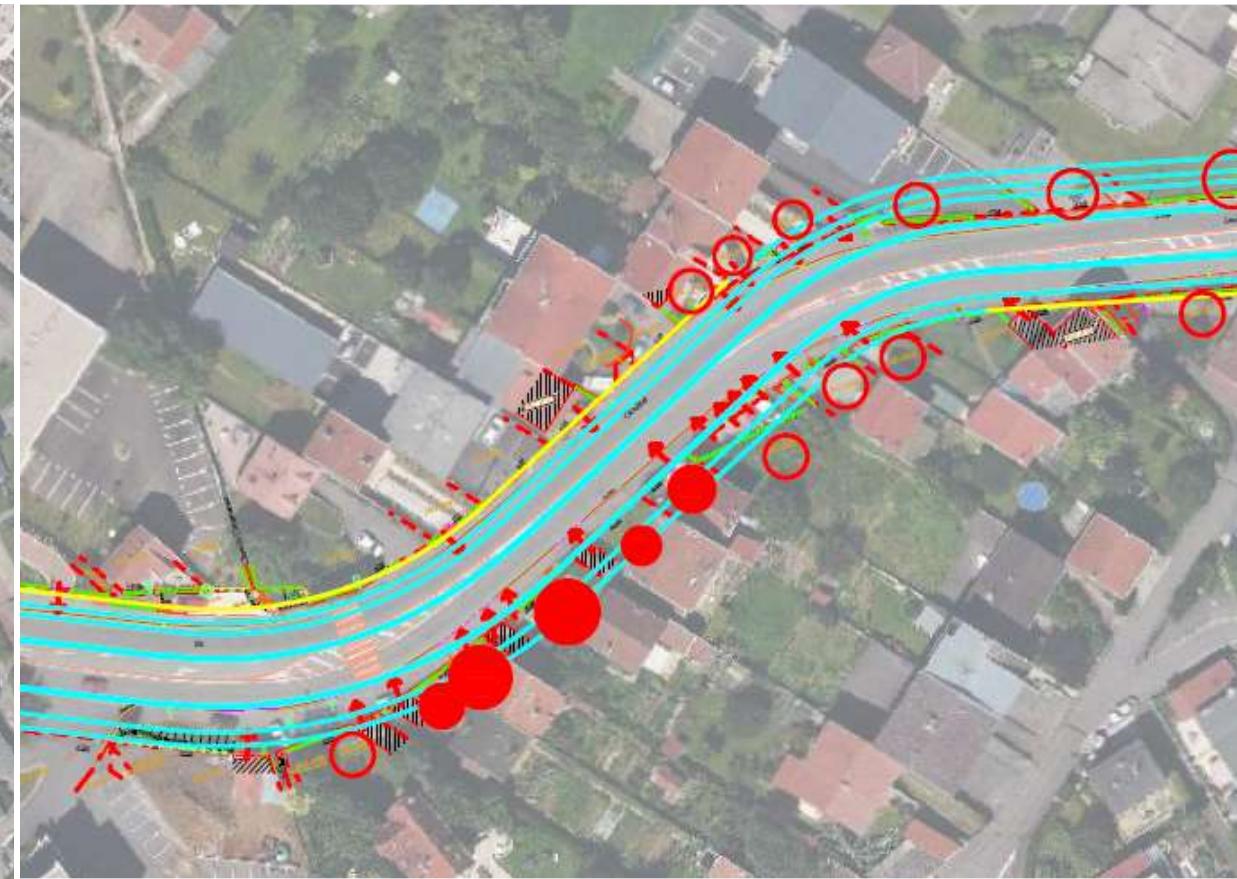
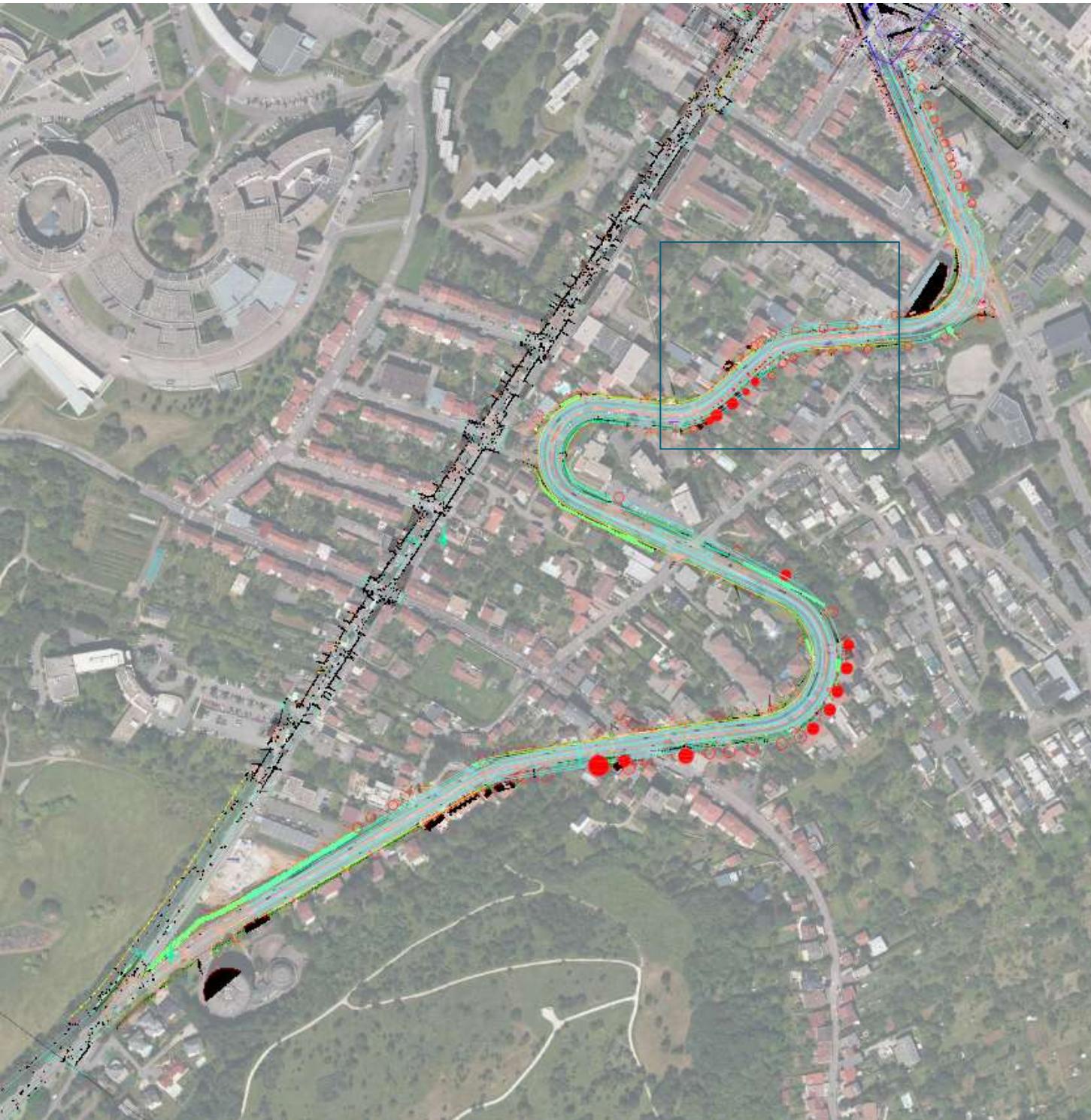
- Impact parcelle
- Impact bâti (14)



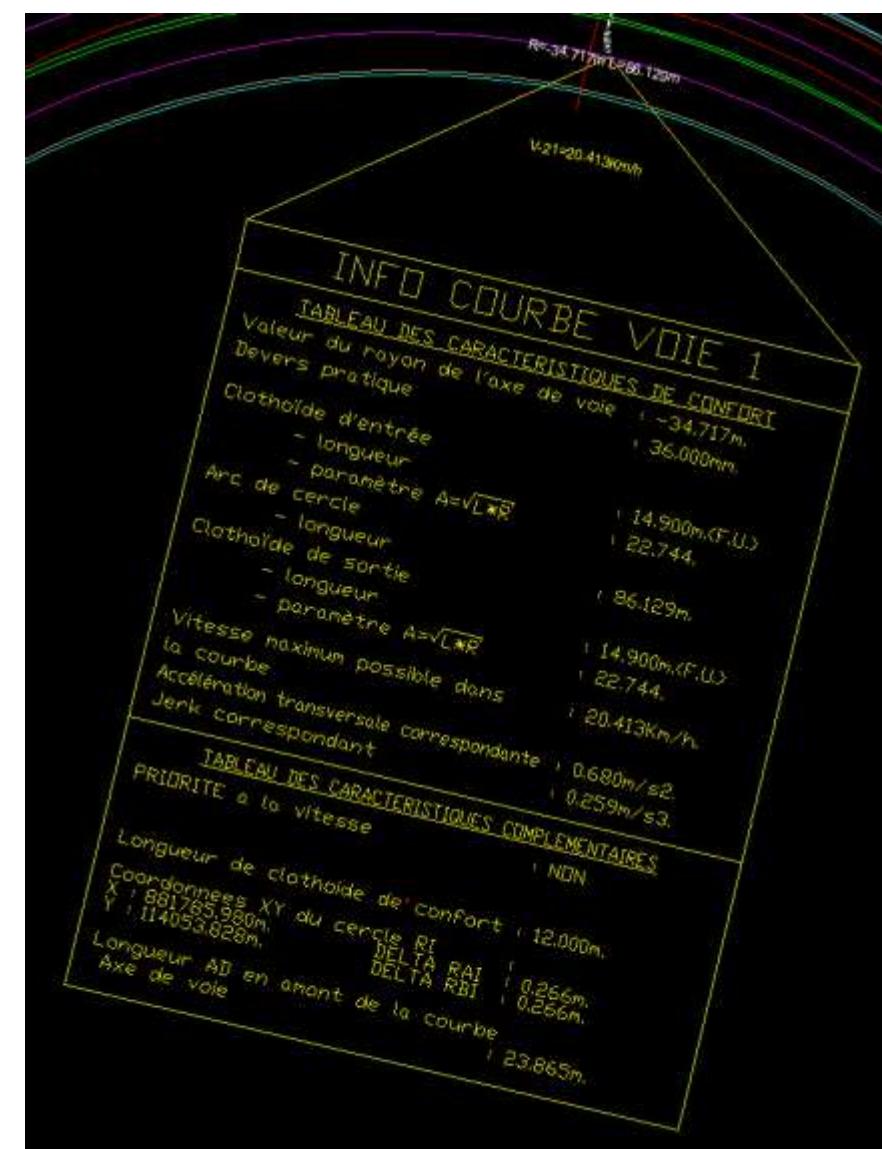
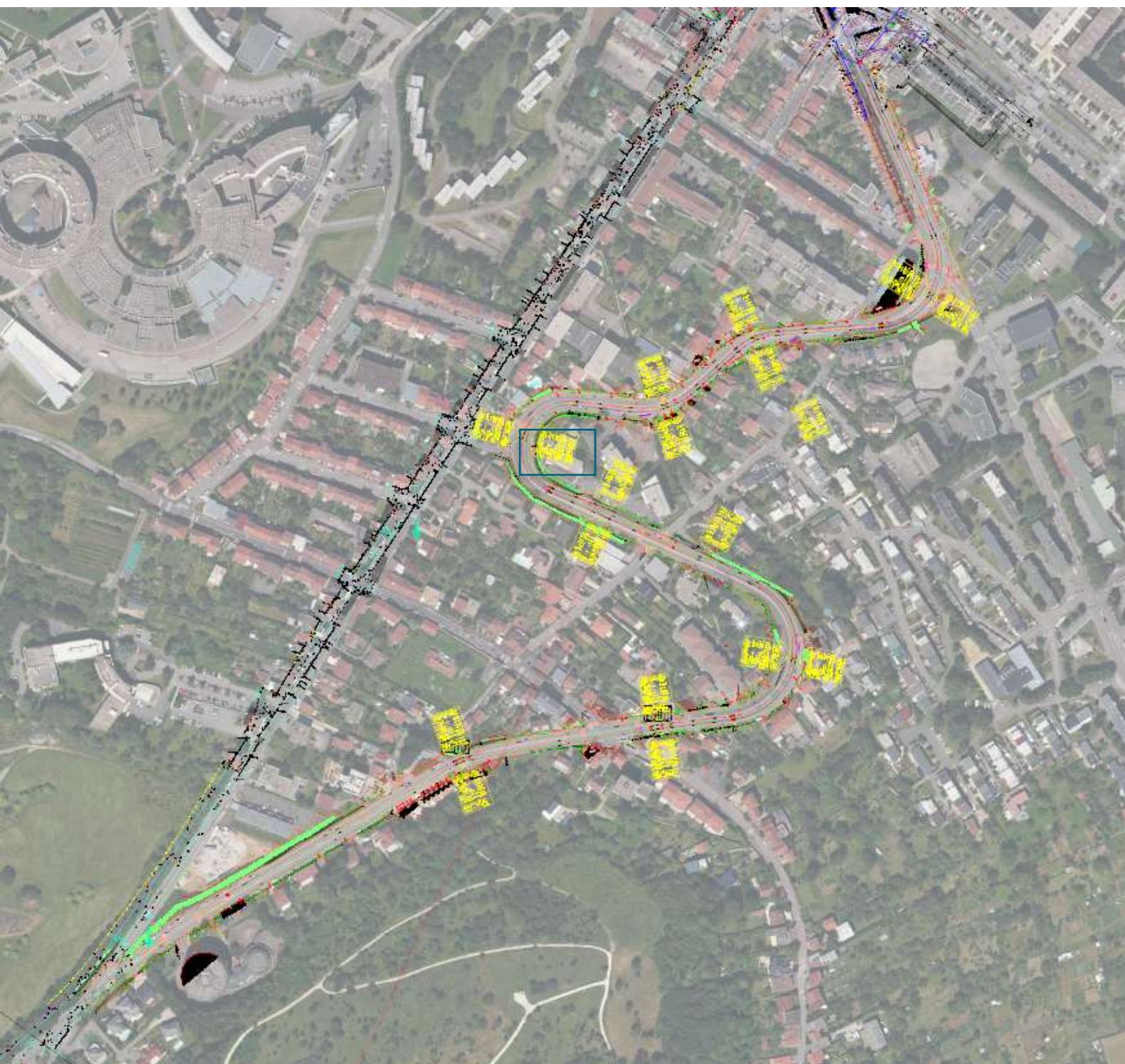
# TRAMWAY FER – SITE PROPRE



# TRAMWAY FER – SITE PROPRE

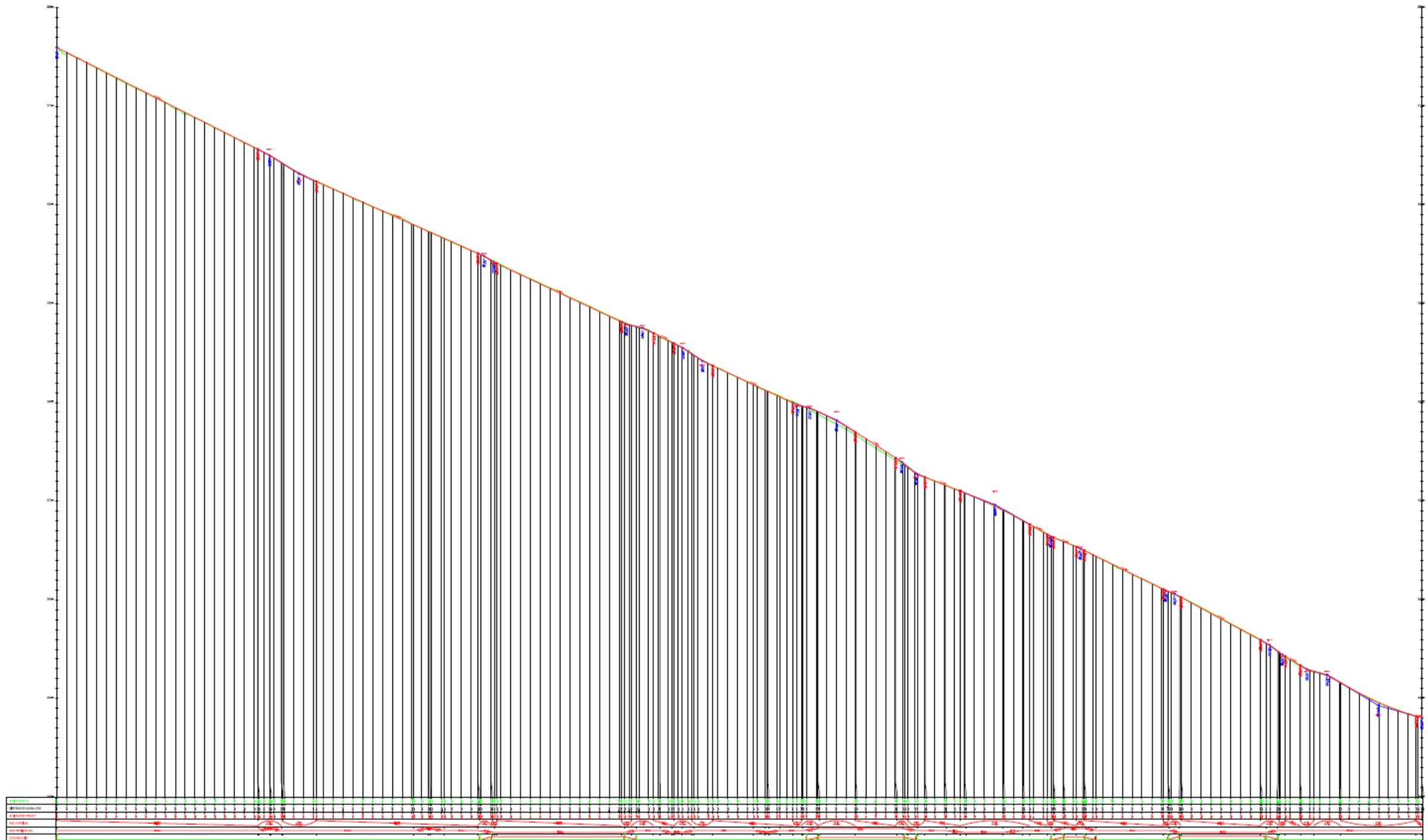


# TRAMWAY FER – SITE PROPRE – TRACÉ

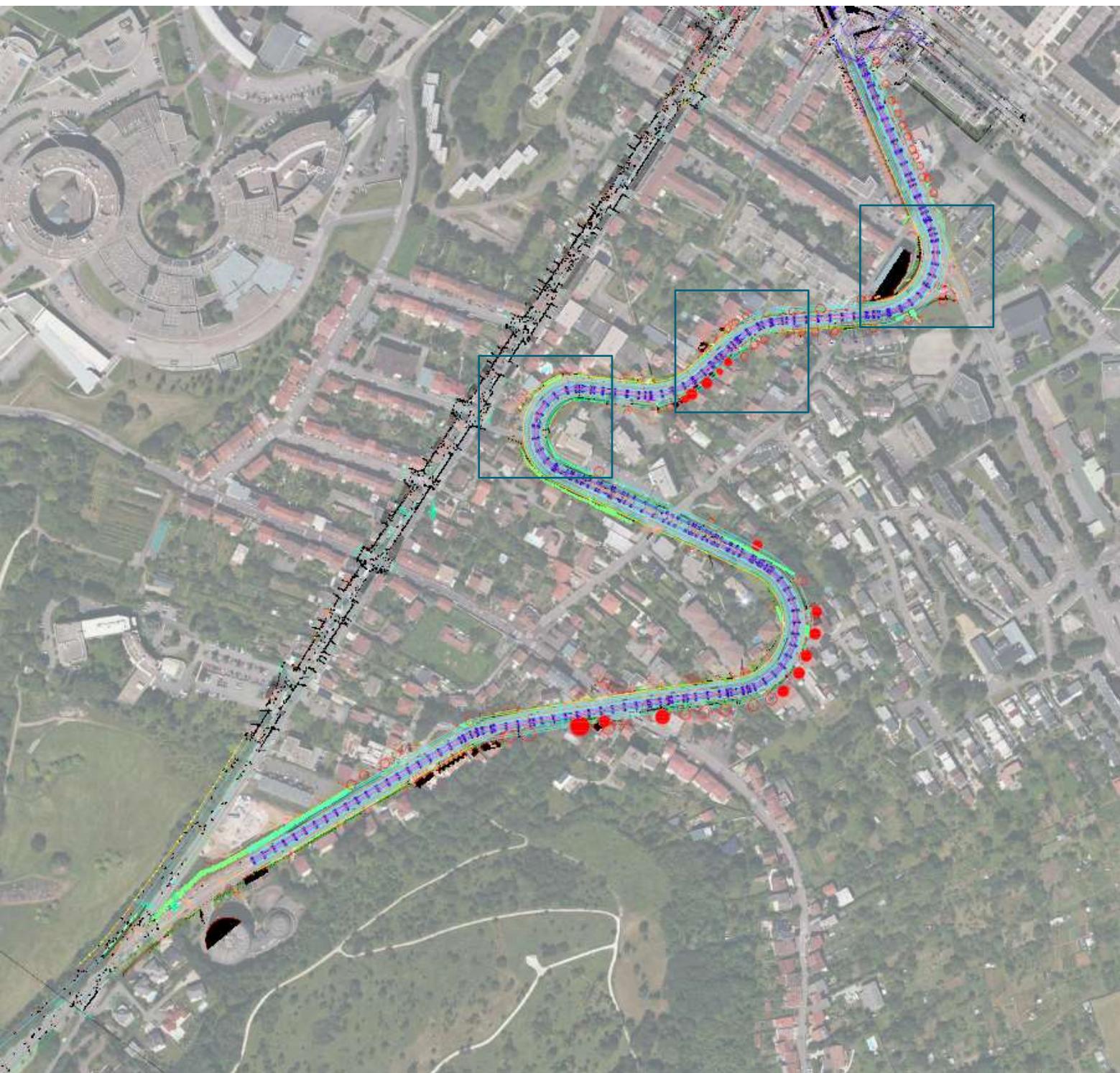


# TRAMWAY FER – SITE PROPRE – PROFIL

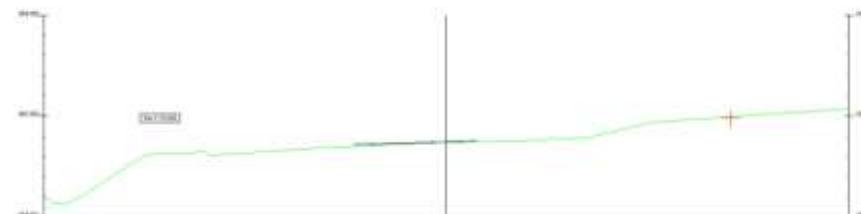
Details



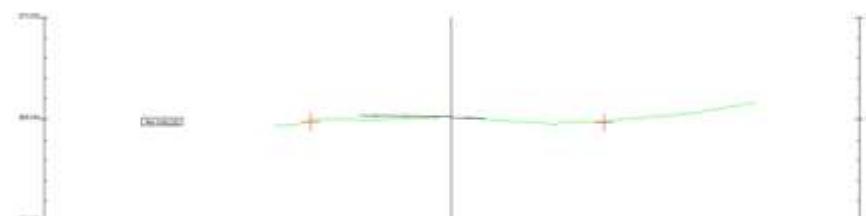
# TRAMWAY FER – SITE PROPRES – PROFIL



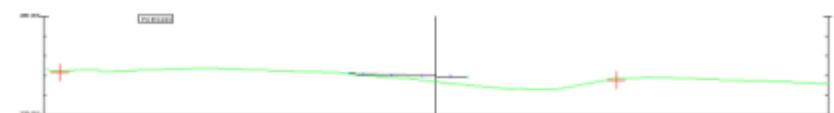
Devers TN 50mm → 36mm PJ



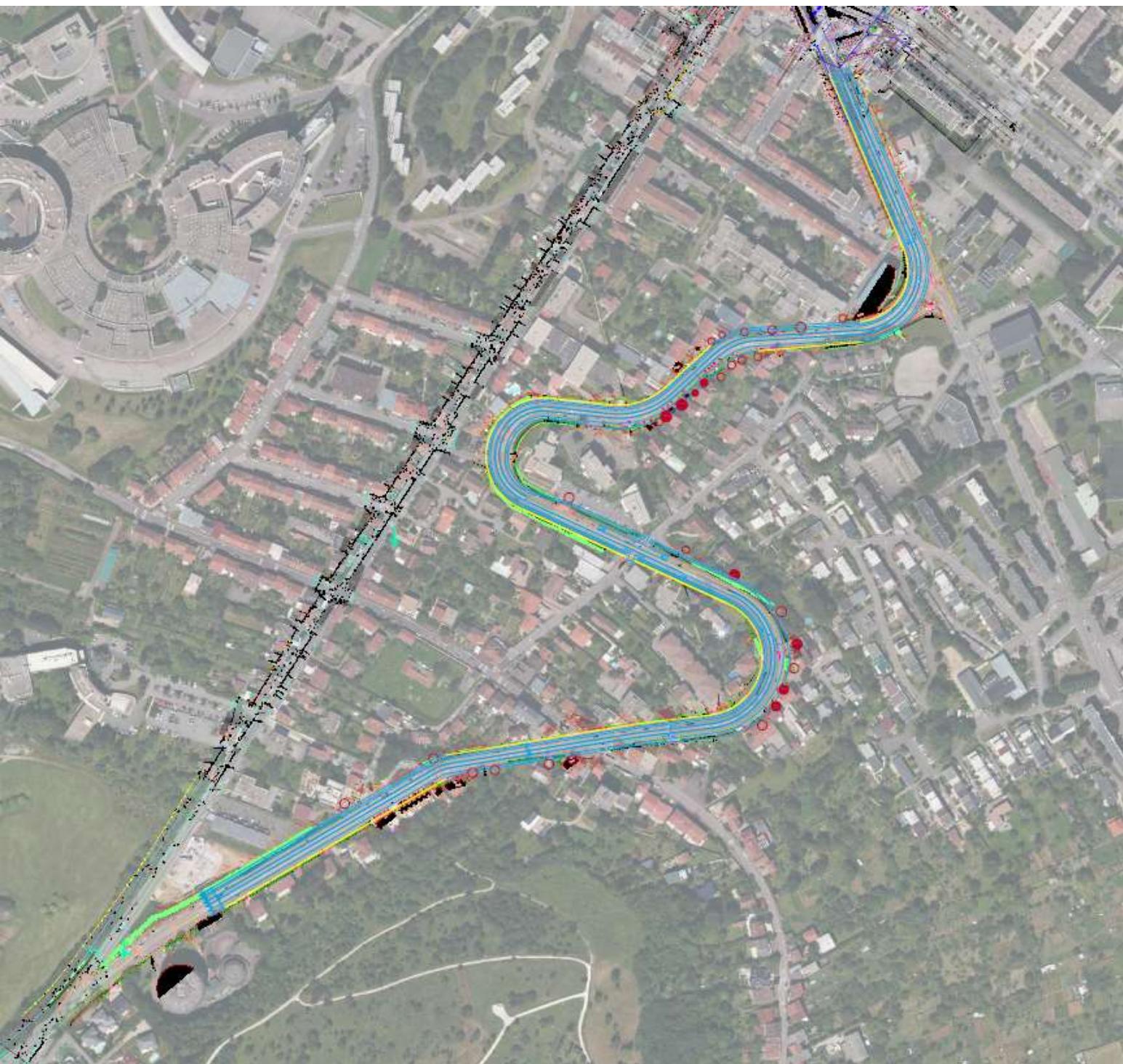
Devers TN 103mm → 36mm PJ



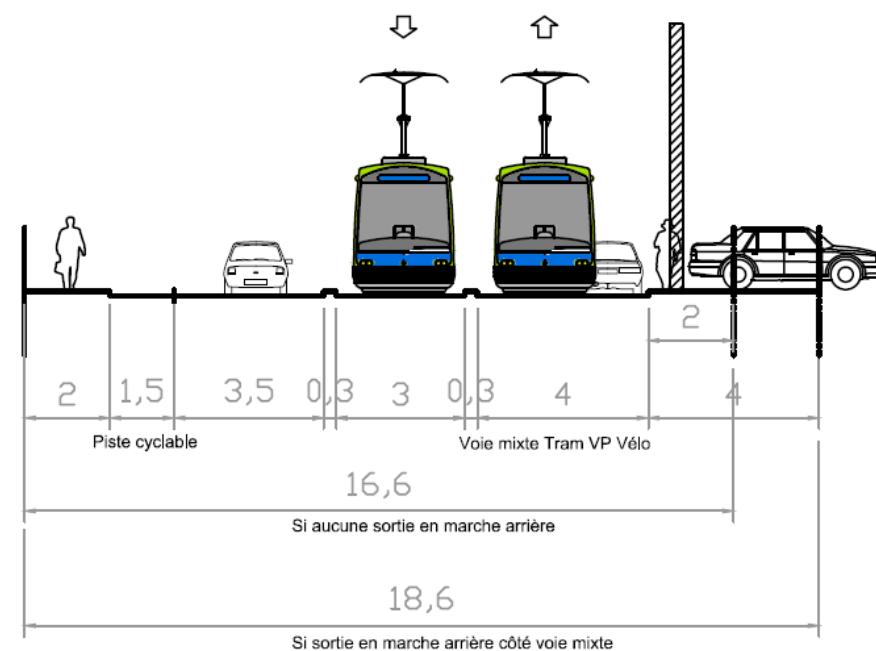
Devers TN 173mm → 36mm PJ



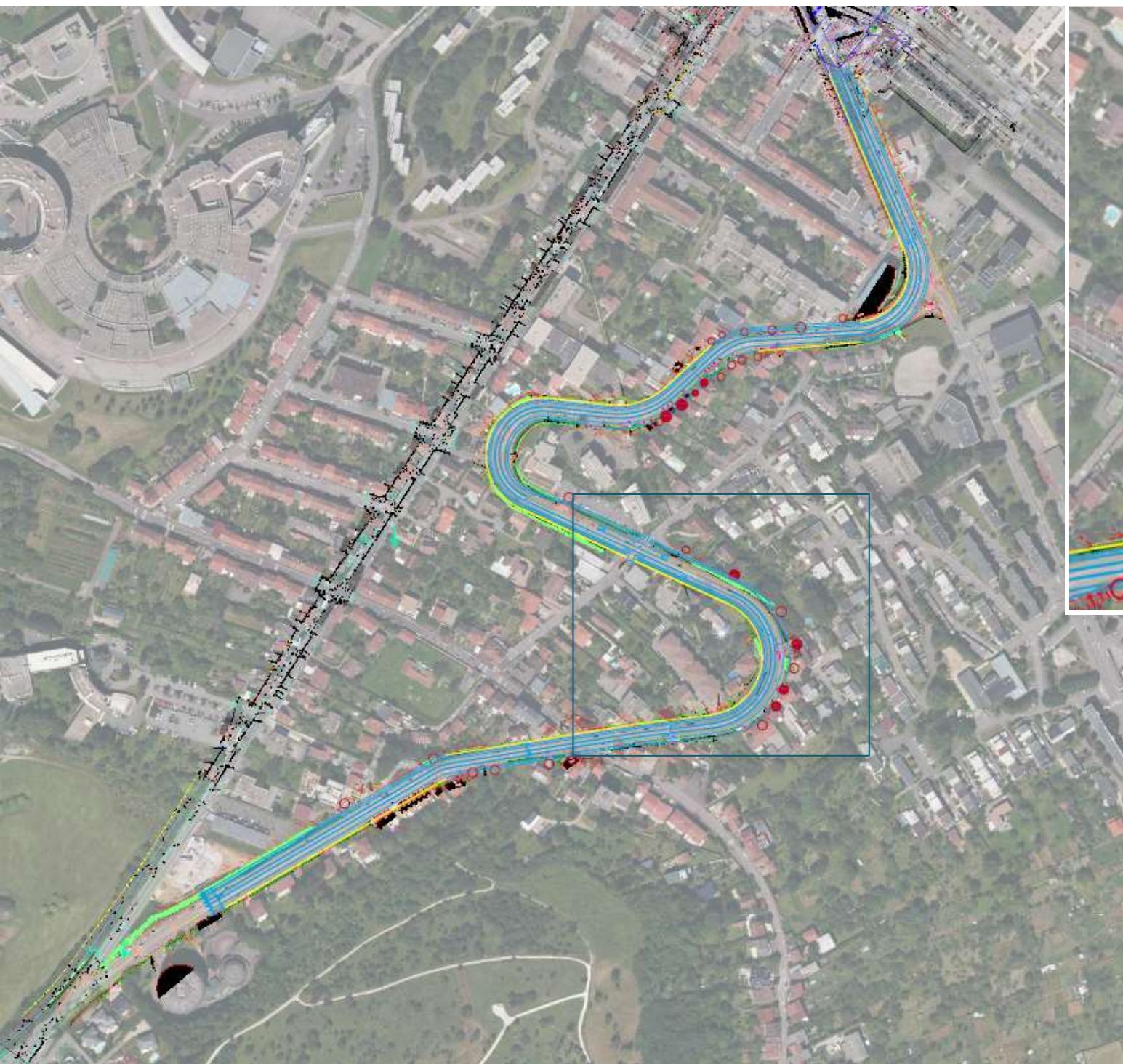
# TRAMWAY FER – SITE MIXTE À LA DESCENTE



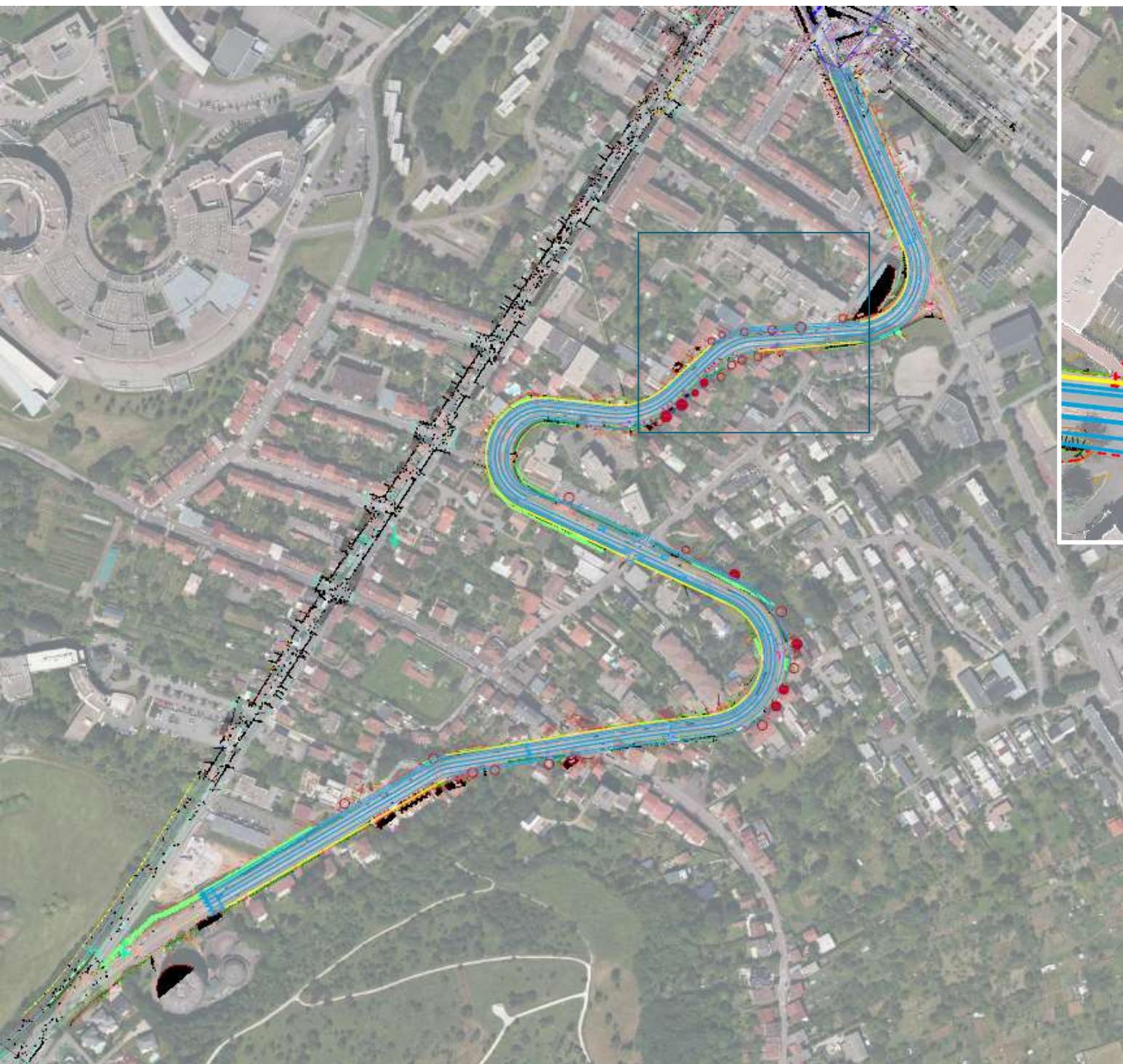
- Impact parcelle
- Impact bâti (8)



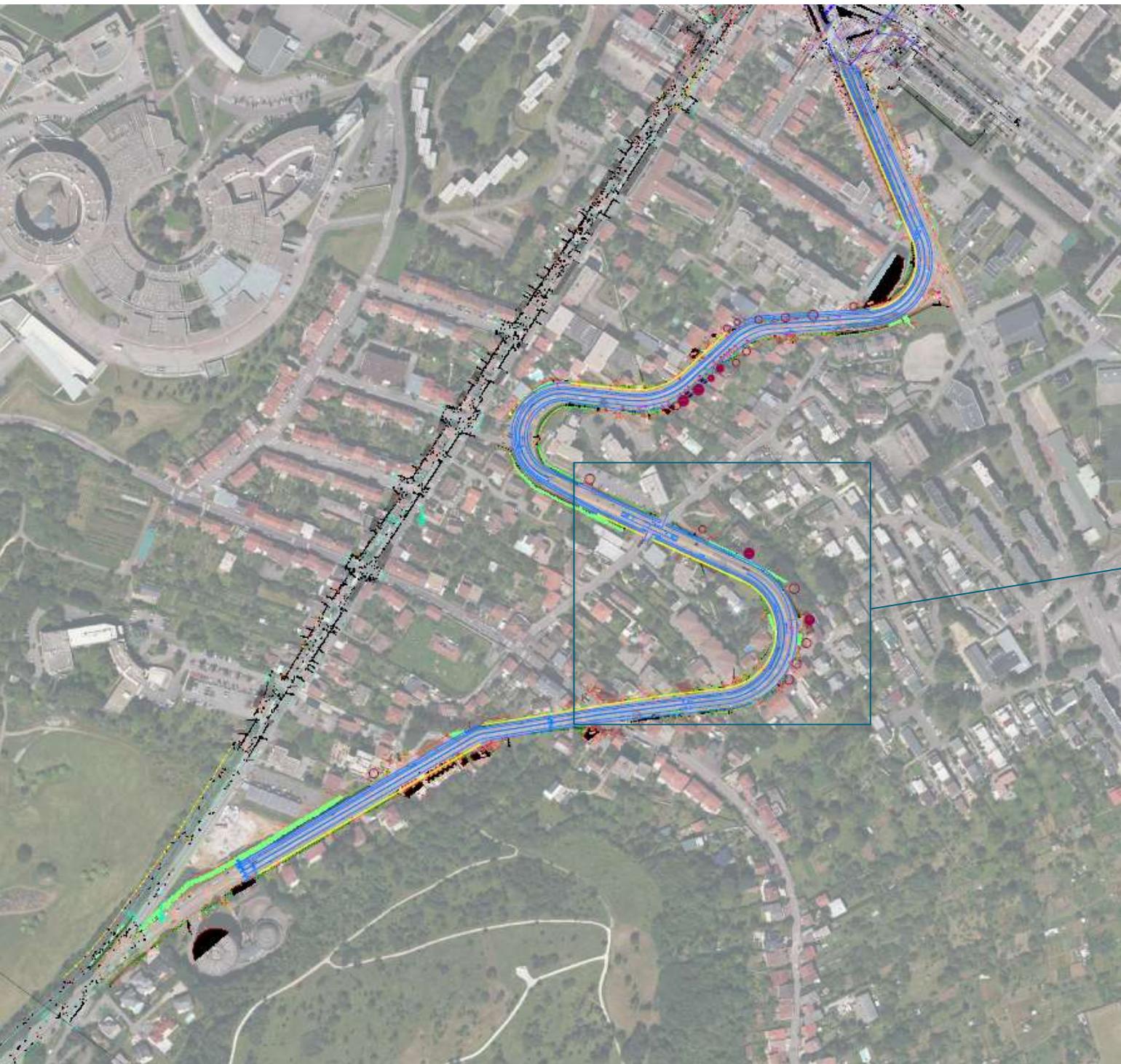
# TRAMWAY FER – SITE MIXTE À LA DESCENTE



# TRAMWAY FER – SITE MIXTE À LA DESCENTE

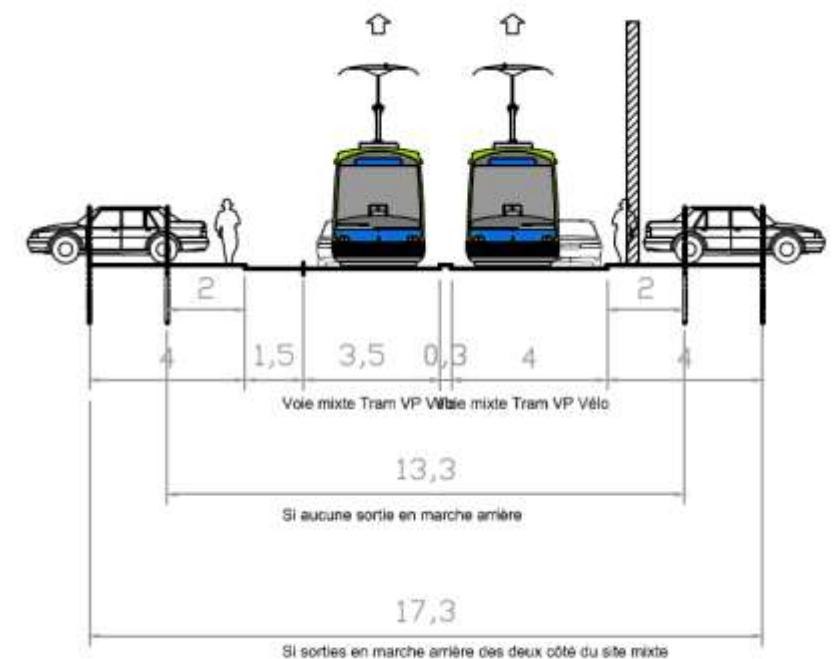


# TRAMWAY FER – SITE MIXTE COMPLET

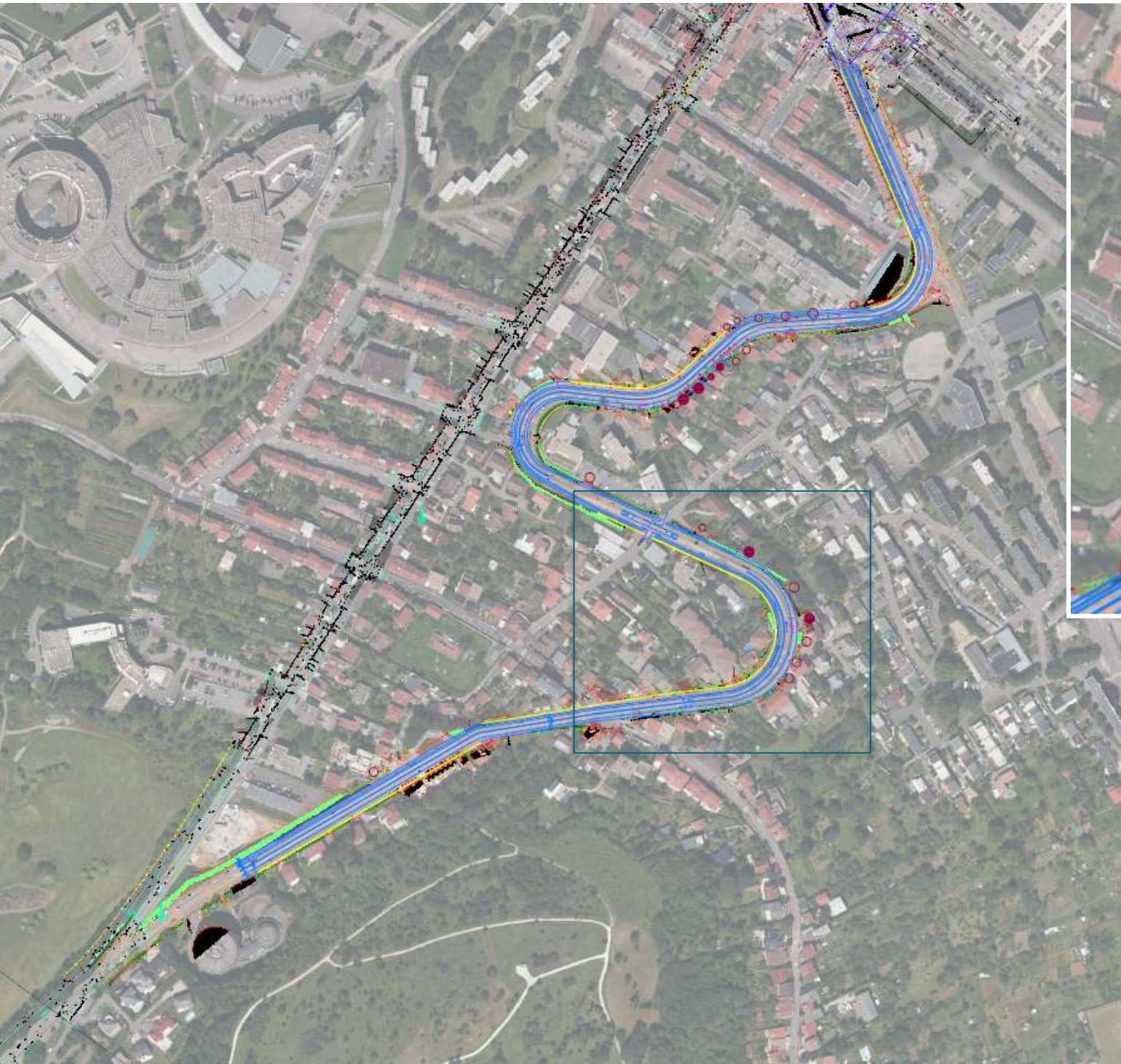


- Impact parcelle
- Impact bâti (6)

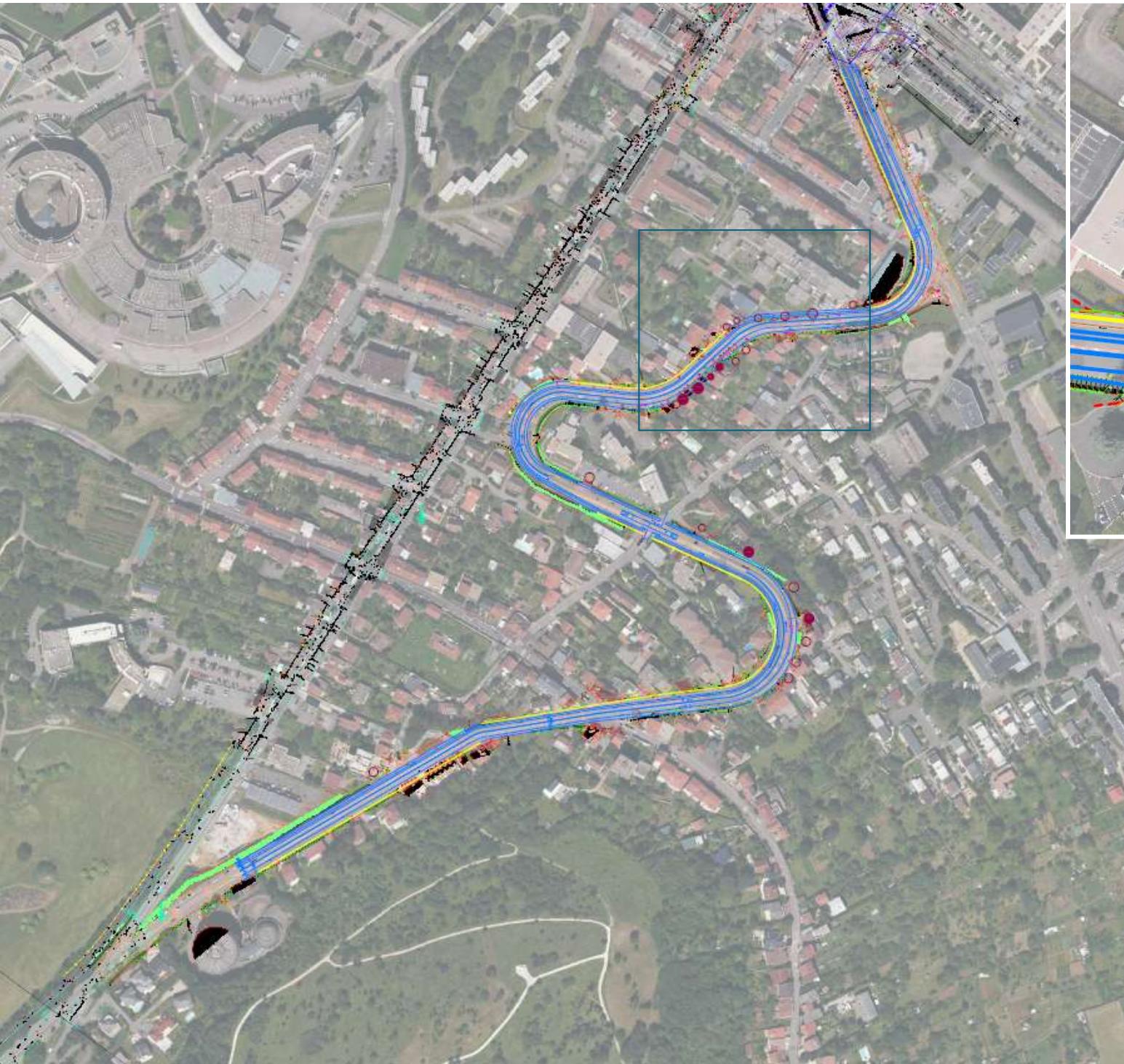
Optimisation possible au niveau de la station



# TRAMWAY FER – SITE MIXTE COMPLET



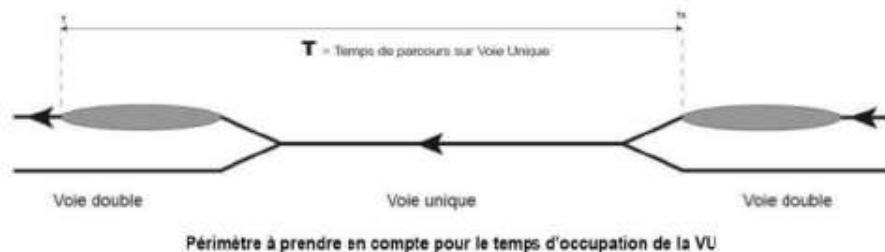
# TRAMWAY FER – SITE MIXTE COMPLET



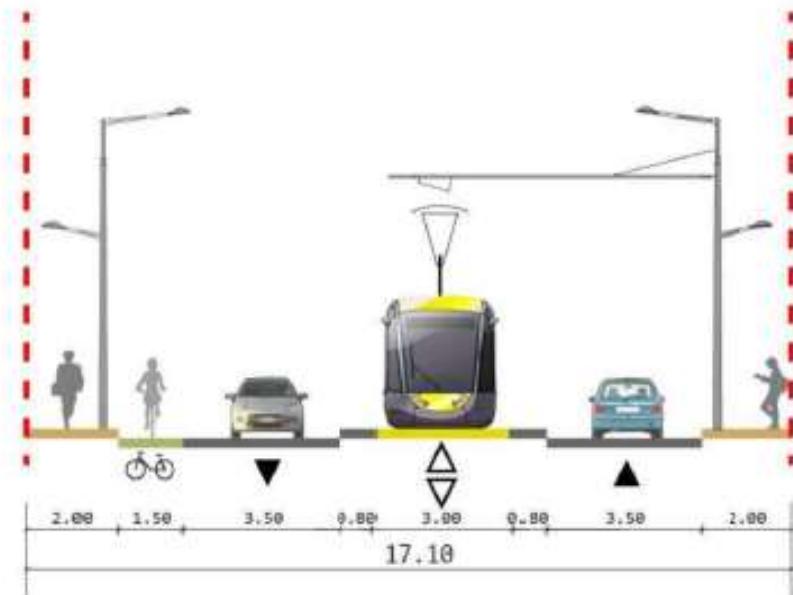
# TRAMWAY FER – LECLERC VOIE UNIQUE

## Fréquences impossibles en dessous de 10 min

- **Acquisitions foncières nécessaires** équivalentes au scénario en site mixte dans les 2 sens
- **Risques d'accident accentués** pour les piétons et sorties de véhicules des garages
- Zones de raccordement occupant un espace important



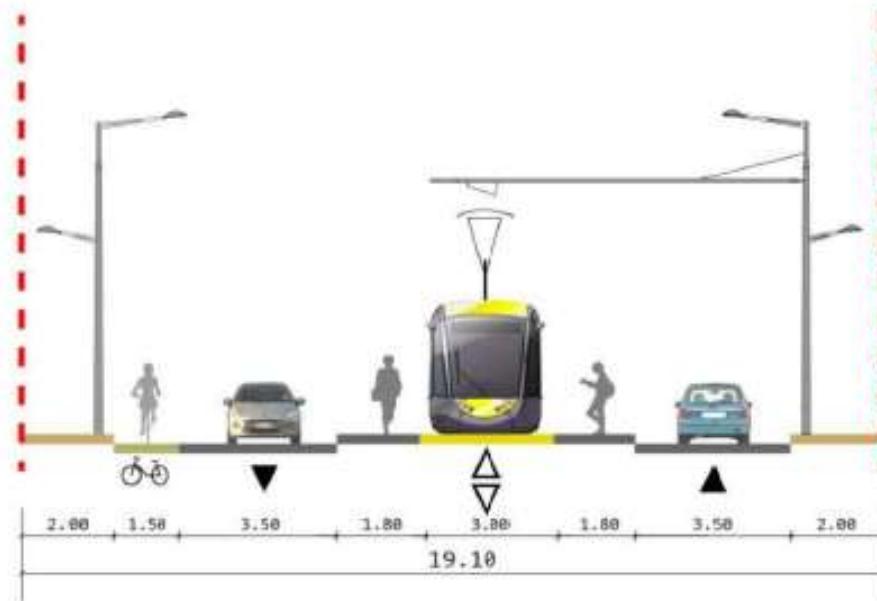
# TRAMWAY FER – LECLERC VOIE UNIQUE



## Section courante 17,10m minimum

Séparateur à prévoir entre la plateforme tramway à sens alterné et les voies de circulation de part et d'autre : minimum 80cm pour permettre le refuge d'un piéton en cas de traversée non protégée

→ Gain en largeur solution site propre : 2,45m



## Traversée piétonne 19,10 minimum

Ilot à prévoir de part et d'autre de la plateforme pour permettre la traversée sécurisée des piétons, le tramway pouvant arriver dans un sens ou l'autre.

**Secteur étroit** : 13,70m ponctuellement entre parcelles



# TRAMWAY FER – LECLERC EVALUATION DES COÛT

- SITE PROPRE : 106 M€
- SITE MIXTE DANS LES 2 SENS : 87 M€
- SITE MIXTE VOIE MONTANTE : 95 M€
- VOIE UNIQUE : 92 M€

**Expertise TTK par  
l'avenue du  
Général Leclerc**



---

**Expertise complémentaire  
antenne tramway Vandoeuvre  
– CHU Brabois  
final 8 & 13 mars 2018**

1. Analyse des enjeux et contraintes
2. Pari de tracé retenu
3. Insertion du tracé
4. Estimation des coûts
5. Conclusion

# 1. Analyse des enjeux et contraintes

2. Pari de tracé retenu

3. Insertion du tracé

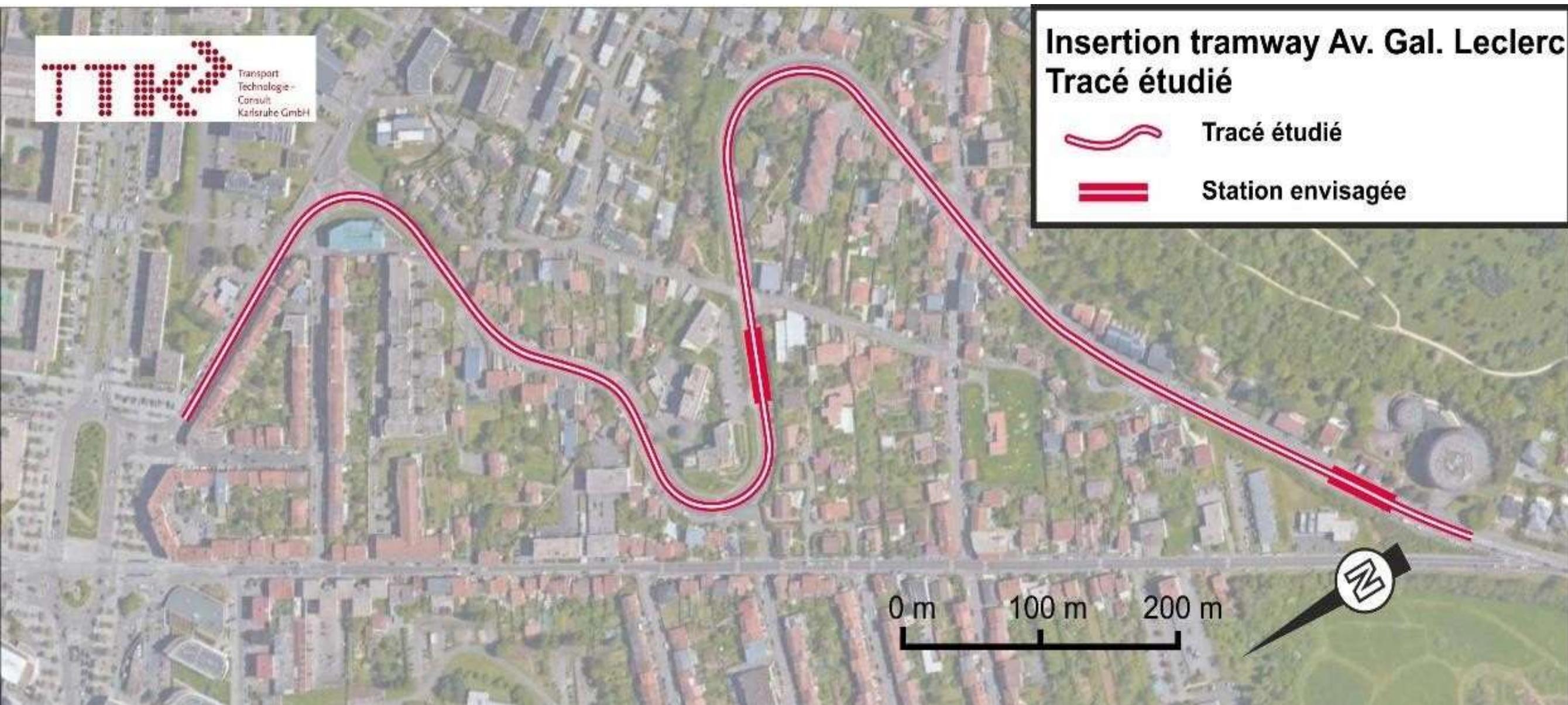
4. Estimation des coûts

5. Conclusion



# ➤ Analyse des enjeux et contraintes

## Section de tracé étudiée

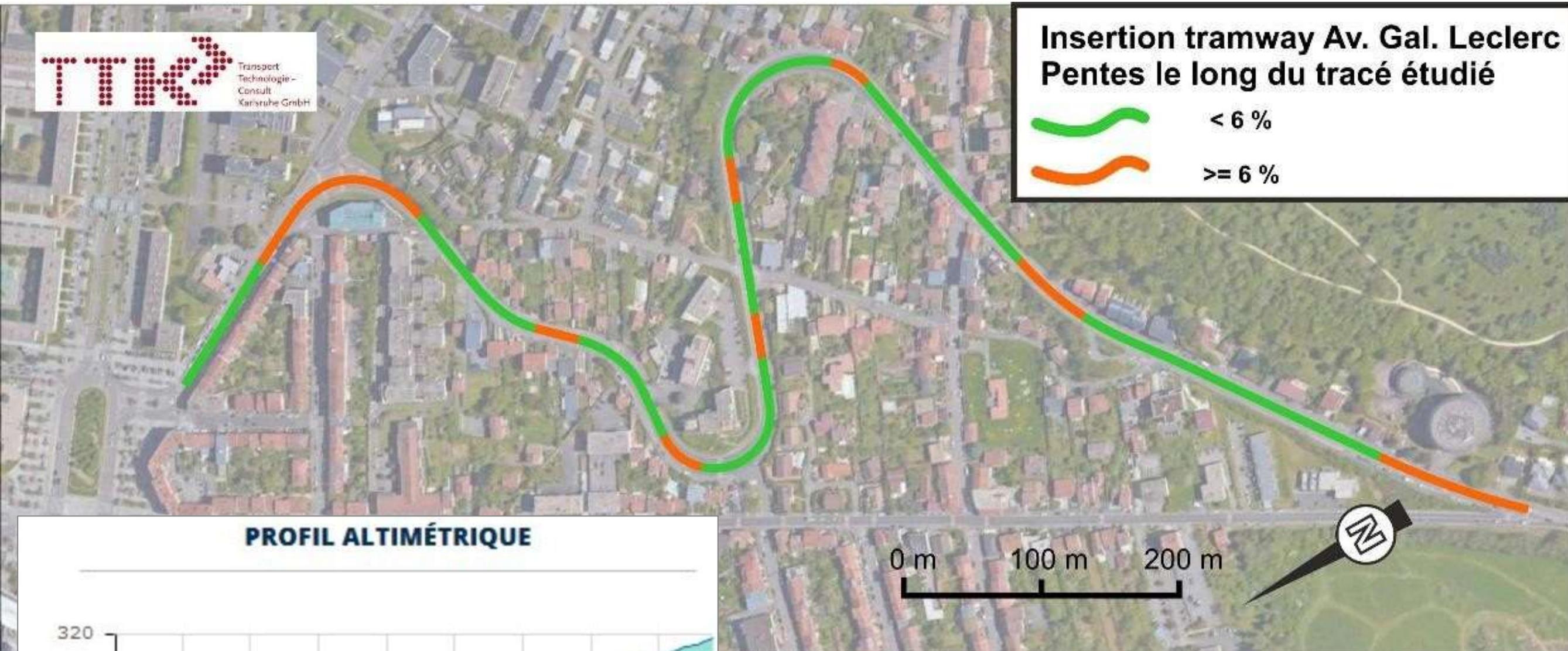
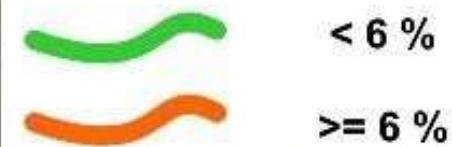


# ➤ Analyse des enjeux et contraintes

## Pentes



### Insertion tramway Av. Gal. Leclerc Pentes le long du tracé étudié

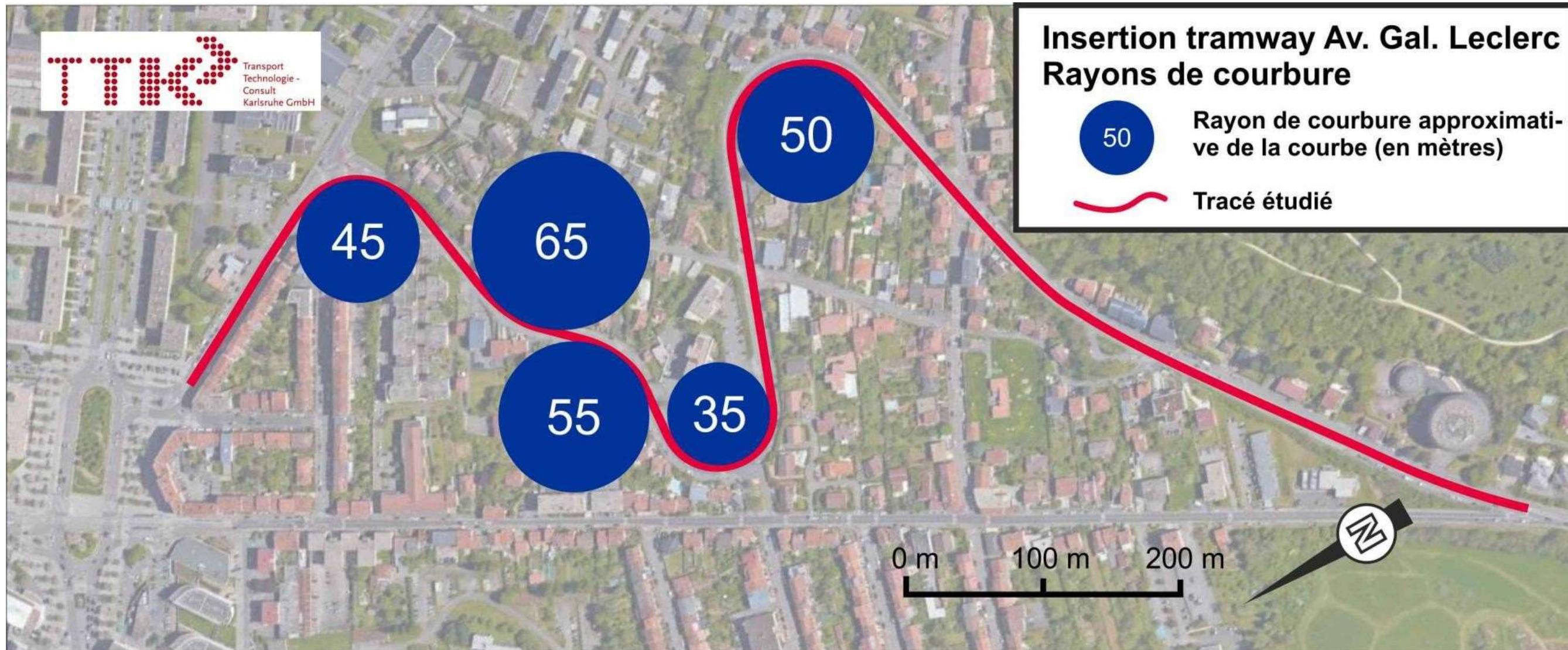


### PROFIL ALTIMÉTRIQUE



## ➤ Analyse des enjeux et contraintes

### Rayons



On peut obtenir une pente équivalente en appliquant la formule suivante :

$p_{\text{équivalente}} = p_{\text{réelle}} + 80/R$  avec  $p$  en % et  $R$  en m

Pentes équivalentes de 8 à 9% franchissables par un tramway sur fer

## ➤ Analyse des enjeux et contraintes

Largeurs de voirie: 2 points durs



# ➤ Analyse des enjeux et contraintes

Largeurs de voirie: 2 points durs



---

## Pari de tracé retenu

---

1. Analyse des enjeux et contraintes

**2. Pari de tracé retenu**

3. Insertion du tracé

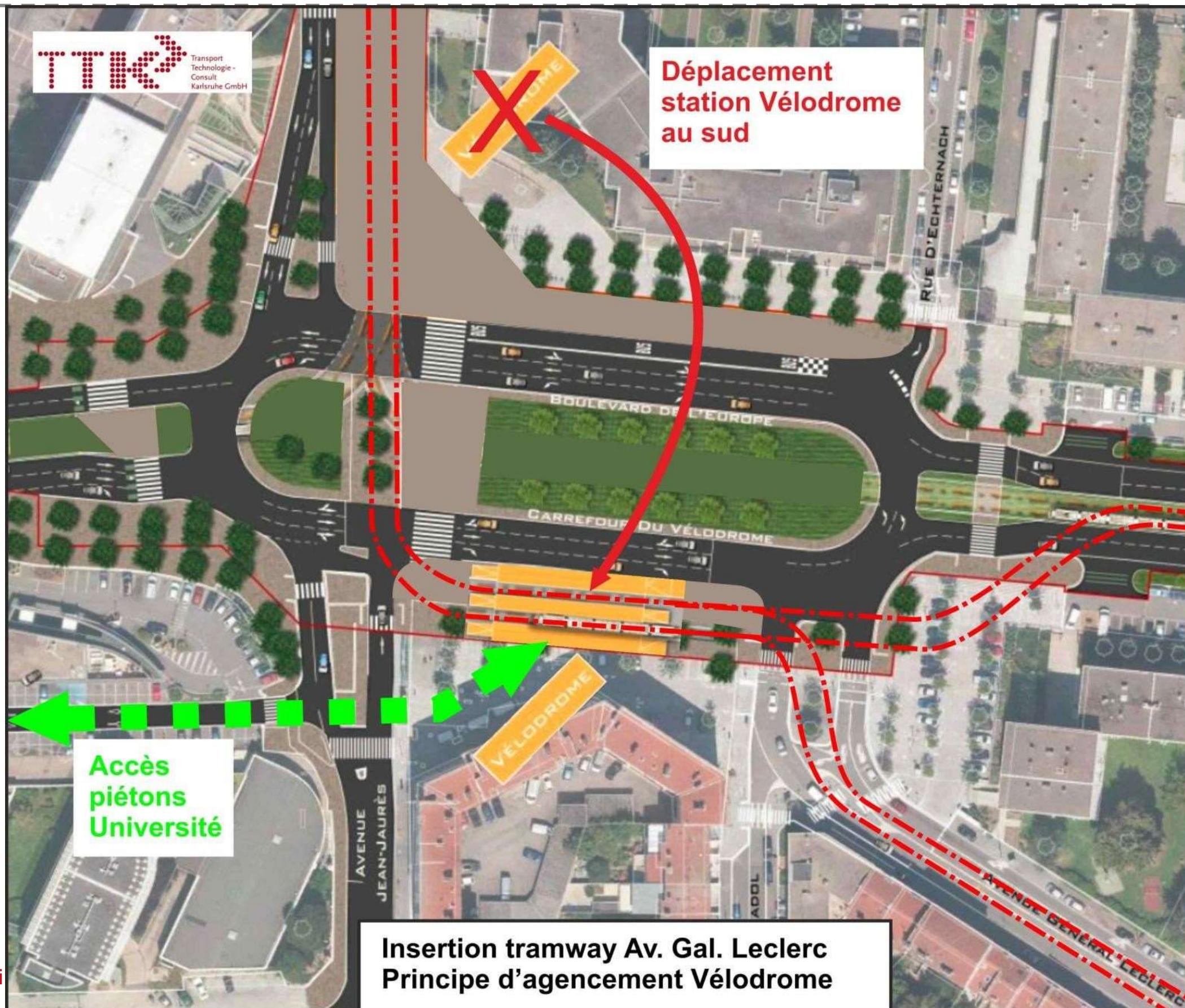
4. Estimation des coûts

5. Conclusion



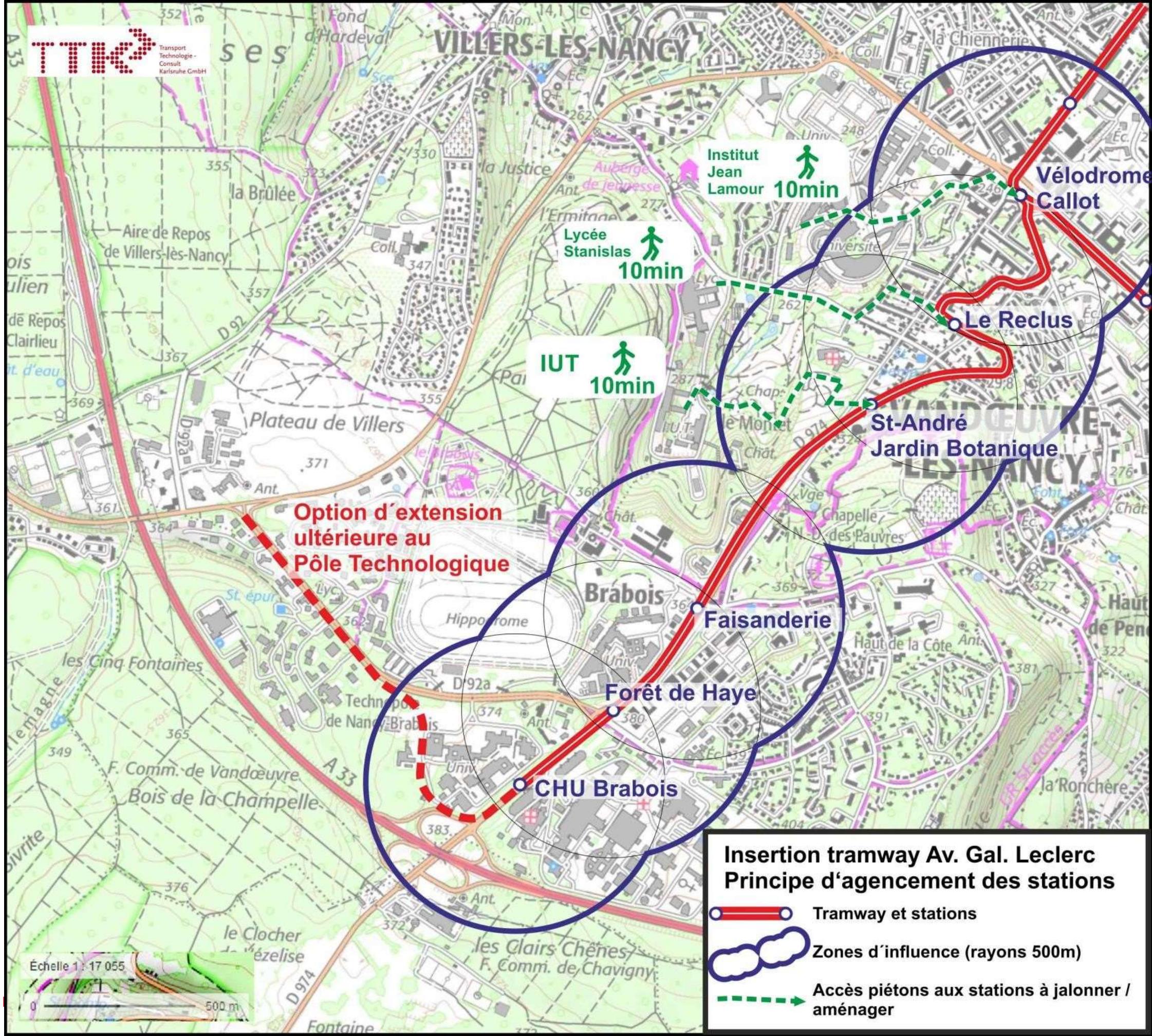
# ➤ Pari de tracé retenu

Station  
Vélodrome



➤ **Pari de tracé retenu**

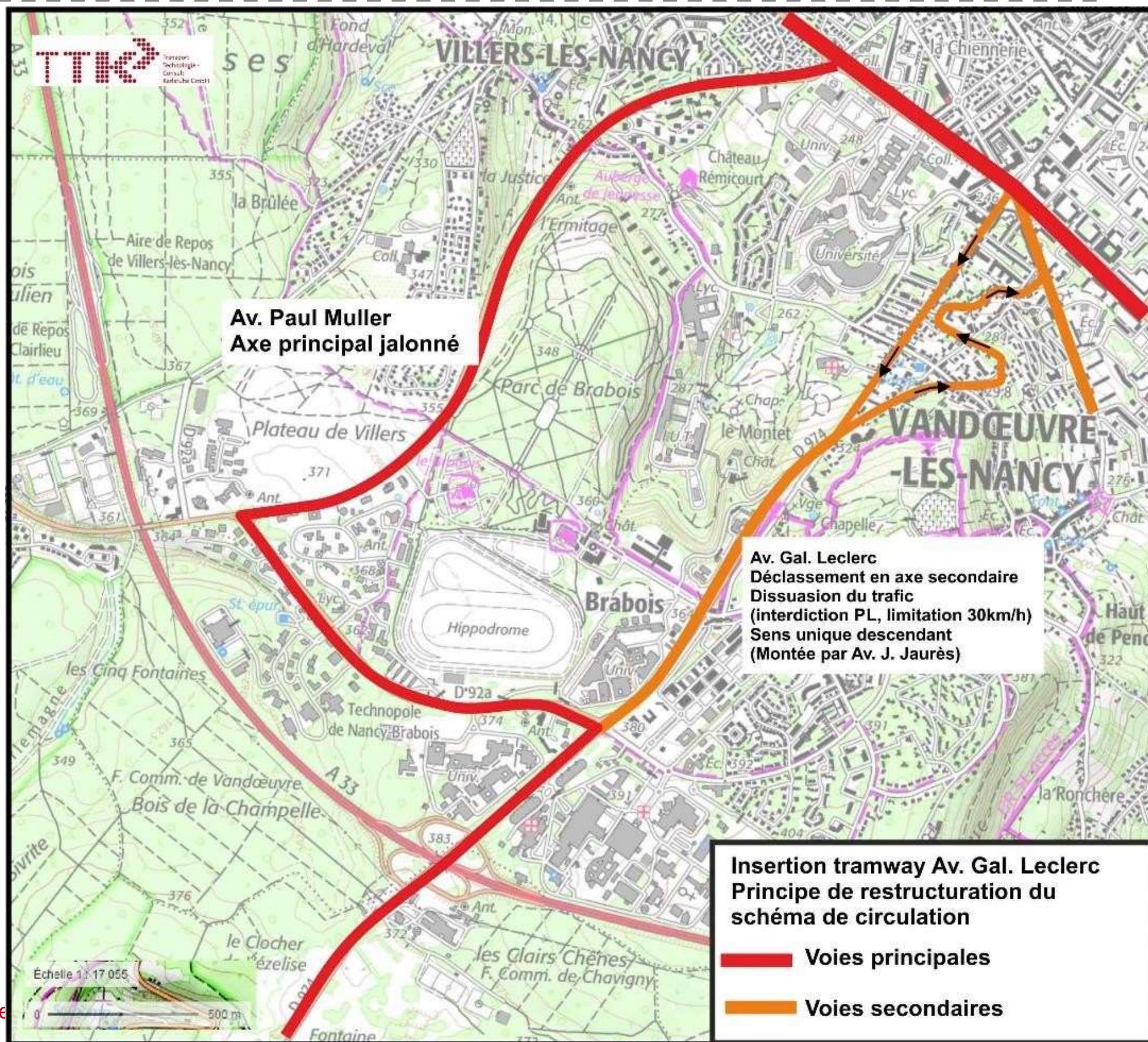
Tracé et agencement des stations



## ➤ Pari de tracé retenu

Schéma de circulation d'accompagnement

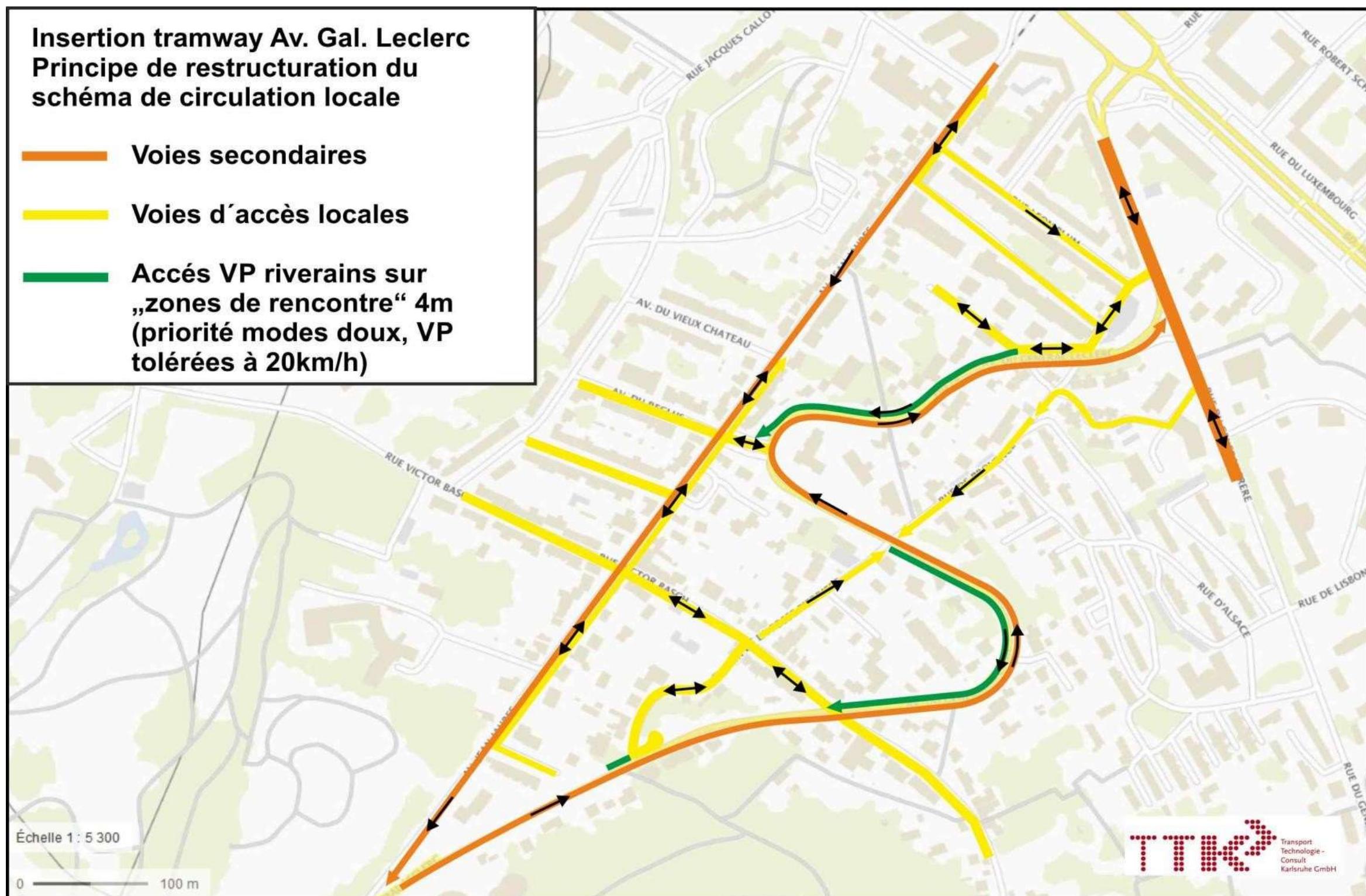
Vue élargie



## ➤ Pari de tracé retenu

Schéma de circulation d'accompagnement

Zoom local : Principe de zone de rencontre dans le sens de la montée (4m)



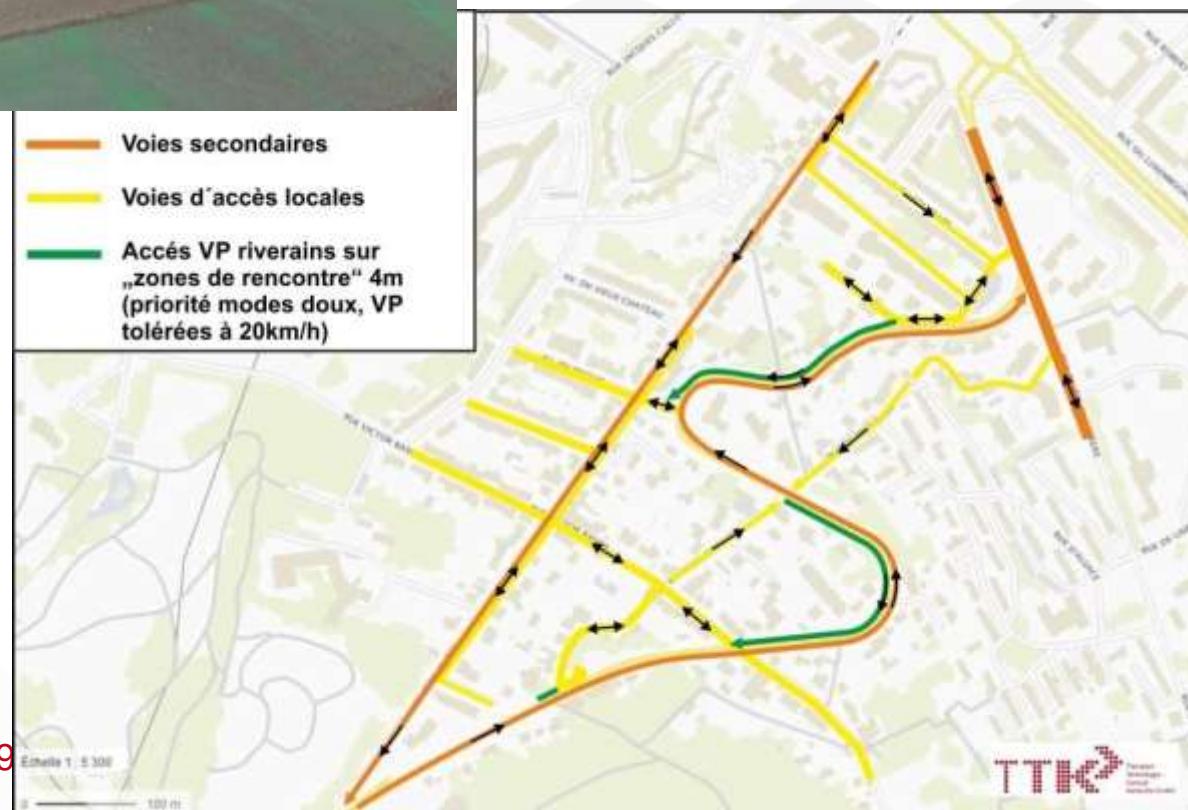
## ➤ Pari de tracé retenu

Schéma de circulation d'accompagnement

Principe de zone de rencontre dans le sens de la montée (ci-dessous ex. Orléans)



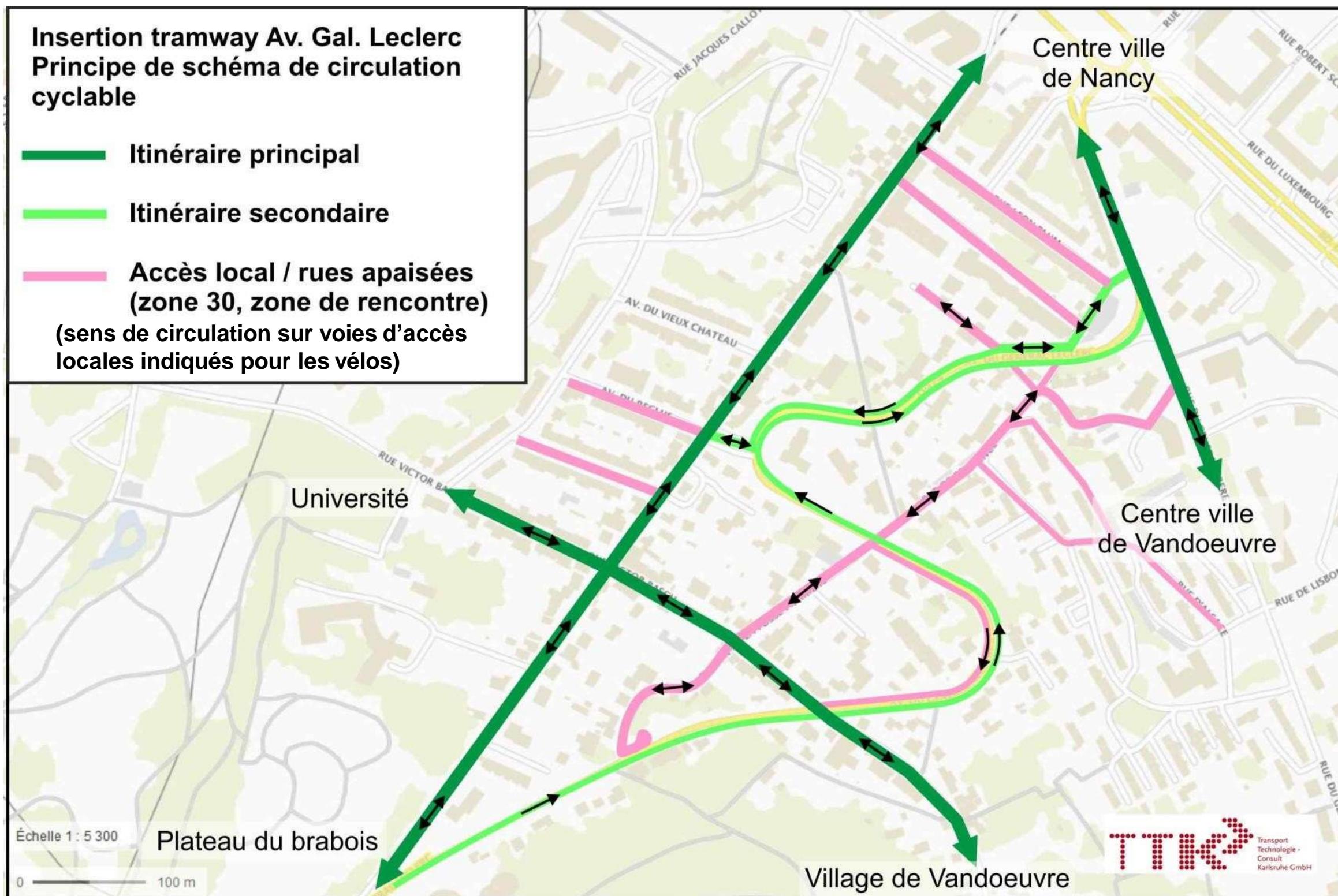
- Voies secondaires
- Voies d'accès locales
- Accès VP riverains sur „zones de rencontre“ 4m (priorité modes doux, VP tolérées à 20km/h)



# ➤ Pari de tracé retenu

Schéma de circulation d'accompagnement

Zoom local : circulations cyclables



---

## Insertion du tracé

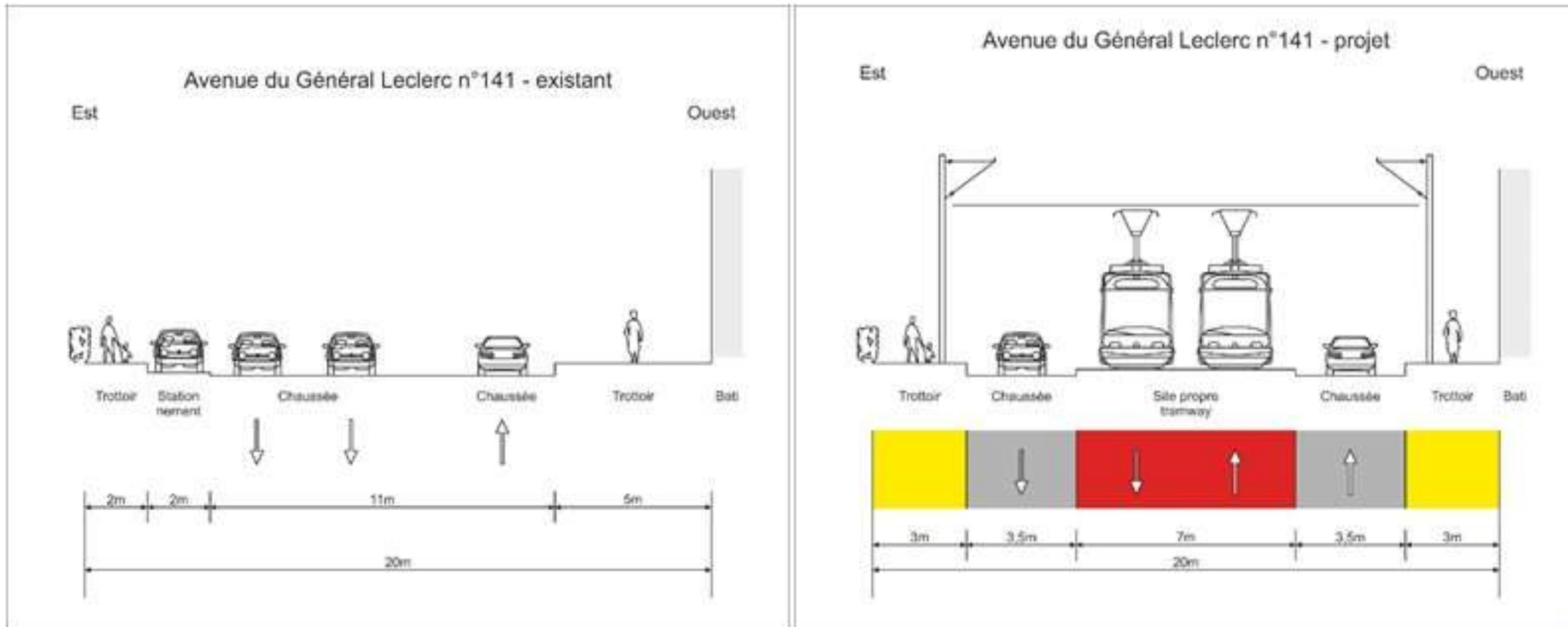
---

1. Analyse des enjeux et contraintes
2. Pari de tracé retenu
- 3. Insertion du tracé**
4. Estimation des coûts
5. Conclusion



## ➤ Insertion du tracé

Sections type : section basse de l'Av. Gal Leclerc à proximité de Vélodrome  
Insertion site propre central

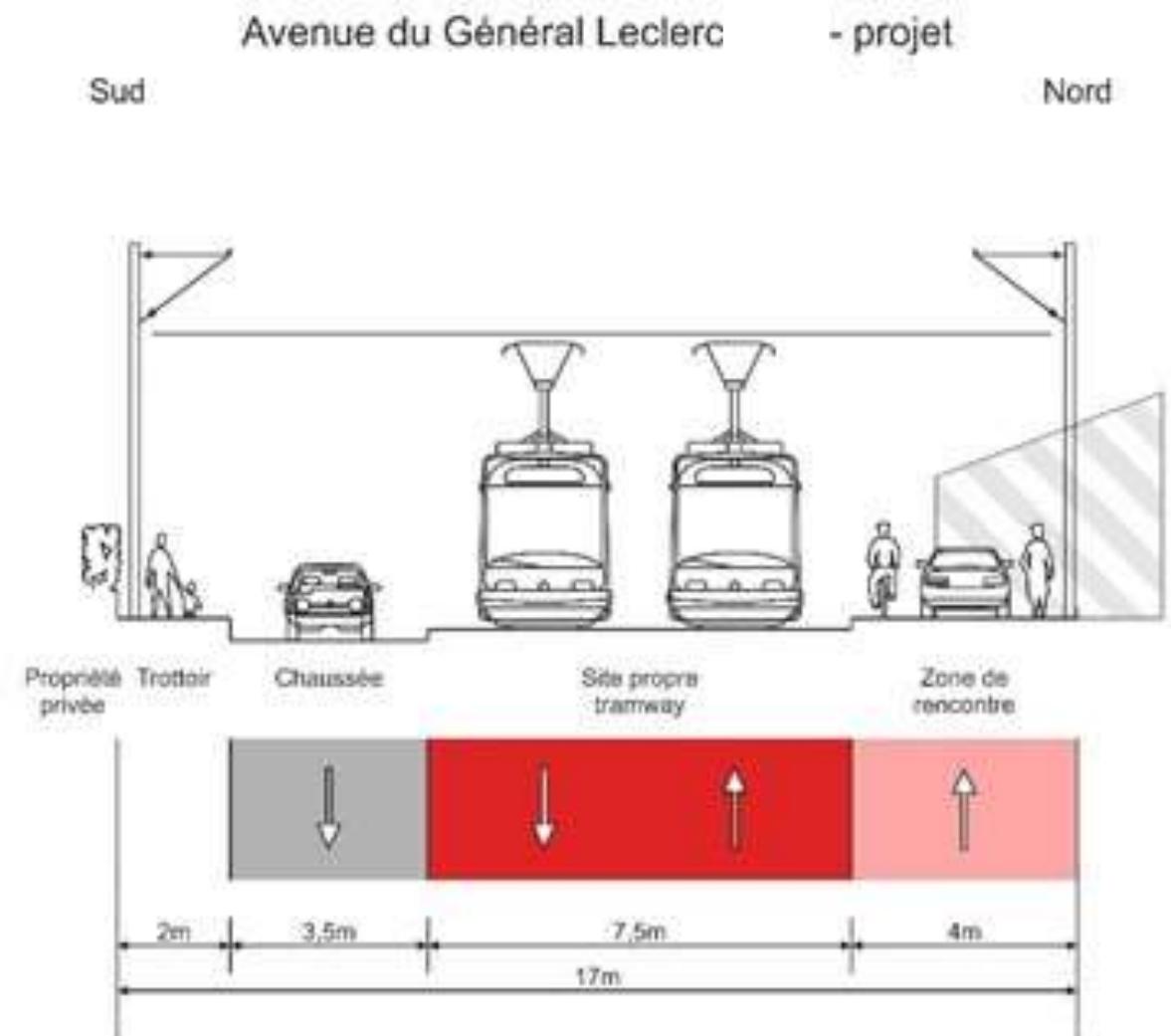
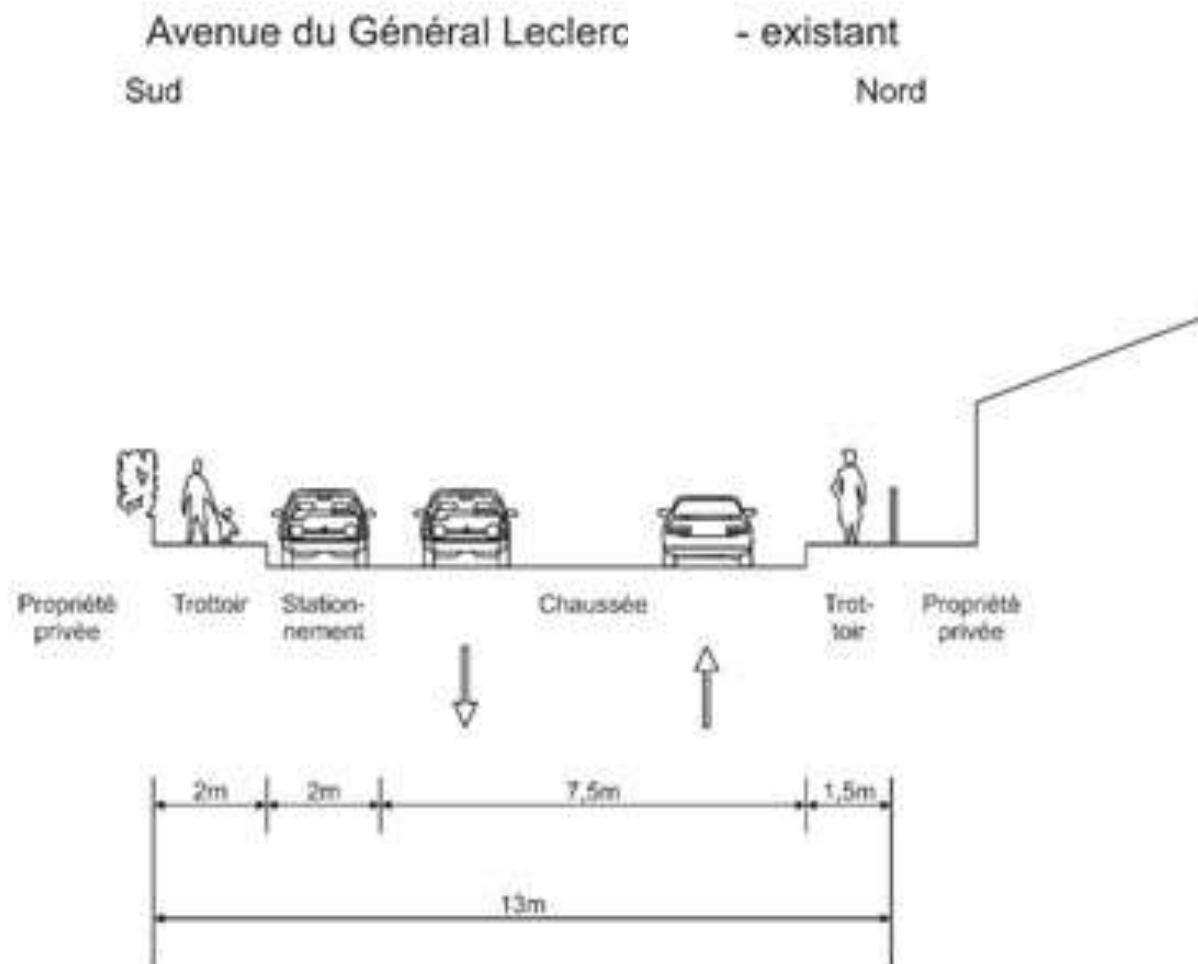
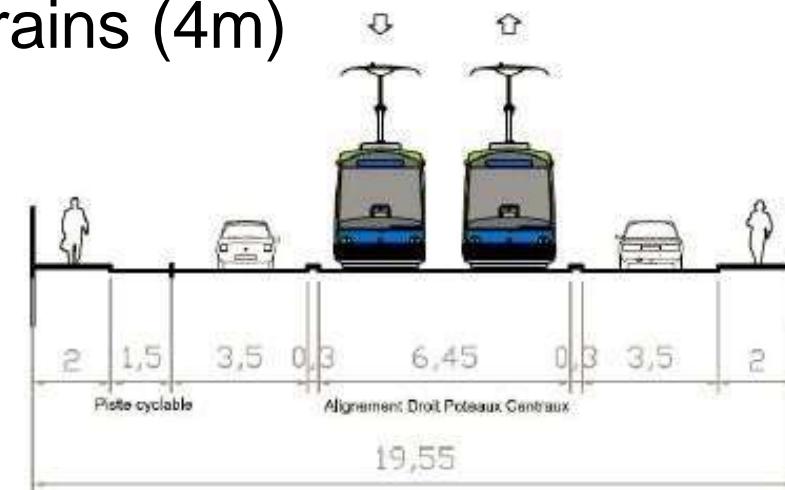


## ➤ Insertion du tracé

Sections type avec zones de rencontre piétons + accès riverains (4m)

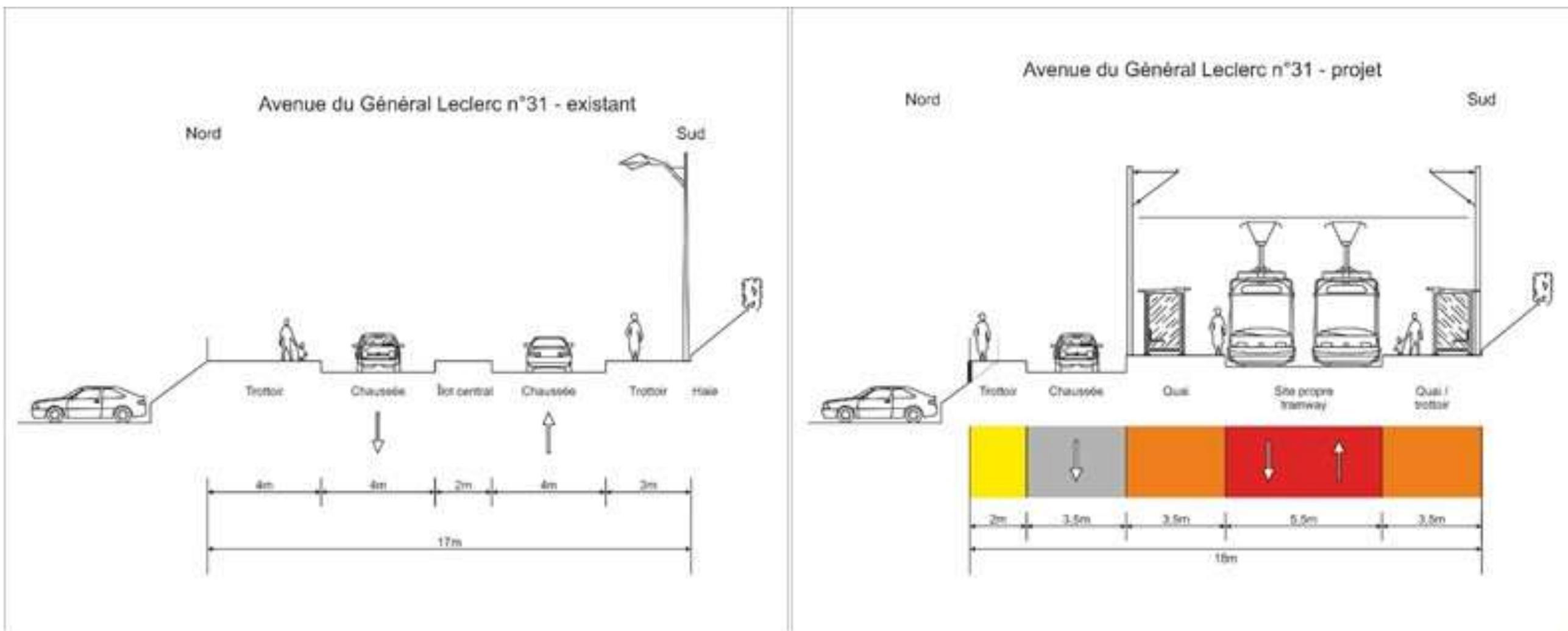
Emprises 17m au lieu de 19,5m

= gain de 2,5m par rapport à un profil double sens avec piste cyclable montante (cf. étude Egis)



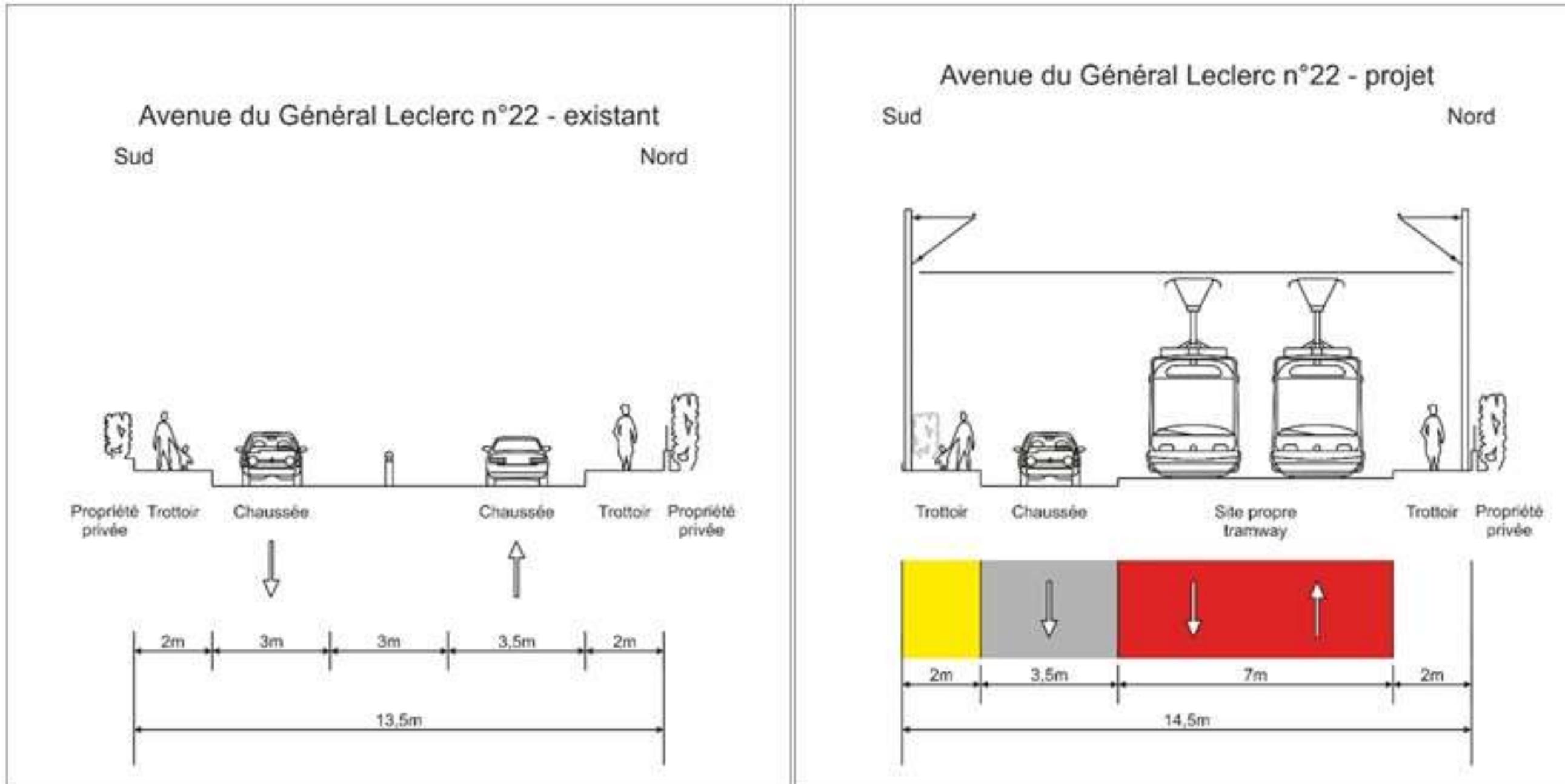
## ➤ Insertion du tracé

Section particulière : coupe au droit de la station « Le Reclus »

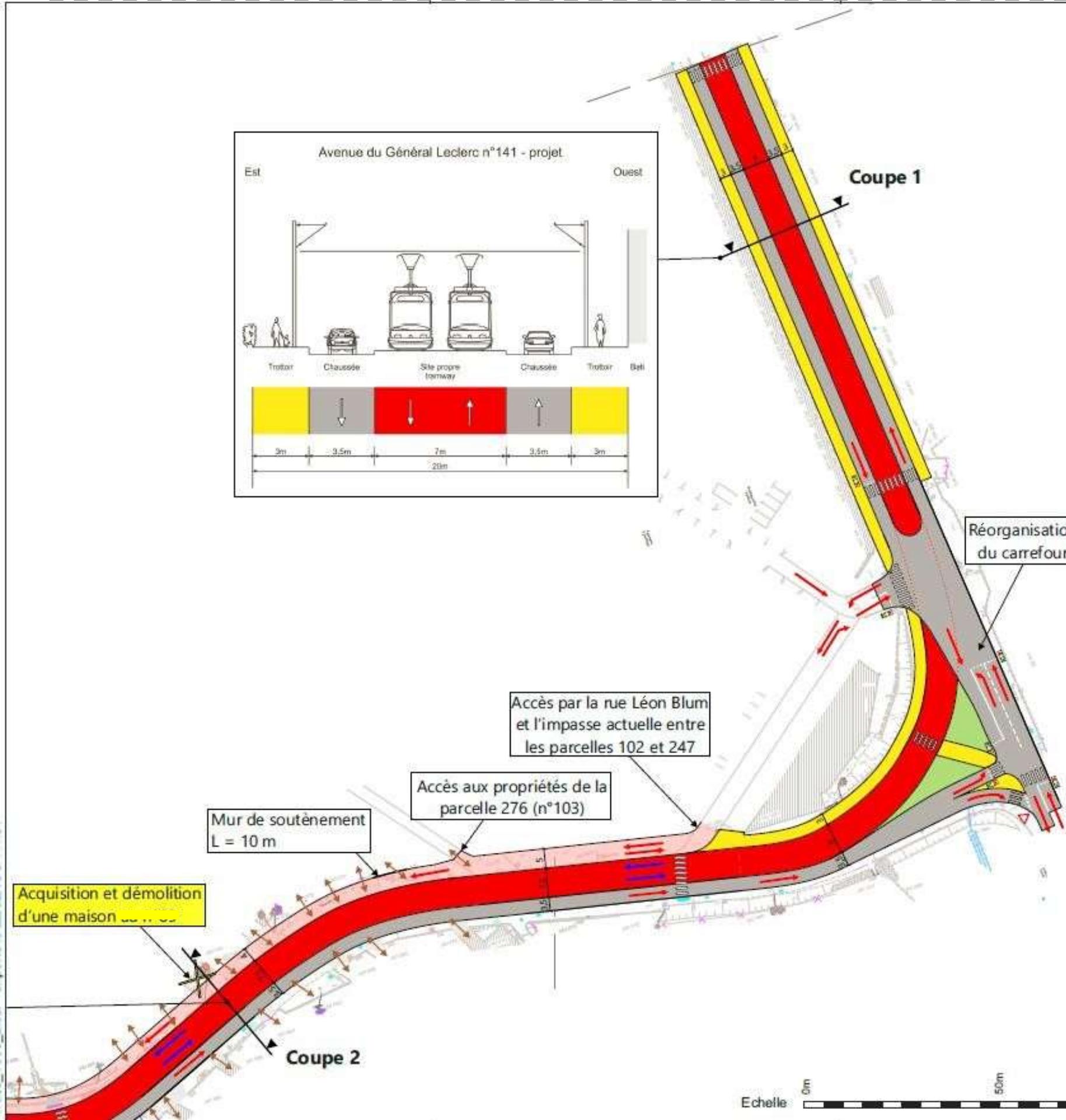
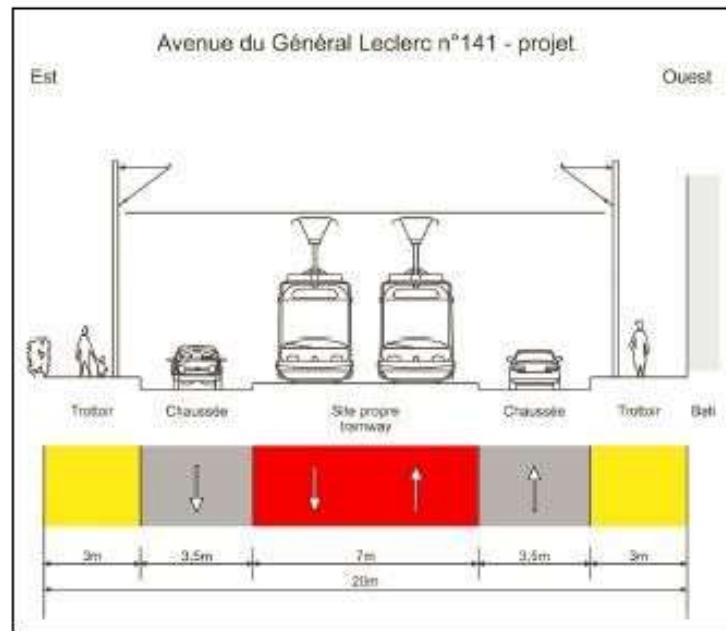


## Insertion du tracé

Sections type : section haute de l'Av. Gal Leclerc à proximité du jardin botanique, site propre latéral Ouest



# Insertion du tracé



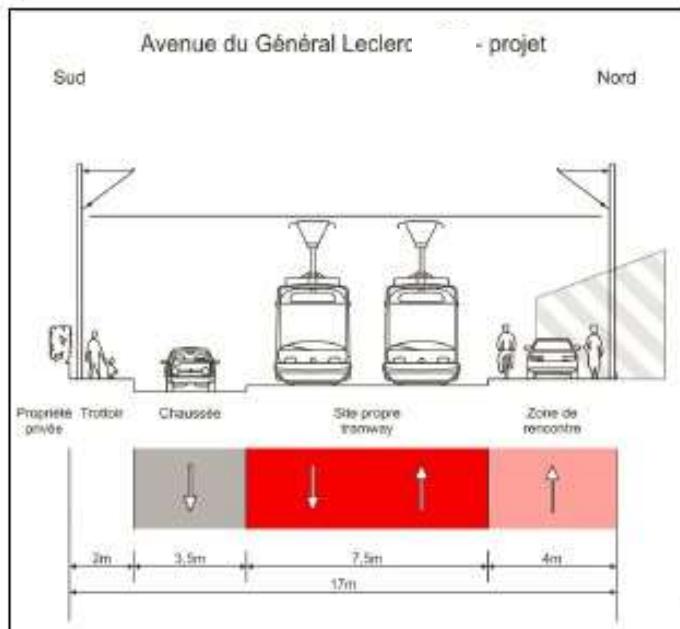
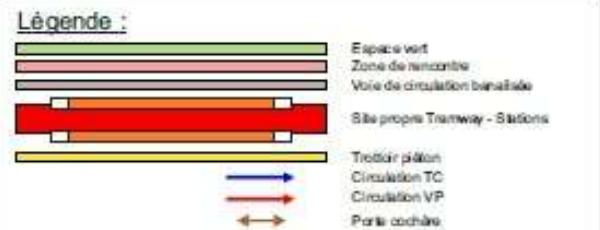
Maître d'œuvre :		date	nom
		conception	22/02/18 G.M.
		dessin	22/02/18 T.S.
		vérification	22/02/18 M.P.
Maître d'ouvrage :		date	nom
		conception	
		dessin	
		vérification	
N° du projet :		7021	
Nom du projet :		Expertise tramway Nancy	
Plan :		Montée Leclerc - esquisse d'insertion tramway sur fer Planche 1	
Echelle :		A3 / 1 : 1000	Vue en plan
		Feuille : P-1000-1	

Légende :

	Espace vert
	Zone de rencontre
	Vie de circulation banalisée
	Site propre Tramway - Stations
	Trottoir piéton
	Circulation TC
	Circulation VP
	Porte cochées



# Insertion du tracé



Acquisition et démolition d'une maison

Mur de soutènement L = 10 m

Accès aux propriétés de la parcelle 276 (n°103)

Accès par la rue Léon Blum et l'impasse actuelle entre les parcelles 102 et 247

Coupe 2



Mur de soutènement L = 20 m

Réorganisation du carrefour

Mur de soutènement L = 20 m

Mur de soutènement L = 50 m

Coupe 3

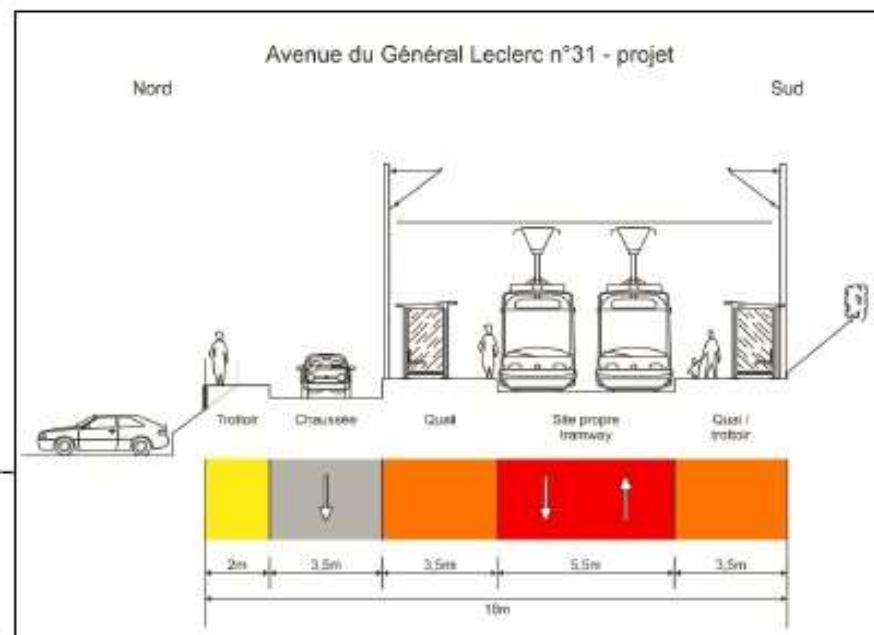
Rue de Provence

**Station Le Reclus**

Chemin de la Fossé Pierrière

Réorganisation du carrefour

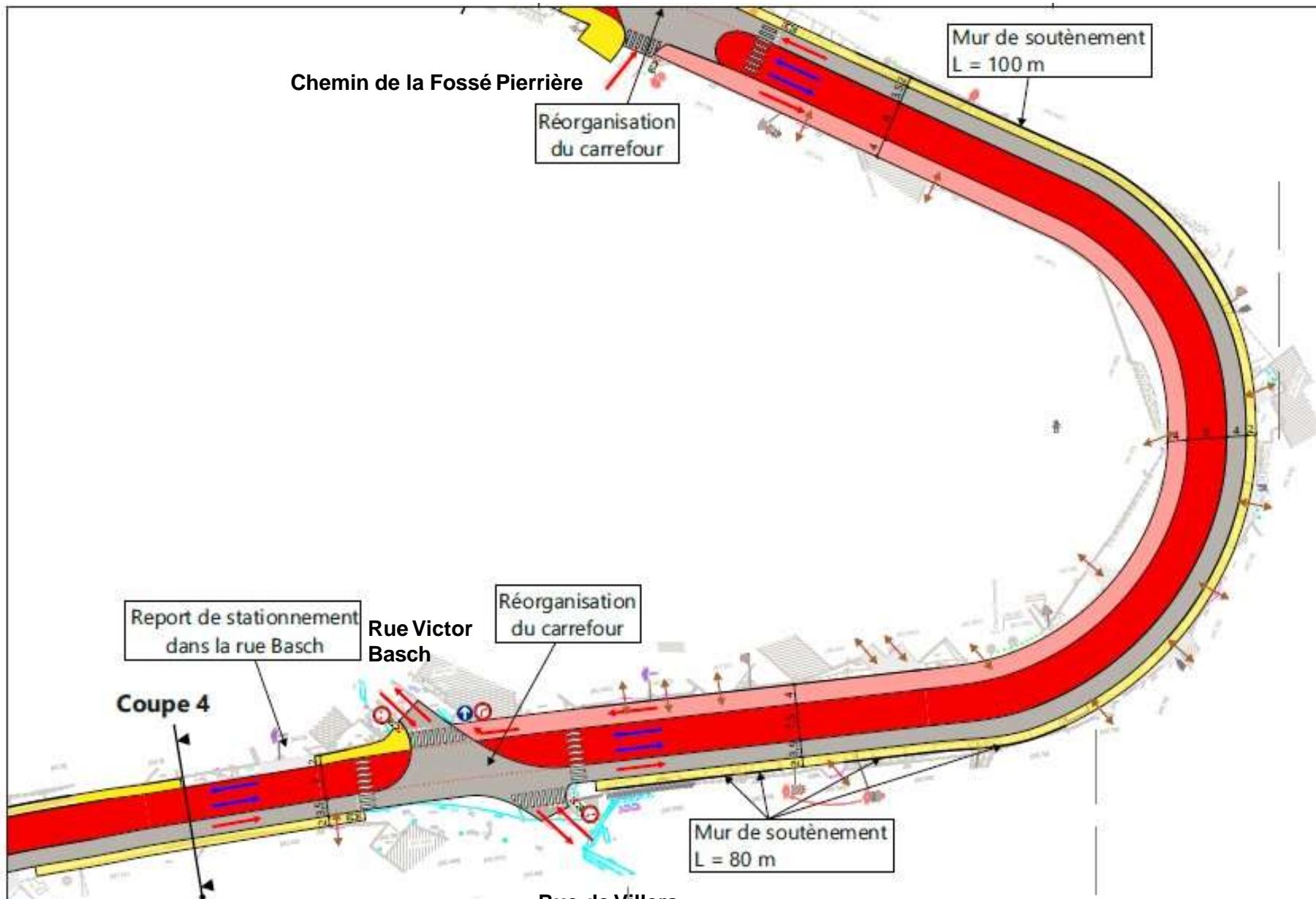
Mur de soutènement L = 100 m



<b>Maître d'œuvre :</b> 	date	nom	
	conception	22/02/18	G.M.
	dessin	22/02/18	T.S.
<b>Maître d'ouvrage :</b>  Commune de Vandœuvre-lès-Nancy 7 rue de Parme 54500 VANDŒUVRE Tél : +33 3 83 51 80 00	date	nom	
	conception		
	dessin		
<b>N° de projet :</b> 7021 <b>Nom du projet :</b> Expertise tramway Nancy			
<b>Plan :</b> Montée Leclerc - esquisse d'insertion tramway sur fer Planche 2			
<b>Echelle :</b> A3 / 1 : 1000	<b>Vue en plan</b>	<b>Feuille :</b> P-1000-2	



# Insertion du tracé

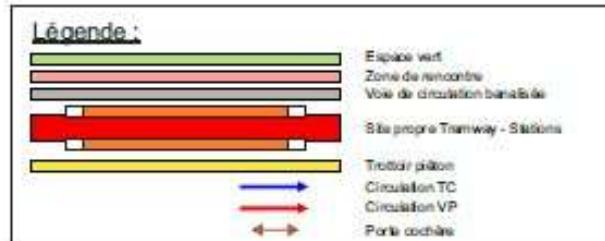
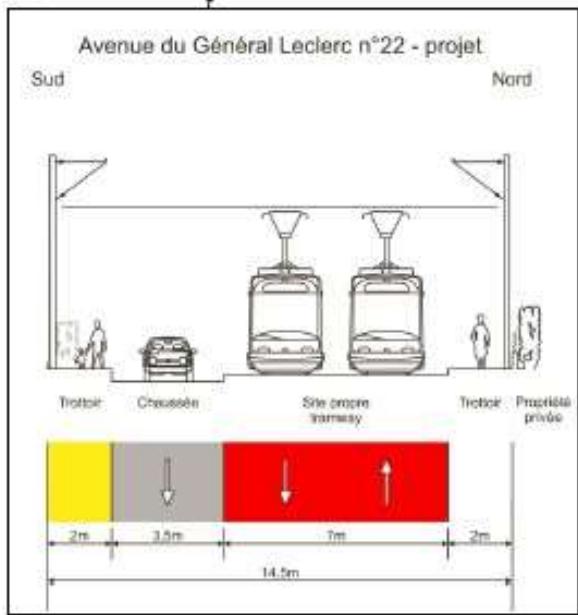


Maître d'œuvre :		date	nom
 Transport Travaux Conception Réalisation	conception	22/02/18	G.M.
	dessin	22/02/18	T.S.
	vérification	22/02/18	M.P.
Maître d'ouvrage :		date	nom
 Commune de Vandœuvre-lès-Nancy 7 rue de Pierre 54500 VANDŒUVRE Tél. +33 3 83 51 80 00	conception		
	dessin		
	vérification		

N° du projet : 7021  
 Nom du projet : Expertise tramway Nancy

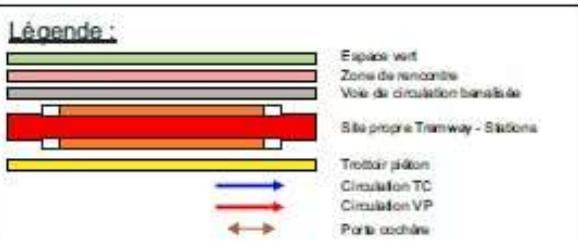
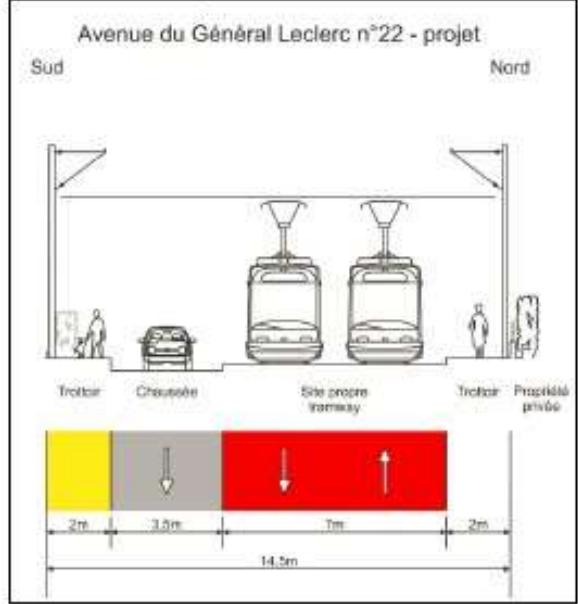
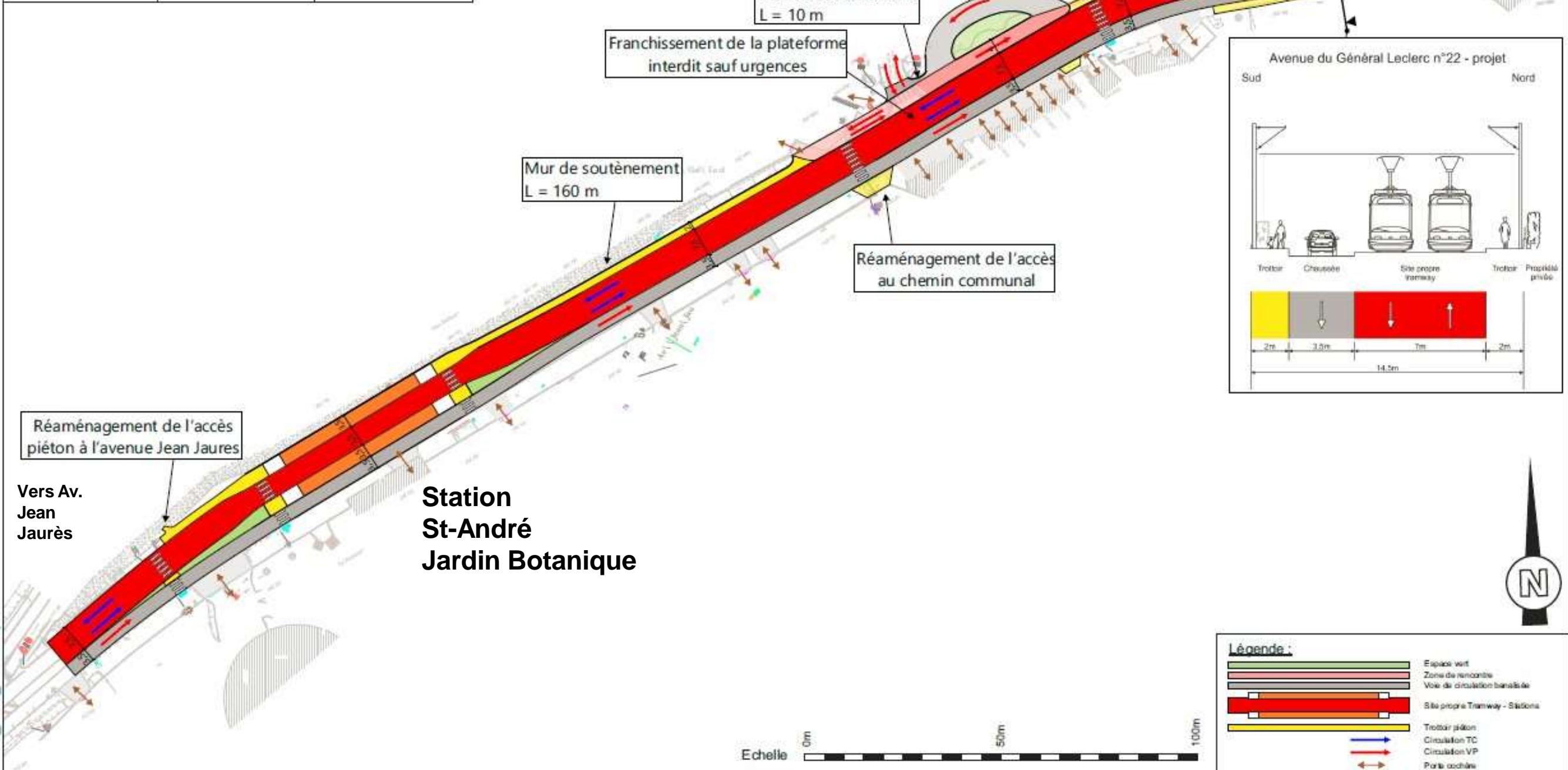
Plan : Montée Leclerc - esquisse d'insertion tramway sur fer  
 Planche 3

Echelle : A3 / 1 : 1000	Vue en plan	Feuille : P-1000-3
-------------------------	-------------	--------------------



# Insertion du tracé

<b>Membre d'œuvre :</b> 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>date</th> <th>nom</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>conception</td> <td>22/02/2018 G.M.</td> </tr> <tr> <td>dessin</td> <td>22/02/2018 T.S.</td> </tr> <tr> <td>vérification</td> <td>22/02/18 M.P.</td> </tr> </tbody> </table>	date	nom	conception	22/02/2018 G.M.	dessin	22/02/2018 T.S.	vérification	22/02/18 M.P.
date	nom									
conception	22/02/2018 G.M.									
dessin	22/02/2018 T.S.									
vérification	22/02/18 M.P.									
<b>Membre d'ouvrage :</b>  Commune de Vandœuvre-les-Nancy 7 rue de Palmes 54500 VANDŒUVRE Tél. +33 3 83 51 80 00		<table border="1"> <thead> <tr> <th>date</th> <th>nom</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>conception</td> <td></td> </tr> <tr> <td>dessin</td> <td></td> </tr> <tr> <td>vérification</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	date	nom	conception		dessin		vérification	
date	nom									
conception										
dessin										
vérification										
<b>N° du projet :</b> 7021 <b>Nom du projet :</b> Expertise tramway Nancy										
<b>Plan :</b> Montée Leclerc - esquisse d'insertion tramway sur fer Planche 4										
<b>Echelle :</b> A3 / 1 : 1000	<b>Vue en plan</b>	<b>Feuille :</b> P-1000-4								



---

## Estimation des coûts

---

1. Analyse des enjeux et contraintes
2. Pari de tracé retenu
3. Insertion du tracé
- 4. Estimation des coûts**
5. Conclusion

## Estimations des coûts

- ❖ Coûts Vélodrome-CHU estimés à **82,15M€**, soit 24,2 M€ / km (stations et matériel roulant (MR) inclus), dont 9M€ de matériel roulant (3 rames).
- ❖ Coûts hors matériel roulant de **73,15M€**, soit soit 21,5 M€ / km (hors MR)

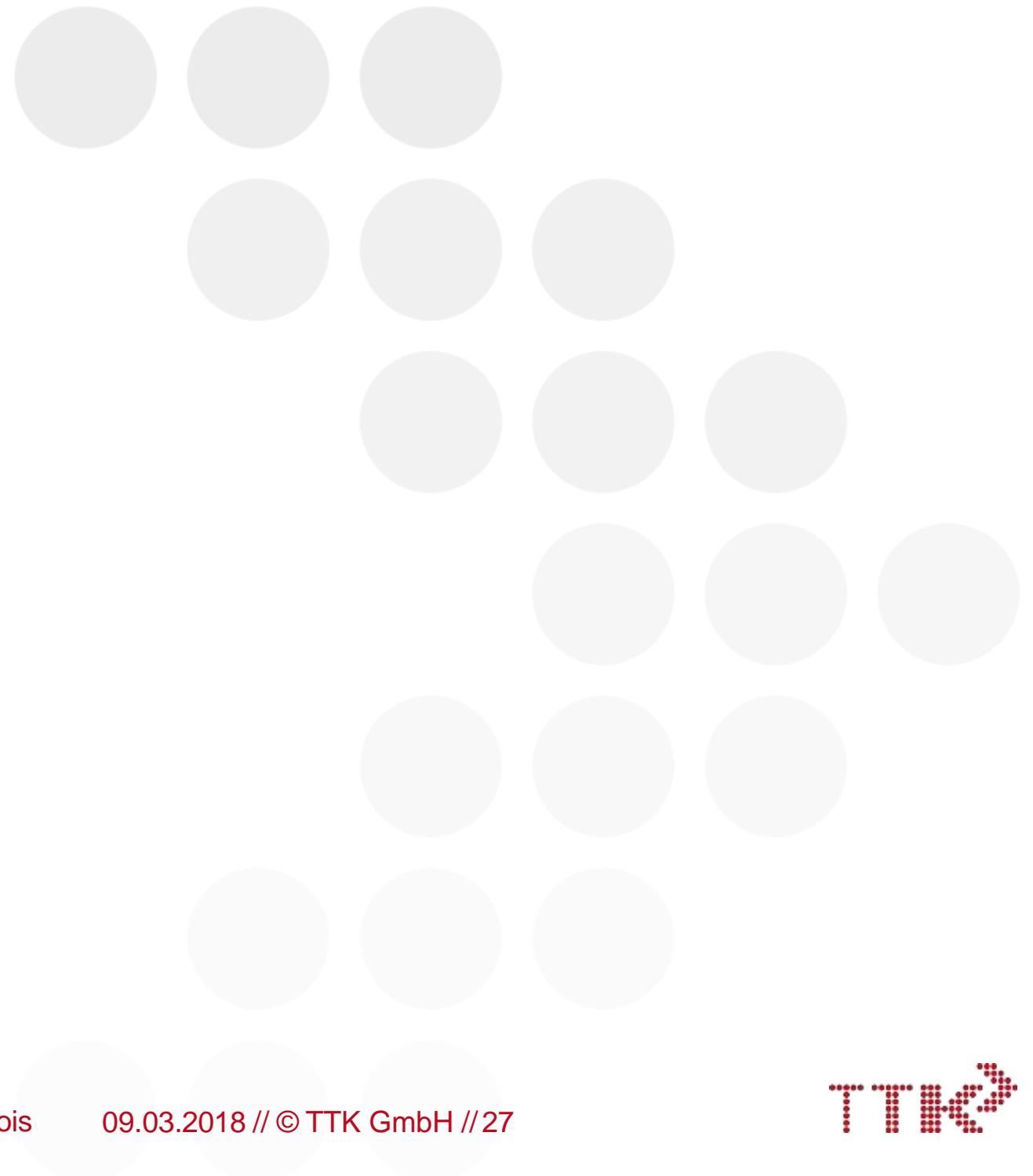
Section	Catégorie	Prestation	Quantité	Unité de mesure	Prix unitaire	Prix total	
Section étudiée	A	Etudes AVP / Projet	1,00	% de C à I	240.000	240.000	
	B	Maîtrise d'ouvrage	8,00	% de C à I	1.910.000	1.910.000	
	C	Maîtrise d'oeuvre	6,00	% de C à I	1.430.000	1.430.000	
	D	Acquisition et libération des terrains					520.000
			Acquisition terrains	1.000,00	m²	120	120.000
			Acquisition bâti	150,00	m²	2.000	300.000
			Démolition	1,00	u	100.000	100.000
	E	Travaux préparatoires	20,00	% de D et F à I	3.980.000	3.980.000	
	F	Ouvrages d'art					3.500.000
			Mur de soutènement (H <sub>mo</sub> y = 1,5 m)	500,00	m	7.000	3.500.000
	G	Plateforme et voirie					11.960.000
		Profil 1	0,14	km	9.000.000	1.290.000	
		Profil 2	0,72	km	8.500.000	6.150.000	
		Profil 3	0,60	km	7.500.000	4.520.000	
H	Équipements Tramway		1,00	u	1.400.000	1.400.000	
I	Carrefours (signalisation / aménagement)		5,00	u	500.000	2.500.000	
J	Aléas		15,00	% de A à I	4.120.000	4.120.000	
			<b>Montant total HT des coûts d'investissement de la section</b>		<b>31.560.000</b>		
			Prix au kilomètre de linéaire Tramway de la section étudiée sans stations		Linéaire Section 1,47	21,5 M€ pro km	
Section Vélodrome - montée Leclerc			0,23	km	20.000.000	4.600.000	
Section montée Leclerc - CHRU			1,70	km	20.000.000	33.990.000	
Station (objet)			6,00	u	500.000	3.000.000	
Matériel roulant			3,00	u	3.000.000	9.000.000	
			<b>Montant total HT des coûts d'investissement</b>		<b>82.150.000</b>		
			Prix au kilomètre de linéaire Tramway stations comprises		Linéaire total 3,40	24,2 M€ pro km	

---

## Conclusions

---

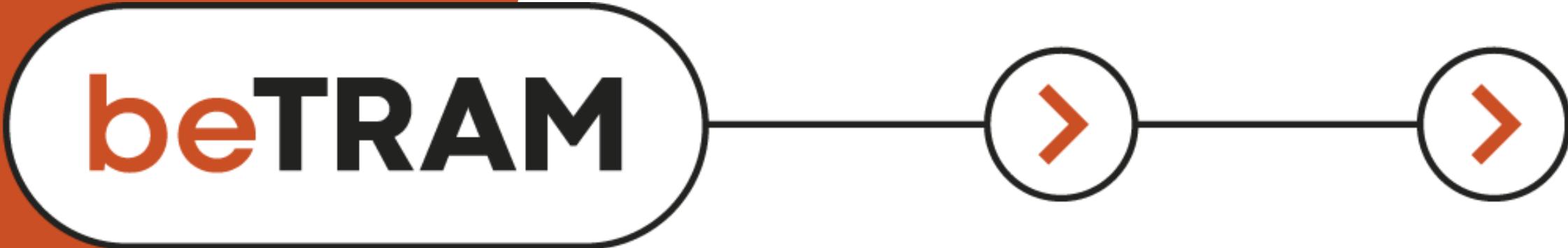
1. Analyse des enjeux et contraintes
2. Pari de tracé retenu
3. Insertion du tracé
4. Estimation des coûts
- 5. Conclusion**



## ➤ Conclusions

- Faisabilité techniquement avérée d'une montée Leclerc avec tramway sur fer ;
- Parti pris d'aménagement : insertion site propre double sens, réduction à un sens de circulation descendant, impact sur le plan de circulation ;
- Pour cette solution, coûts induits estimés à **82,15 M€**, soit 24,2 M€ / km (stations et matériel roulant inclus) **avec une seule habitation impactée.**
- Résultats à comparer avec estimations Egis pour projet en site propre 2 voies :
  - 82M€ au lieu de 106M€ soit **-24M€**
  - **1 habitation impactée au lieu de 12,**
  - **10 parcelles impactées** (reculs d'environ 1m avec opportunité de remises à neuf des clotures et portails) **au lieu de 38** (reculs d'environ 3 à 4m)

**Approfondissement  
beTRAM par l'avenue  
du Général Leclerc**



**beTRAM**

**MANDAT DE MAÎTRISE D'OUVRAGE  
POUR LE RENOUVELLEMENT ET L'EXTENSION  
DE LA LIGNE 1 EN TRAMWAY  
ET PRESTATIONS ASSOCIÉES**

**VANDŒUVRE-LÈS-NANCY  
PROPOSITION DE TRACÉ PAR L'AVENUE DU  
GÉNÉRAL LECLERC  
20/07/2018**

# CONTEXTE

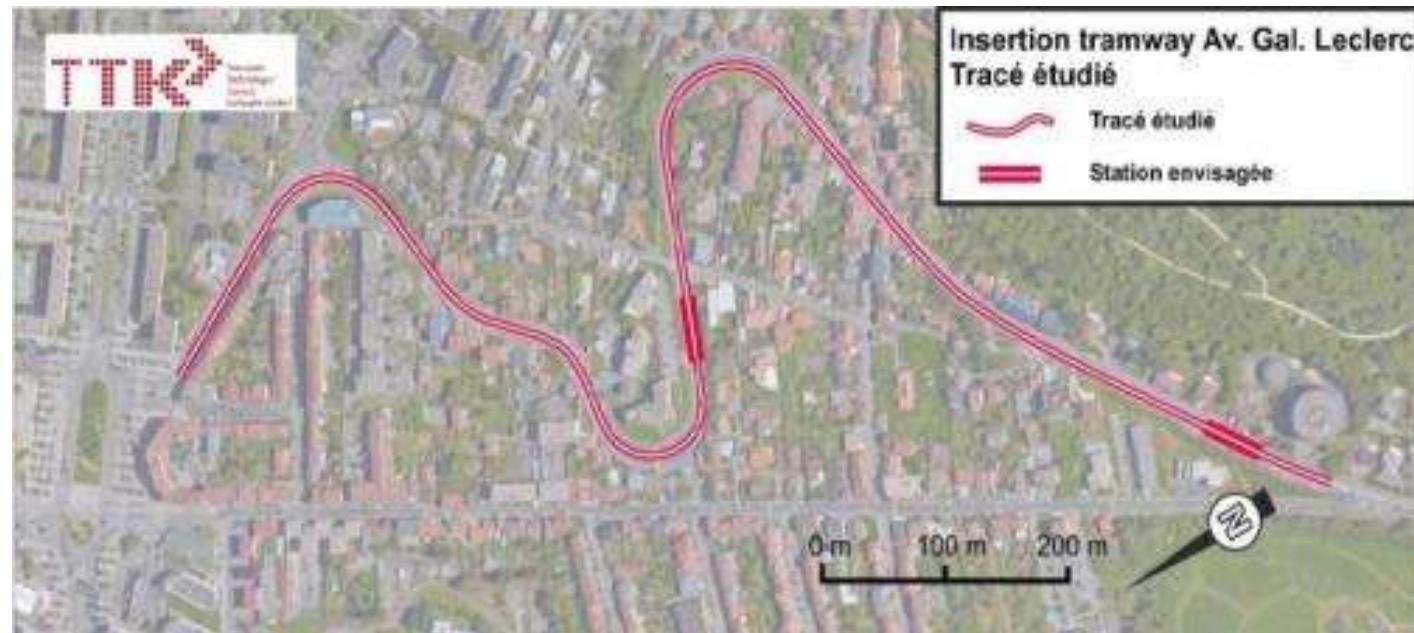
## Montée à Brabois depuis Vélodrome

Approfondissement et détail des études menées par TTK via l'avenue du Général Leclerc à Vandoeuvre-lès-Nancy

# SOMMAIRE

- **Tracé**
- **Insertion**
- **Stations**

# TRACÉ

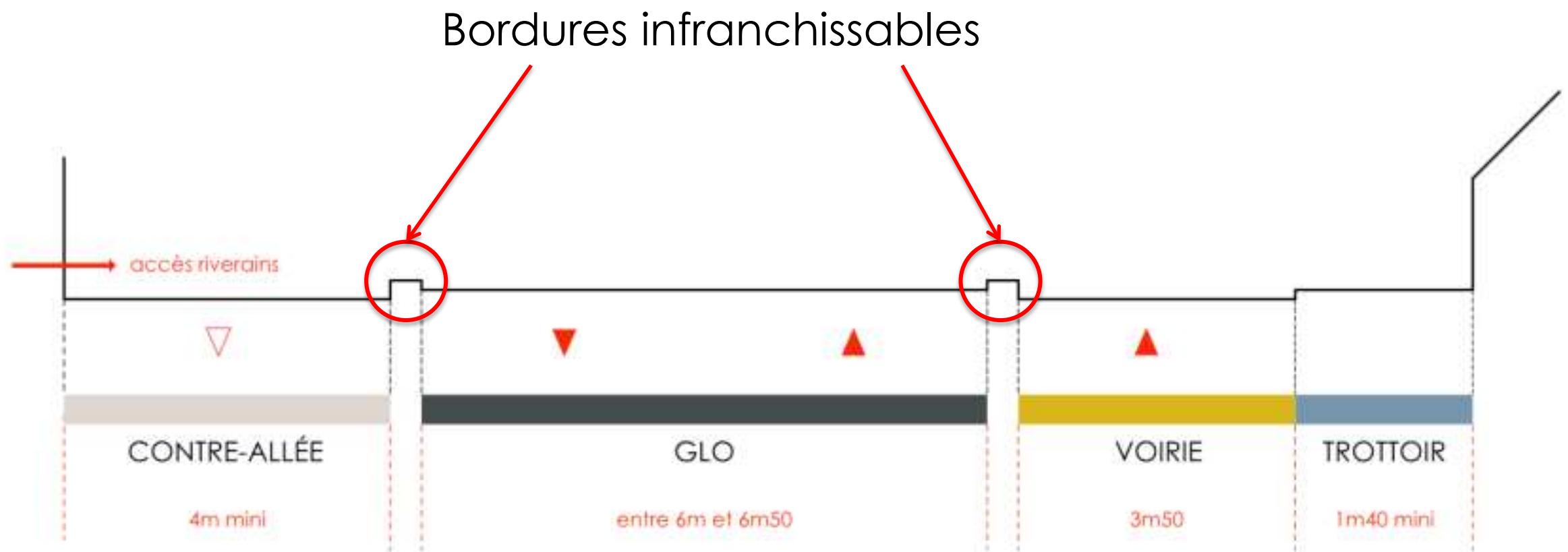


# INSERTION

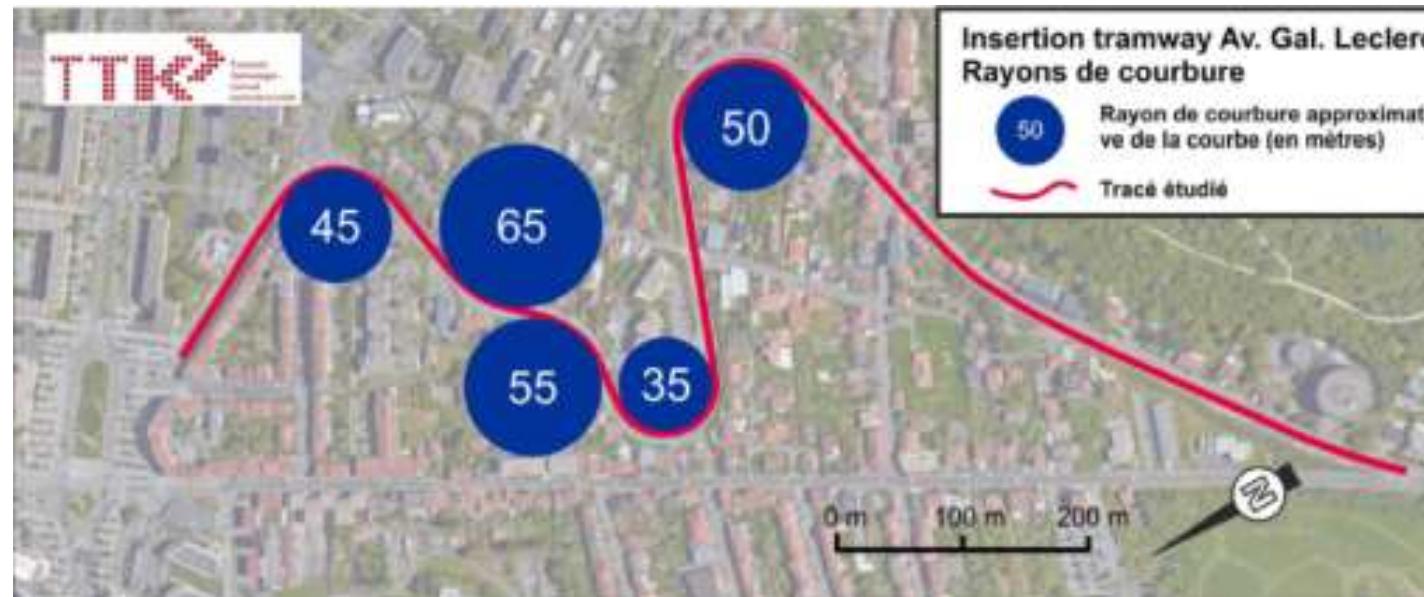
## Principes d'insertion :

- Contre-allée
- Absence de stationnement
- Absence d'arbre

# PROFIL EN TRAVERS



# TRACÉ



# INSERTION - PLAN

L'insertion de la contre-allée nécessite des acquisitions foncières

⇒ 1 bâtiment impacté directement (TTK = 1)

⇒ 12 parcelles (TTK = 10 parcelles)

Une surface d'acquisition foncière minimale de 587 m<sup>2</sup> +  
intervention pour réalisation murs de soutènement à quantifier

Autres conséquences de l'aménagement :

Fonctionnement riverain perturbé : accès aux parcelles / livraison  
/ déménagement / OM

Une contrainte : des bordures GLO infranchissable





TN 261.65  
TN 263.77

## Giration grand monospace

GIRATION 3.3CERTU - CETE de l'Ouest  
Véhicule Grand monospace

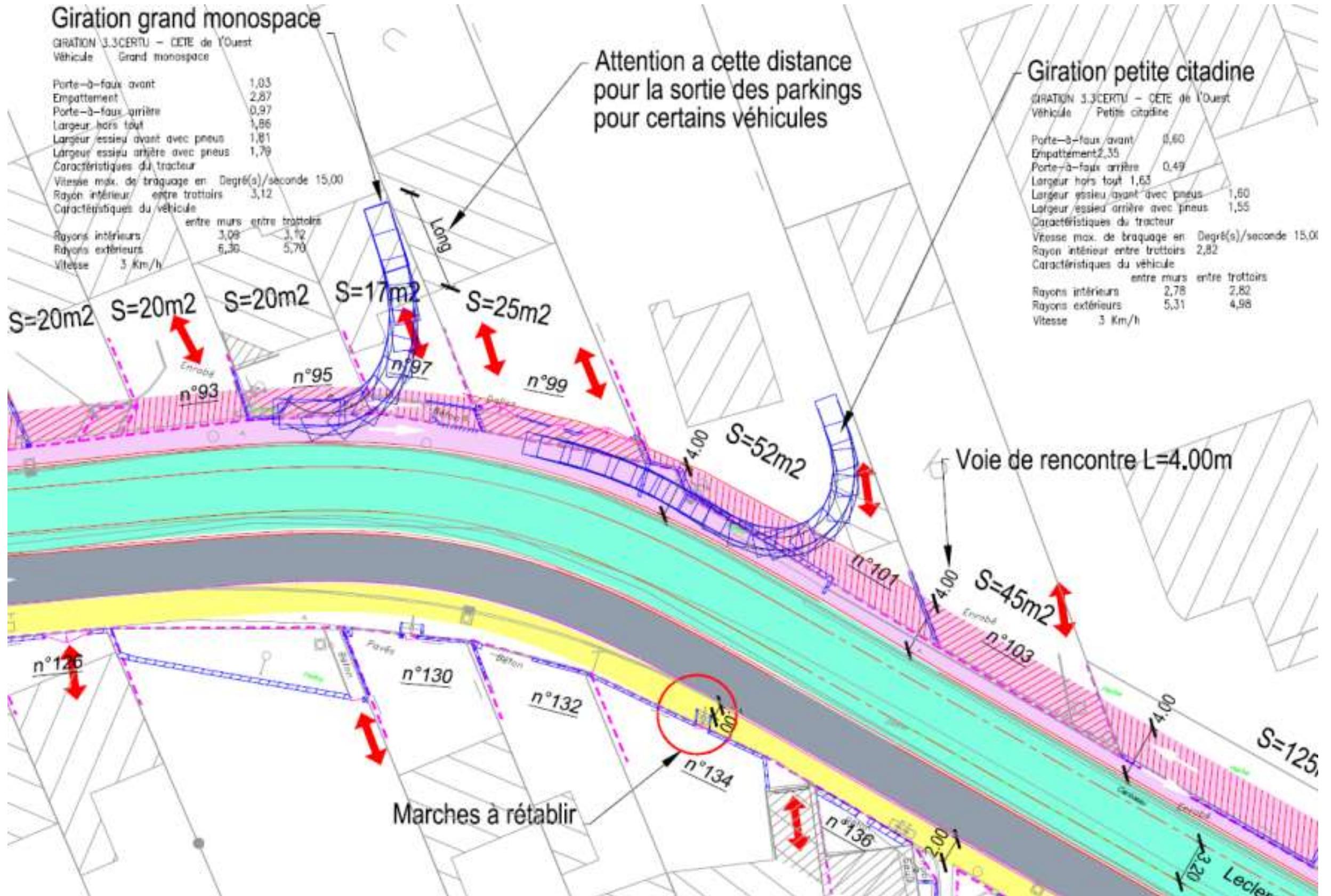
Porte-à-faux avant	1,03
Empattement	2,87
Porte-à-faux arrière	0,97
Largeur hors tout	1,86
Largeur essieu avant avec pneus	1,81
Largeur essieu arrière avec pneus	1,79
Caractéristiques du tracteur	
Vitesse max. de braquage en	Degré(s)/seconde 15,00
Rayon intérieur entre trottoirs	3,12
Caractéristiques du véhicule	
Rayons intérieurs	entre murs entre trottoirs
Rayons extérieurs	3,08 3,12
Vitesse	5,30 5,70
	3 Km/h

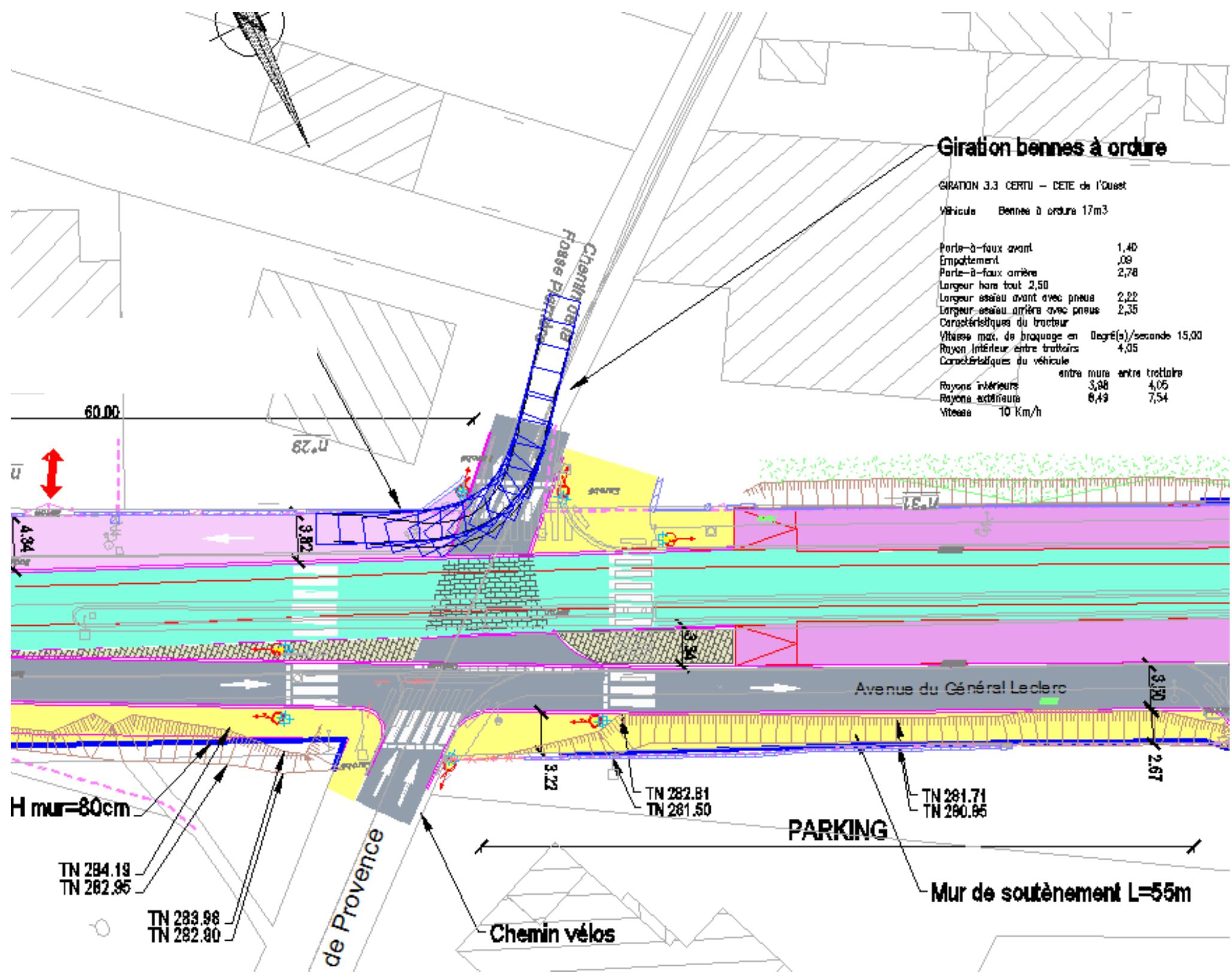
Attention a cette distance pour la sortie des parkings pour certains véhicules

## Giration petite citadine

GIRATION 3.3CERTU - CETE de l'Ouest  
Véhicule Petite citadine

Porte-à-faux avant	0,60
Empattement	2,35
Porte-à-faux arrière	0,49
Largeur hors tout	1,63
Largeur essieu avant avec pneus	1,60
Largeur essieu arrière avec pneus	1,55
Caractéristiques du tracteur	
Vitesse max. de braquage en	Degré(s)/seconde 15,00
Rayon intérieur entre trottoirs	2,82
Caractéristiques du véhicule	
Rayons intérieurs	entre murs entre trottoirs
Rayons extérieurs	2,78 2,82
Vitesse	5,31 4,98
	3 Km/h



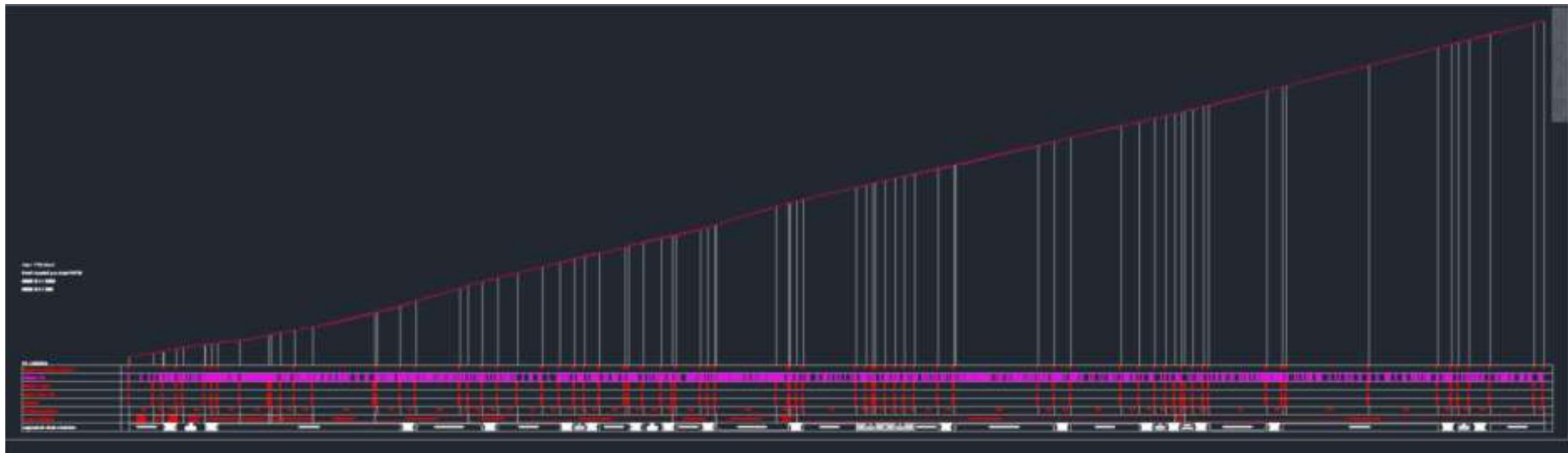


# PROFIL EN LONG

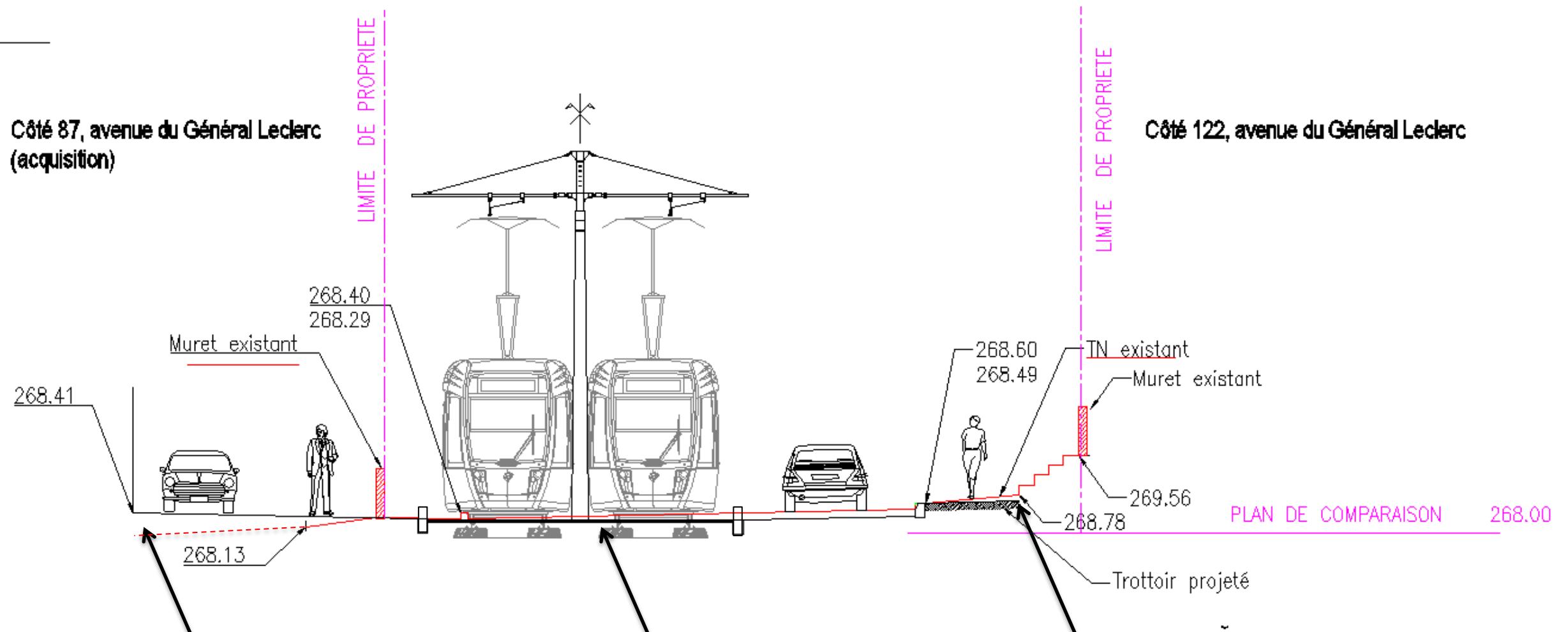
Pente voirie entre **5% et 6%**

Pente équivalente maximale de la plateforme tramway de **8,15%**, compatible avec un tramway fer

Delta TN / PL projet sup. à **30cm** sur certaines sections.



# PROFIL EN TRAVERS PROJET



Delta sup. à 30cm.  
Reprise chez le  
riverain à envisager

Reprise du dévers de  
l'axe

Delta sup. au seuil de  
10cm.

# INSERTION



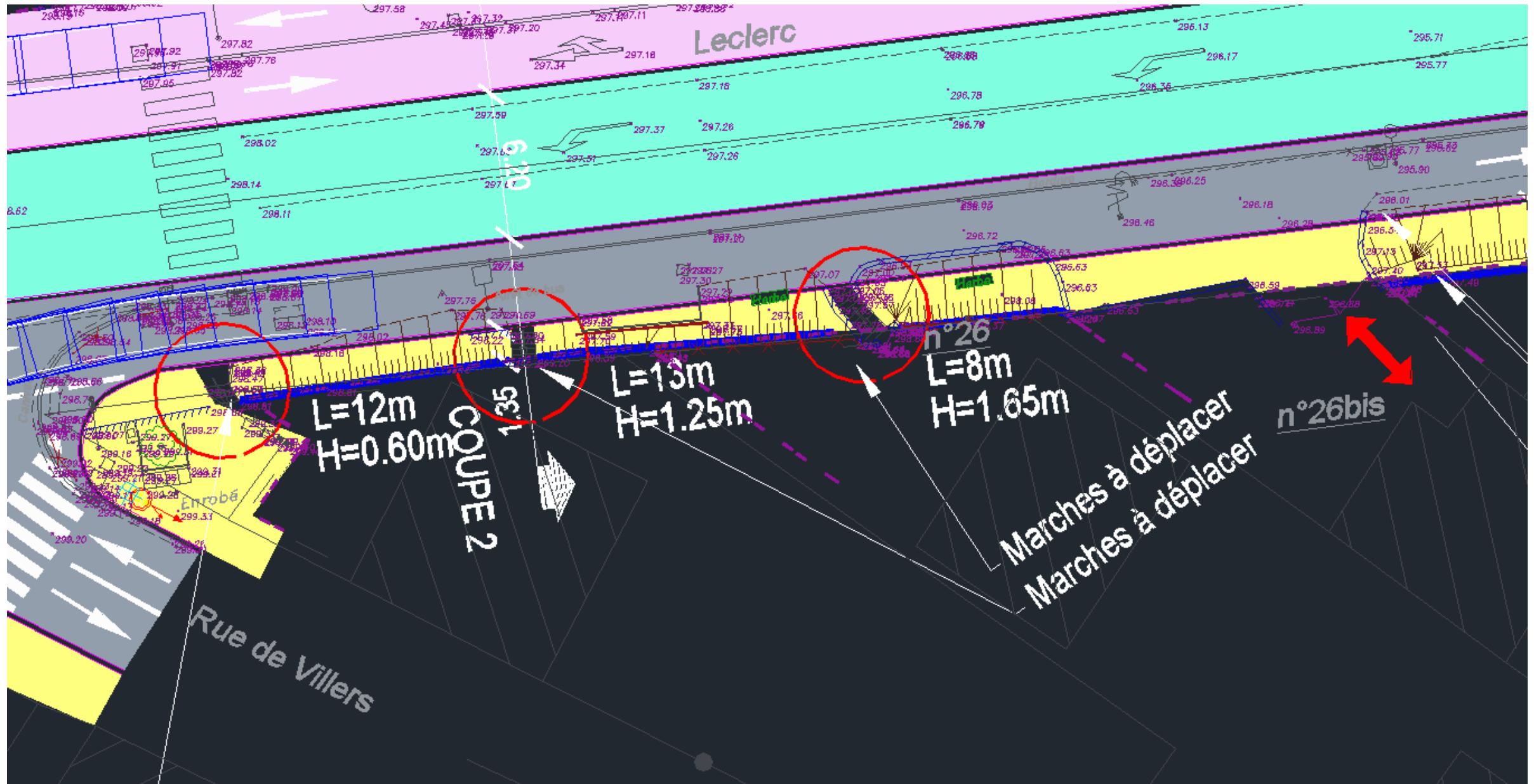
Exemple de contrainte  
d'insertion : n° 87  
suppression stationnement  
  
+ reprise nécessaire au sein  
de la parcelle pour  
maintenir l'accès

# INSERTION

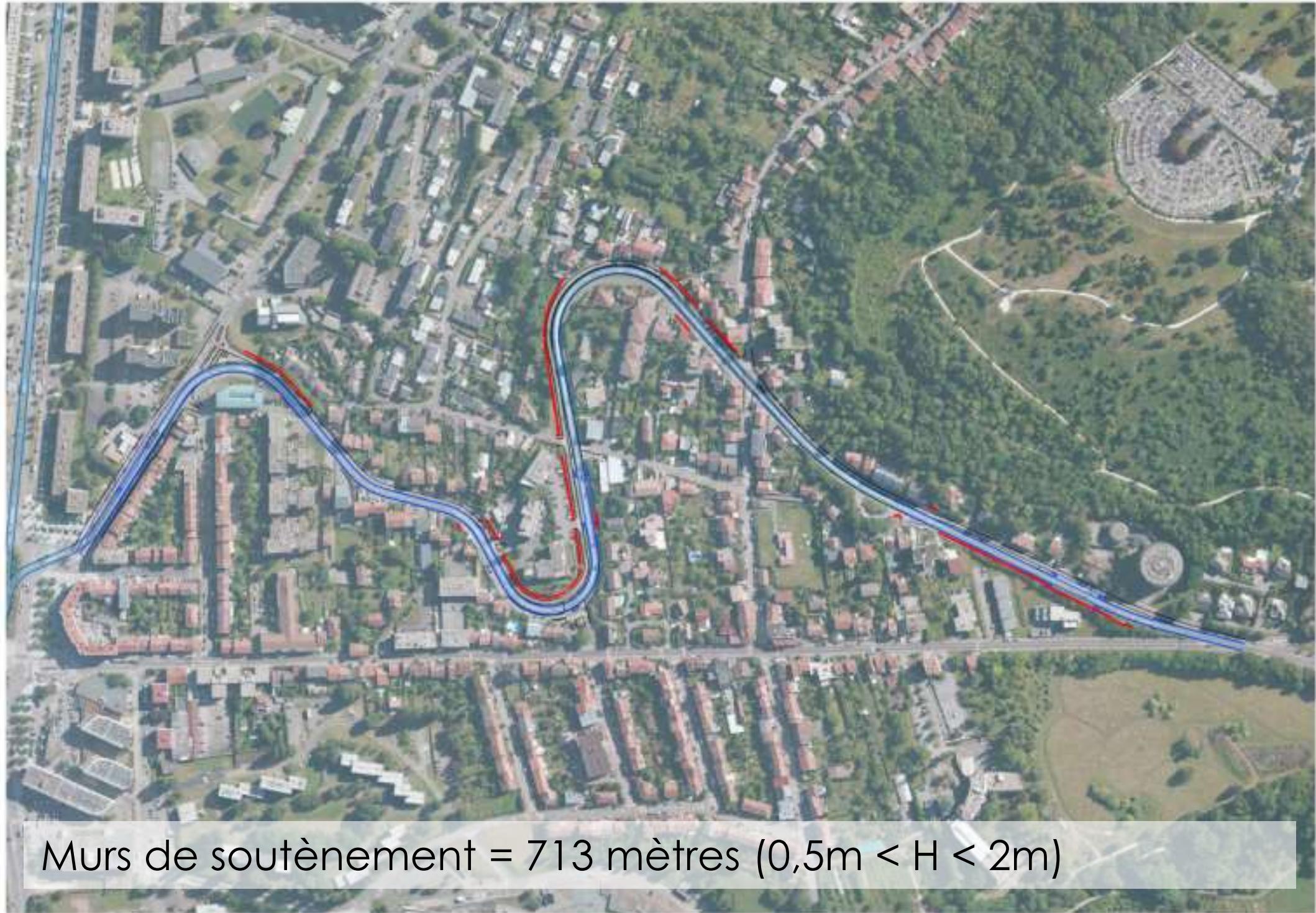


Exemple de contrainte d'insertion : n°99  
maintien de l'accès VL à confirmer. Reprise nécessaire chez le riverain.

# INSERTION



# INSERTION



Murs de soutènement = 713 mètres ( $0,5\text{m} < H < 2\text{m}$ )

# INSERTION

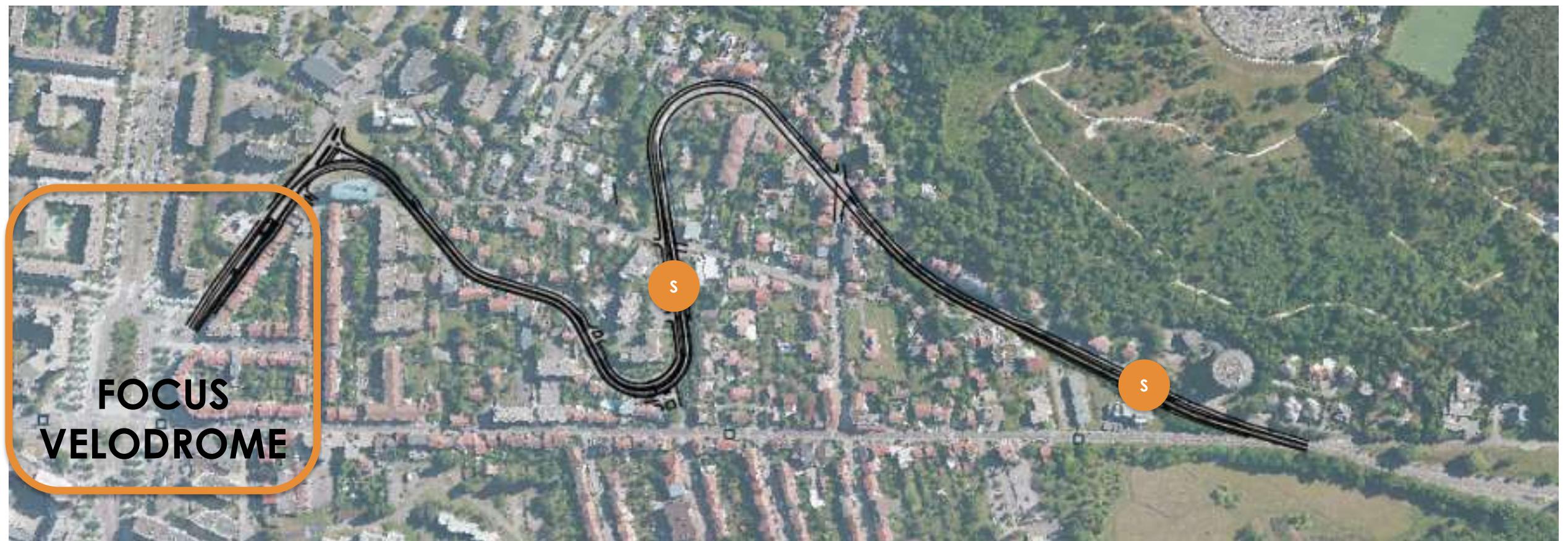


26/07/2019

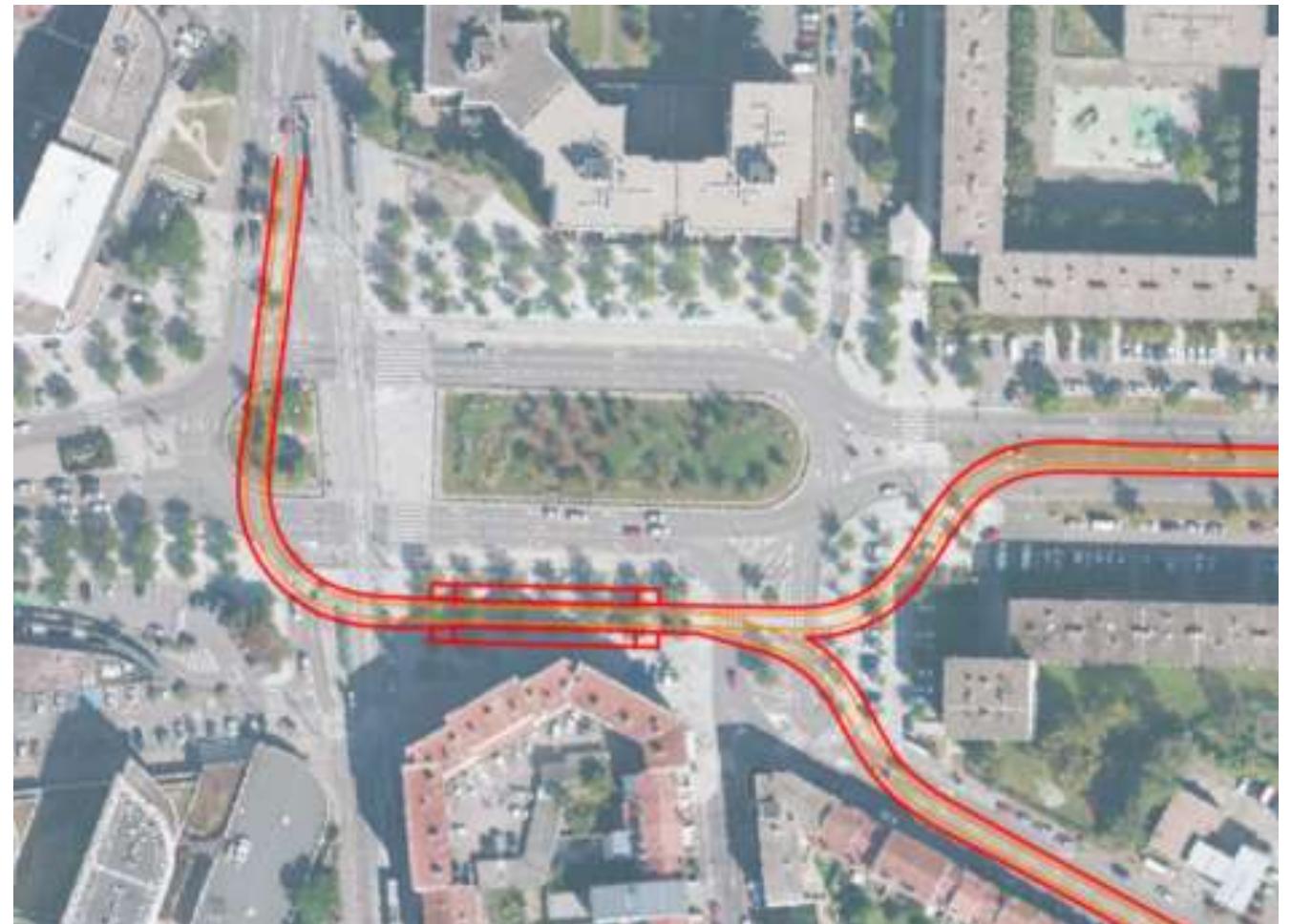
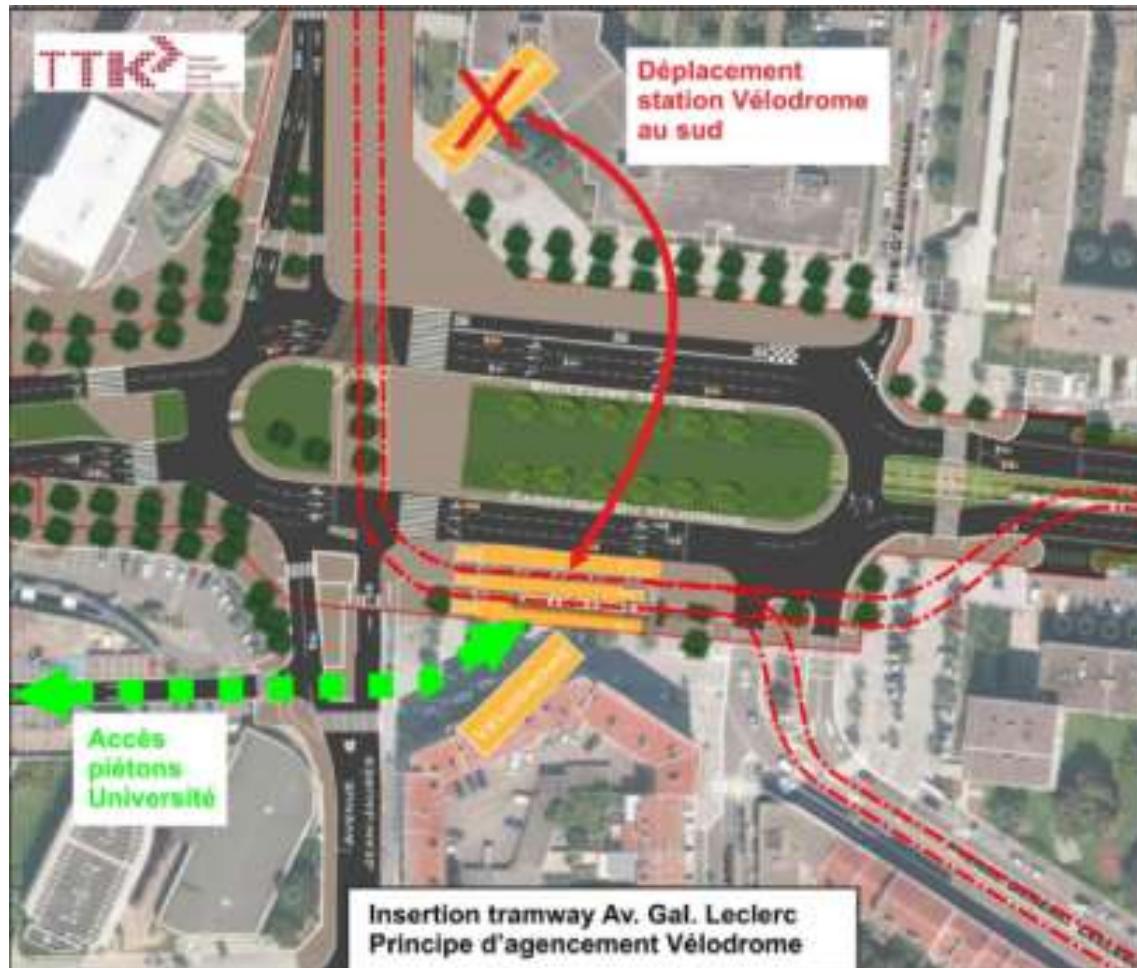
beTRAM



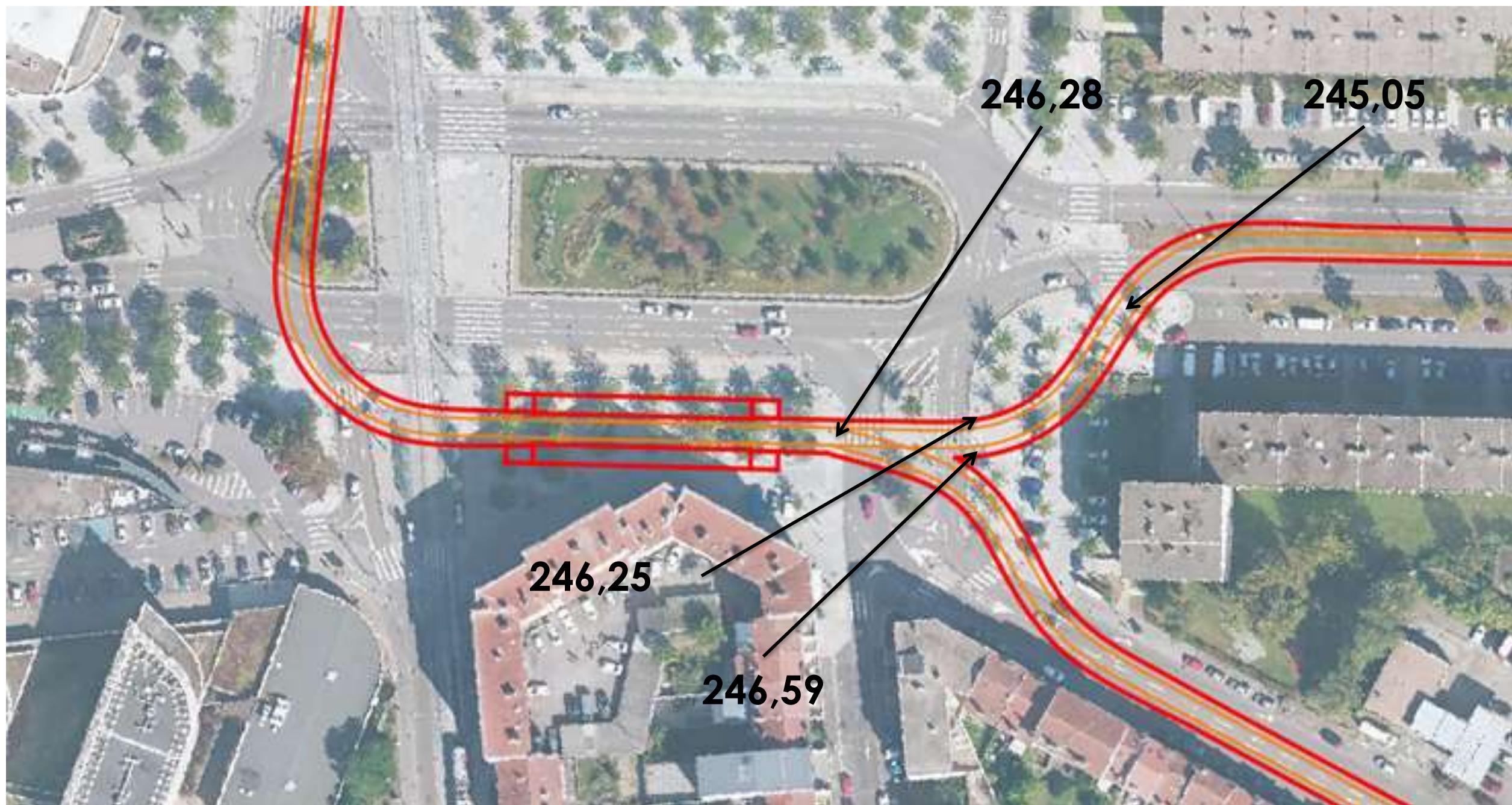
# TRACÉ - STATIONS



# VÉLODROME



Différences : station 30m d'un côté / 40m de l'autre, respect des rayons de courbure



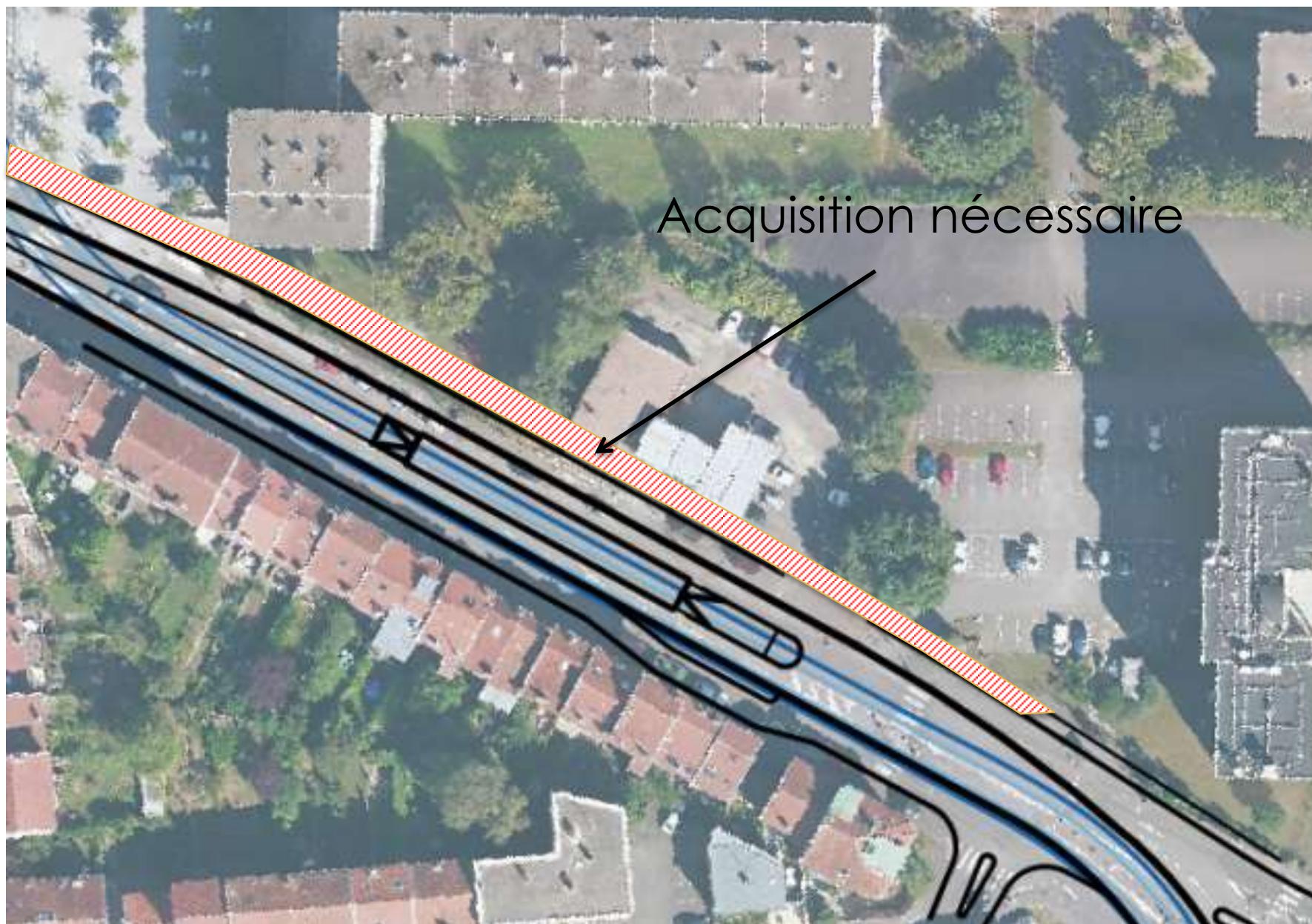
Insertion extrêmement compliquée avec une station de 40m, qui nécessiterait une restructuration importante de la voirie (rayon, appareils de voie sous chaussées circulées). Nivellement problématique



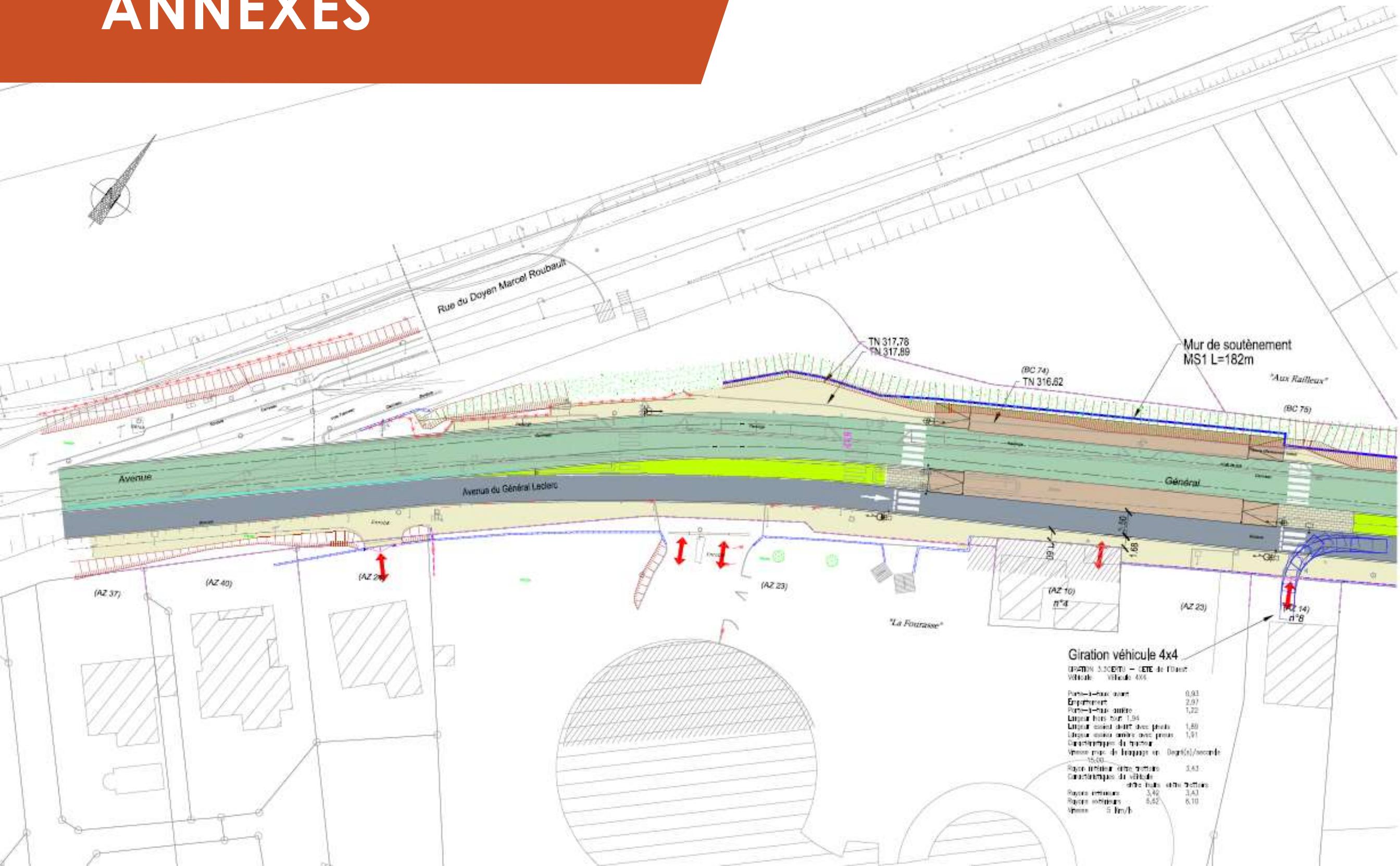
# VÉLODROME

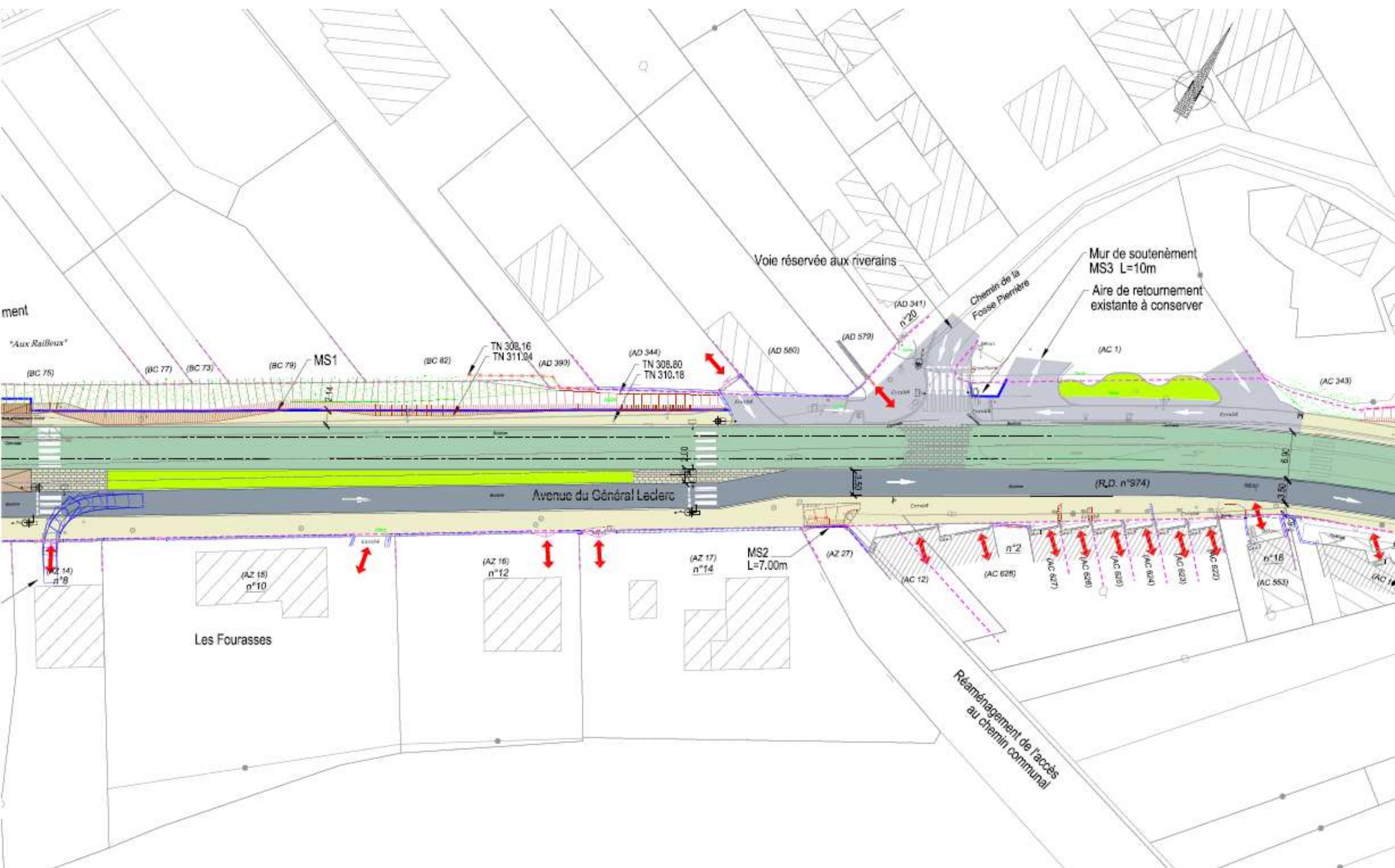


# VÉLODROME



# ANNEXES





ment

"Aux Railloux"

Voie réservée aux riverains

Mur de soutènement  
MS3 L=10m  
Aire de retournement  
existante à conserver

MS1

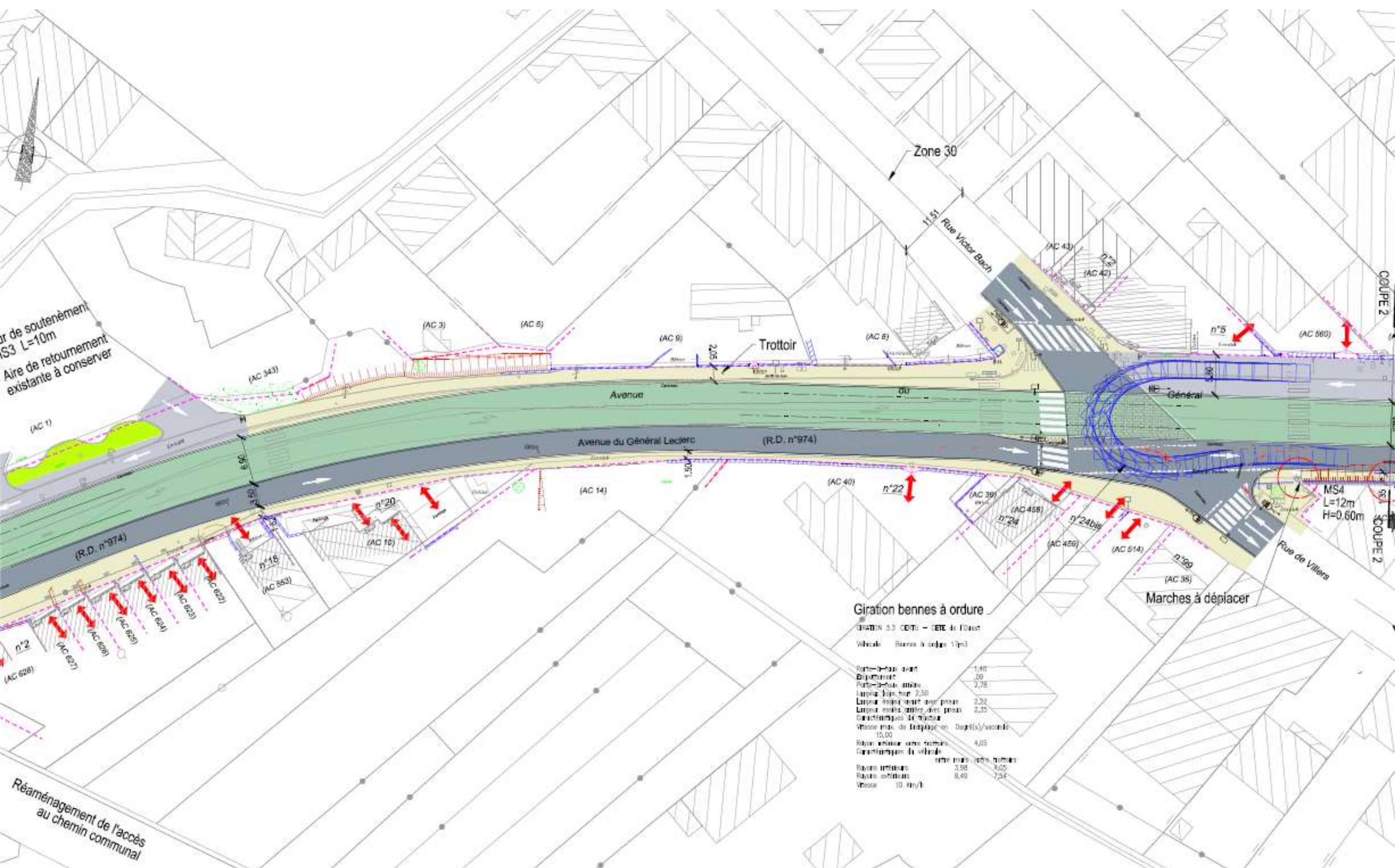
Avenue du Général Leclerc

(R.D. n°974)

MS2  
L=7.00m

Les Fourasses

Régénération de l'accès  
au chemin communal



mur de soutènement  
MS3 L=10m  
Aire de retournement  
existante à conserver

**Giration bennes à ordures**

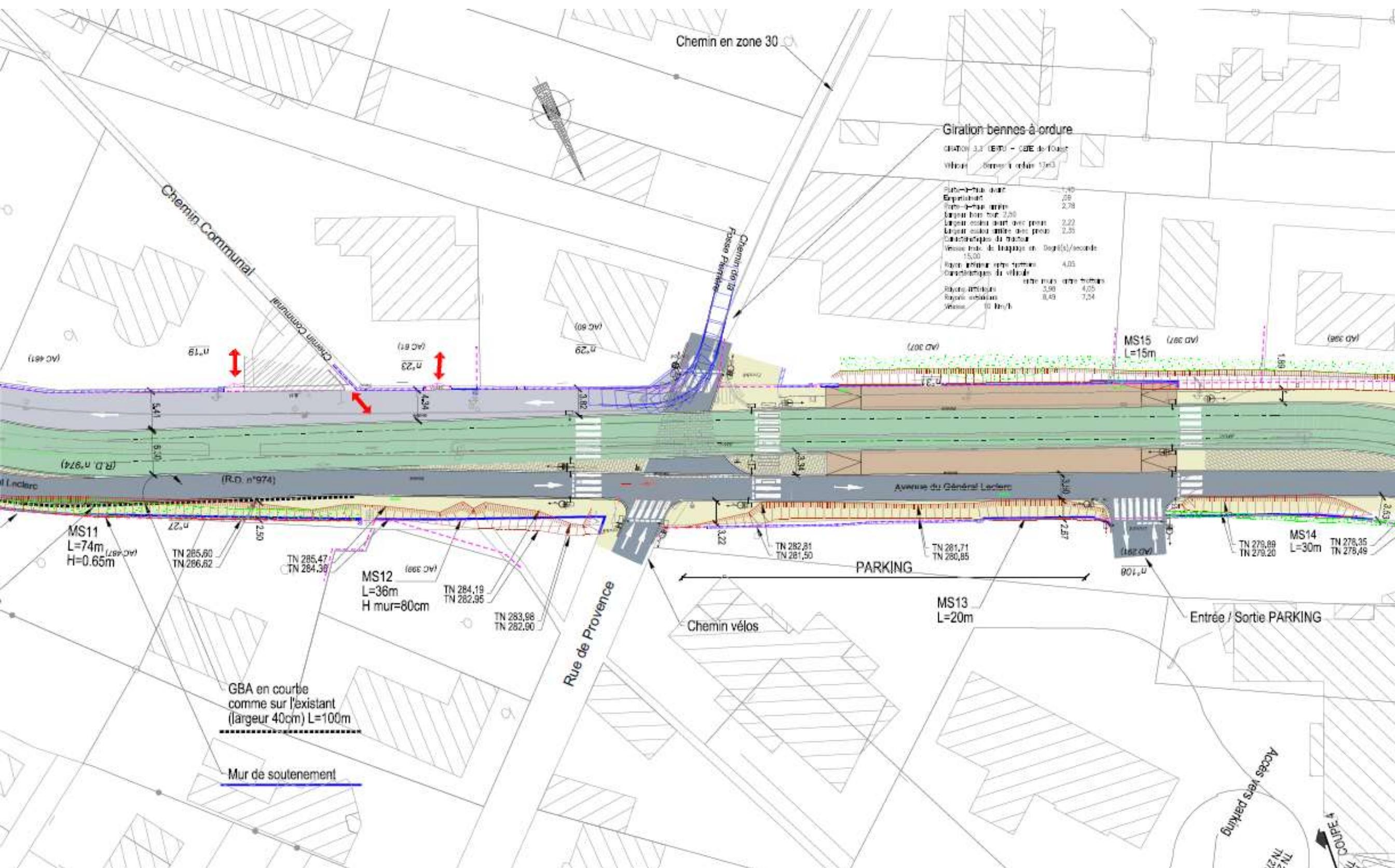
GRATION 53 CENTI - CITE de l'ouest  
Véhicule : Benne à ordures 10m<sup>3</sup>

Porte-à-fus avant	1,40
Équipement	,00
Porte-à-fus arrière	2,75
Largeur base fixe	2,50
Largeur assés avant avec pneus	2,22
Largeur assés arrière avec pneus	2,35
Caractéristiques de vitesse	
Vitesse max. de déplacement	Degrés/seconde
	15,00
Rayon minimum entre trottoirs	
	4,05
Caractéristiques de virage	
Rayon intérieur	3,58
Rayon extérieur	8,49
Vitesse	10 km/h

Réaménagement de l'accès  
au chemin communal

COUPE 2  
COUPE 2

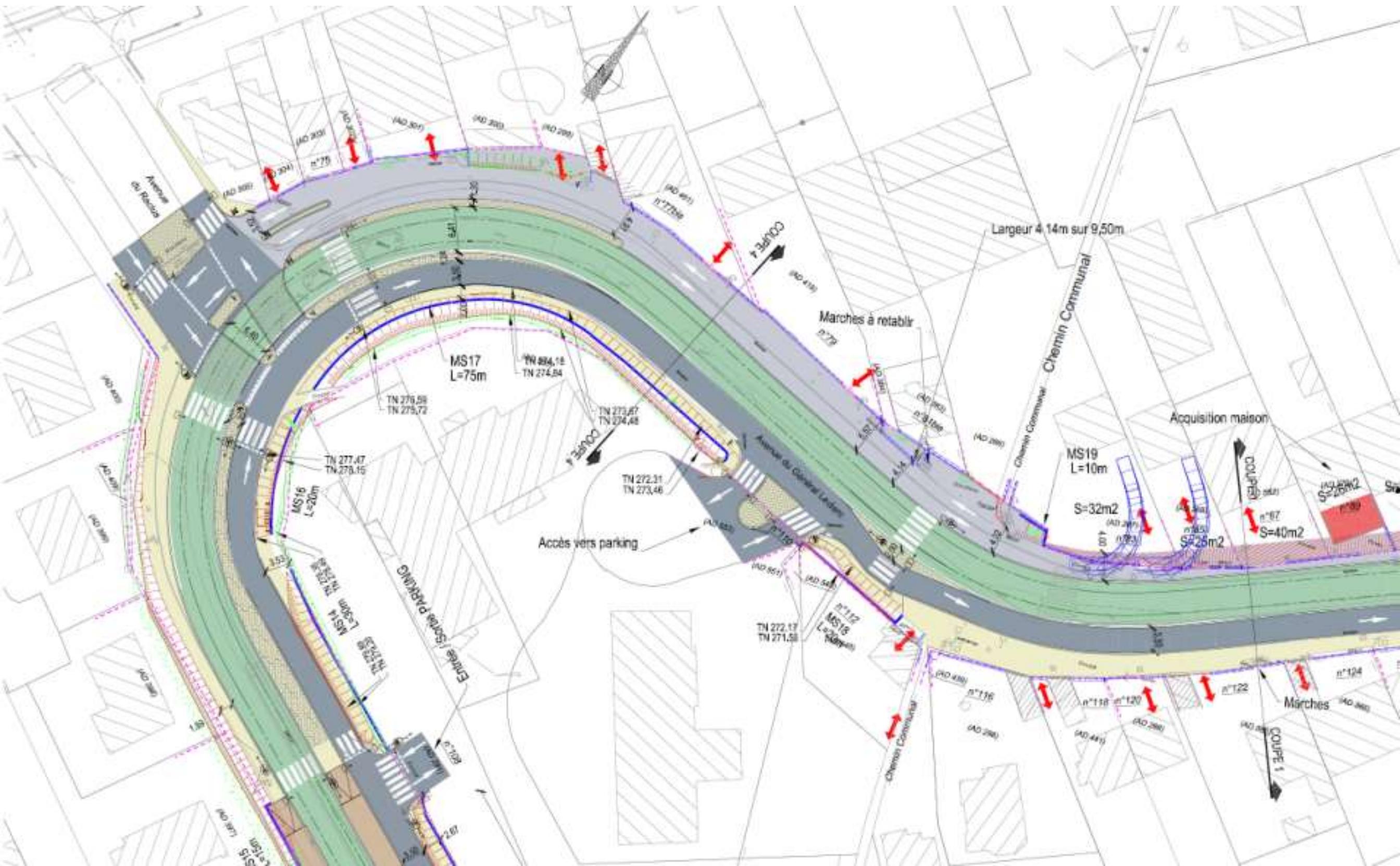


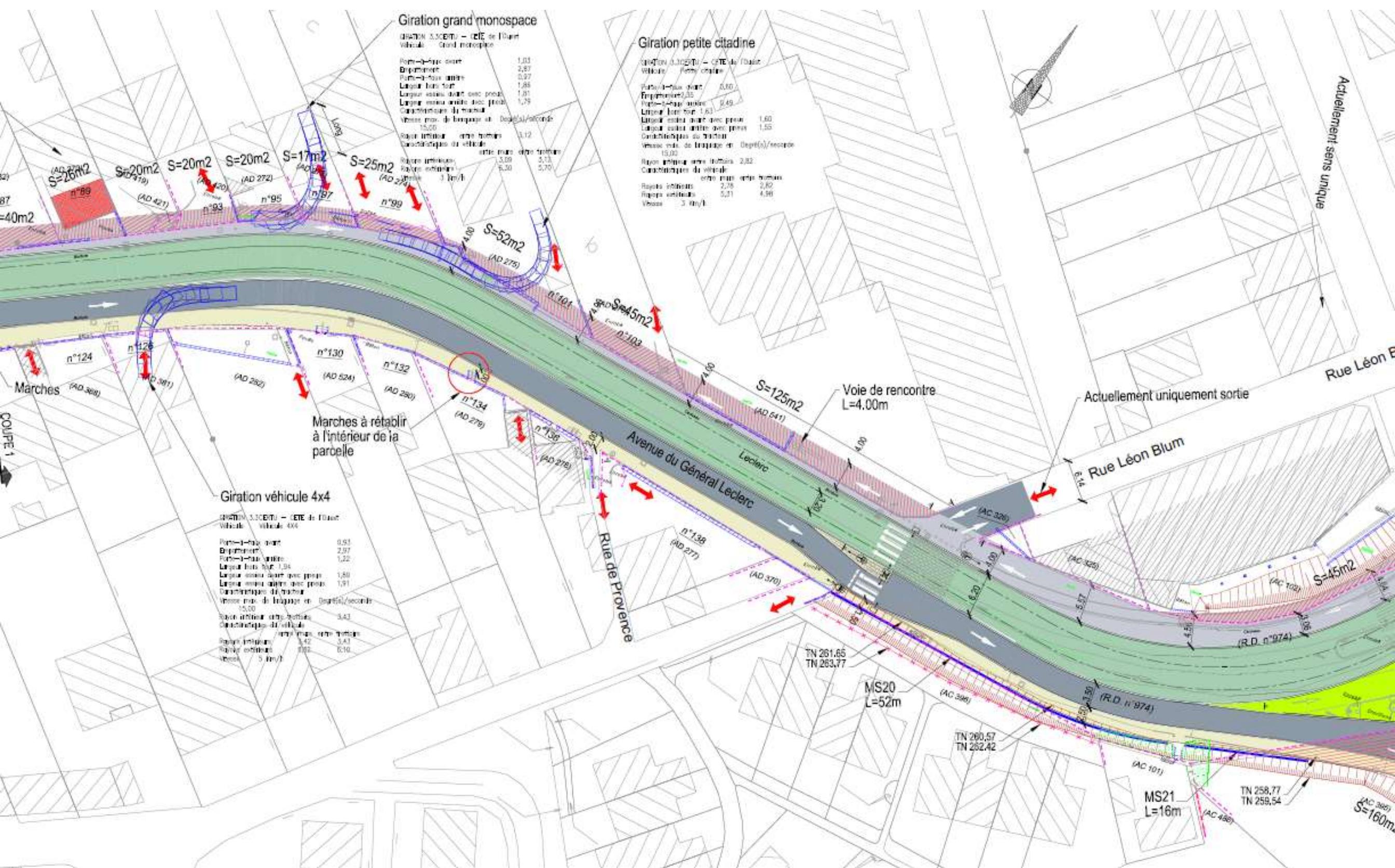


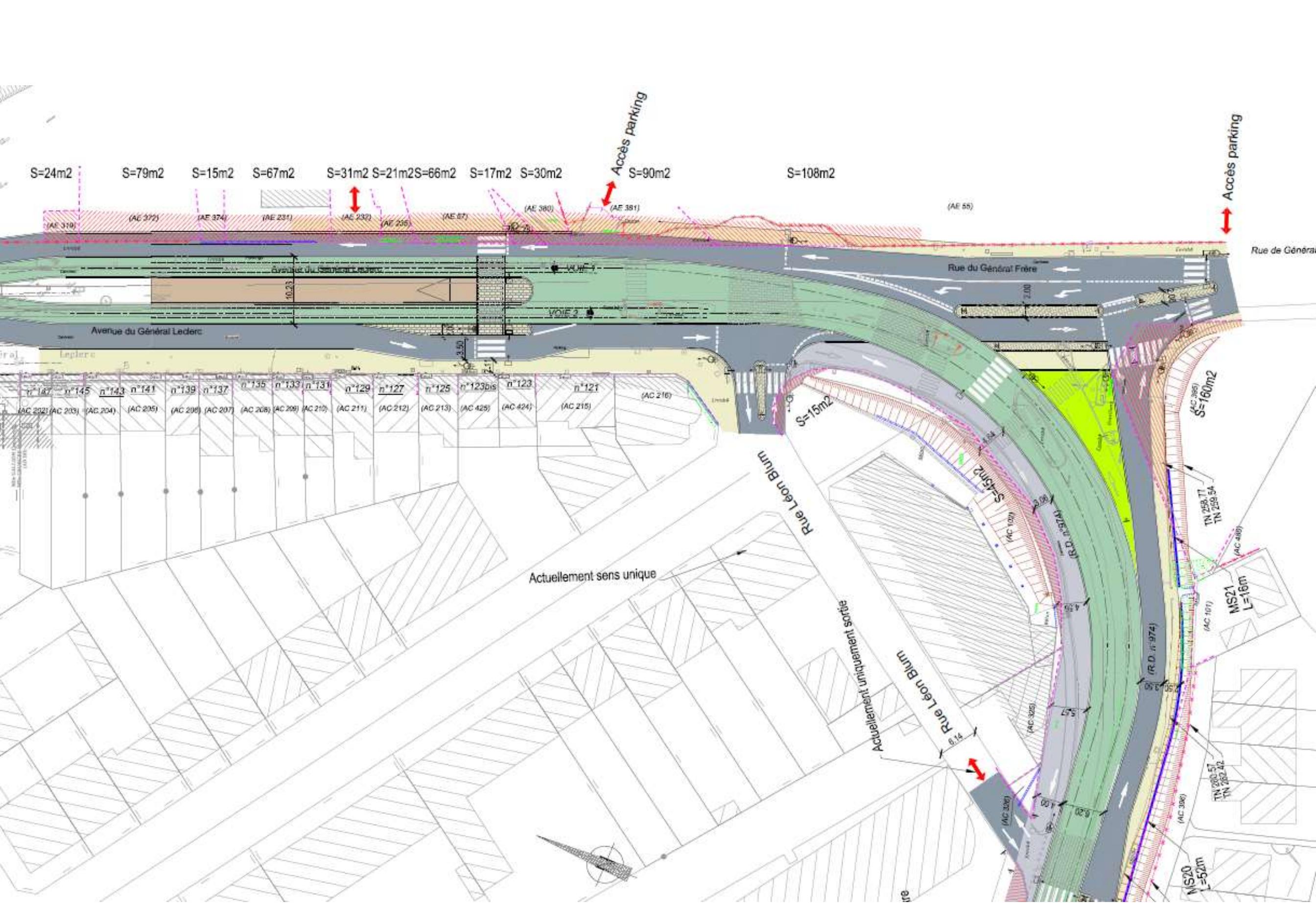
### Giration bennes à ordure

CRATION 1:1 (EST) - COE de Fouet  
 Ville de ...

Plate-forme avant	1.40
Expansibilité	2.28
Plate-forme arrière	2.28
Largeur hors tout	2.22
Largeur essieu avant avec pneu	2.22
Largeur essieu arrière avec pneu	2.22
Caractéristiques de trajectoire	
Vitesse max. de trajectoire en	Degrés/seconde
	15.00
Rapport primaire entre trainaux	4.05
Caractéristiques de véhicule	
Rapport primaire	3.98
Rapport secondaire	8.49
Vitesse	10 km/h







**Second regard TTK  
– Muller et Leclerc**

---

# Nouveau Tramway du Grand Nancy Expertise de la montée de l'Avenue du Général Leclerc à Vandoeuvre en tramway fer et de l'Avenue Paul Muller à Villers

1. Contexte
2. Analyse des enjeux et contraintes
3. Tracé retenu
4. Insertion du tracé
5. Estimation des coûts
6. Exploitation
7. Paul Muller
8. Conclusion

# 1. Contexte

2. Analyse des enjeux et contraintes

3. Tracé retenu

4. Insertion du tracé

5. Estimation des coûts

6. Exploitation

7. Première approche du tracé Paul Muller

8. Conclusion

## ➤ Contexte

- Projet de nouveau tramway du Grand Nancy
- Études et concertation en cours
- 2018 : Vandoeuvre mandate TTK pour étudier la montée en site propre intégral d'un tramway sur fer via l'Avenue du Général Leclerc
- À la suite : Comité de suivi de la montée de Brabois sur trois options
  - variante 1 : tunnel via université
  - variante 2 : viaduc via université
  - variante 3 : au sol via Av. Gal Leclerc (variante étudiée par TTK) - le comité de suivi écarte la solution voie unique dans l'avenue Leclerc sur dires des experts compte tenu de son bilan défavorable

- **2019 : Demande de la Métropole d'un rapport d'expertise complet :**
  - montée Av. Gal Leclerc à voie unique ;
  - montée Av. Gal Leclerc en site mixte;
  - une solution de tracé via Paul Muller.

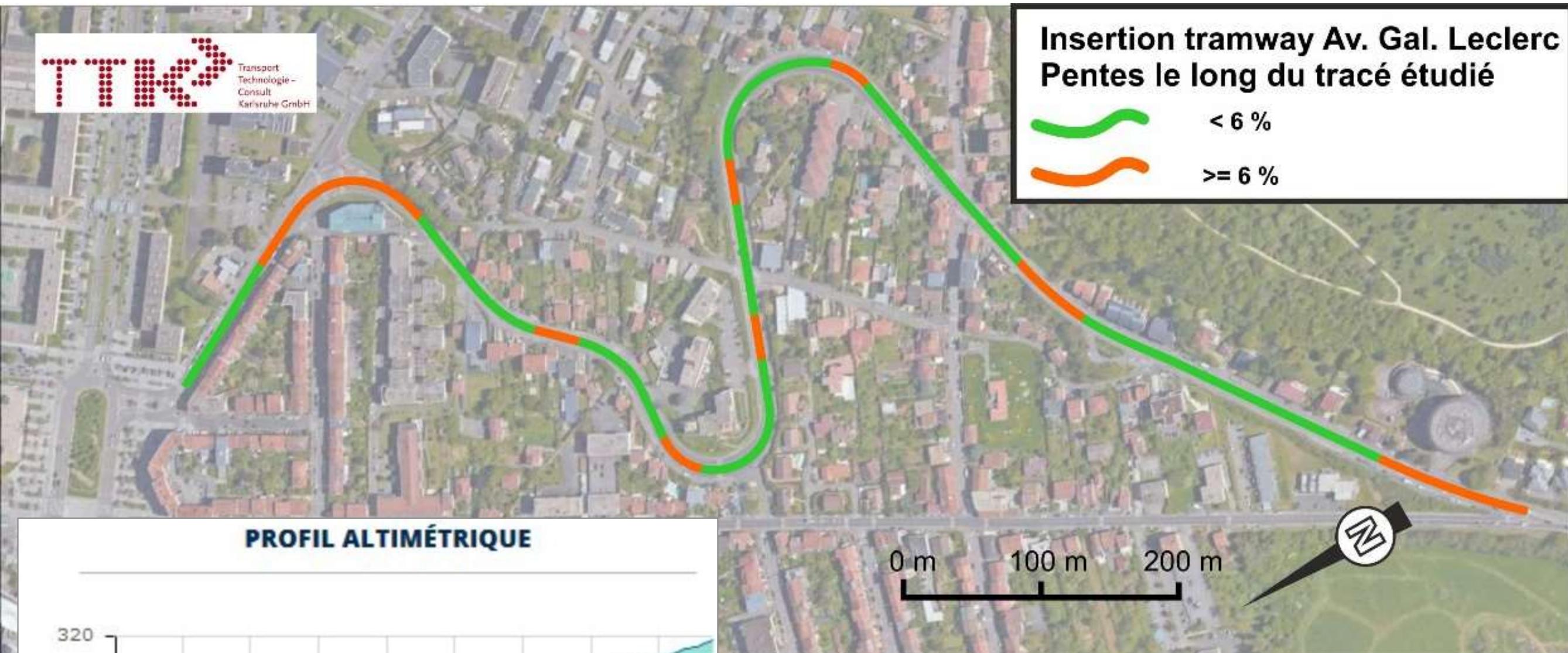
1. Contexte
- 2. Analyse des enjeux et contraintes**
3. Tracé retenu
4. Insertion du tracé
5. Estimation des coûts
6. Exploitation
7. Première approche du tracé Paul Muller
8. Conclusion

# ➤ Analyse des enjeux et contraintes

## Pentes



### Insertion tramway Av. Gal. Leclerc Pentes le long du tracé étudié

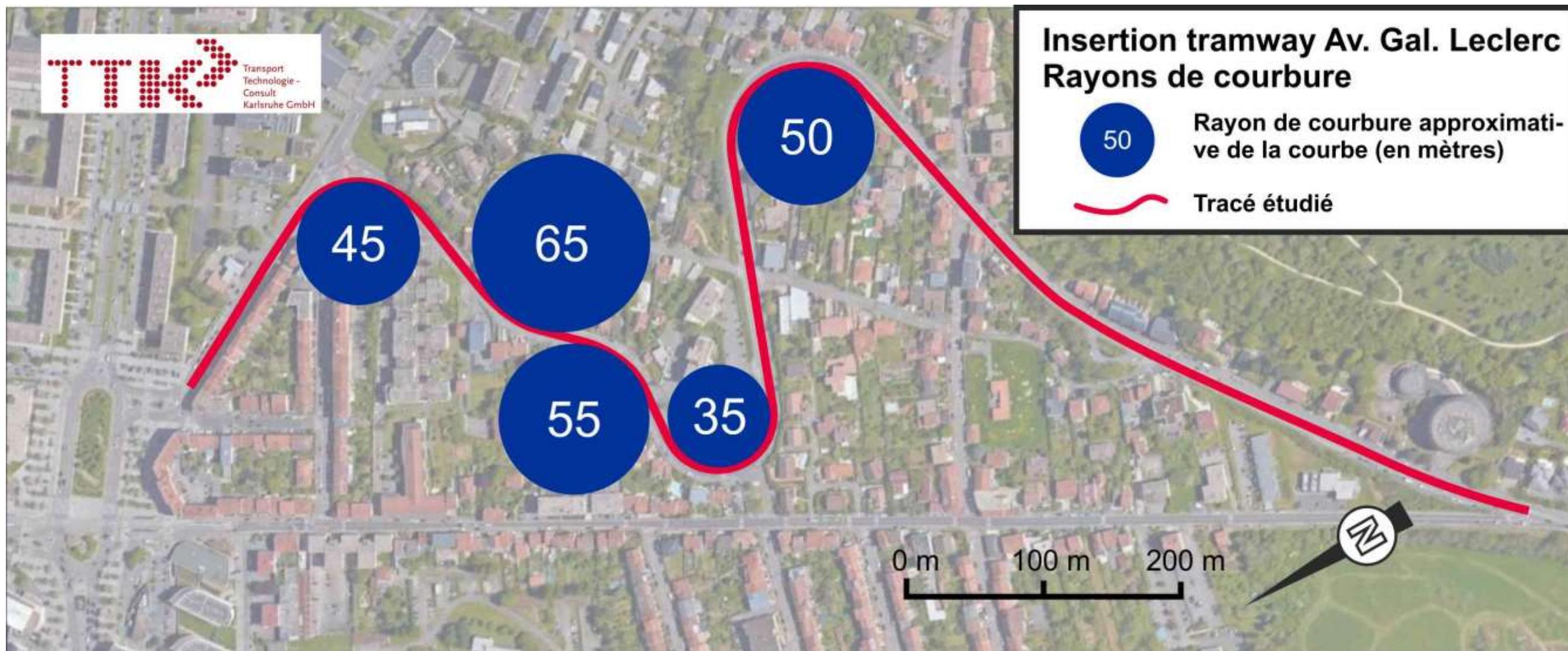


### PROFIL ALTIMÉTRIQUE



## ➤ Analyse des enjeux et contraintes

### Rayons



On peut obtenir une pente équivalente en appliquant la formule suivante :

$p_{\text{équivalente}} = p_{\text{réelle}} + 80/R$  avec  $p$  en % et  $R$  en m

Pentes équivalentes de 8 à 9% franchissables par un tramway sur fer

# ➤ Analyse des enjeux et contraintes

Largeurs de voirie: 2 points durs



# ➤ Analyse des enjeux et contraintes

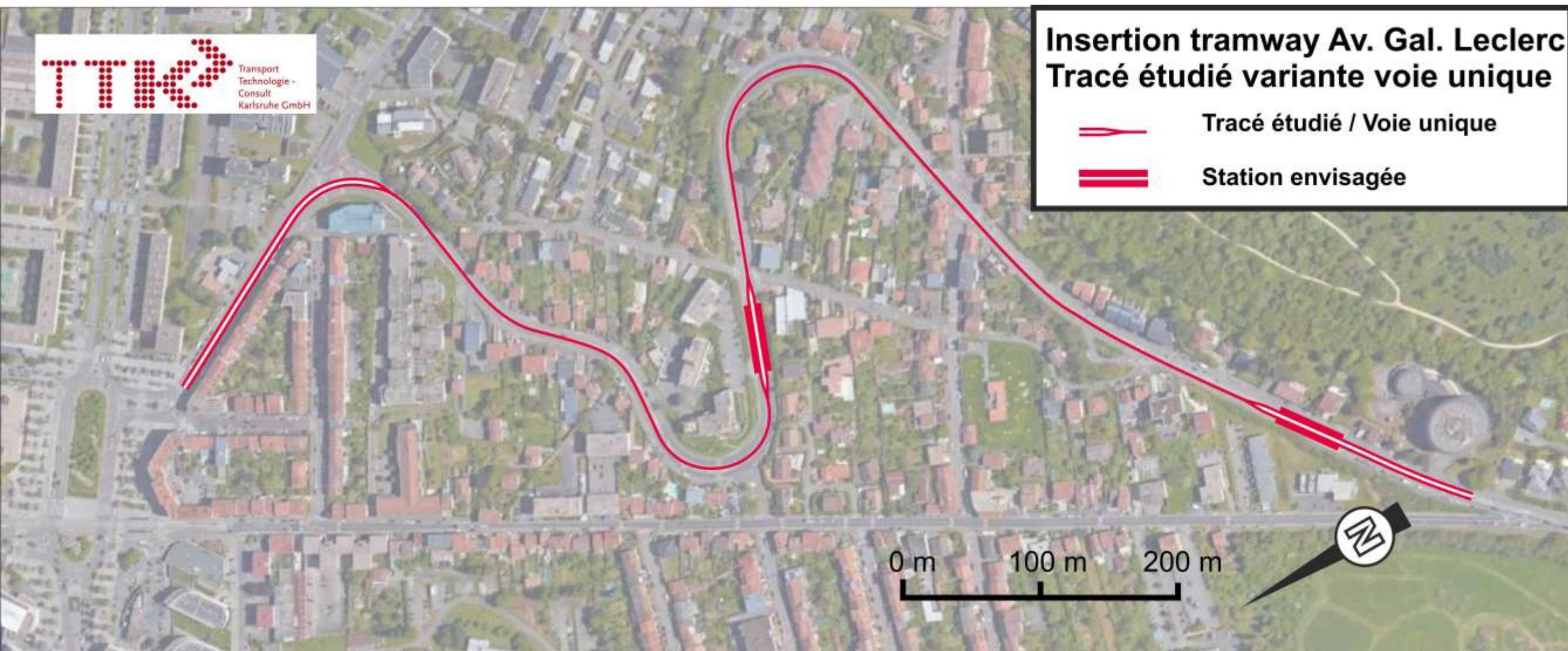
Largeurs de voirie: 2 points durs



1. Contexte
2. Analyse des enjeux et contraintes
- 3. Tracé retenu**
4. Insertion du tracé
5. Estimation des coûts
6. Exploitation
7. Première approche du tracé Paul Muller
8. Conclusion

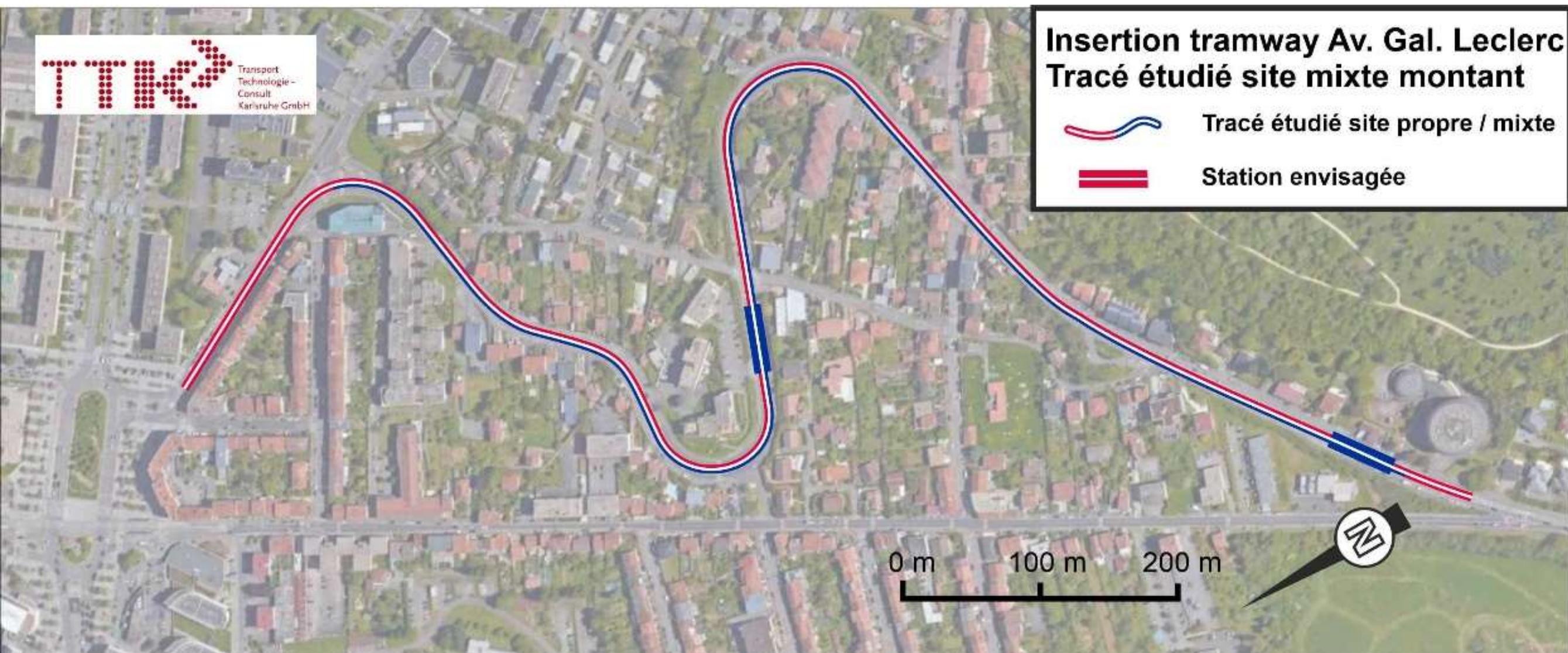
# ➤ Pari de tracé retenu

Site propre en voie unique



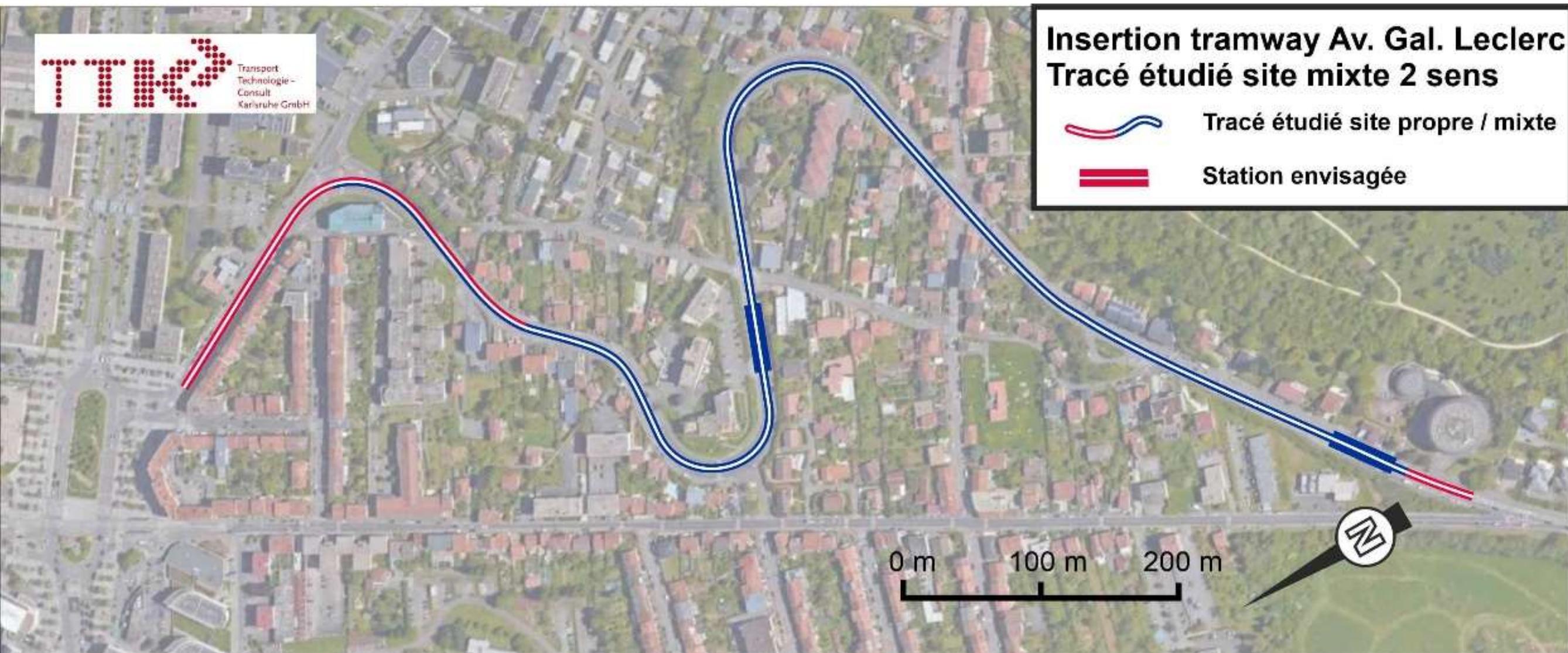
## ➤ Pari de tracé retenu

Site mixte montant



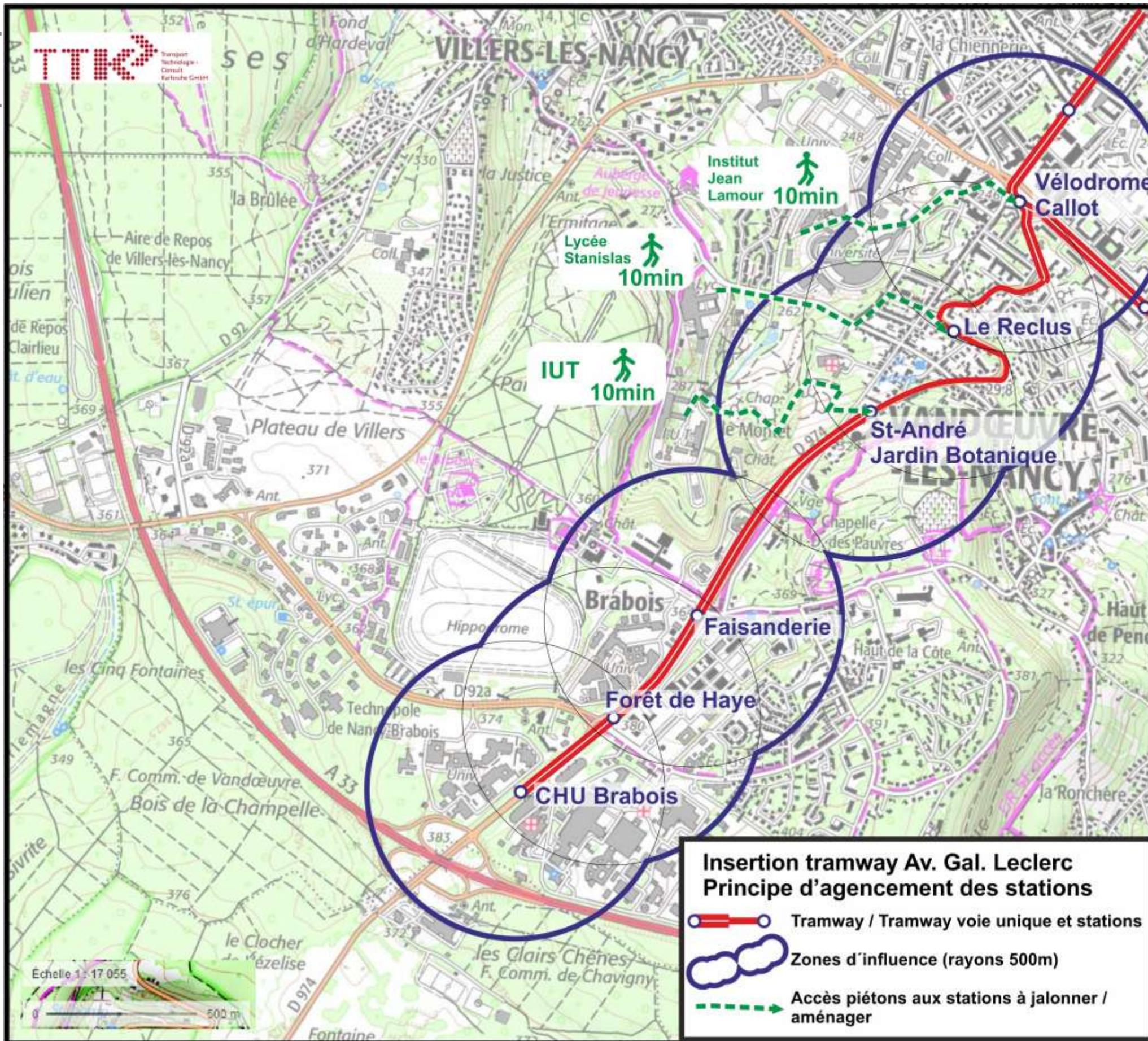
# ➤ Pari de tracé retenu

Site mixte dans les deux sens



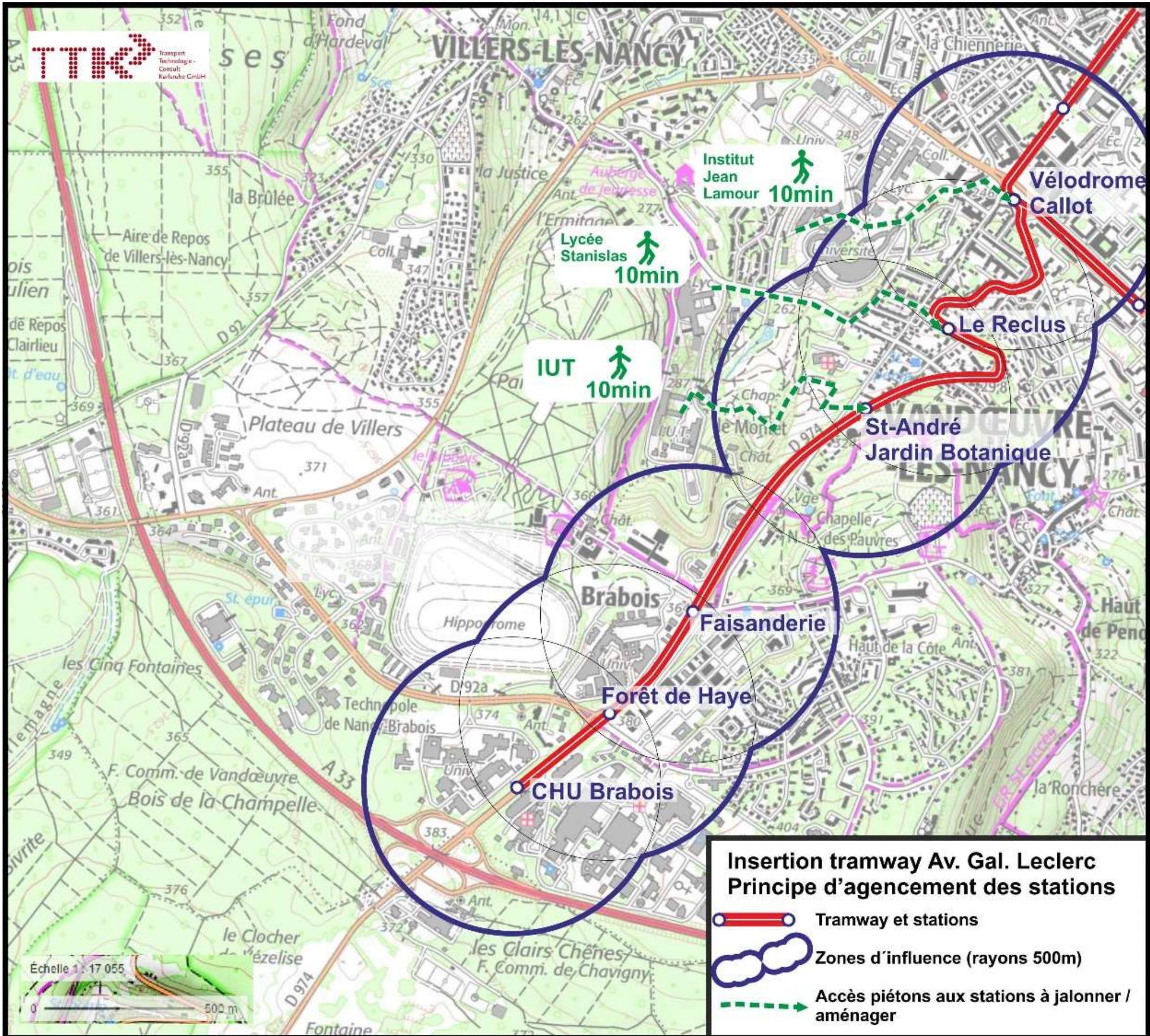
➤ **Pari de tracé retenu**

**Tracé et agencement des stations**  
**Voie unique**



# Pari de tracé retenu

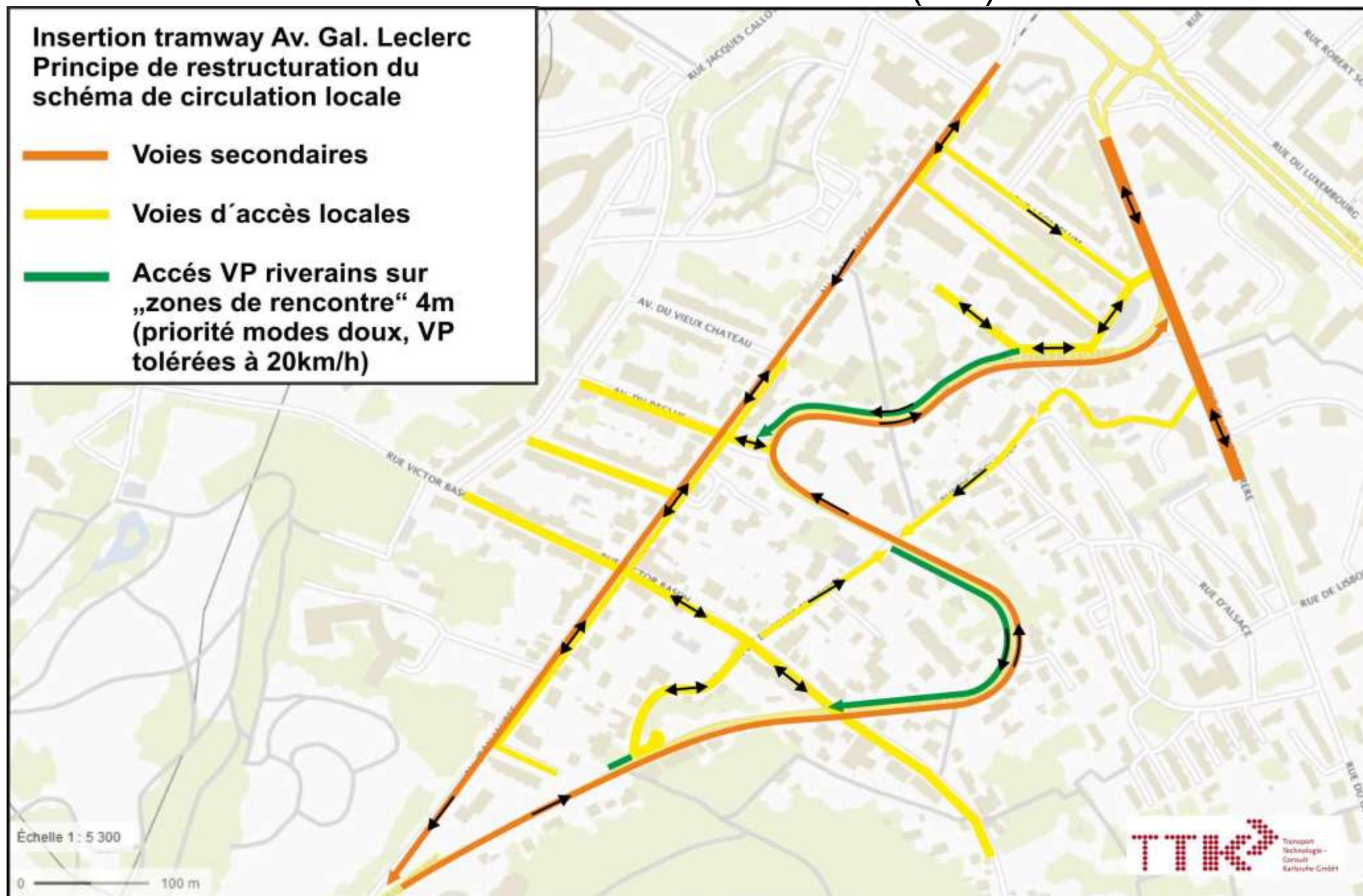
Tracé et agencement des stations  
Site mixte



## ➤ Pari de tracé retenu

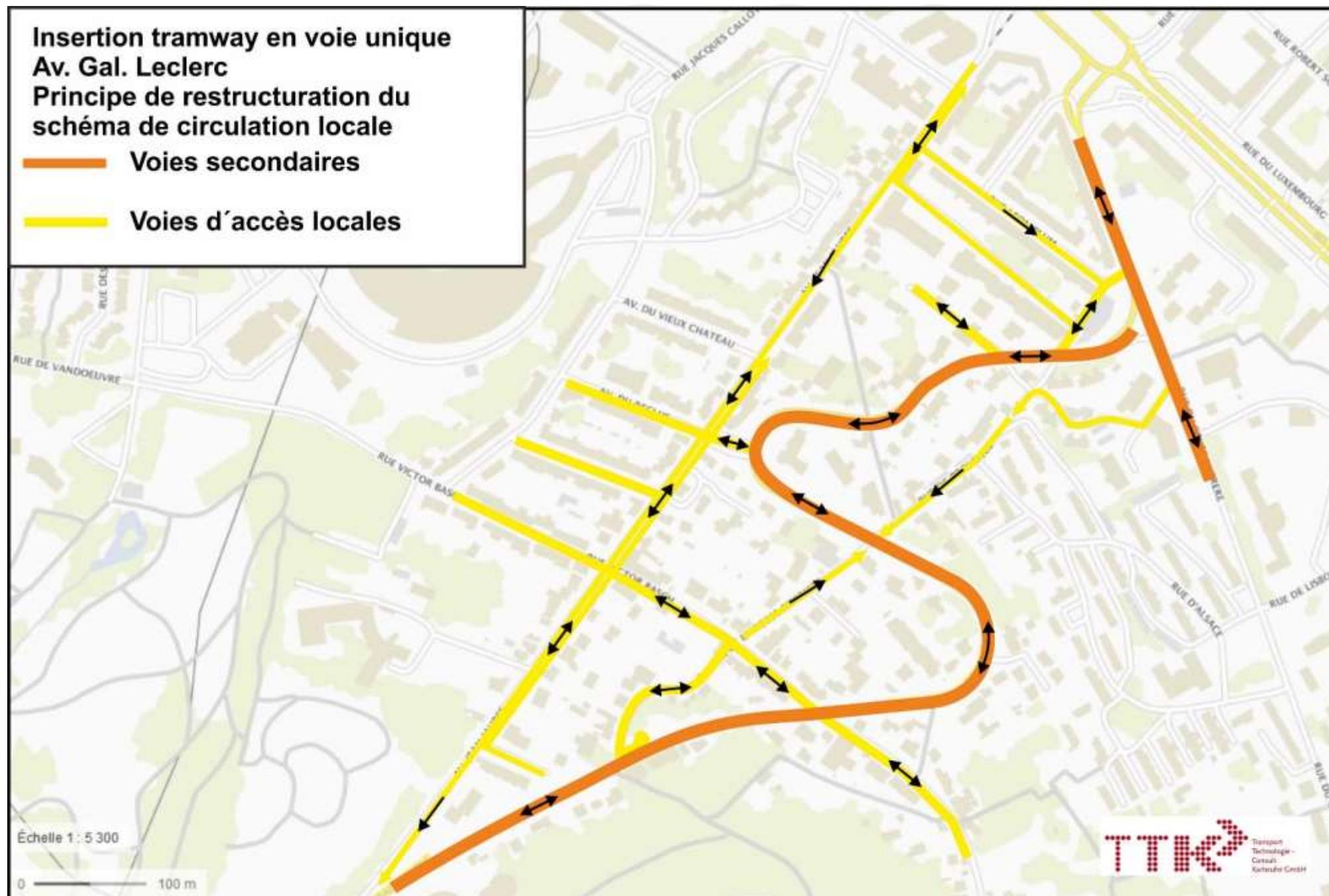
**Schéma de circulation routière** nécessaire en accompagnement du projet **double voie** développé

Principe de zone de rencontre dans le sens de la montée (4m)



## ➤ Pari de tracé retenu

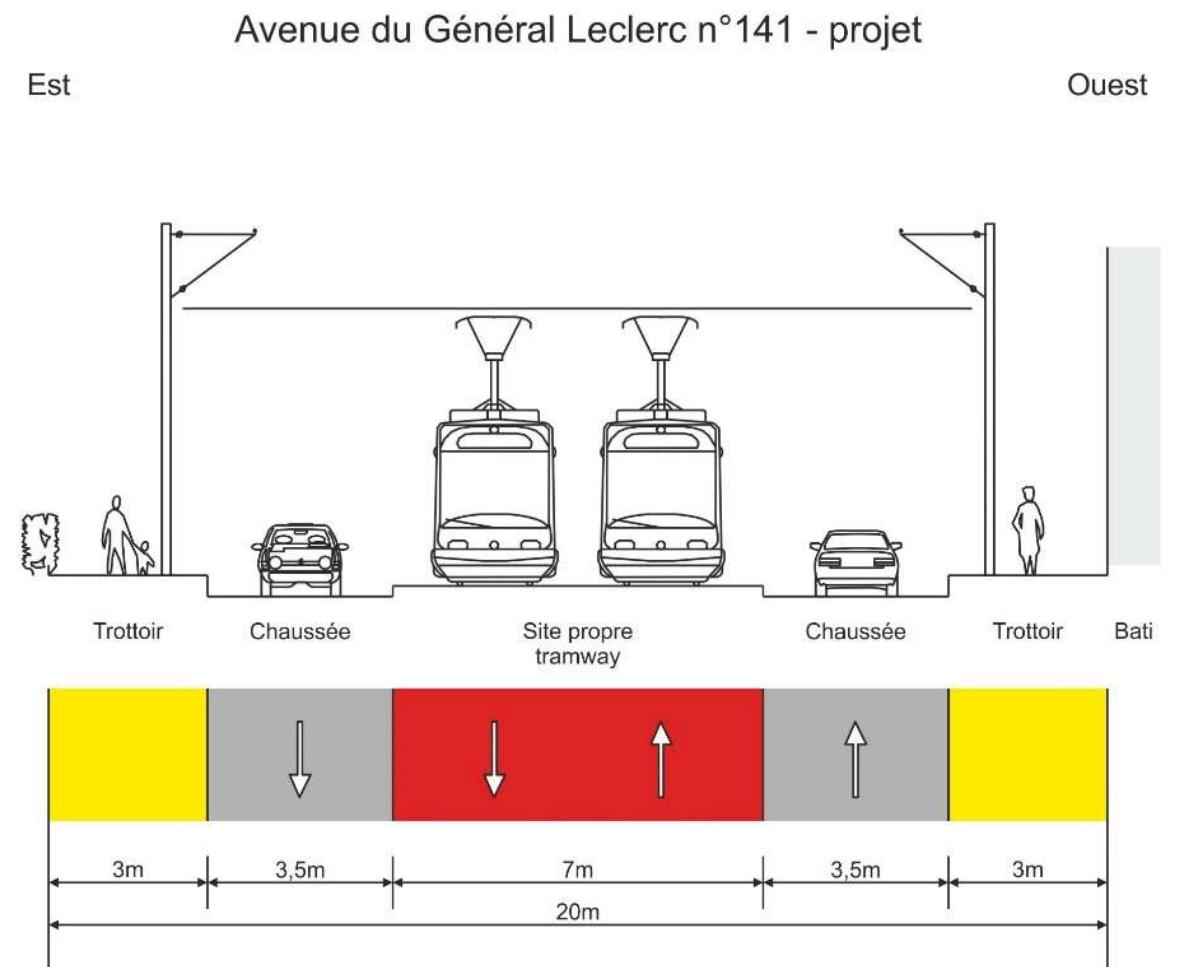
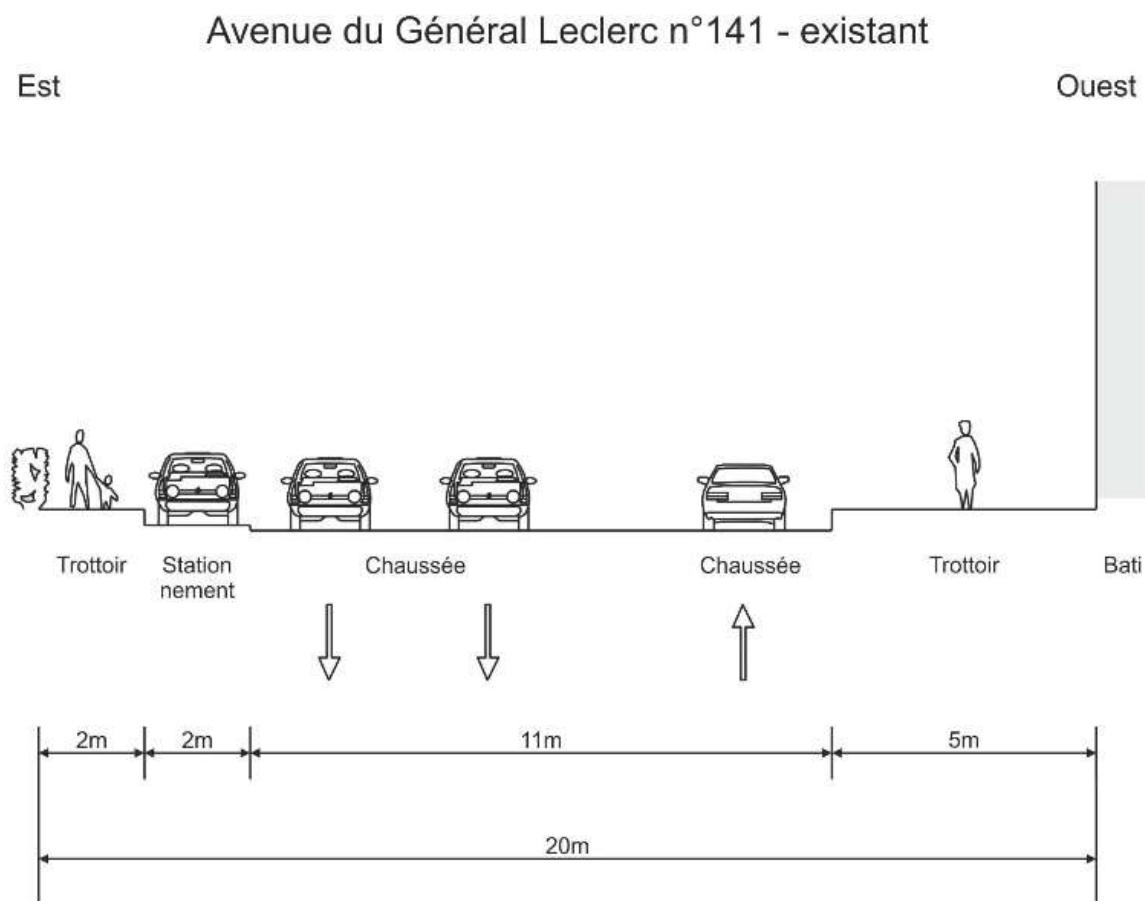
**Schéma de circulation routière** nécessaire en accompagnement du projet **voie unique voie et site mixte** développé : pas de modification de l'actuel sauf condamnation de l'accès depuis la rue Léon Blum vers l'avenue du Gal Leclerc



1. Contexte
2. Analyse des enjeux et contraintes
3. Tracé retenu
- 4. Insertion du tracé**
5. Estimation des coûts
6. Exploitation
7. Première approche du tracé Paul Muller
8. Conclusion

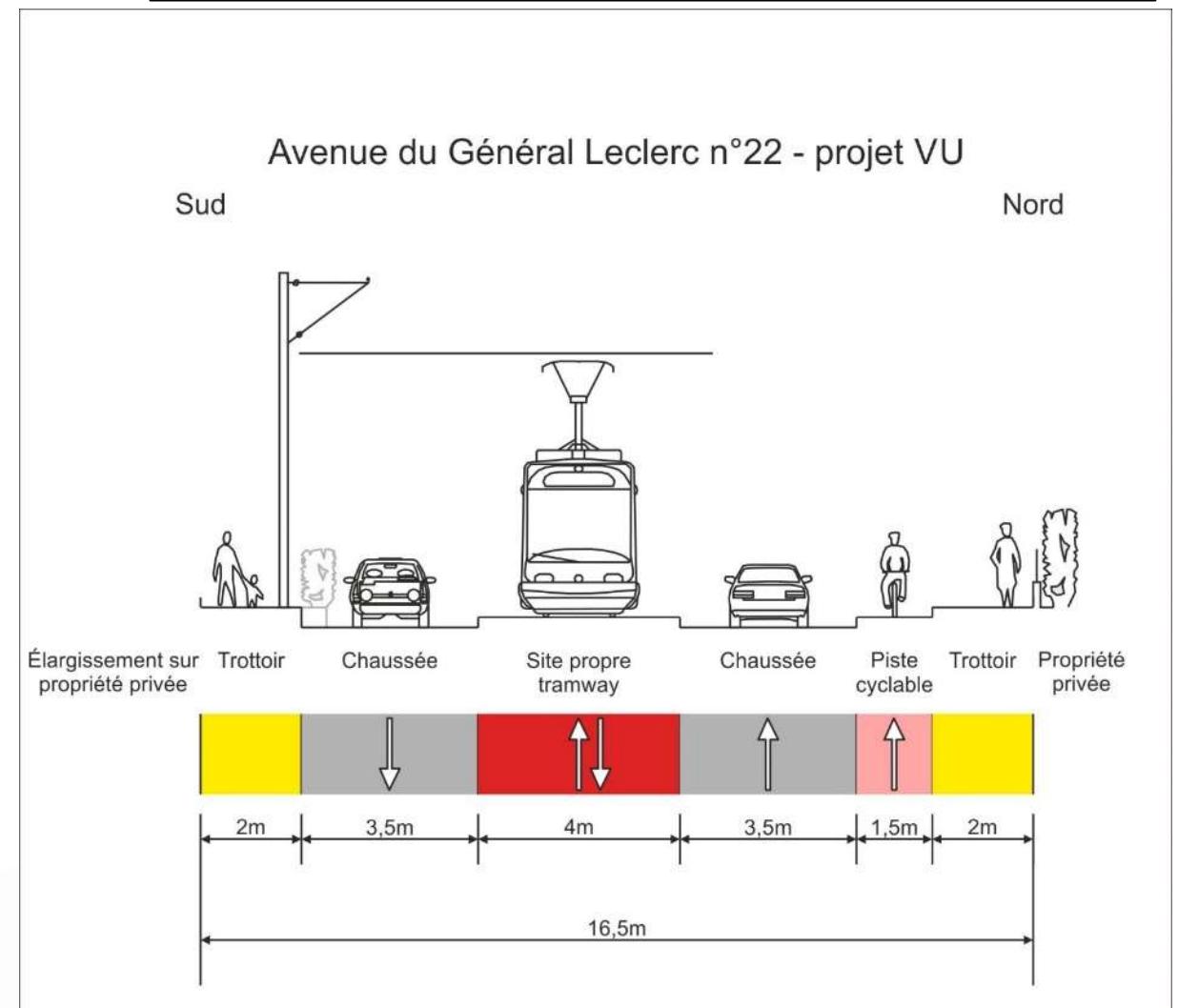
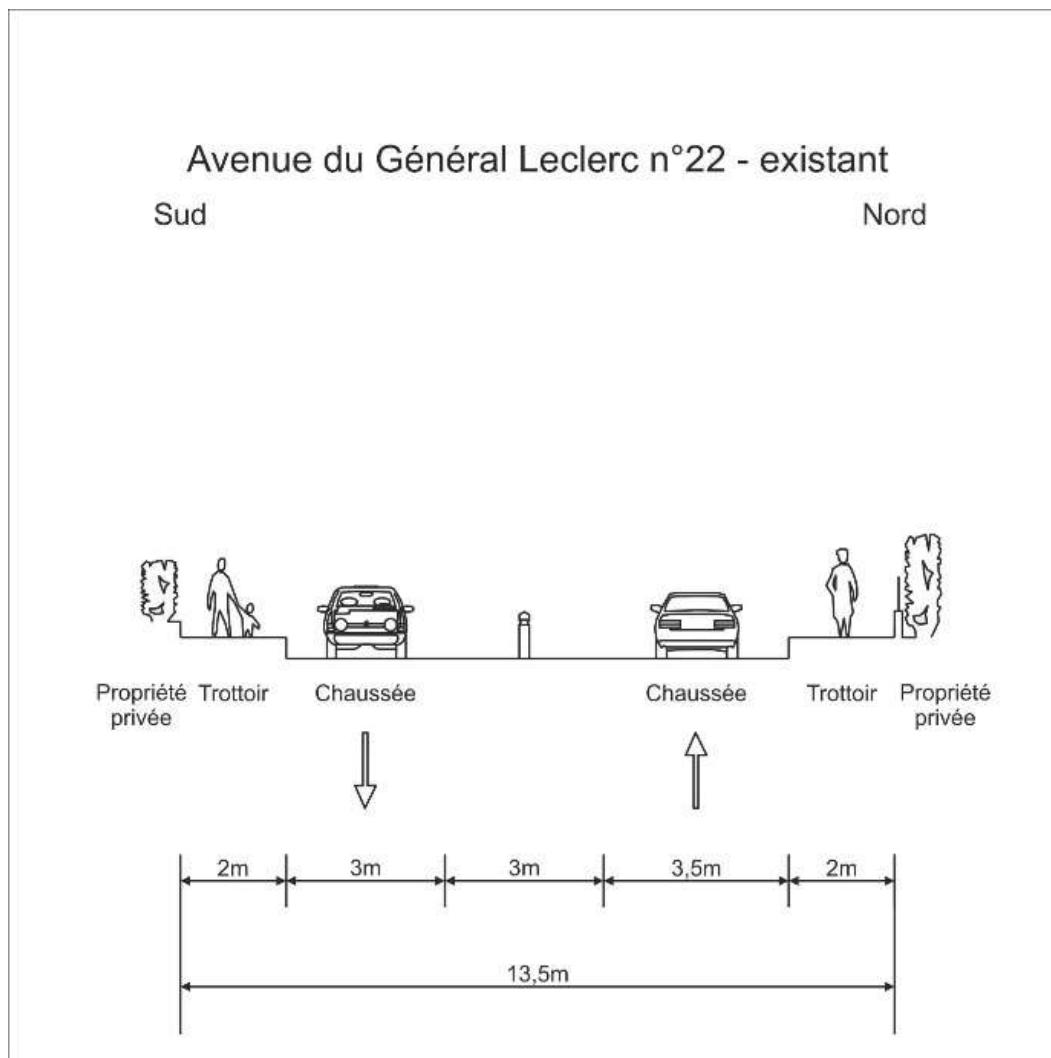
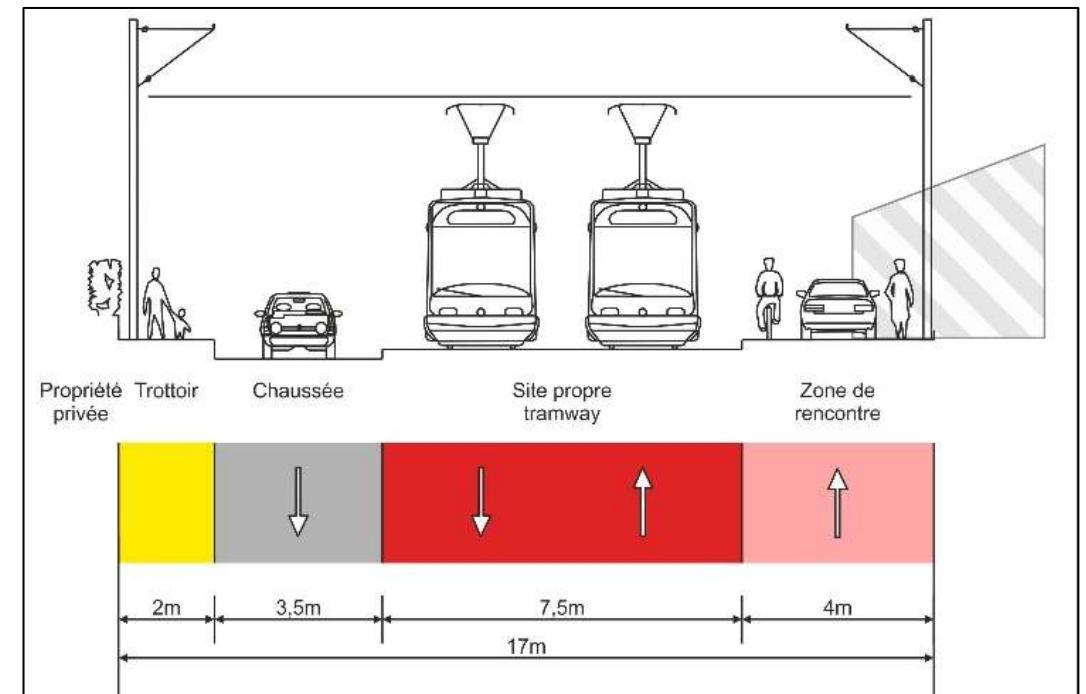
# ➤ Insertion du tracé, coupe 1

- Section type : nord du tracé étudié (bas de l'avenue)
- Même insertion que le projet voie double
- Largeur : 20m



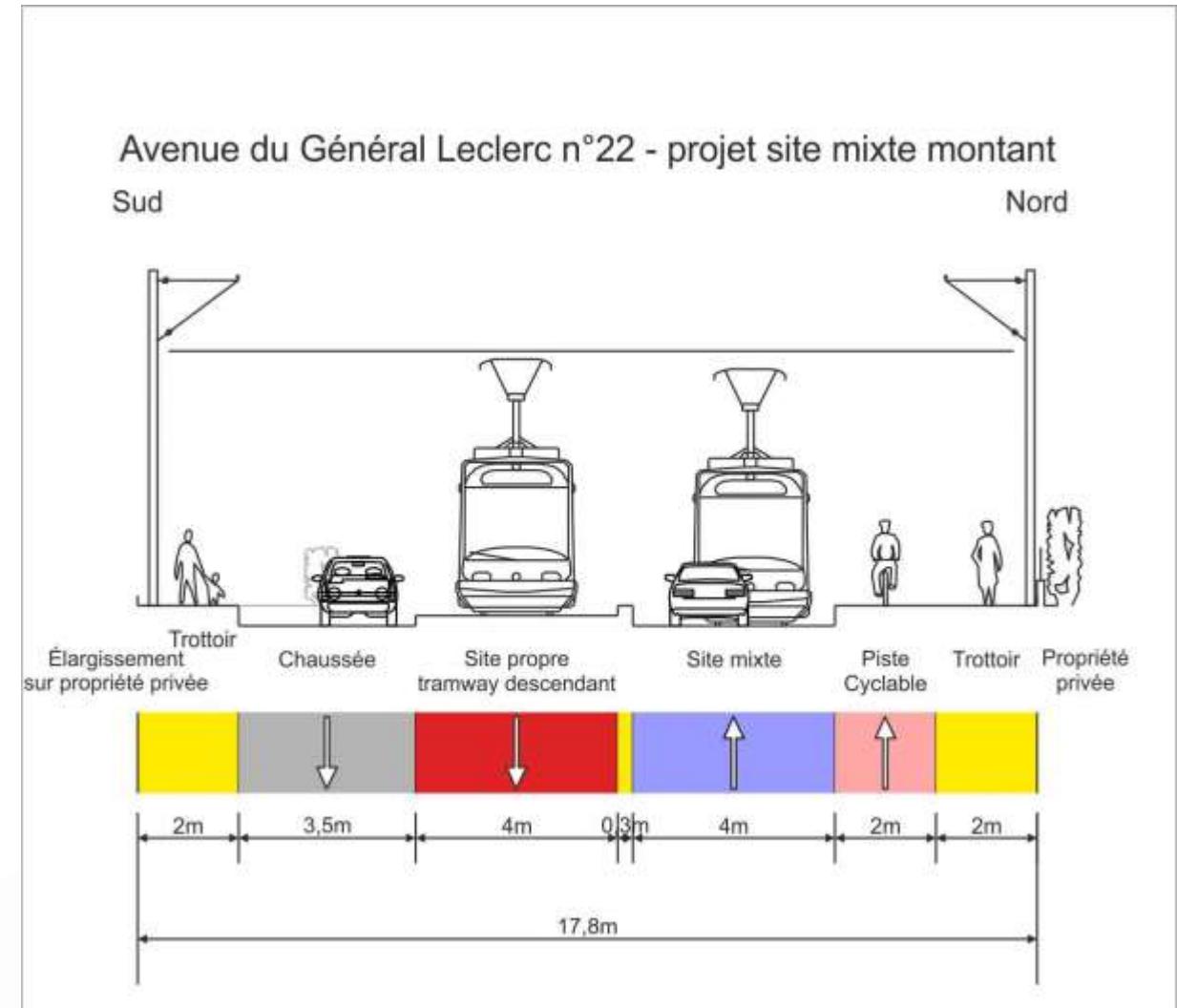
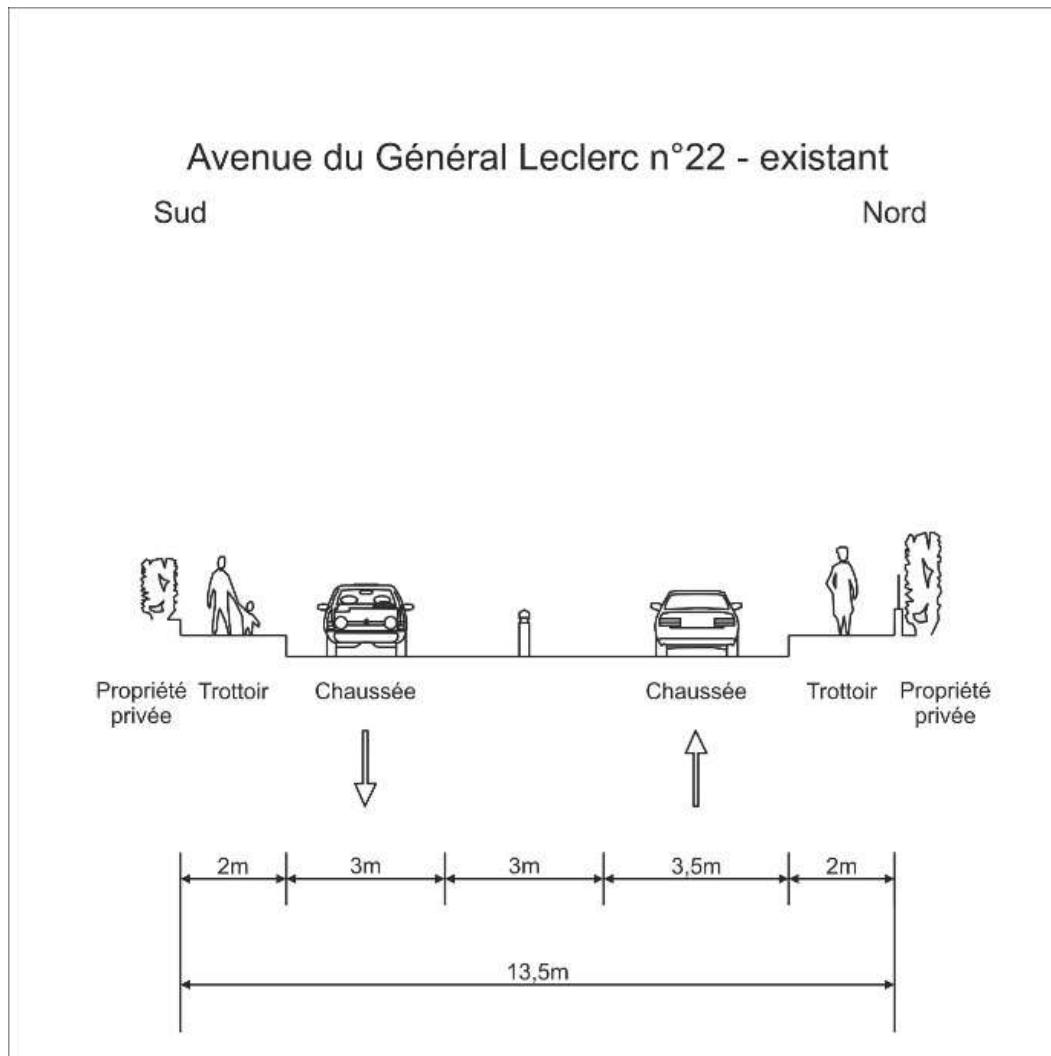
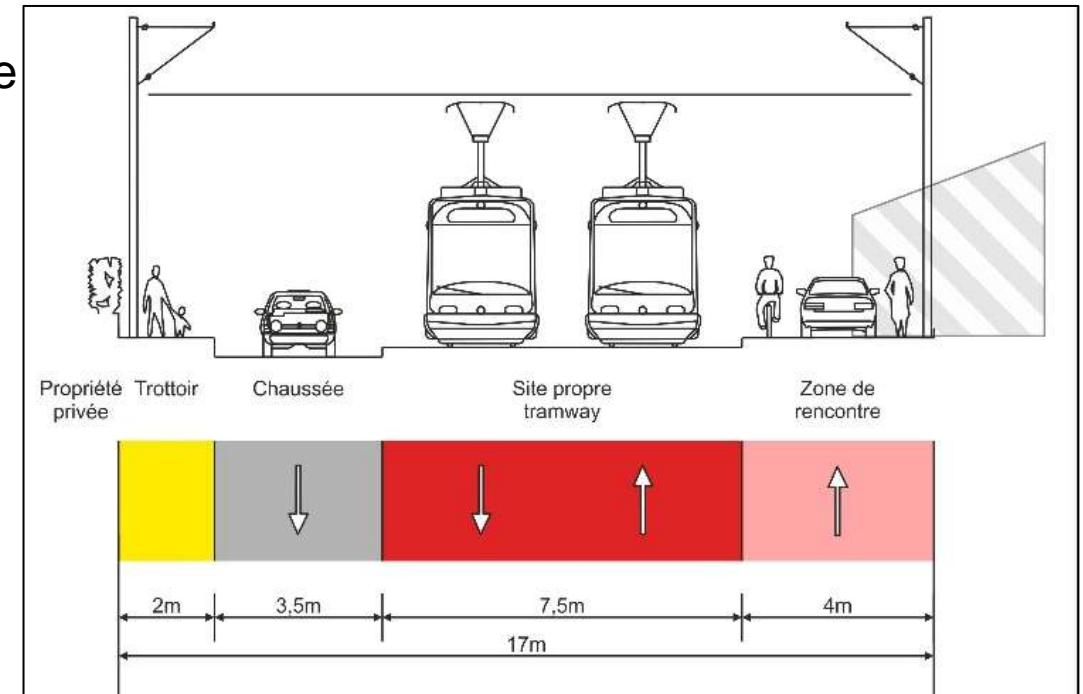
# Insertion du tracé , coupe 2 – voie unique versus double voie

- Site propre central **en voie unique**, piste cyclable montante
- Projet VU **moins large** (16,5m vs 17m)



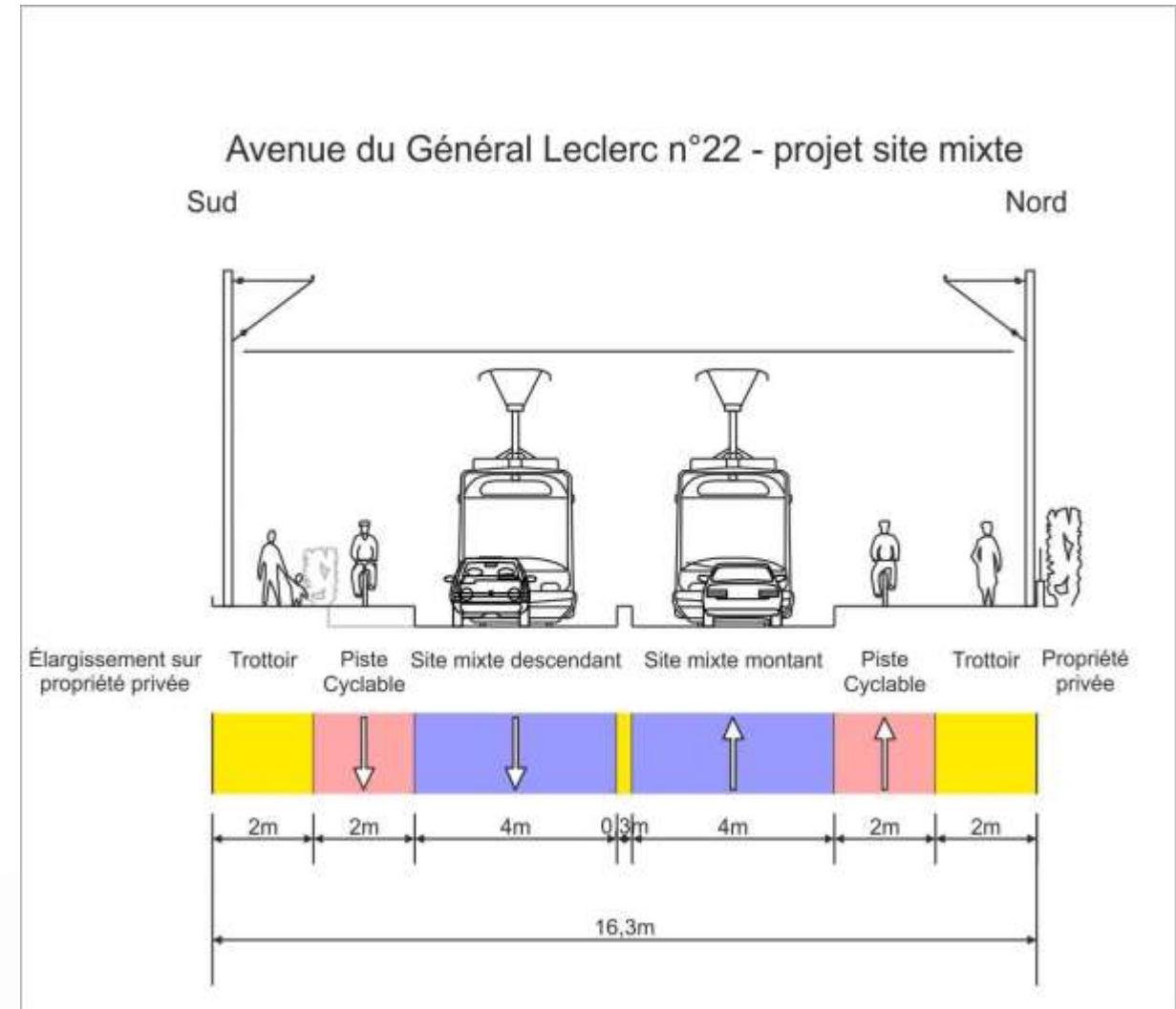
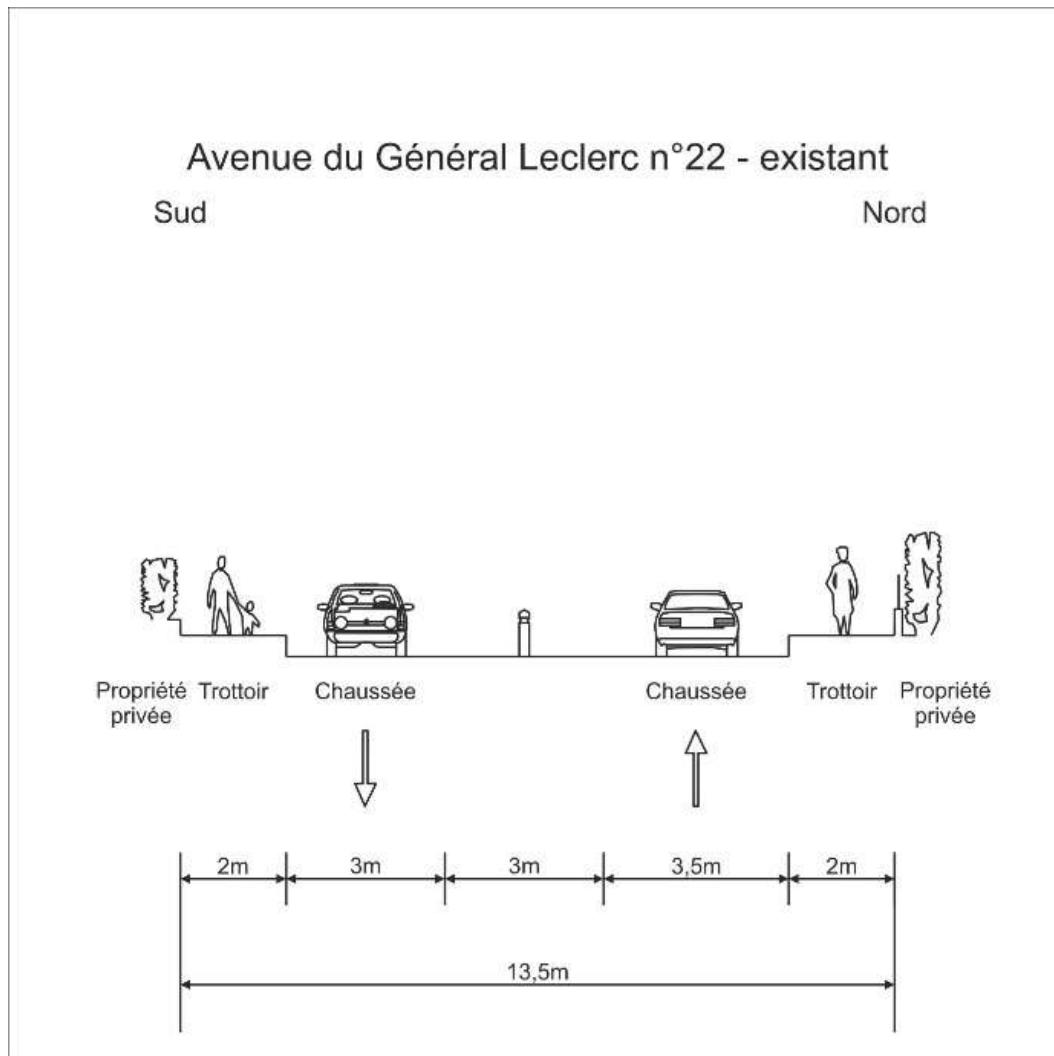
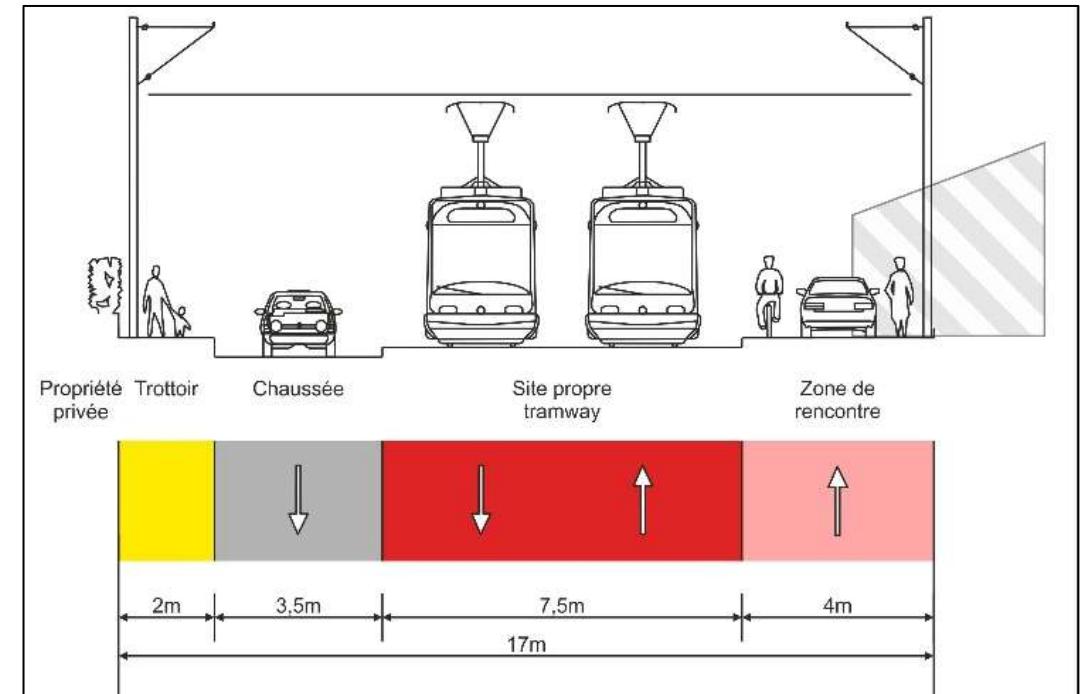
# Insertion du tracé , coupe 2 – site mixte (I) versus site propre

- Site mixte montant et site propre descendant, piste cyclable montante
- Projet site mixte montant **plus large** par rapport au projet site propre (17,8m vs 17m)



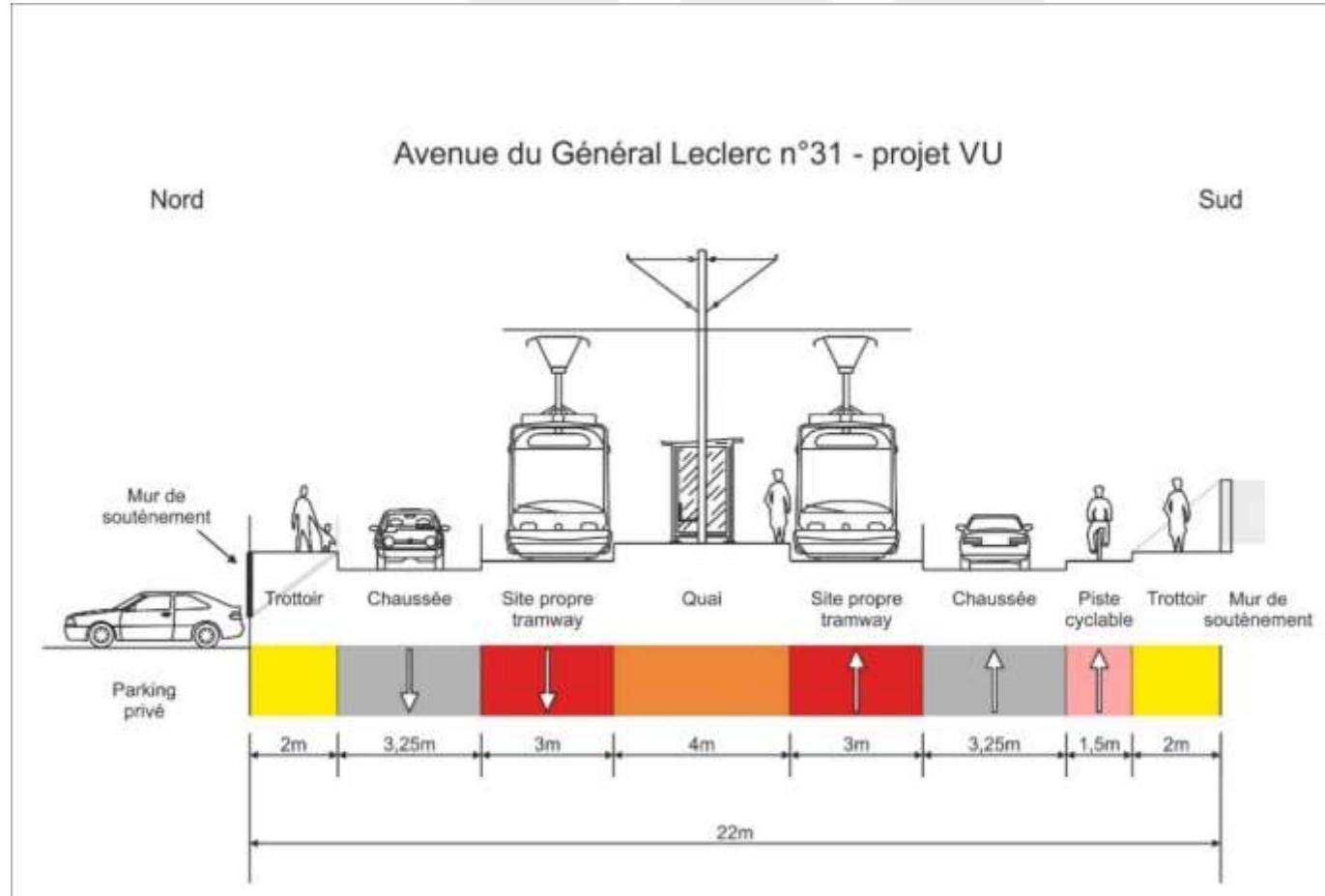
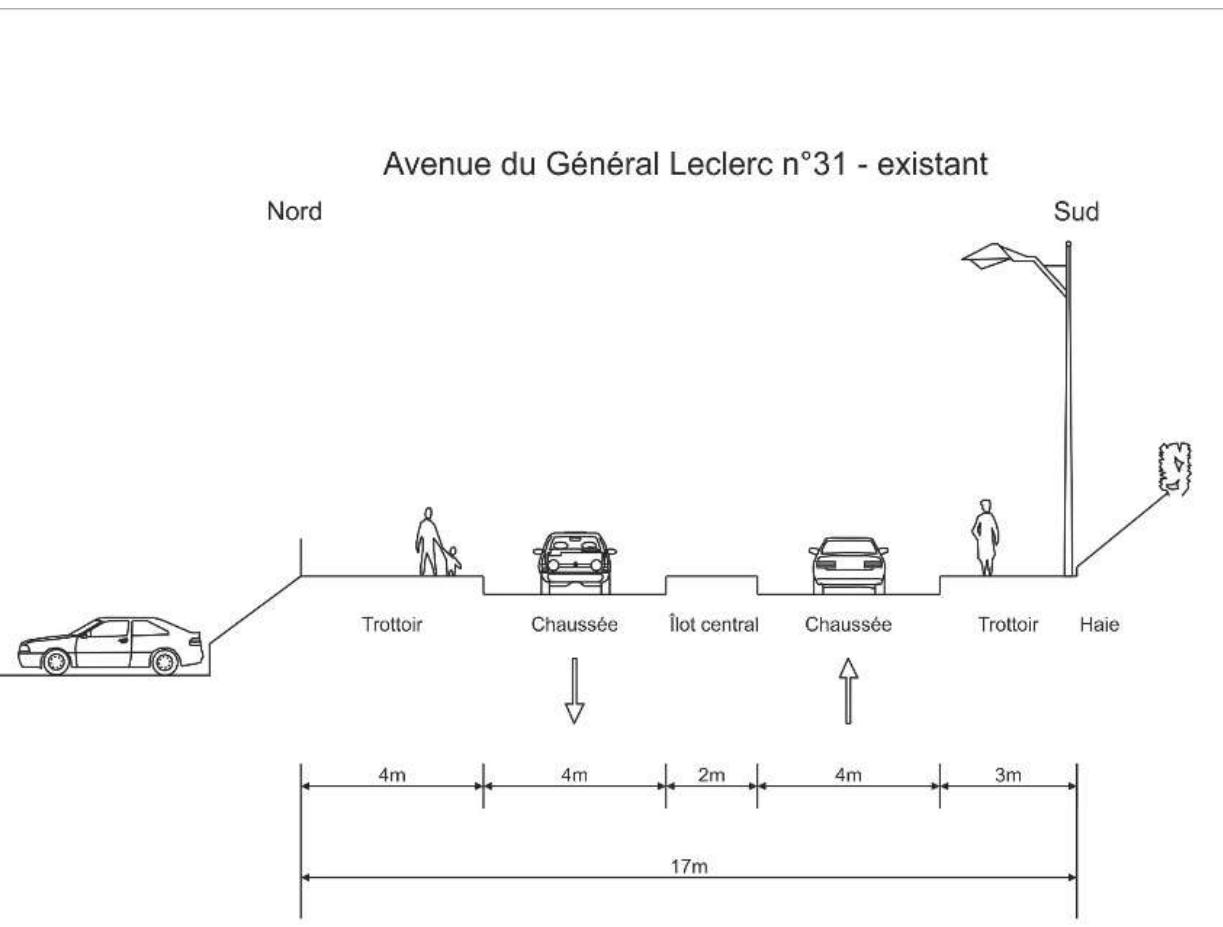
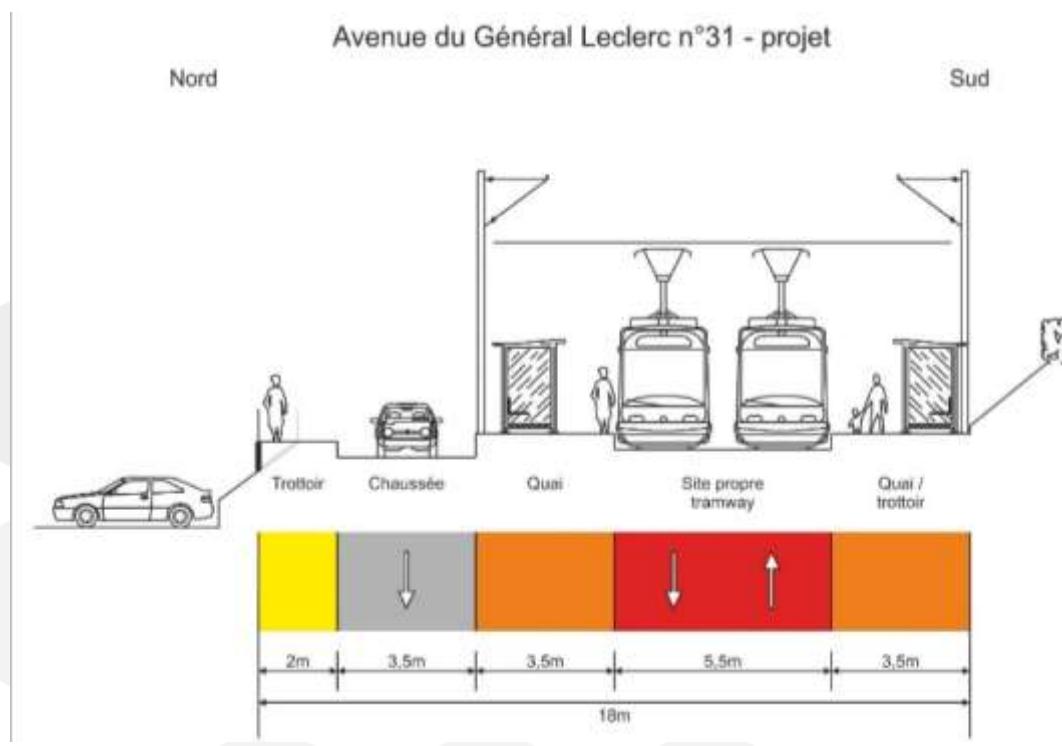
# Insertion du tracé , coupe 2 – site mixte (II) versus site propre

- Site mixte double sens, piste cyclable montante et descendante
- Projet site mixte double sens **moins large** par rapport au projet site propre (16,3m vs 17m)



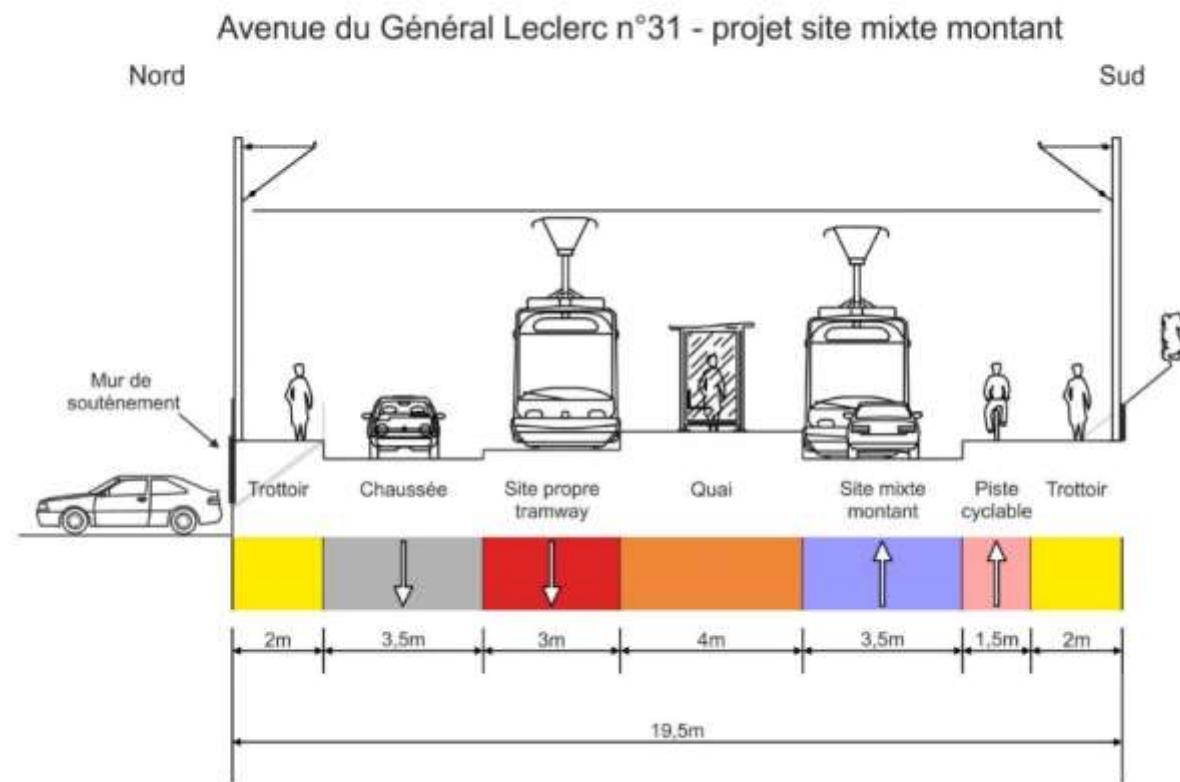
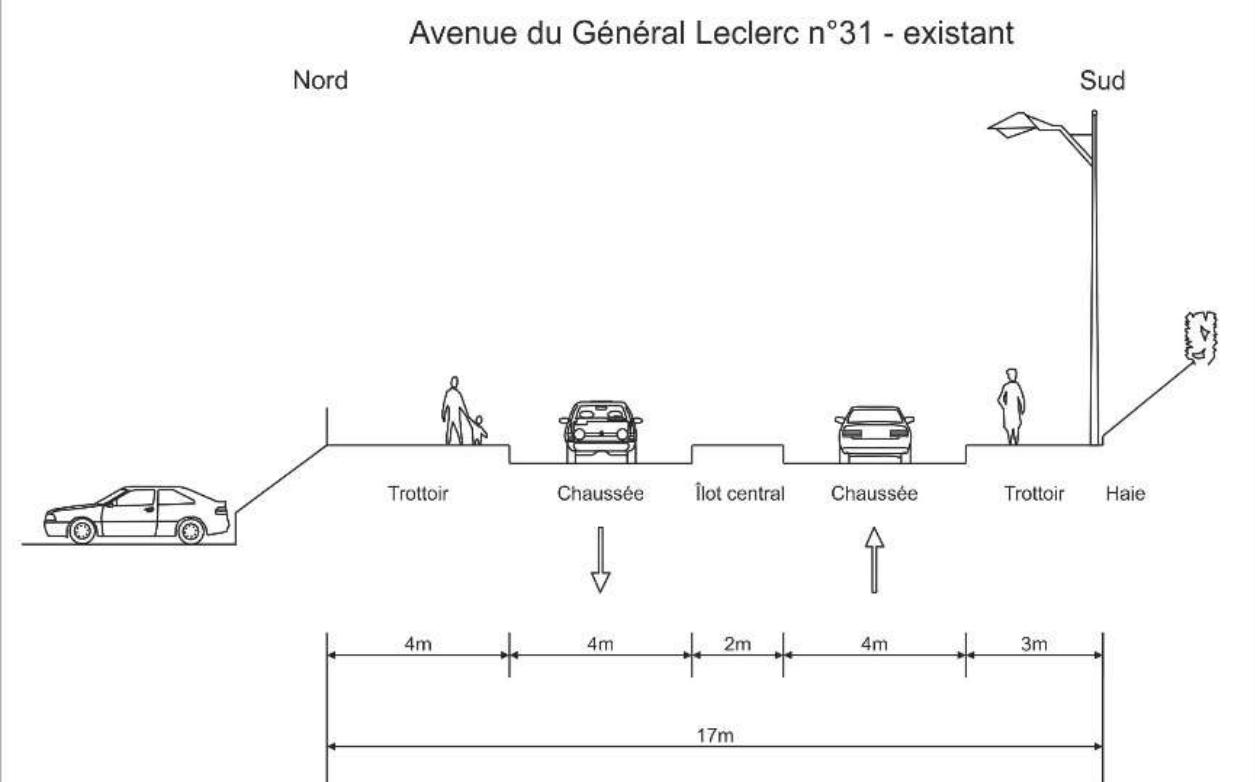
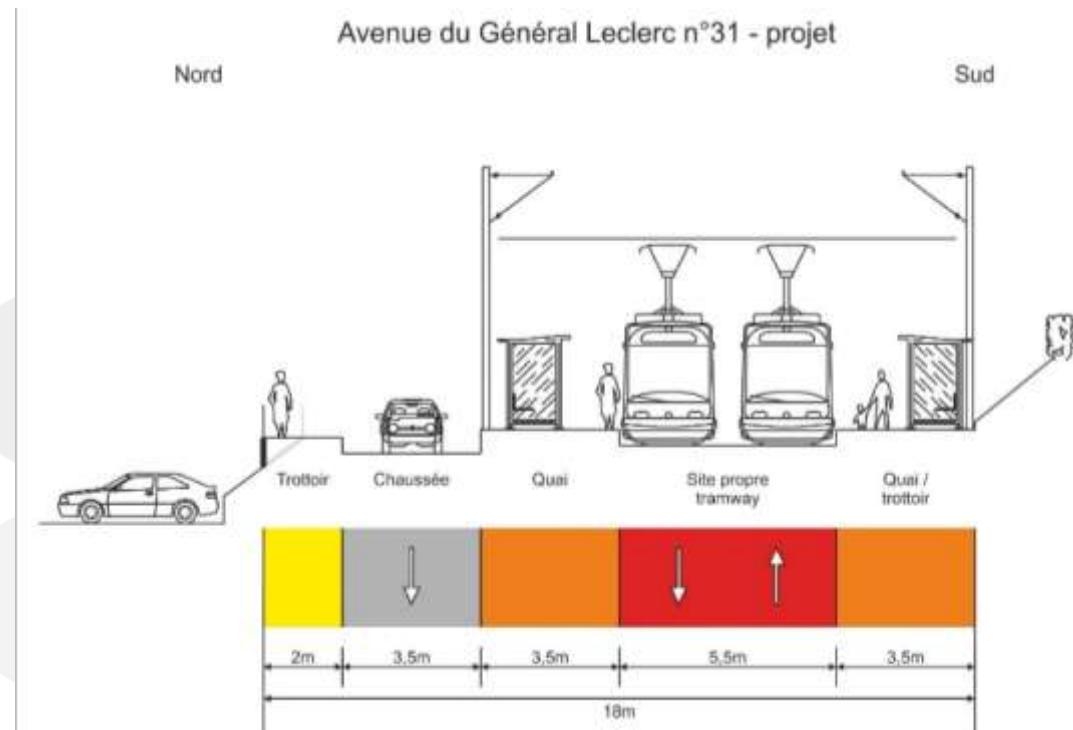
# Insertion du tracé, coupe 3 – voie unique versus double sens

- Station Le Reclus :
  - Quai central de 4m
  - Projet VU **plus** large (22m vs 18m)



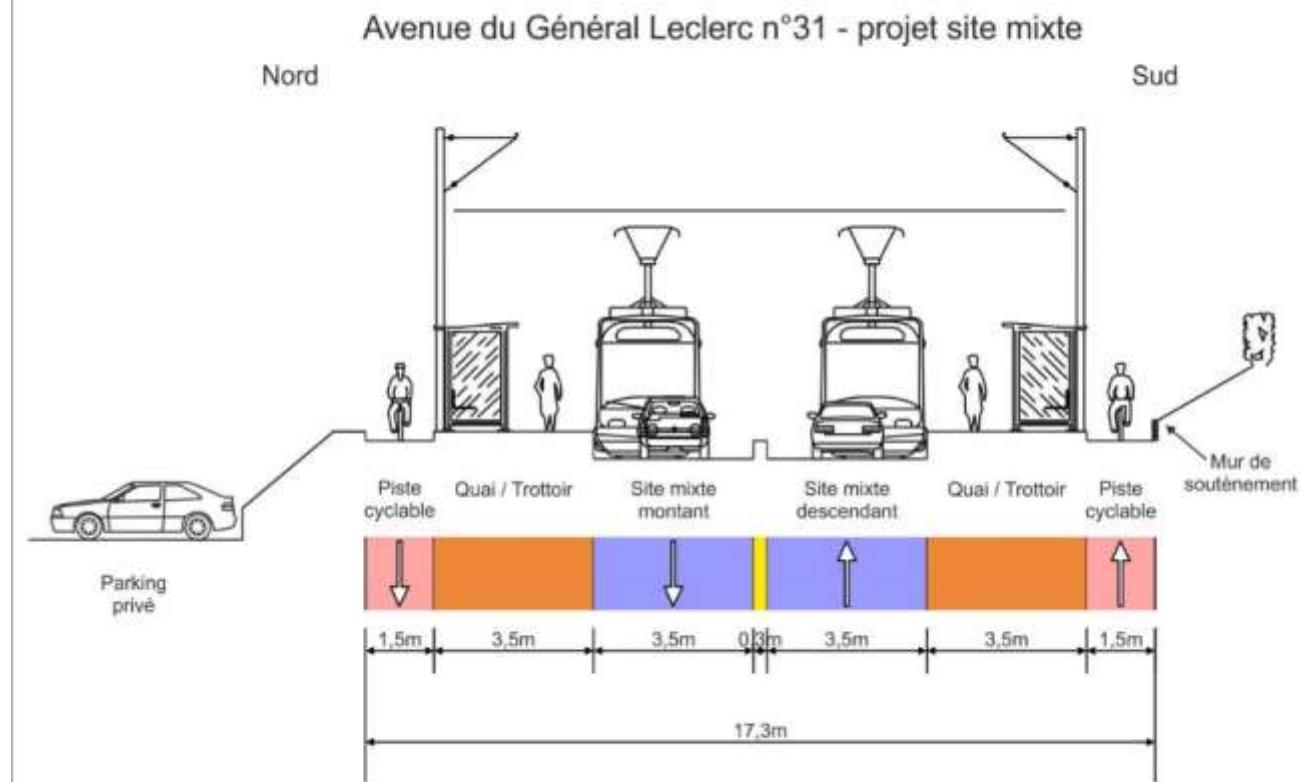
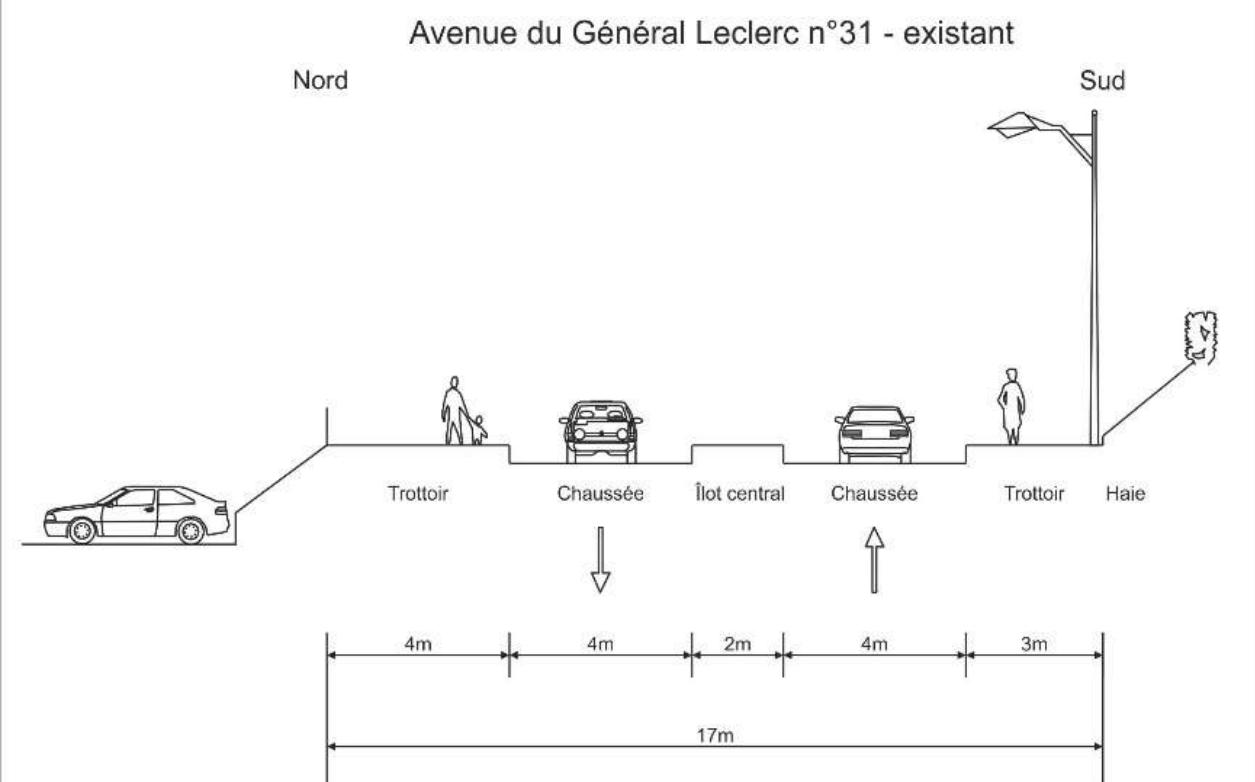
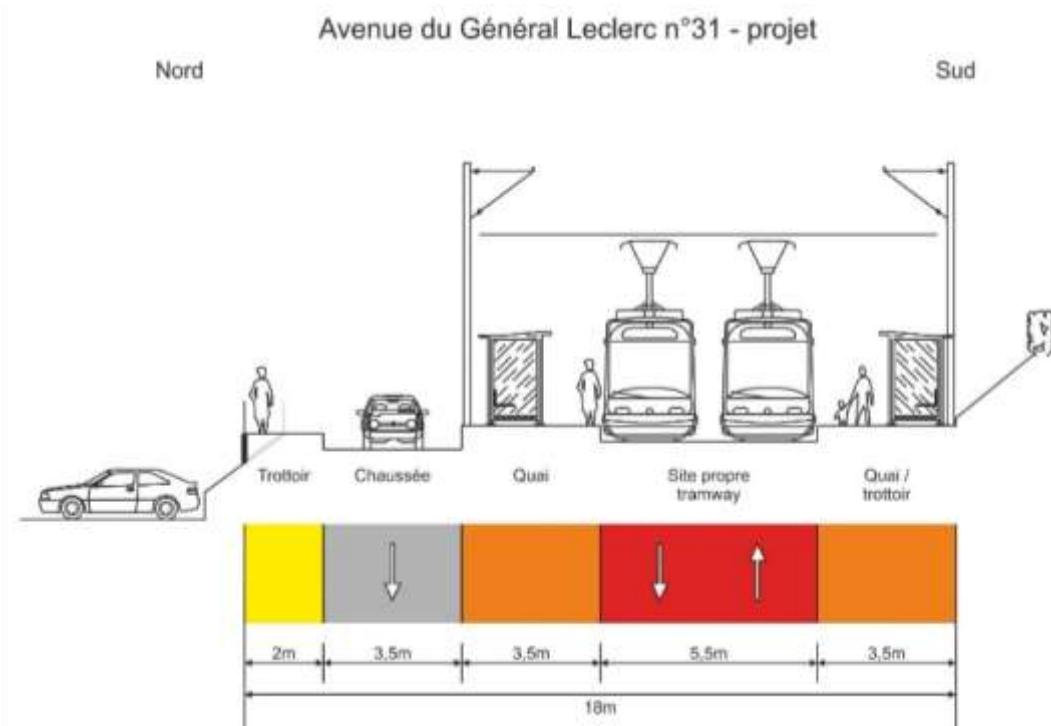
# ➤ Insertion du tracé, coupe 3 – site mixte (I) versus site propre

- Site mixte montant et site propre descendant, piste cyclable montante
- Station Le Reclus :
  - quai central de 4m
  - Projet site mixte montant **plus large** par rapport au projet site propre (19,5m vs 18m)



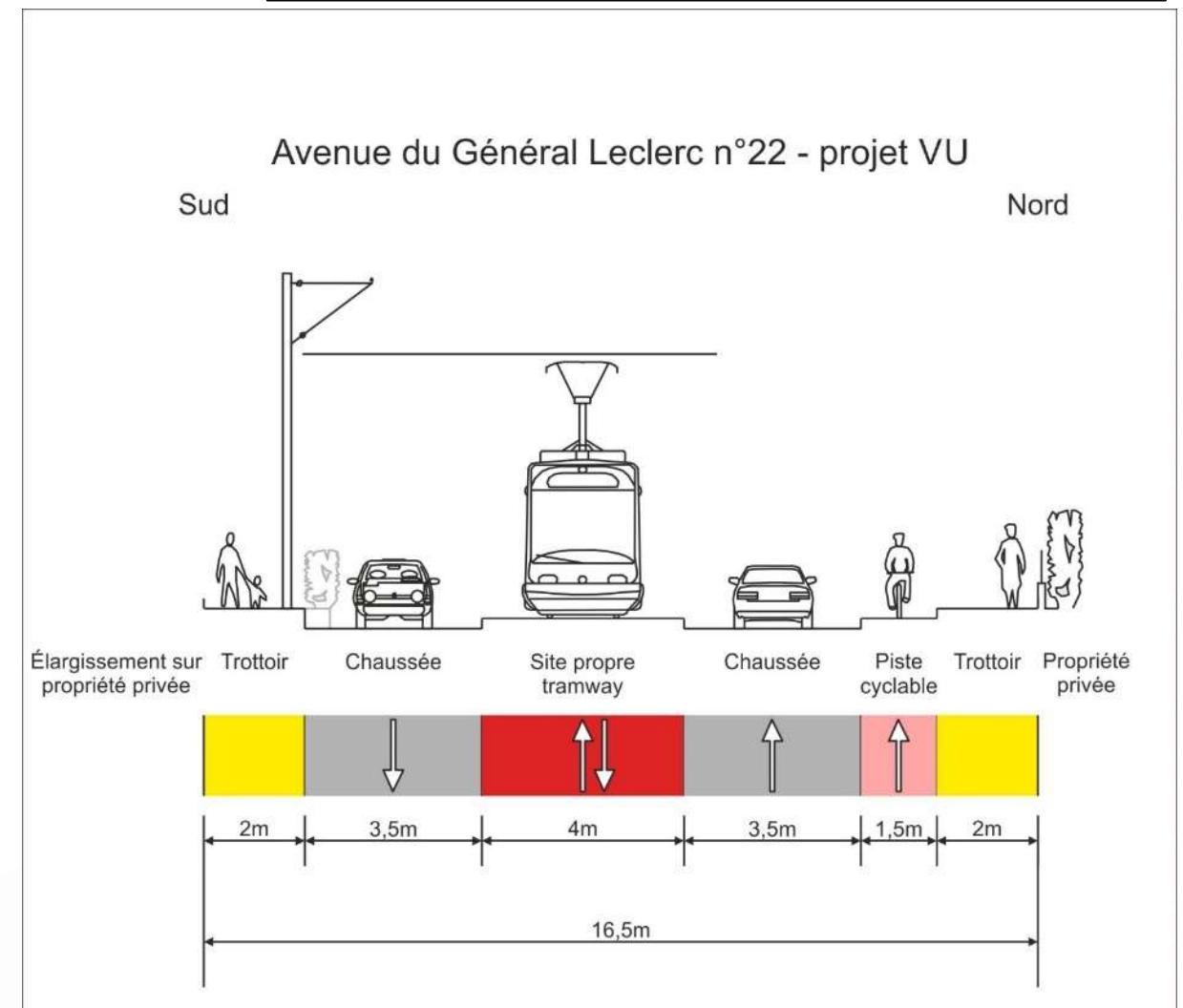
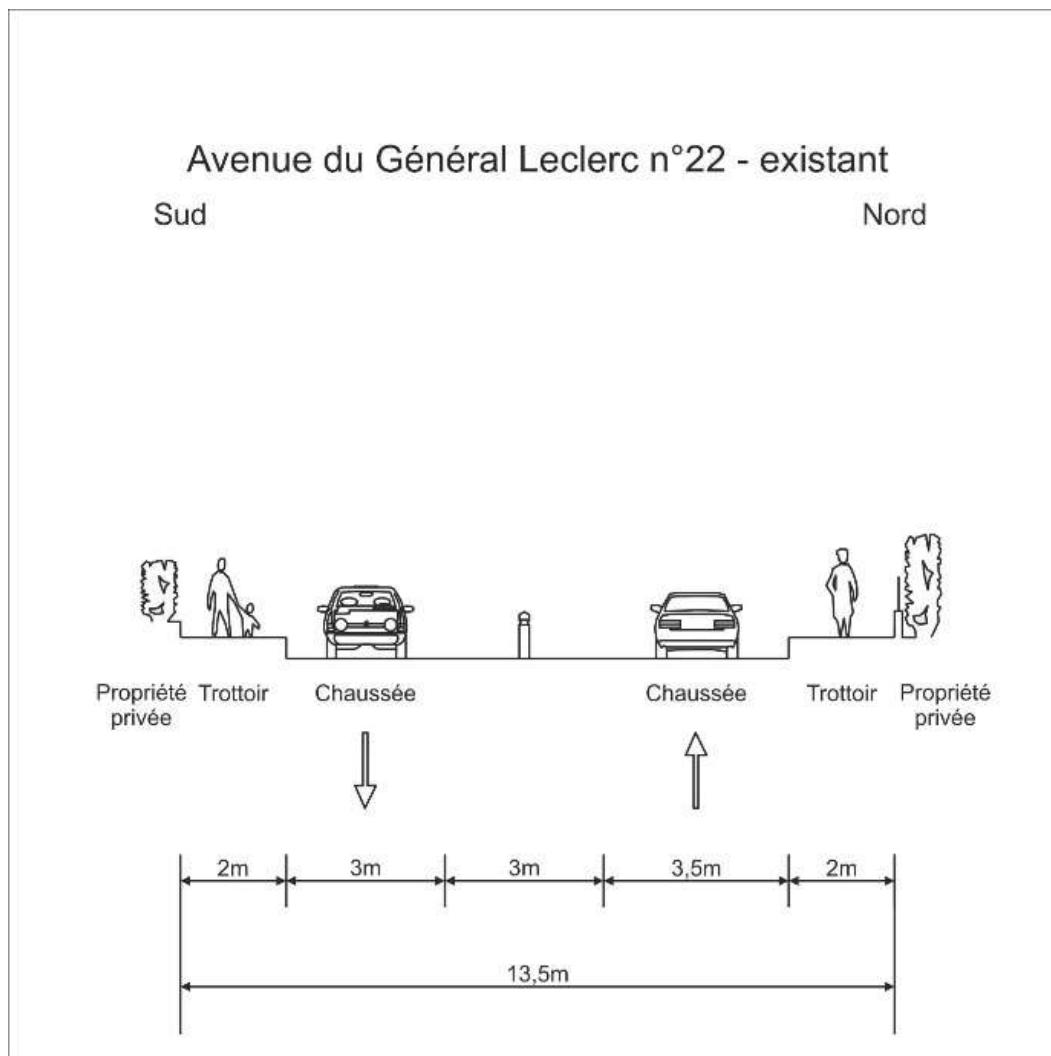
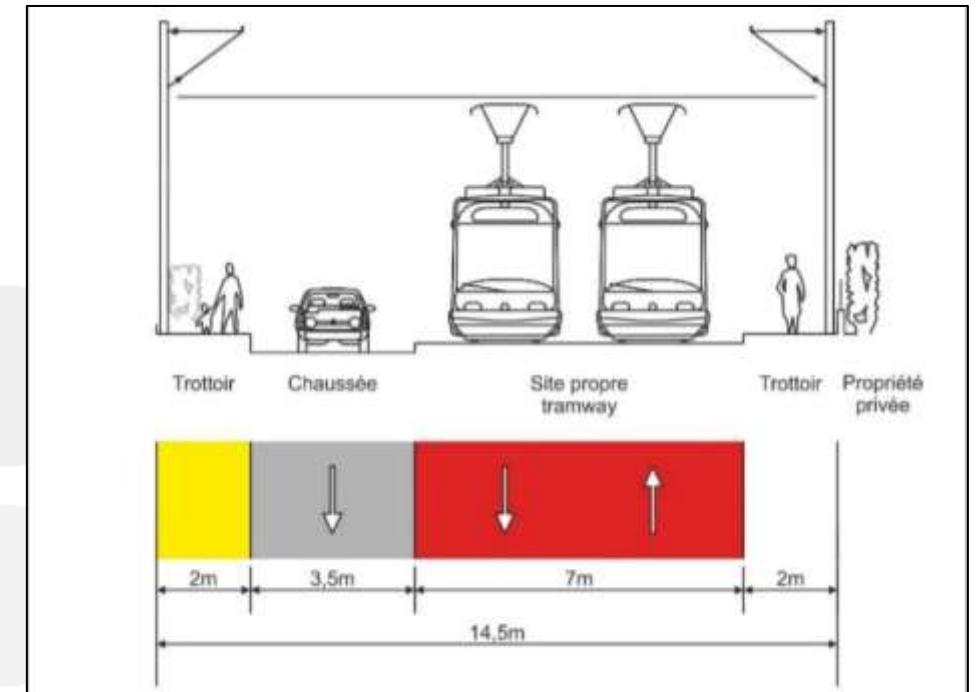
# ➤ Insertion du tracé, coupe 3 – site mixte (II) versus site propre

- Site mixte double sens, piste cyclable montante et descendante
- Station Le Reclus :
  - quai central de 4m
  - Projet site mixte double sens **moins large** par rapport au projet site propre (17,3m vs 18m)



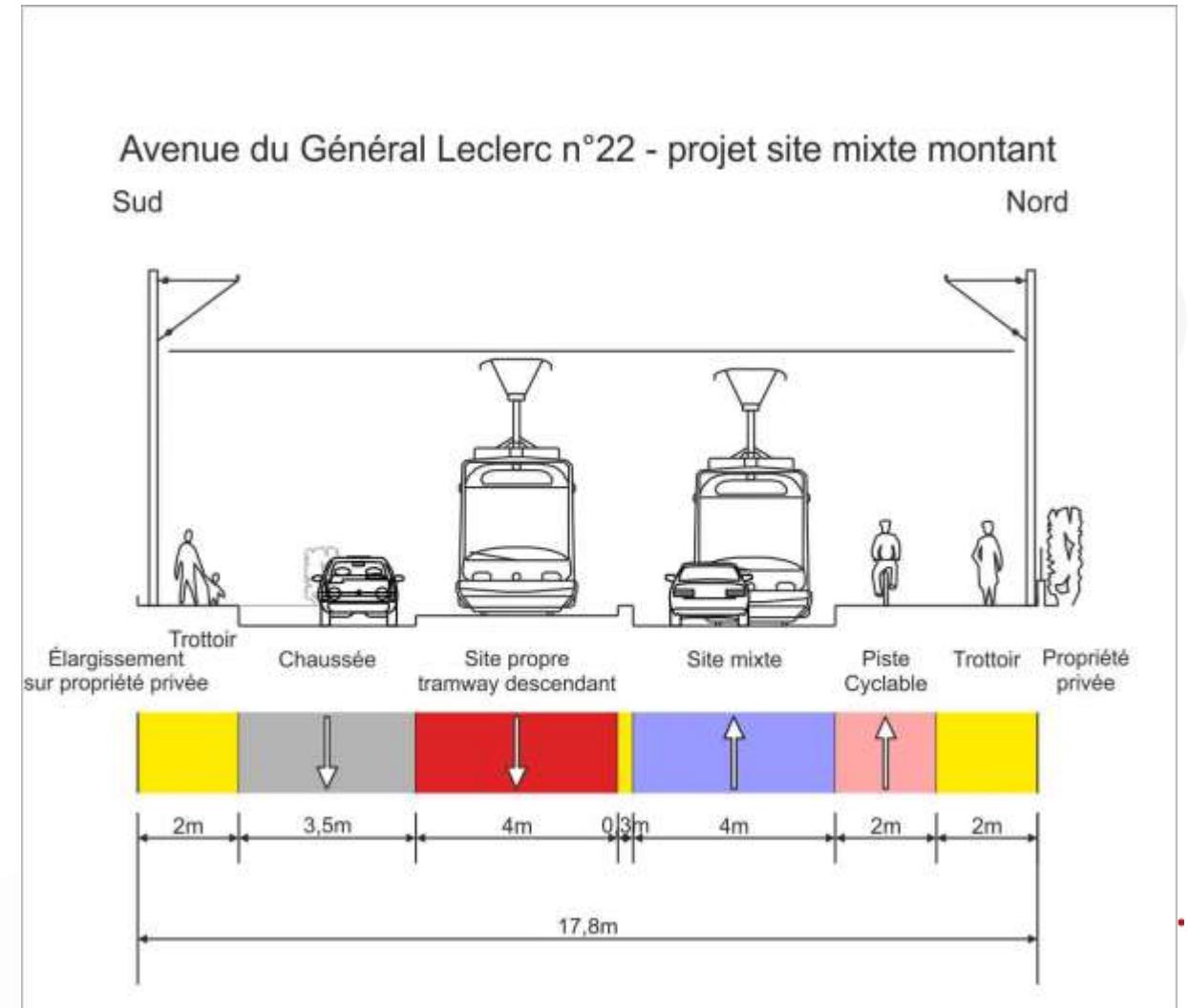
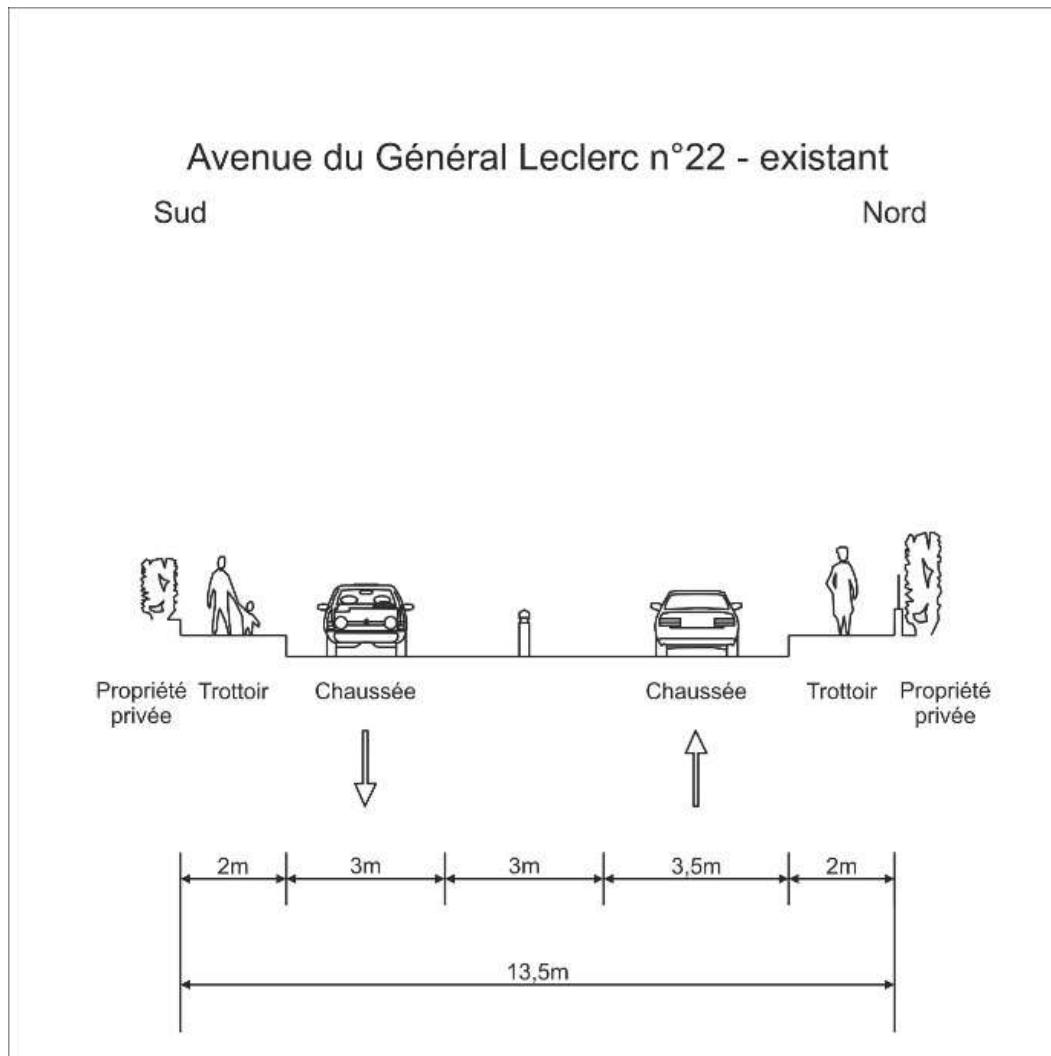
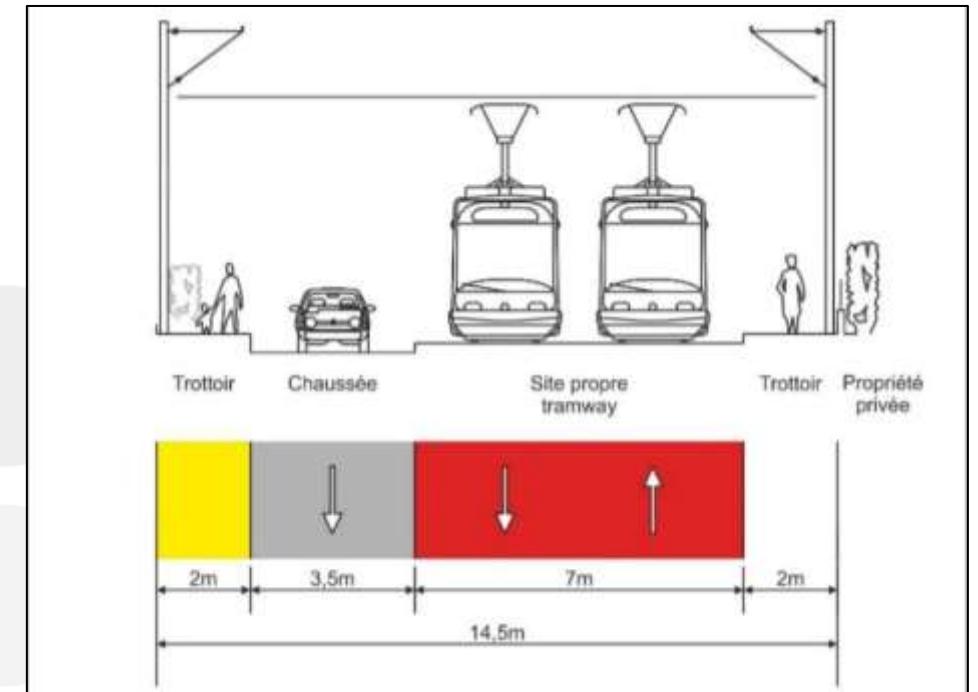
# Insertion du tracé , coupe 4 – voie unique versus double voie

- ❖ Site propre central **en voie unique**, piste cyclable montante
- ❖ Projet VU **plus large** par rapport au projet site propre (16,5m vs 14,5m)



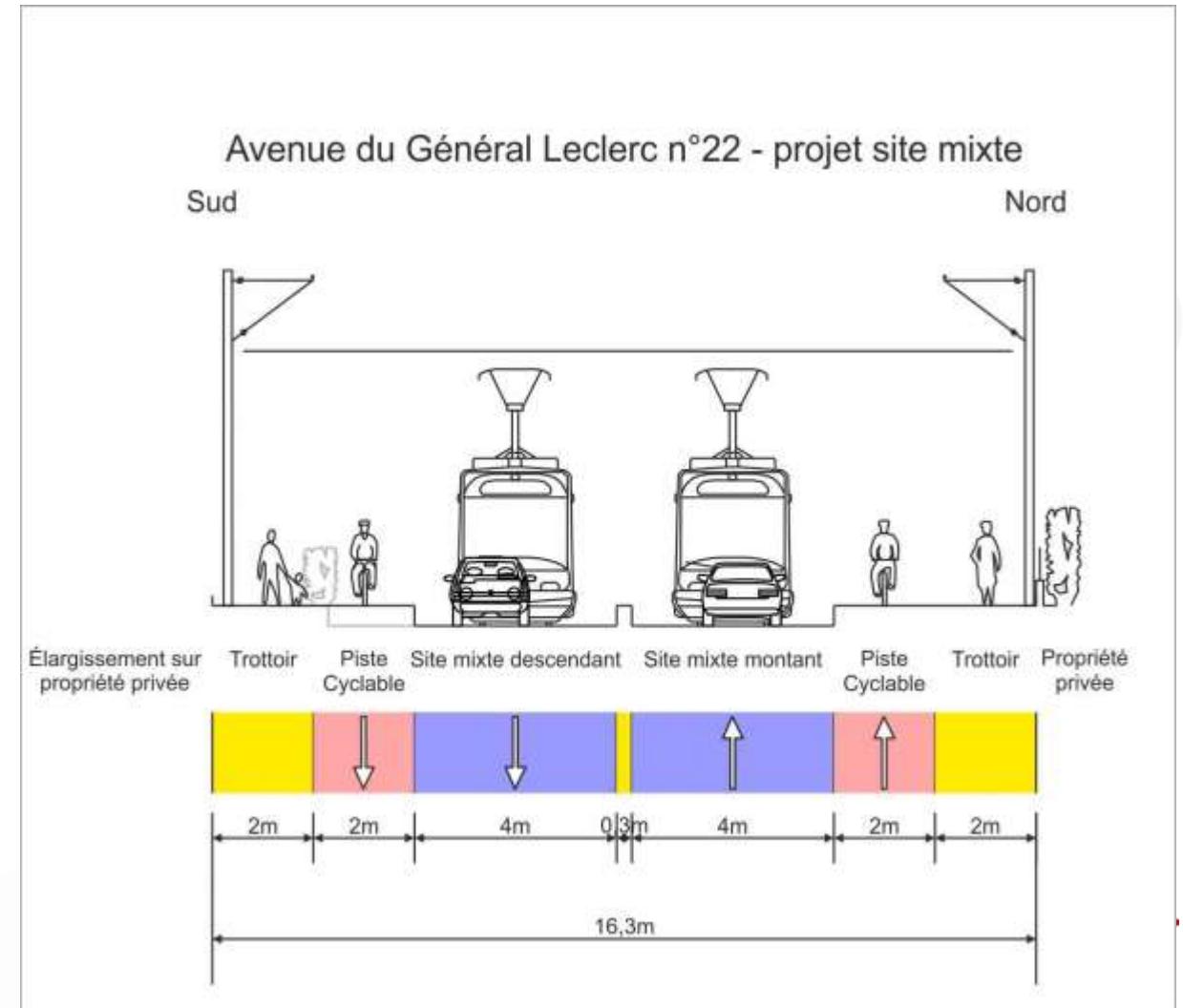
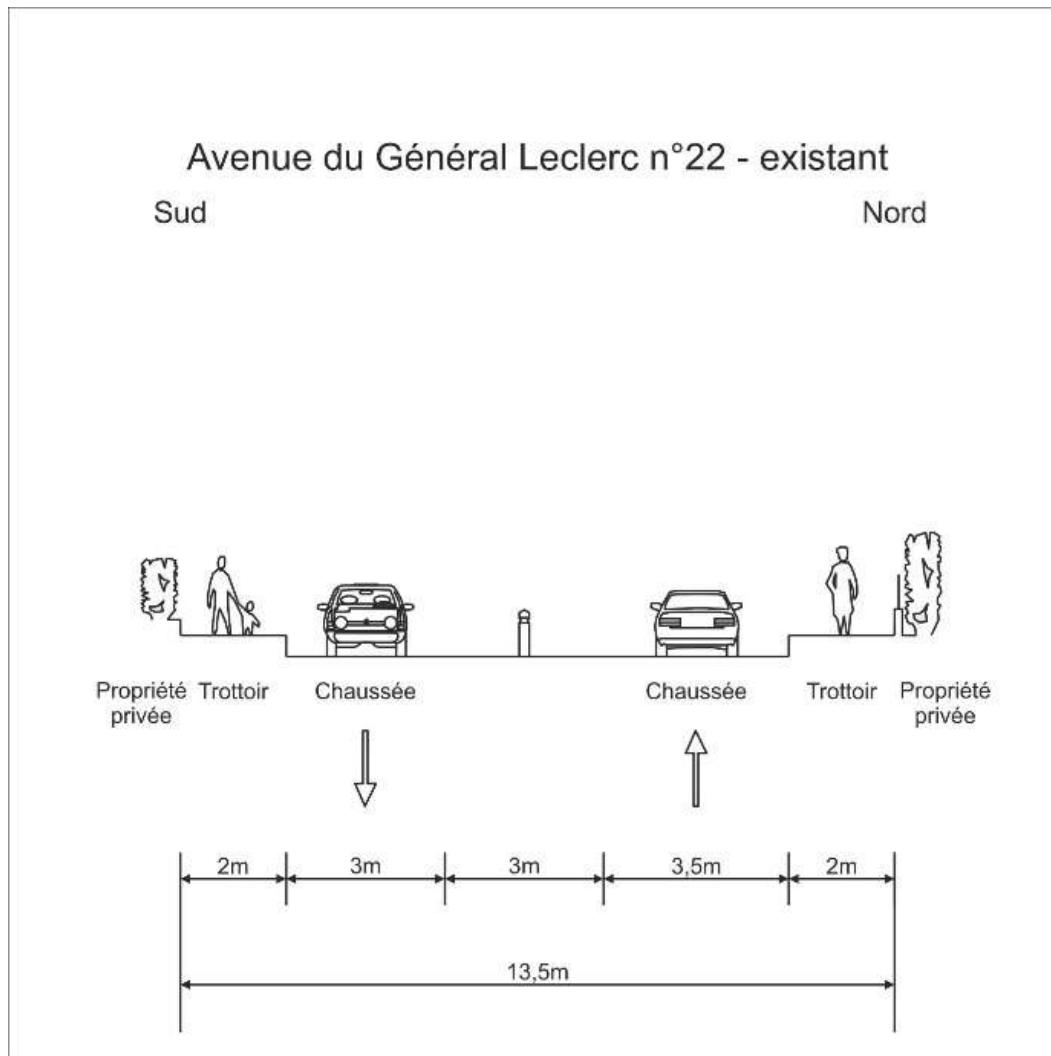
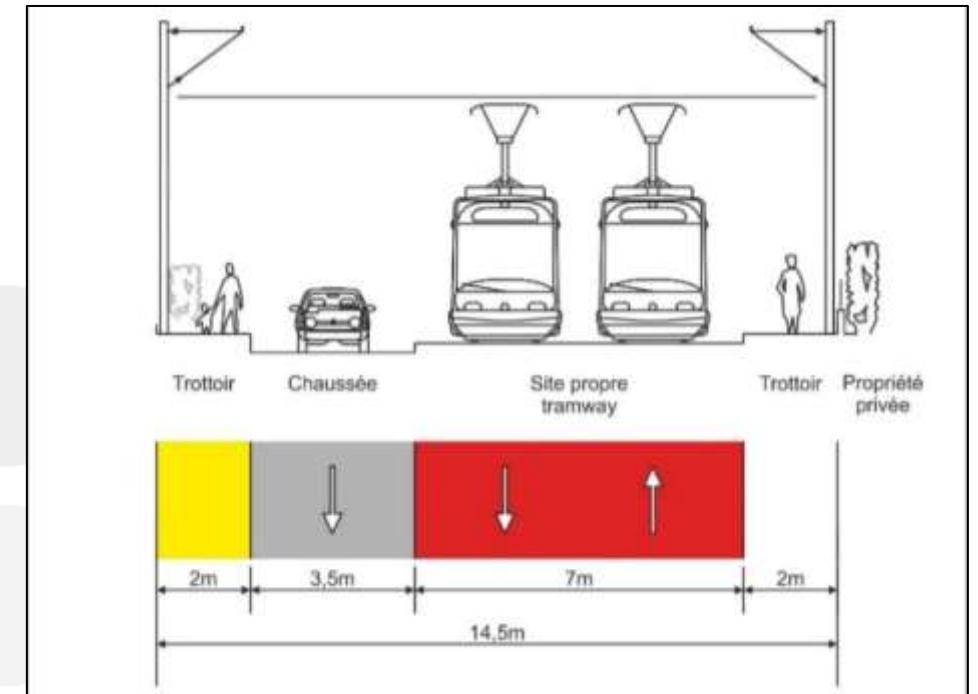
# Insertion du tracé , coupe 4 – site mixte (I) versus site propre

- Site mixte montant et site propre descendant, piste cyclable montante
- Projet site mixte montant **plus large** par rapport au projet site propre (17,8m vs 14,5m)



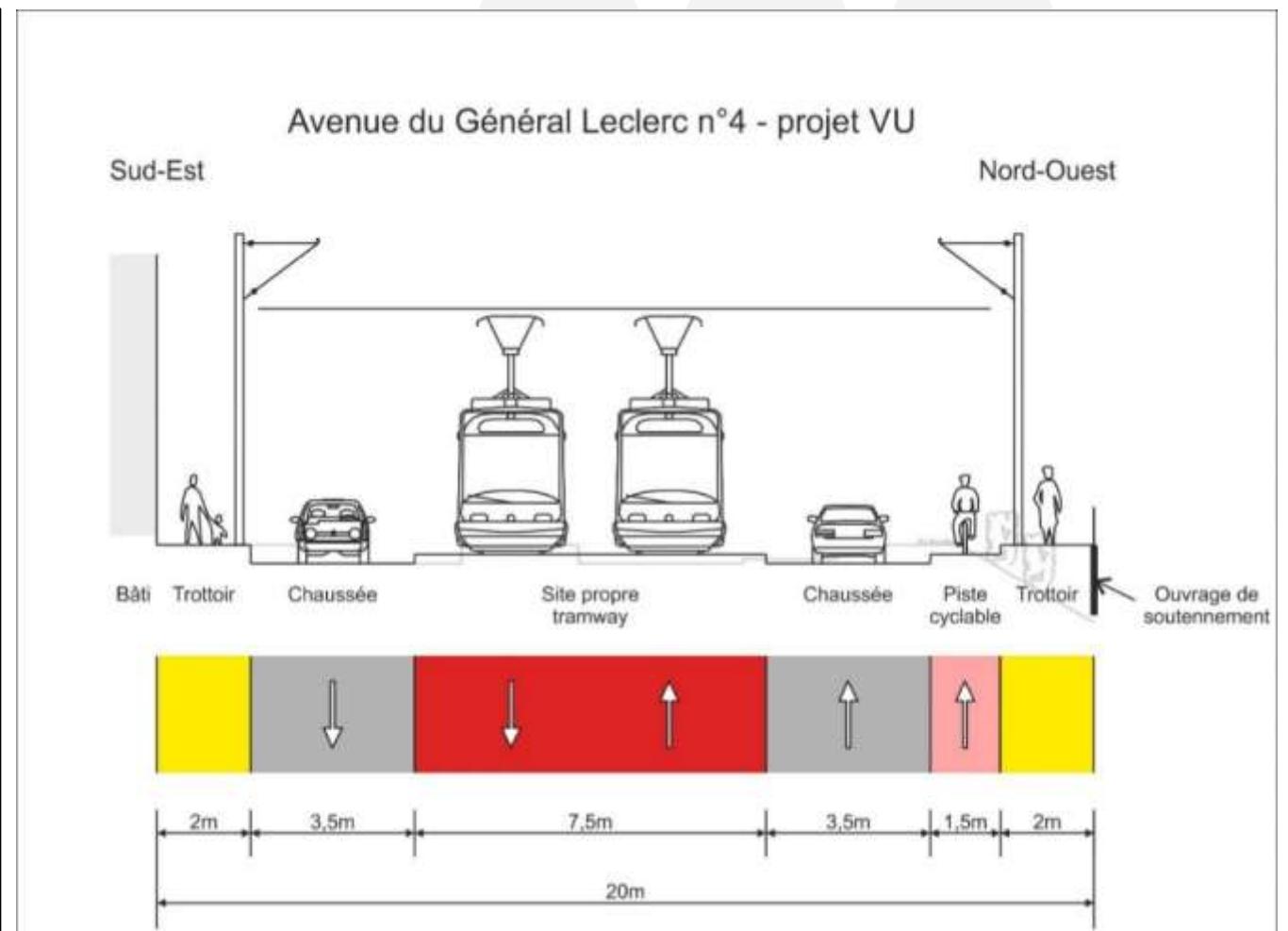
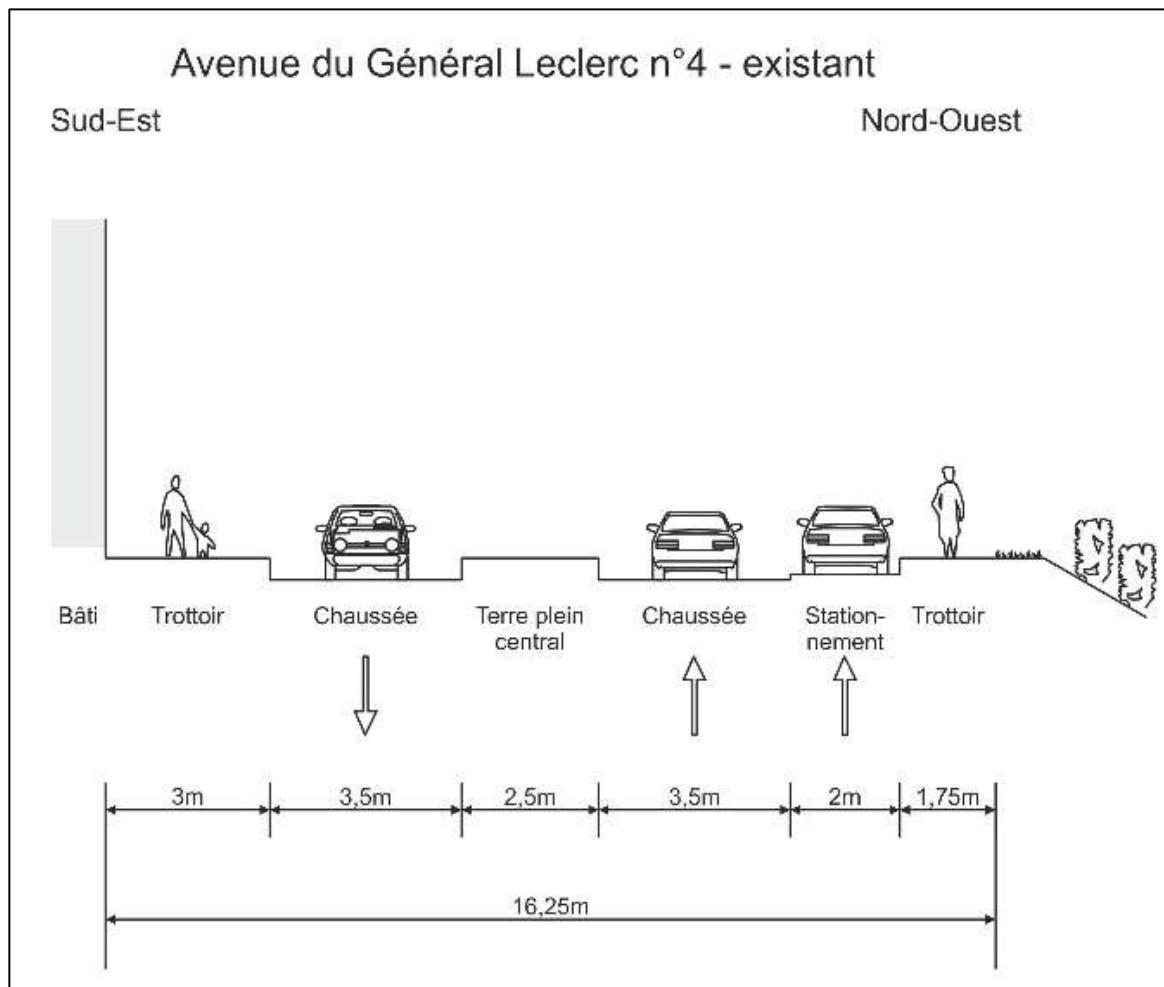
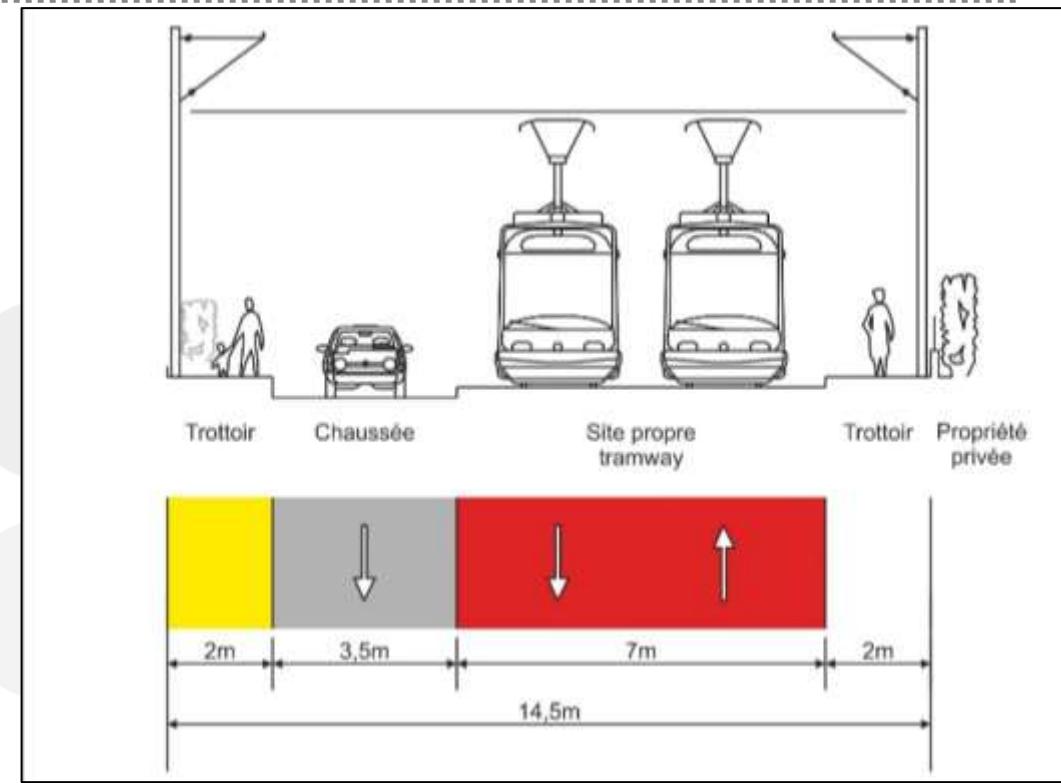
# Insertion du tracé , coupe 4 – site mixte (II) versus site propre

- Site mixte double sens, piste cyclable montante et descendante
- Projet site mixte double sens **plus large** par rapport au projet site propre (16,3m vs 14,5m)

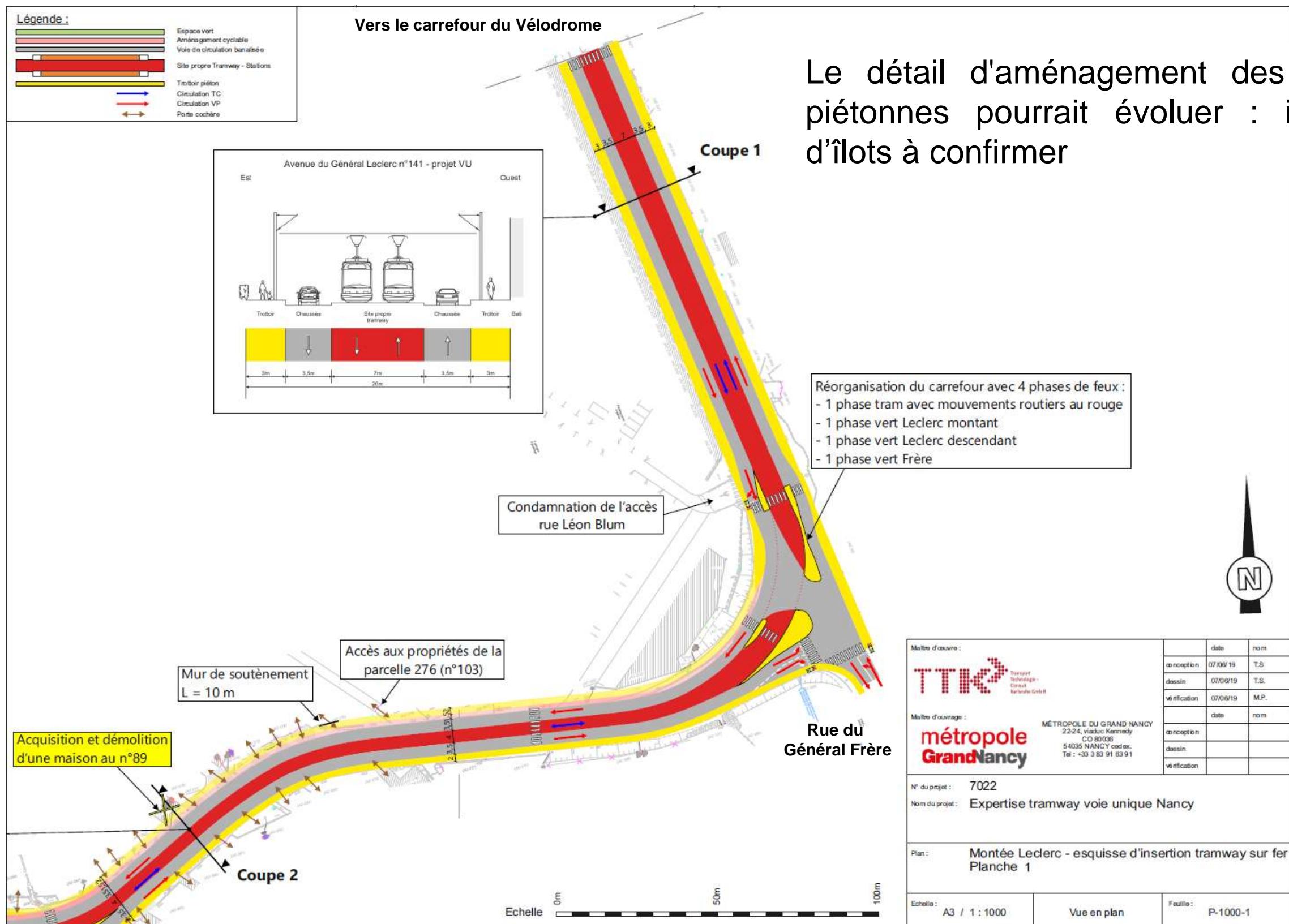


# ➤ Insertion du tracé, coupe 5 – VU / site mixte versus site propre

- Section type au sud de la station Jardin Botanique (haut de l'avenue) avant le débouché Jaurès
- Moins de problèmes d'emprise > double voie et site propre dans les 2 solutions VU ou site mixte
- Projets VU ou site mixte **plus large** par rapport au projet site propre (20m vs 14,5m)
- Largeur : 20m

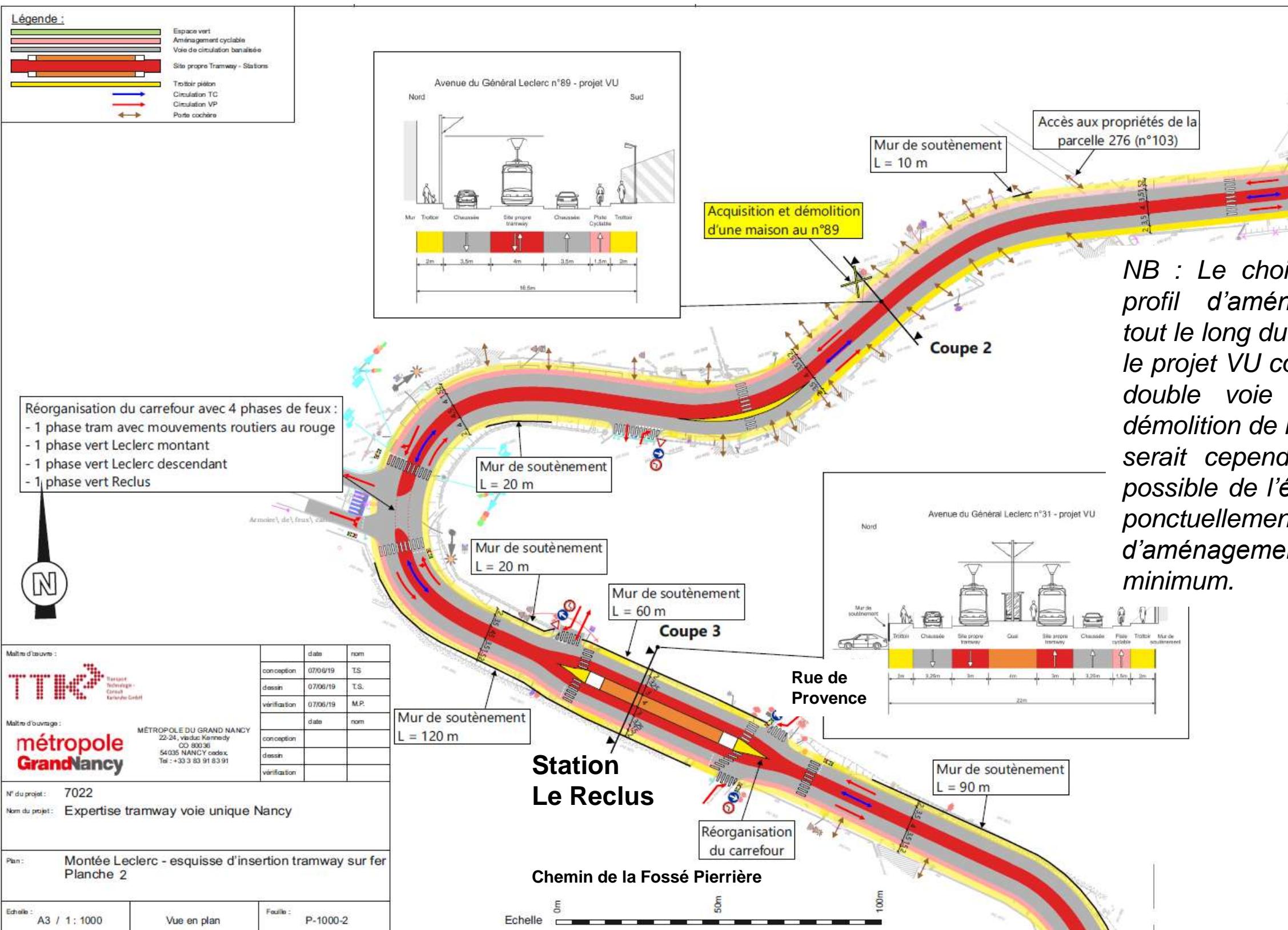


# Insertion du tracé – voie unique



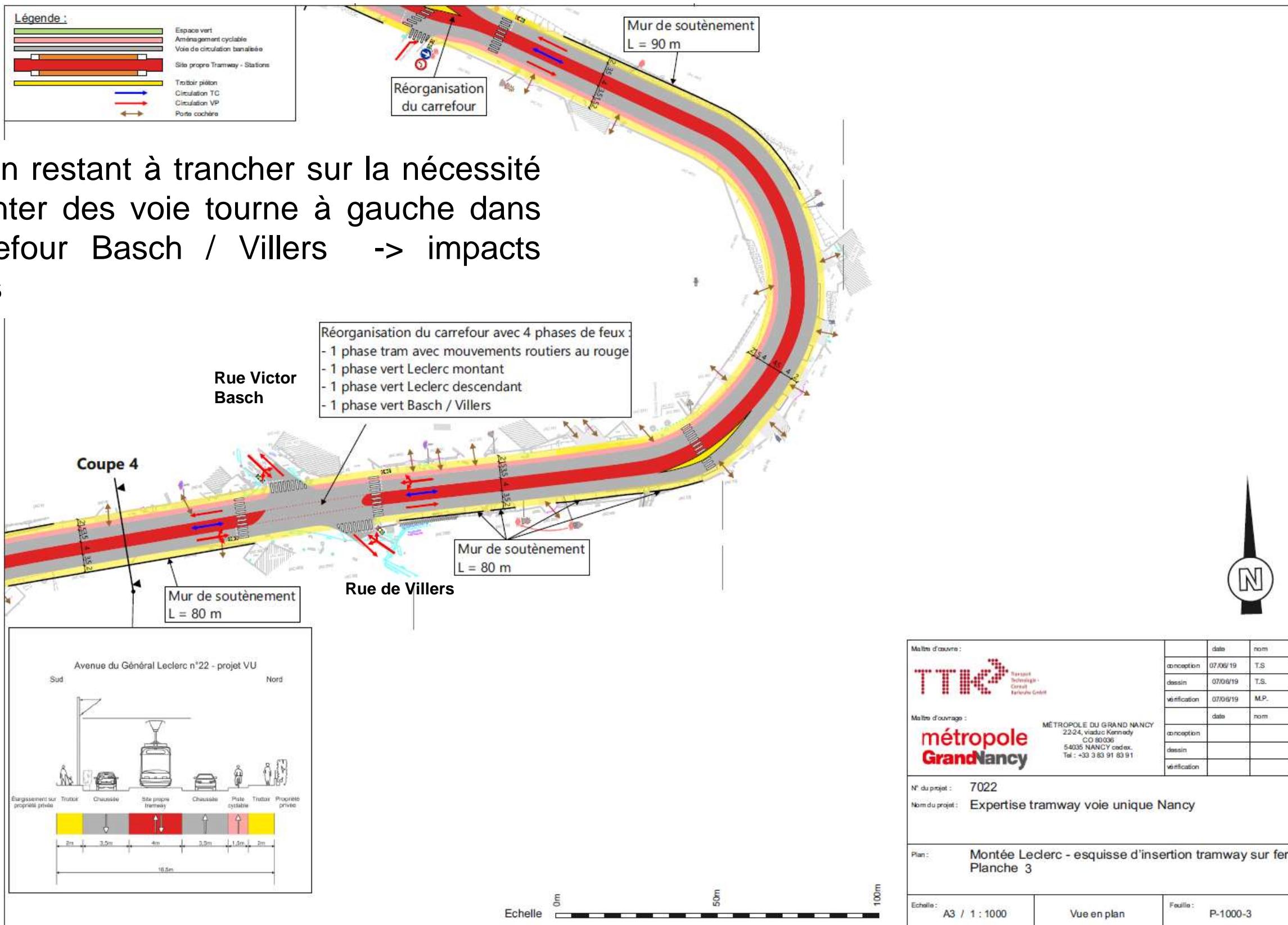
Le détail d'aménagement des traversées piétonnes pourrait évoluer : implantation d'îlots à confirmer

# Insertion du tracé – voie unique



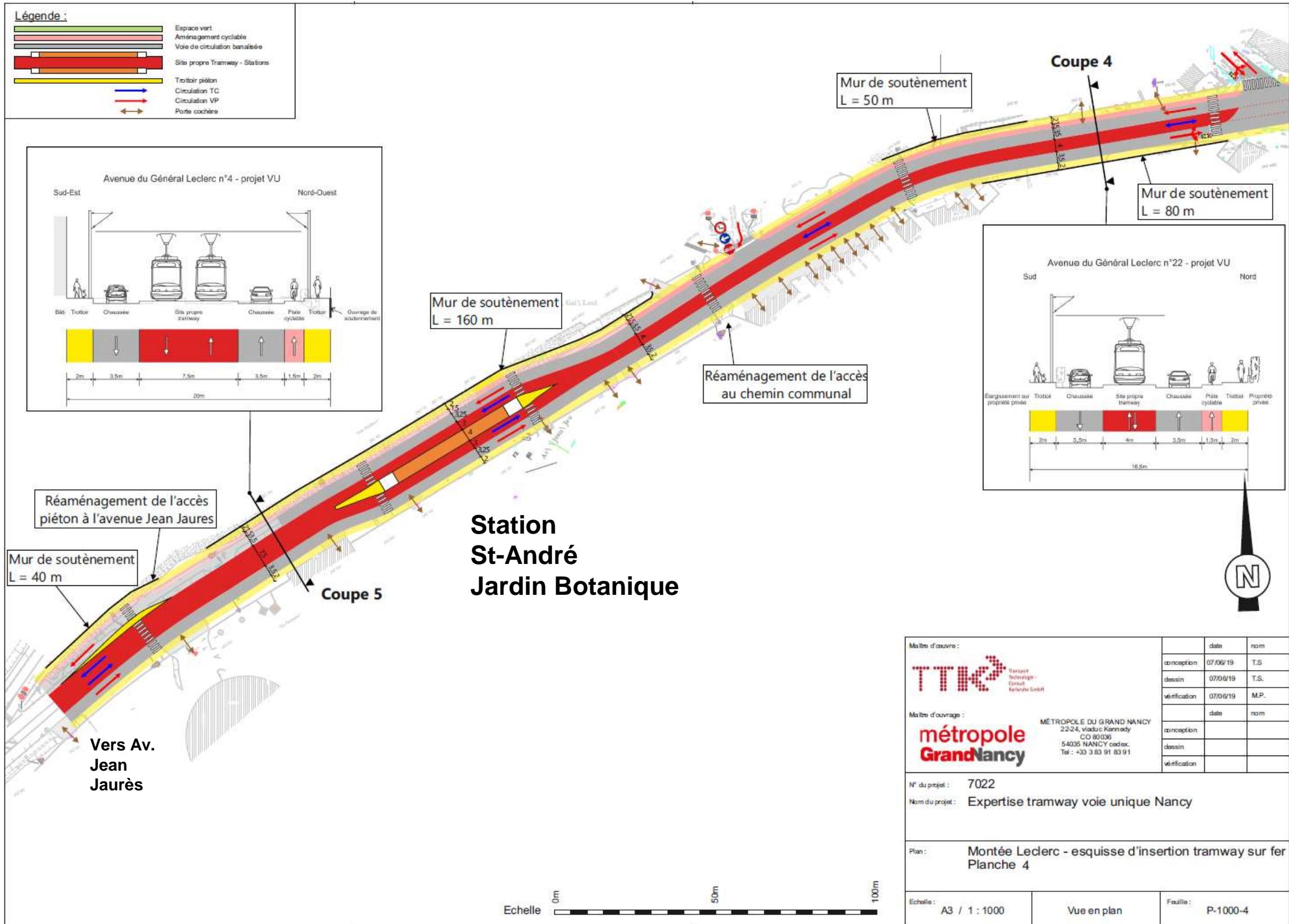
*NB : Le choix de conserver un profil d'aménagement constant tout le long du tracé implique dans le projet VU comme dans le projet double voie l'acquisition et la démolition de la maison au n°89. Il serait cependant éventuellement possible de l'éviter en choisissant ponctuellement des largeurs d'aménagements réduites au strict minimum.*

# Insertion du tracé – voie unique

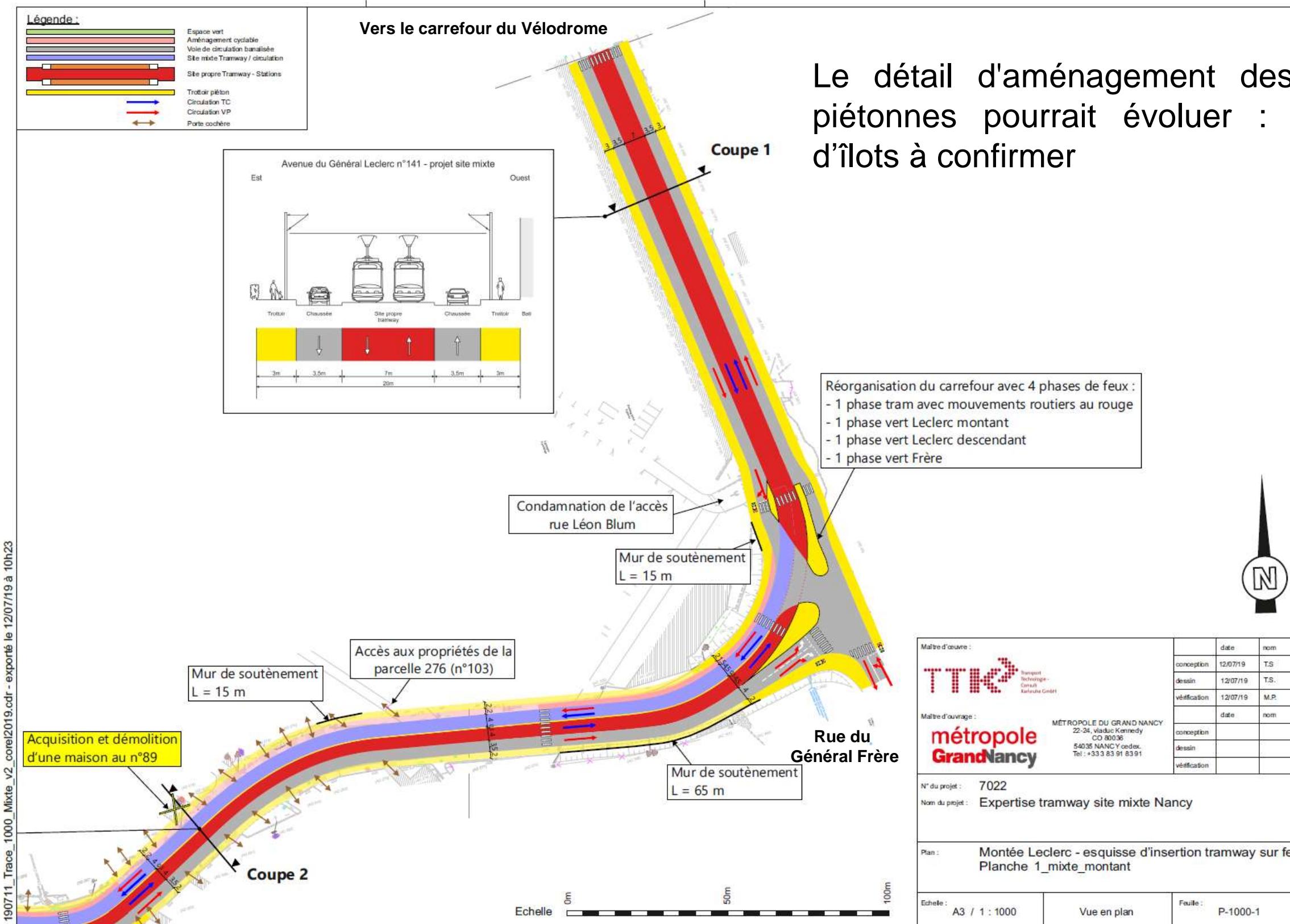


Question restant à trancher sur la nécessité d'implanter des voie tourne à gauche dans le carrefour Basch / Villers -> impacts fonciers

# Insertion du tracé – voie unique



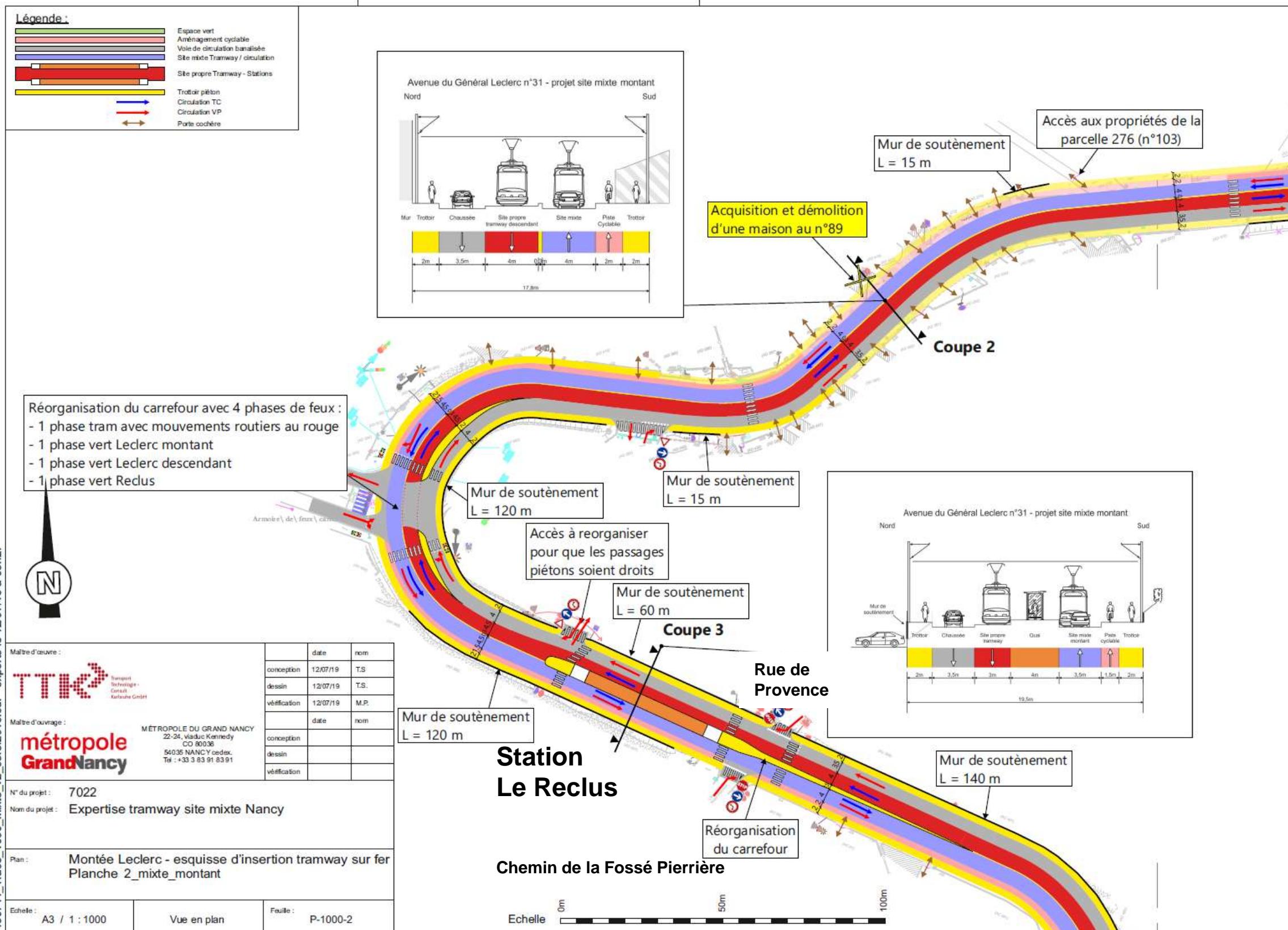
# Insertion du tracé – site mixte montant



Le détail d'aménagement des traversées piétonnes pourrait évoluer : implantation d'îlots à confirmer

190711\_Trace\_1000\_Mixte\_v2\_core12019.cdr - exporté le 12/07/19 à 10h23

# Insertion du tracé – site mixte montant

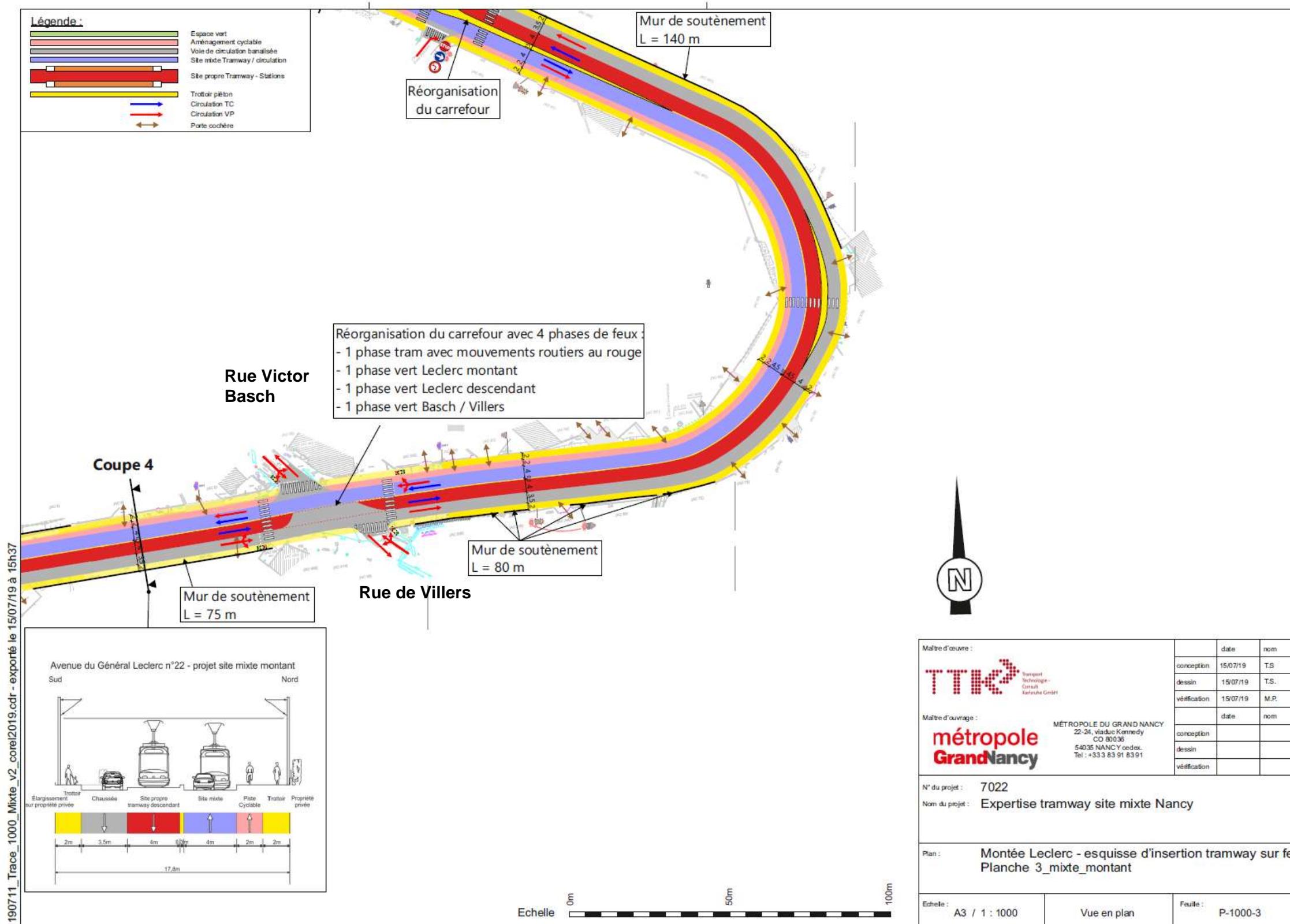


190711\_Trace\_1000\_Mixte\_v2\_corel2019.cdr - exporté le 12/07/19 à 09h27

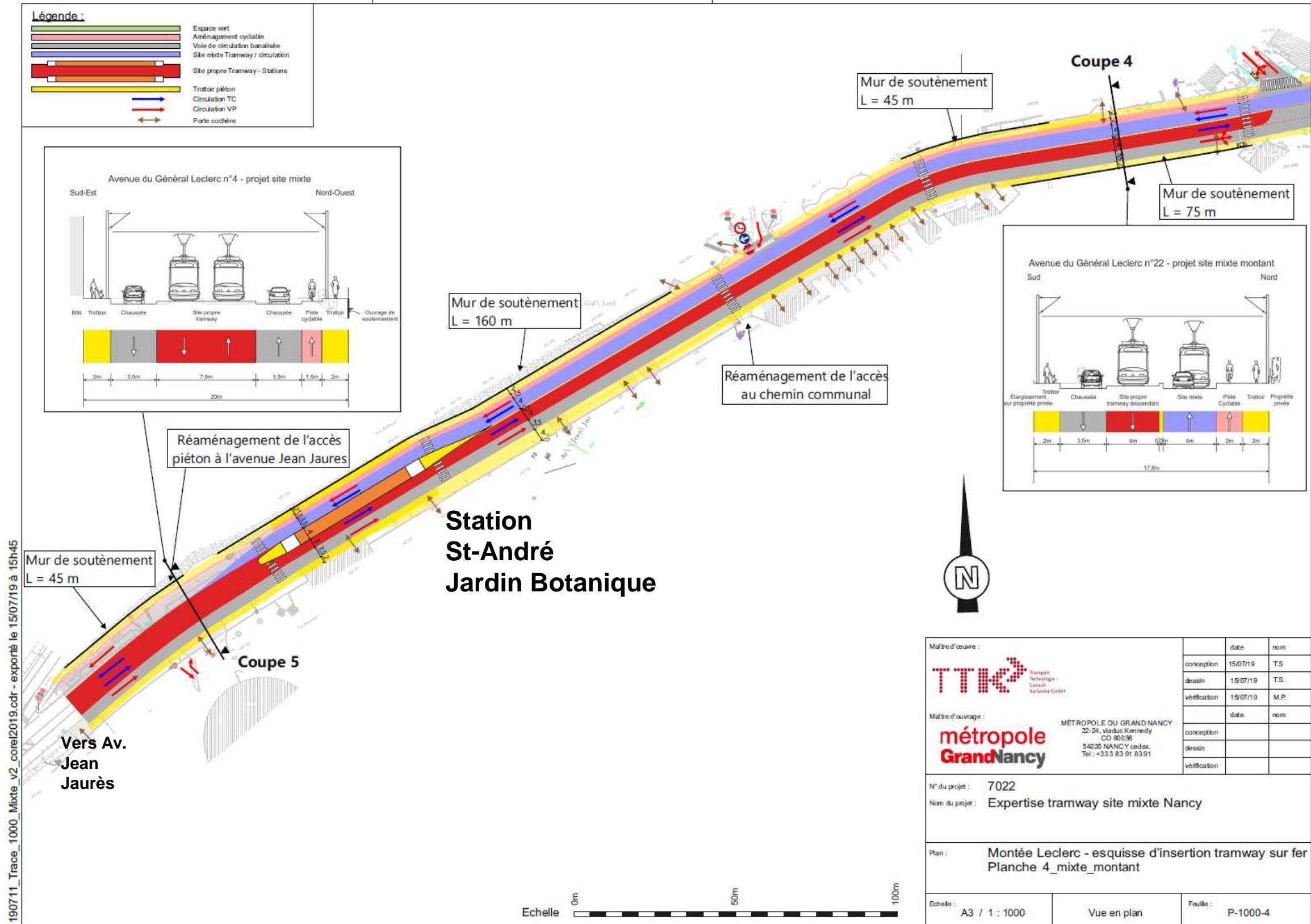
Maître d'œuvre :		date	nom
		conception	12/07/19 T.S.
		dessin	12/07/19 T.S.
		vérification	12/07/19 M.P.
Maître d'ouvrage :		date	nom
		conception	
		dessin	
		vérification	
N° du projet :	7022		
Nom du projet :	Expertise tramway site mixte Nancy		
Plan :	Montée Leclerc - esquisse d'insertion tramway sur fer Planche 2_mixte_montant		
Echelle :	A3 / 1 : 1000	Vue en plan	Feuille : P-1000-2



# Insertion du tracé – site mixte montant

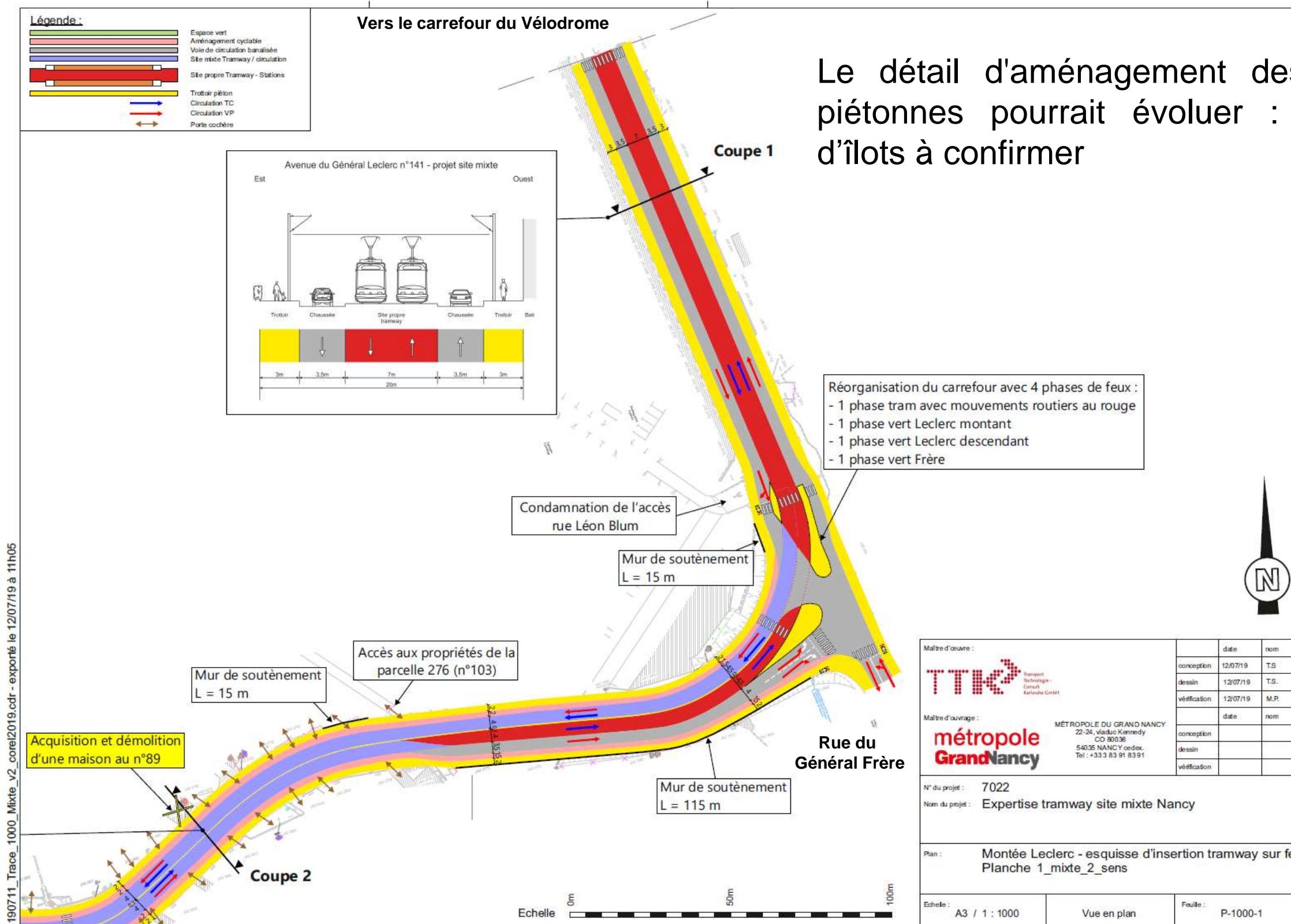


# Insertion du tracé – site mixte montant



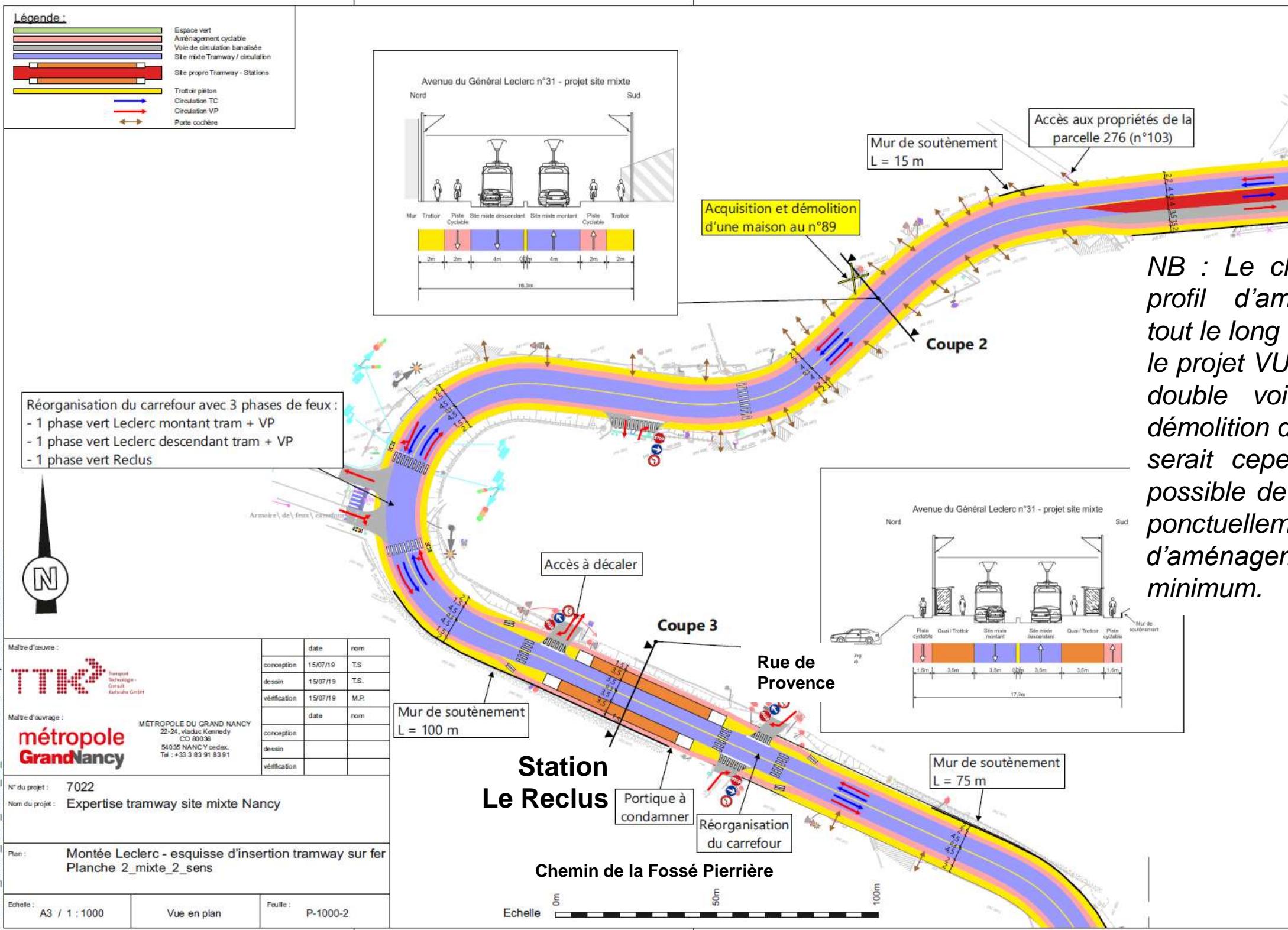
# Insertion du tracé – site mixte 2 sens

Le détail d'aménagement des traversées piétonnes pourrait évoluer : implantation d'îlots à confirmer



Maître d'œuvre :		date	nom
		conception	12/07/19 T.S.
		dessin	12/07/19 T.S.
		vérification	12/07/19 M.P.
Maître d'ouvrage :		date	nom
		conception	
		dessin	
		vérification	
N° du projet : 7022			
Nom du projet : Expertise tramway site mixte Nancy			
Plan : Montée Leclerc - esquisse d'insertion tramway sur fer Planche 1_mixte_2_sens			
Echelle : A3 / 1 : 1000		Vue en plan	Feuille : P-1000-1

# Insertion du tracé – site mixte 2 sens



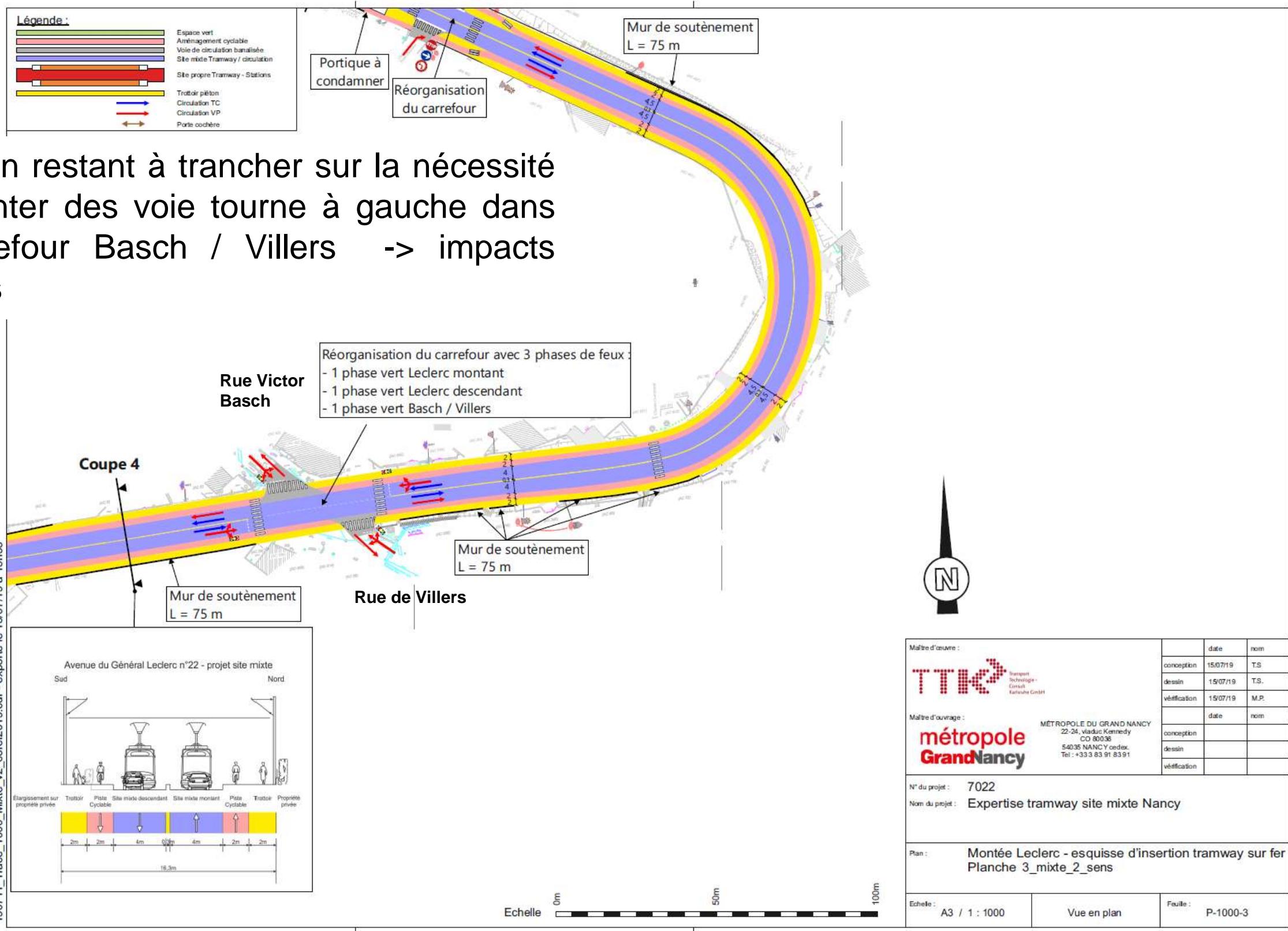
Réorganisation du carrefour avec 3 phases de feux :  
 - 1 phase vert Leclerc montant tram + VP  
 - 1 phase vert Leclerc descendant tram + VP  
 - 1 phase vert Reclus

*NB : Le choix de conserver un profil d'aménagement constant tout le long du tracé implique dans le projet VU comme dans le projet double voie l'acquisition et la démolition de la maison au n°89. Il serait cependant éventuellement possible de l'éviter en choisissant ponctuellement des largeurs d'aménagements réduites au strict minimum.*

Maître d'œuvre :		date	nom
TTK		conception	15/07/19 T.S.
Maître d'ouvrage :		dessin	15/07/19 T.S.
MÉTROPOLE DU GRAND NANCY 22-24, viaduc Kennedy CO 80036 54035 NANCY cedex. Tel : +33 3 83 91 83 91		vérification	15/07/19 M.P.
N° du projet : 7022		date	nom
Nom du projet : Expertise tramway site mixte Nancy		conception	
Plan : Montée Leclerc - esquisse d'insertion tramway sur fer Planche 2_mixte_2_sens		dessin	
Echelle : A3 / 1 : 1000		vérification	
Vue en plan		Feuille : P-1000-2	



# Insertion du tracé – site mixte 2 sens

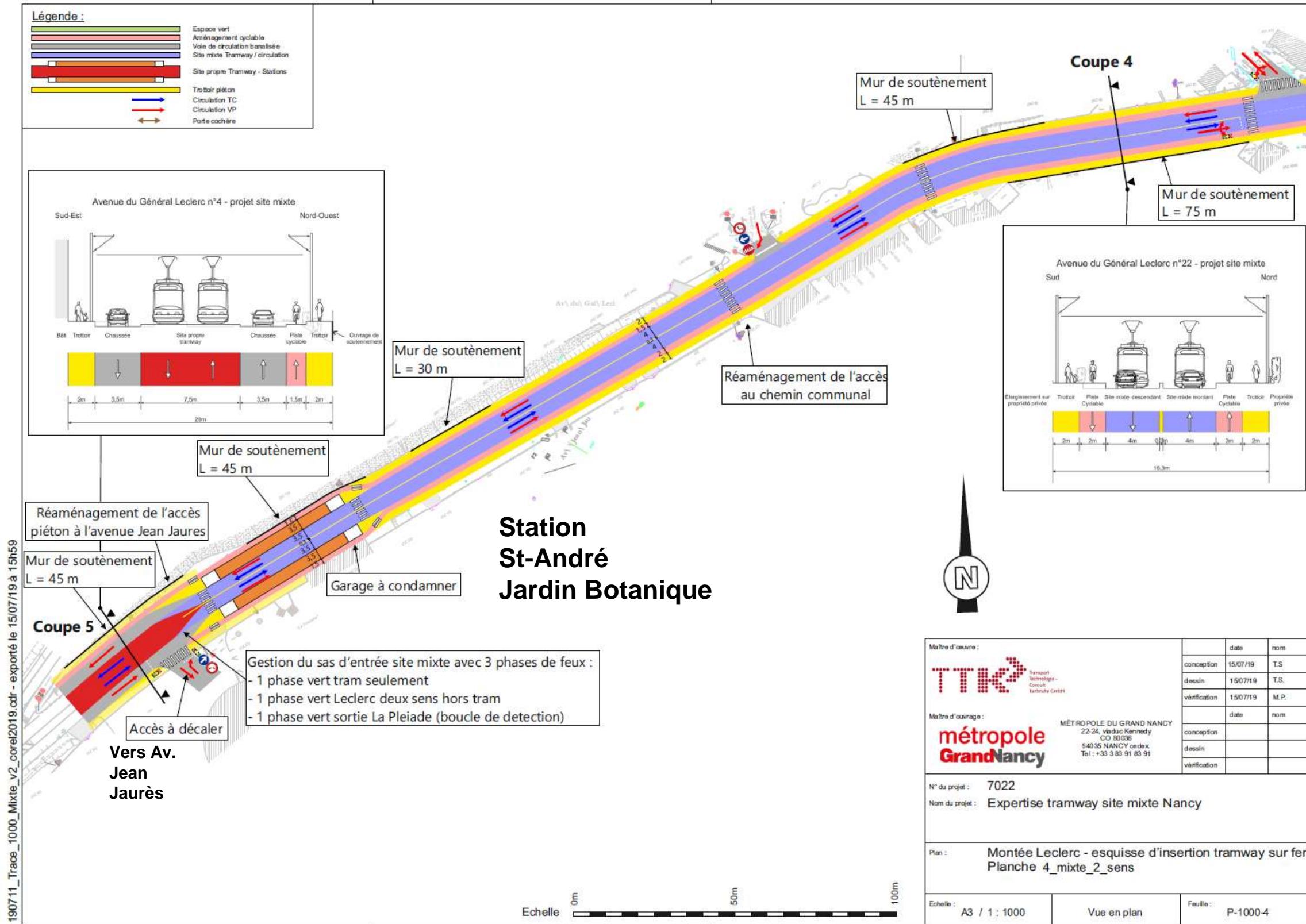


Maître d'œuvre :		date	nom
 Transport Technologie Consult Karlshöhe GmbH		conception	15/07/19 T.S.
		dessin	15/07/19 T.S.
		vérification	15/07/19 M.P.
Maître d'ouvrage :		date	nom
 MÉTROPOLE DU GRAND NANCY 22-24, viaduc Kennedy CO 80036 54035 NANCY cedex. Tel : +33 3 83 91 83 91		conception	
		dessin	
		vérification	
N° du projet : 7022			
Nom du projet : Expertise tramway site mixte Nancy			
Plan : Montée Leclerc - esquisse d'insertion tramway sur fer Planche 3_mixte_2_sens			
Echelle : A3 / 1 : 1000	Vue en plan	Feuille : P-1000-3	

Question restant à trancher sur la nécessité d'implanter des voie tourne à gauche dans le carrefour Basch / Villers -> impacts fonciers



# Insertion du tracé – site mixte 2 sens



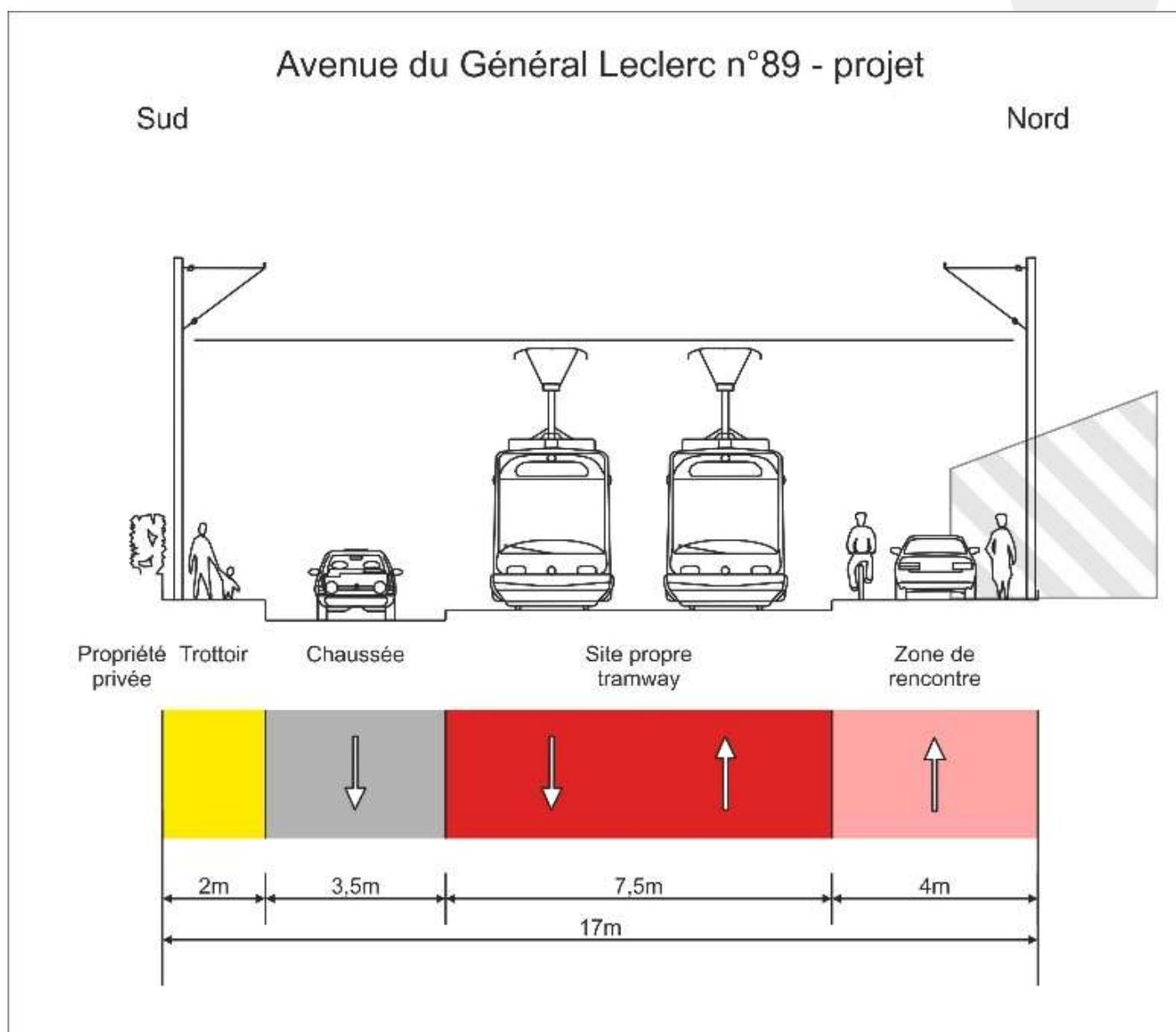
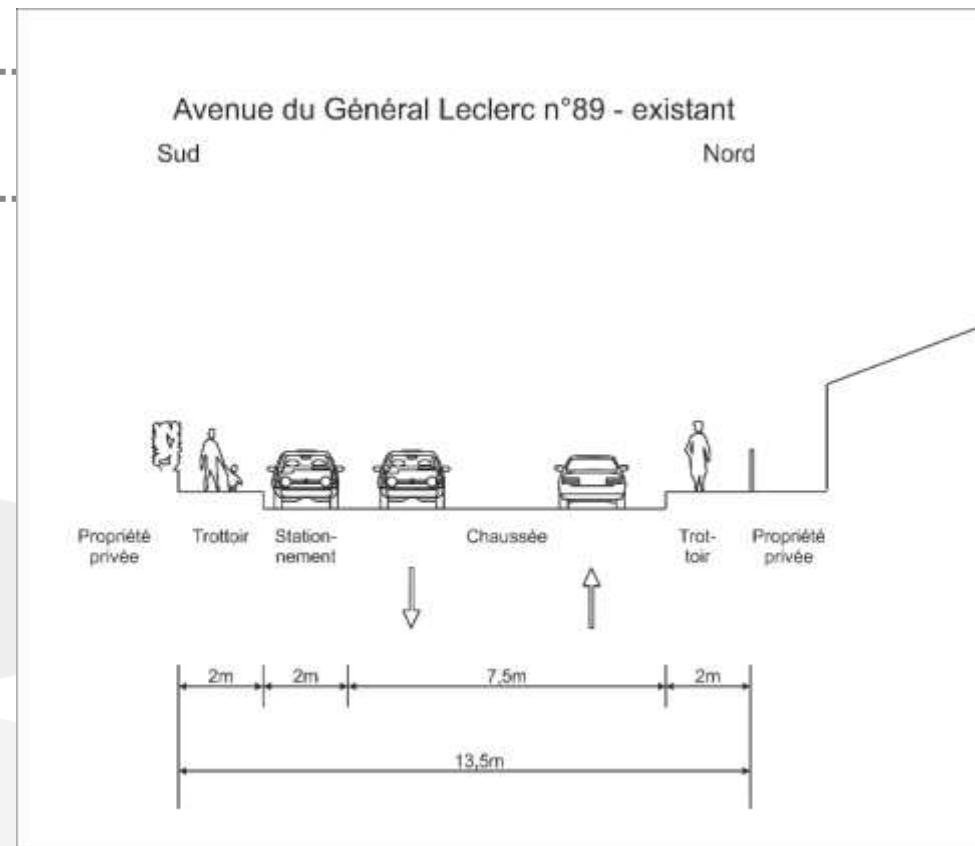
Maître d'œuvre :		date	nom
	conception	15/07/19	T.S.
	dessin	15/07/19	T.S.
	vérification	15/07/19	M.P.
Maître d'ouvrage :		date	nom
	conception		
	dessin		
	vérification		
N° du projet :	7022		
Nom du projet :	Expertise tramway site mixte Nancy		
Plan : Montée Leclerc - esquisse d'insertion tramway sur fer Planche 4_mixte_2_sens			
Echelle :	A3 / 1 : 1000	Vue en plan	Fauille : P-1000-4

1. Contexte
2. Analyse des enjeux et contraintes
3. Tracé retenu
4. Insertion du tracé
- 5. Estimation des coûts**
6. Exploitation
7. Première approche du tracé Paul Muller
8. Conclusion



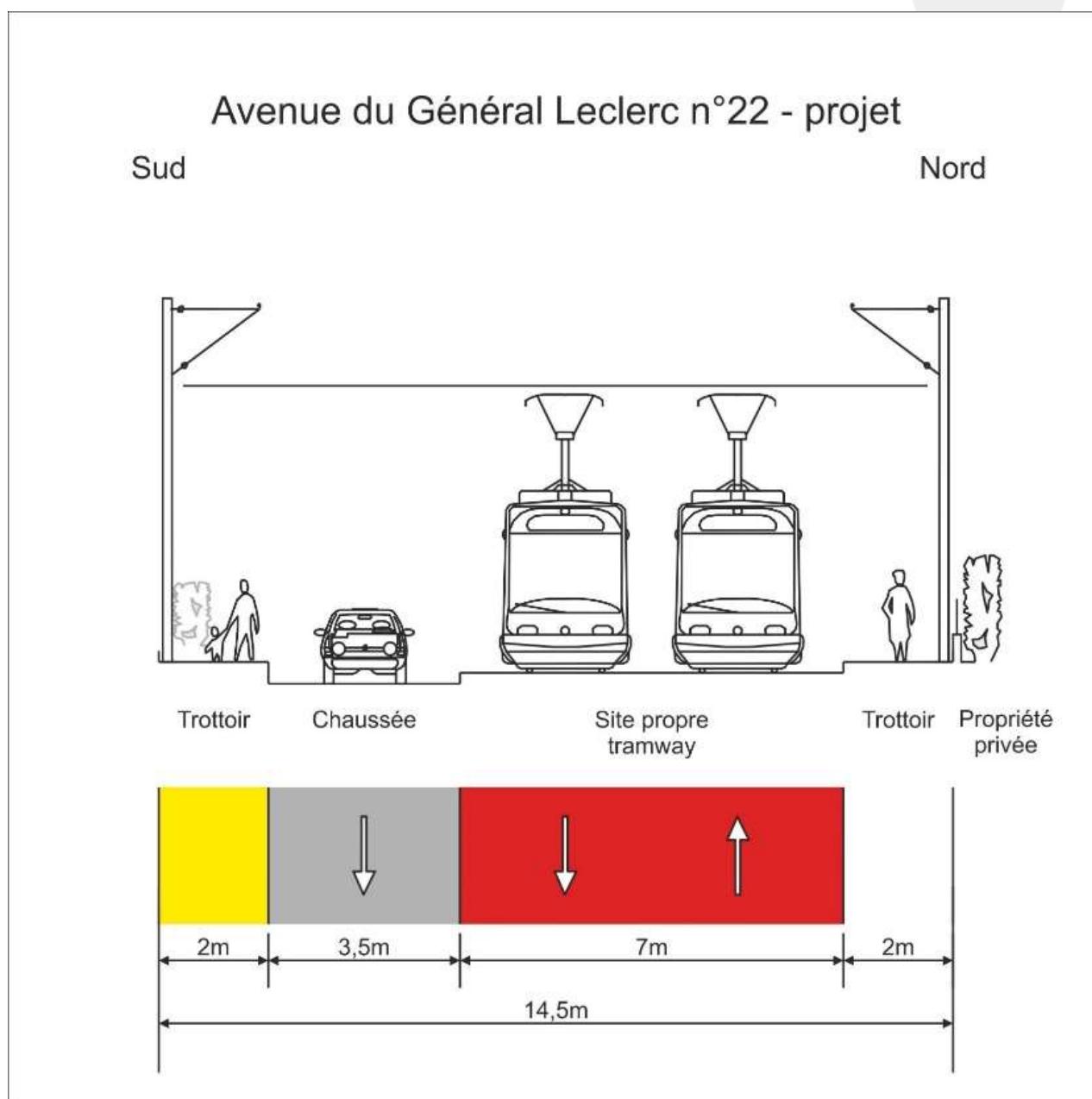
## Estimation des coûts - Profil 2

- ❖ Projet double voie : lorsque accès riverain nécessaire
- ❖ Largeur : 17m
- ❖ Coût par km (plateforme + voirie) : 8,5 M€



## Estimation des coûts - Profil 3

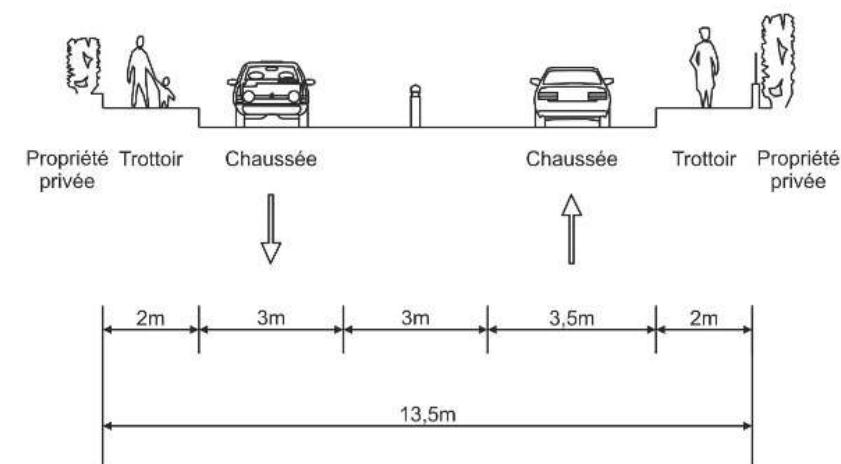
- Projet double voie : pas d'accès riverain nécessaire
- Largeur : 14,5m
- Coût par km (plateforme + voirie) : 7,5 M€



Avenue du Général Leclerc n°22 - existant

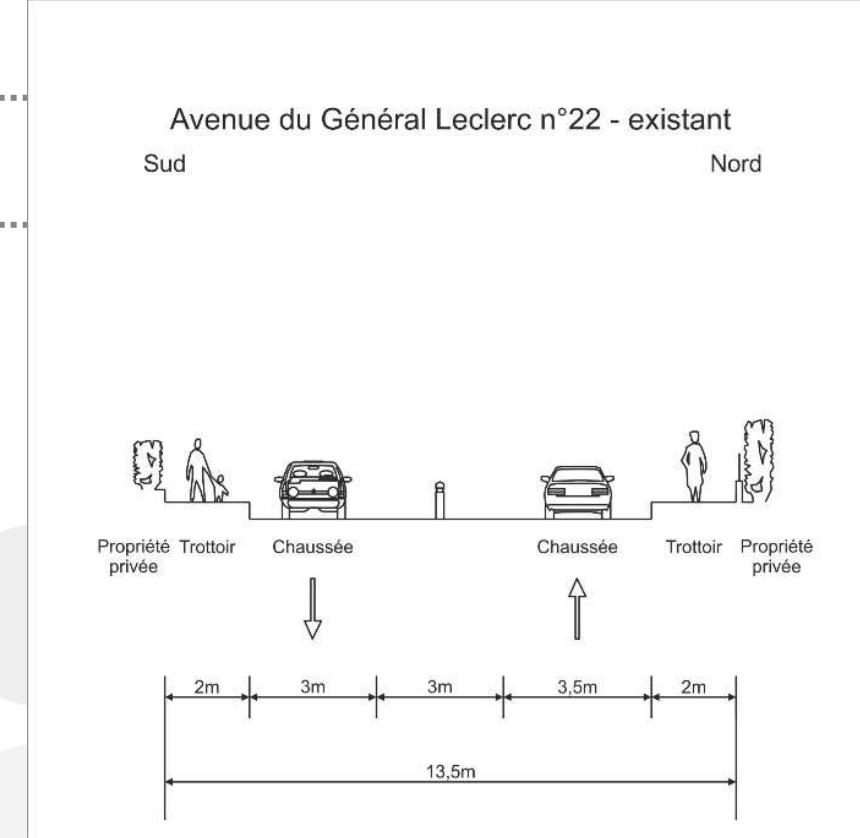
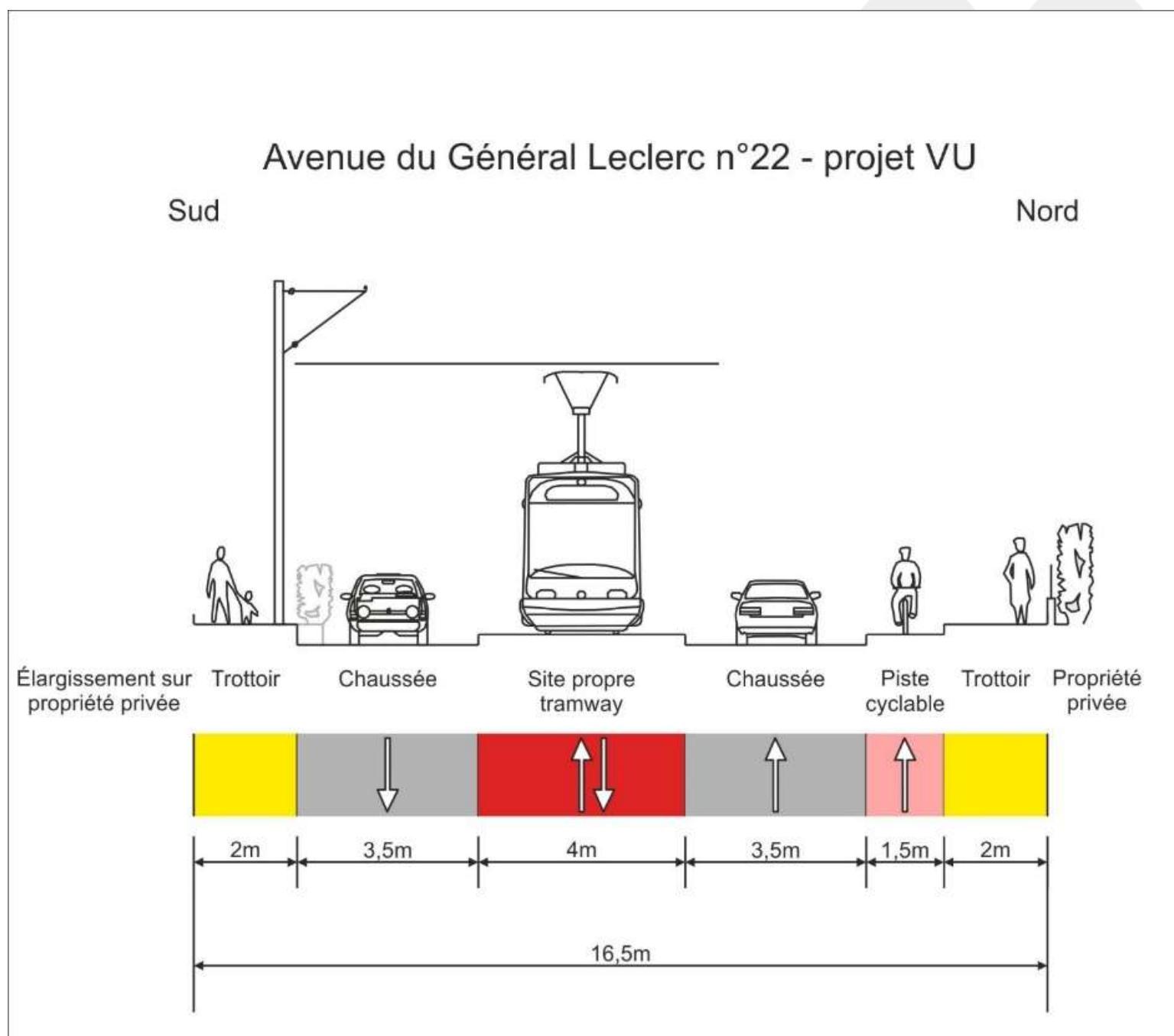
Sud

Nord



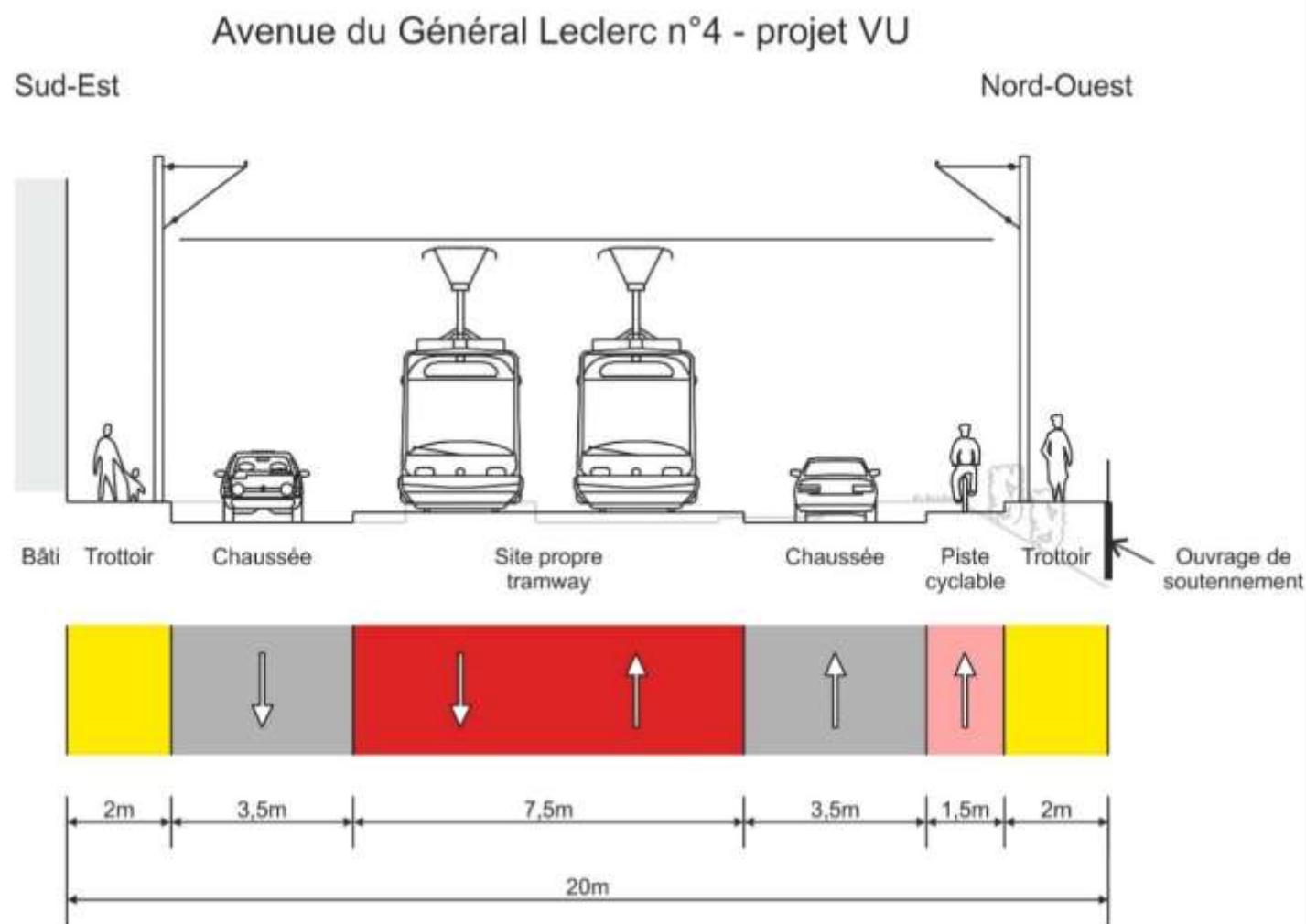
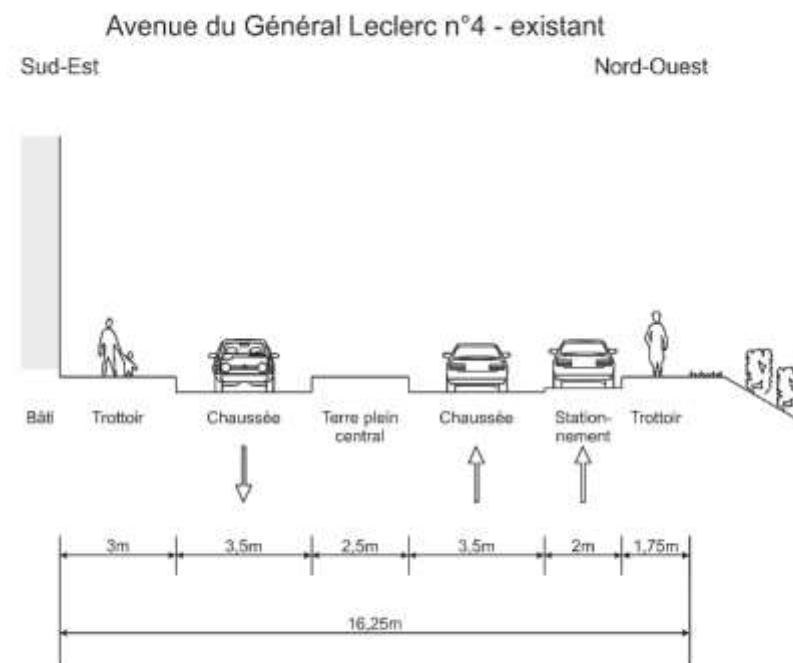
# Estimation des coûts - Profil 4

- Projet VU : milieu du tracé étudié
- Largeur : 16,5m
- Coût par km (plateforme + voirie) : 7 M€



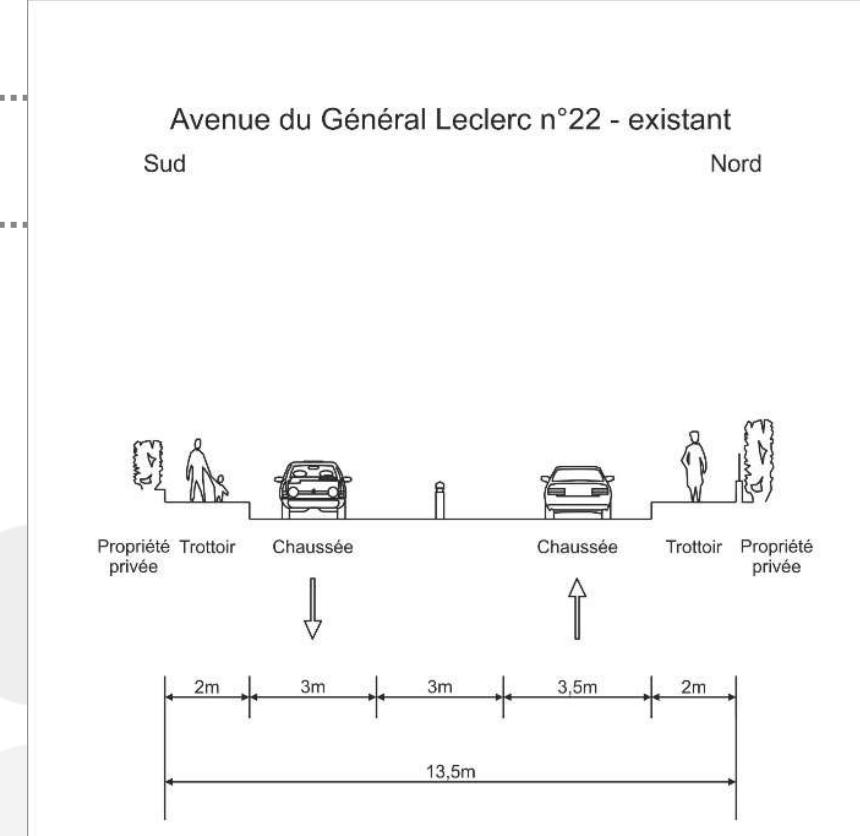
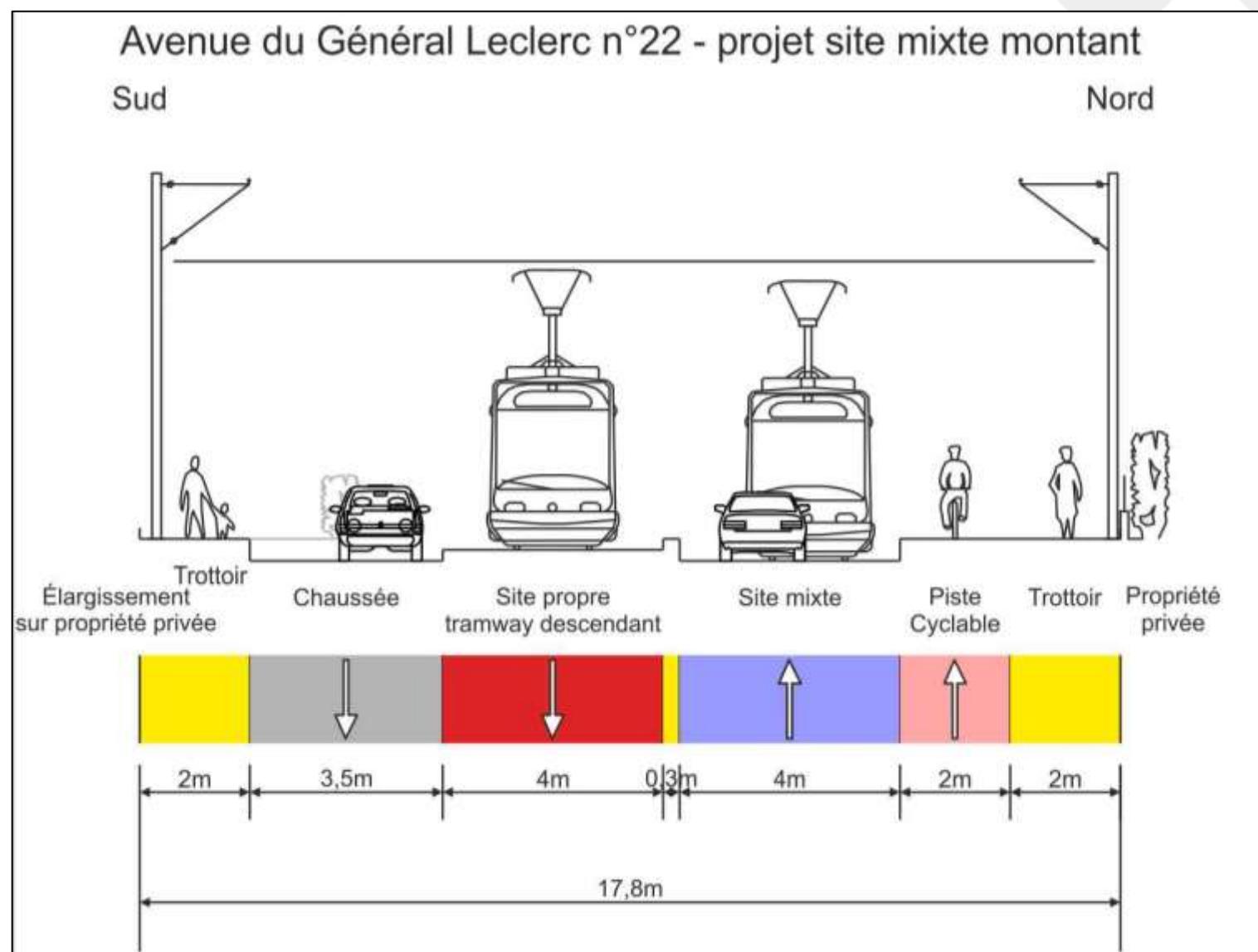
## Estimation des coûts - Profil 5

- ❖ Projet VU et site mixte : sud du tracé étudié (haut de l'avenue)
- ❖ Largeur : 20m
- ❖ Coût par km (plateforme + voirie) : 9 M€



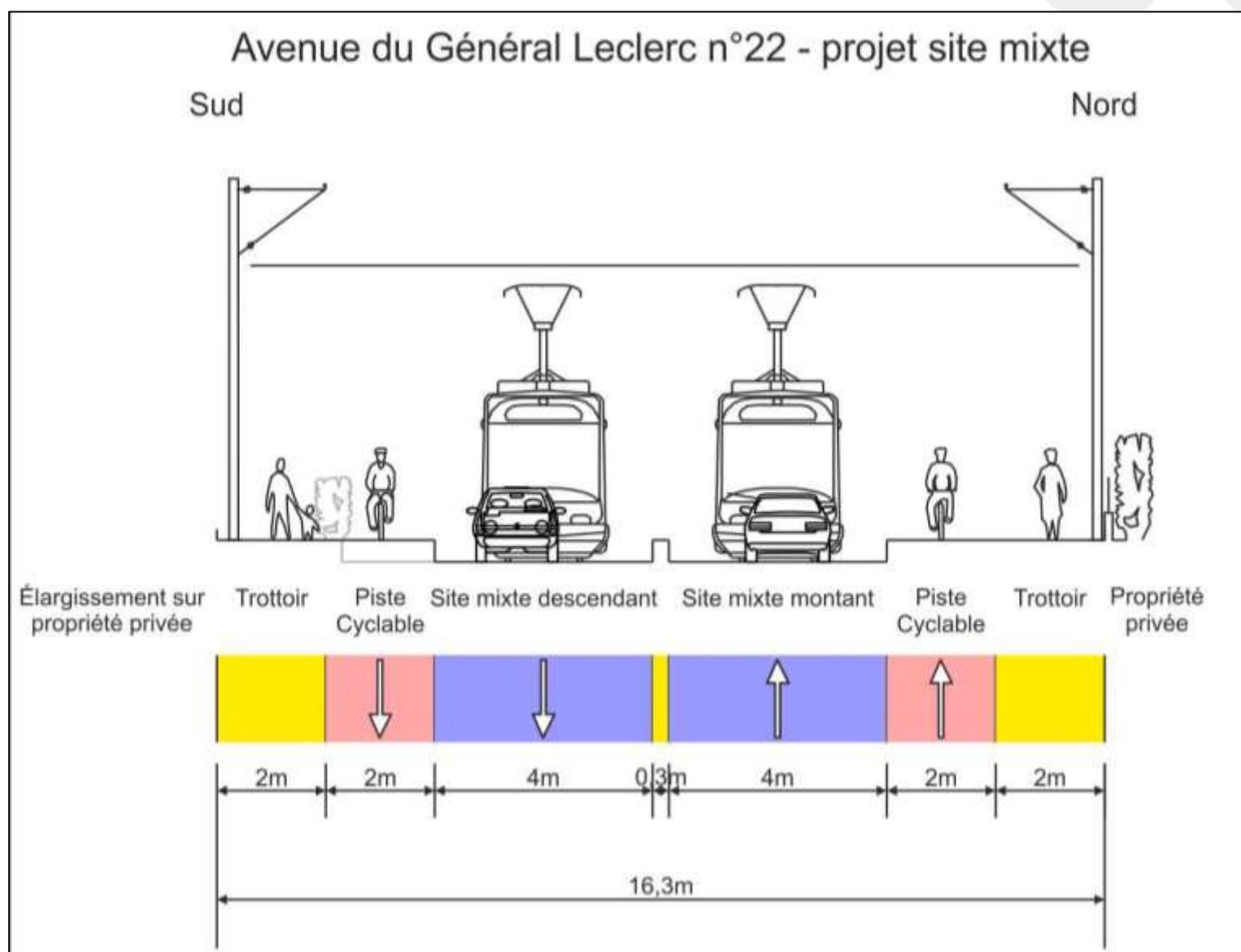
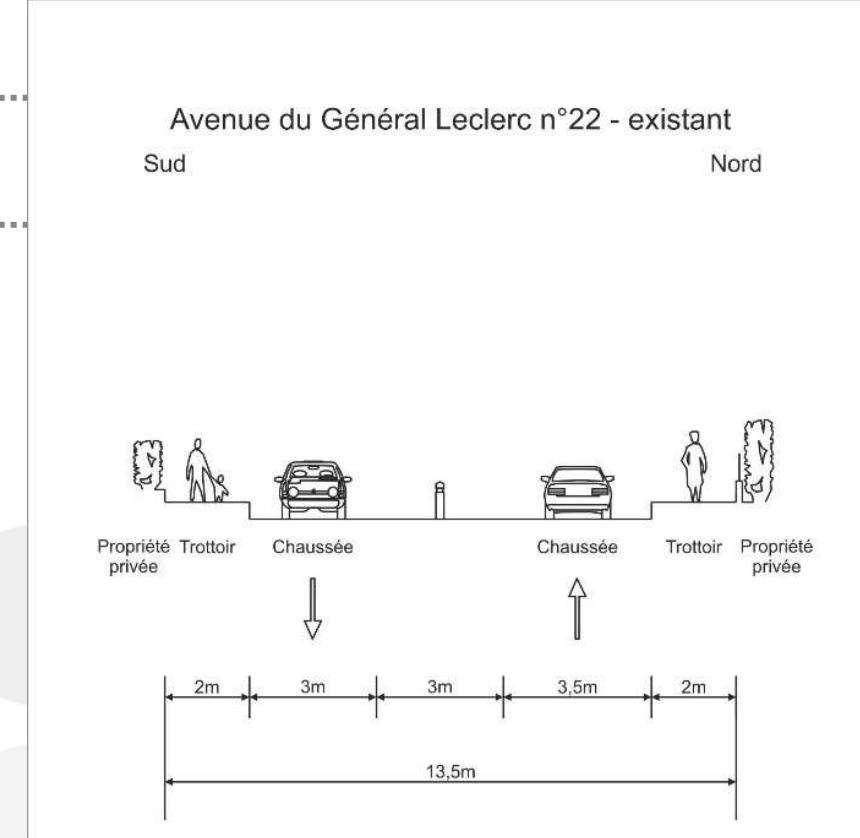
## Estimation des coûts - Profil 6

- Projet site mixte voie montante : milieu du tracé étudié
- Largeur : 17,8m
- Coût par km (plateforme + voirie) : 8 M€



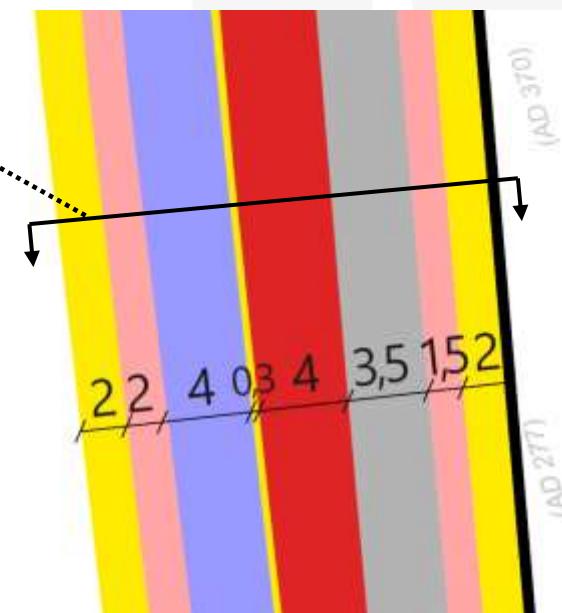
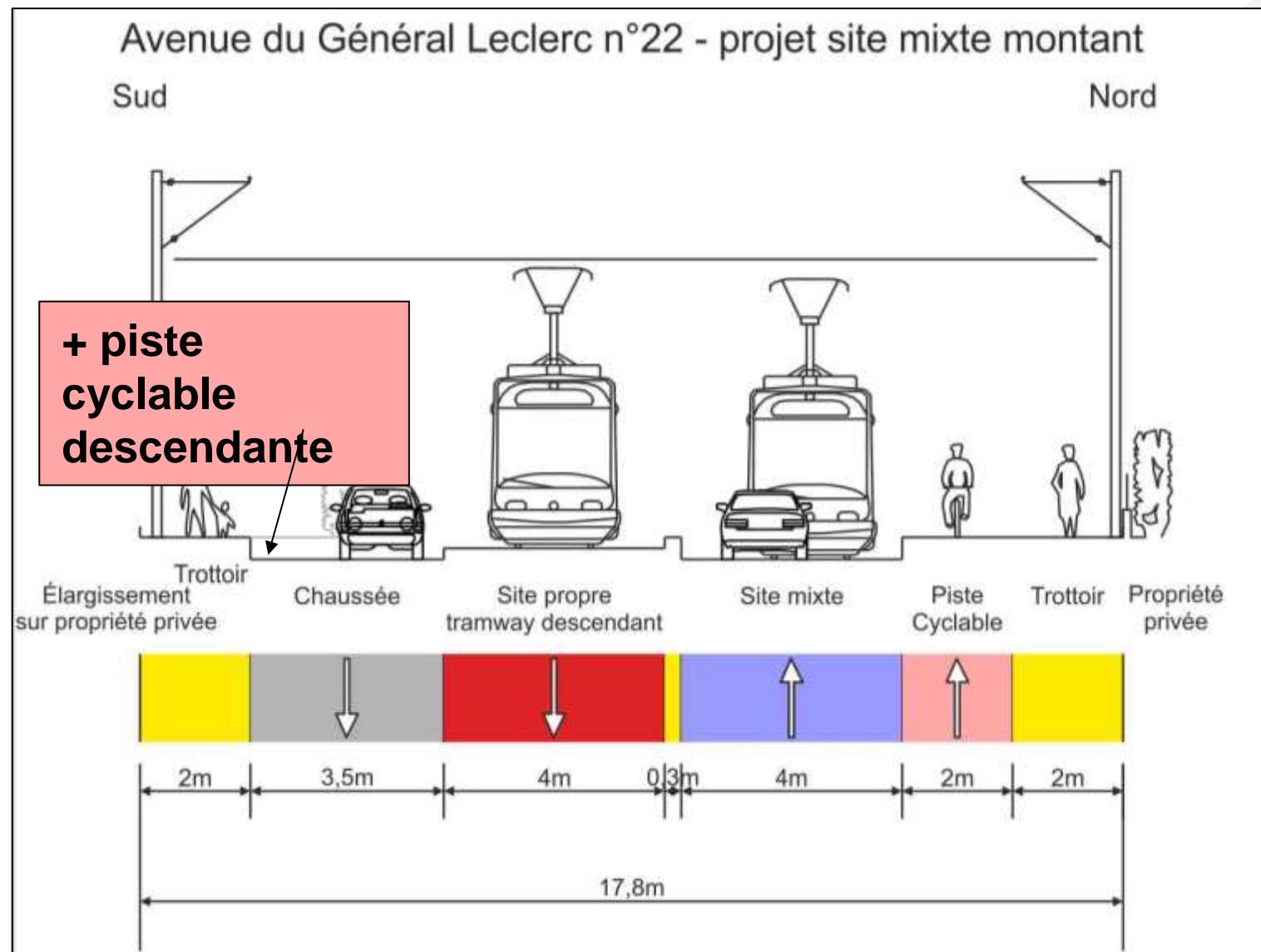
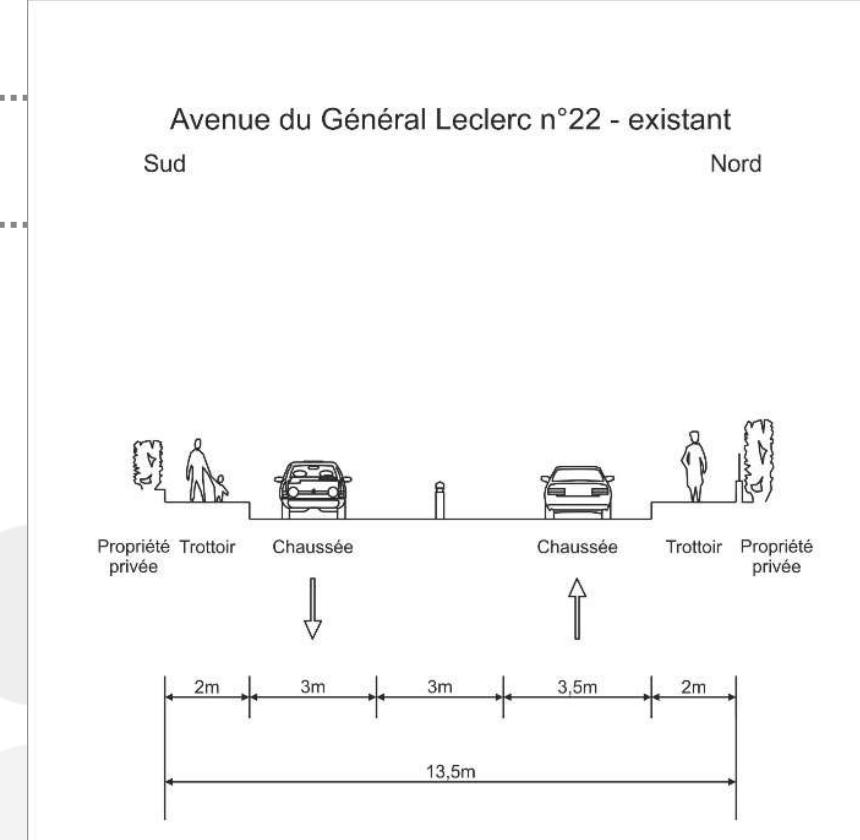
# Estimation des coûts - Profil 7

- ❖ Projet site mixte dans les deux sens : milieu du tracé étudié
- ❖ Largeur : 16,3m
- ❖ Coût par km (plateforme + voirie) : 6,5 M€



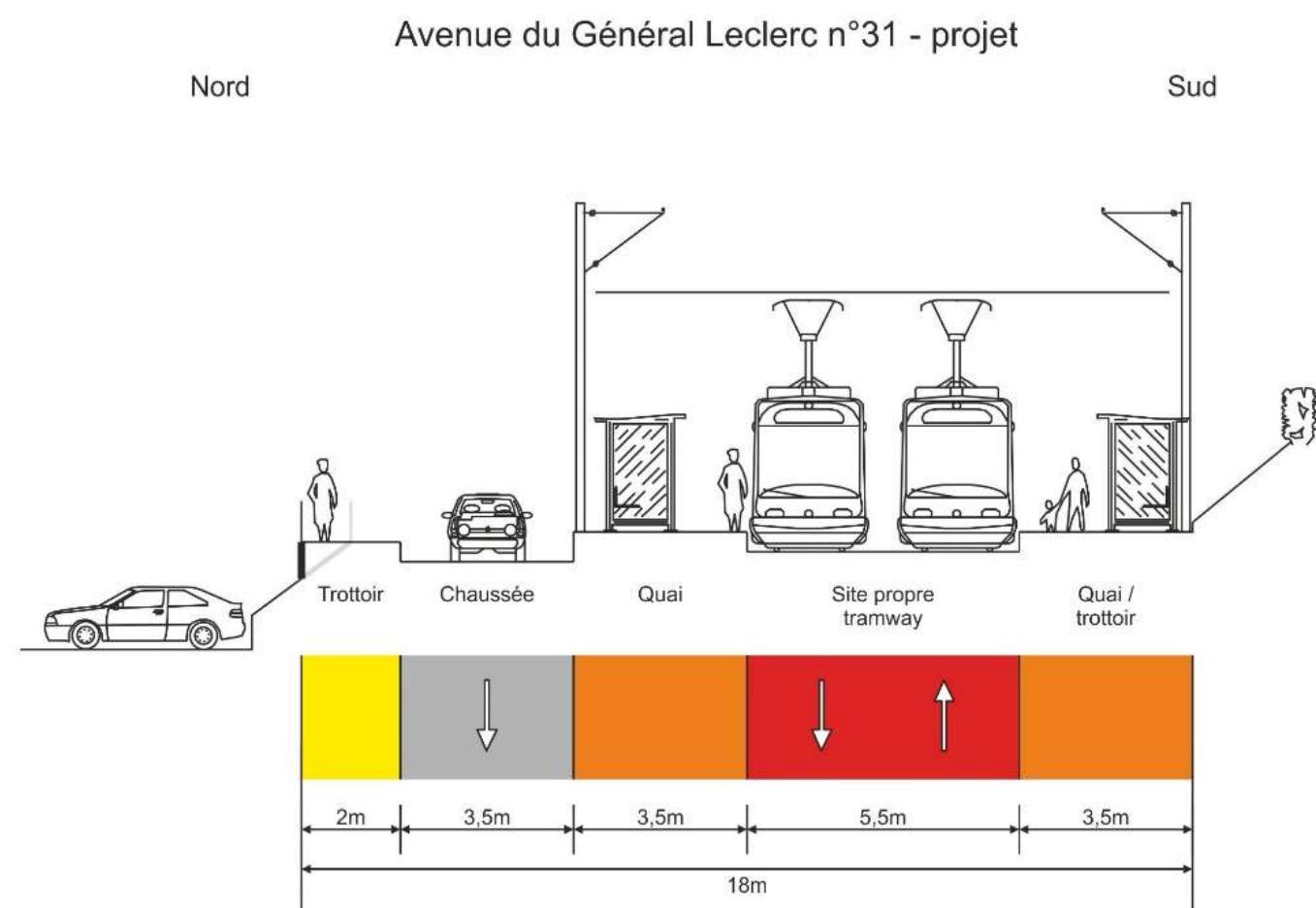
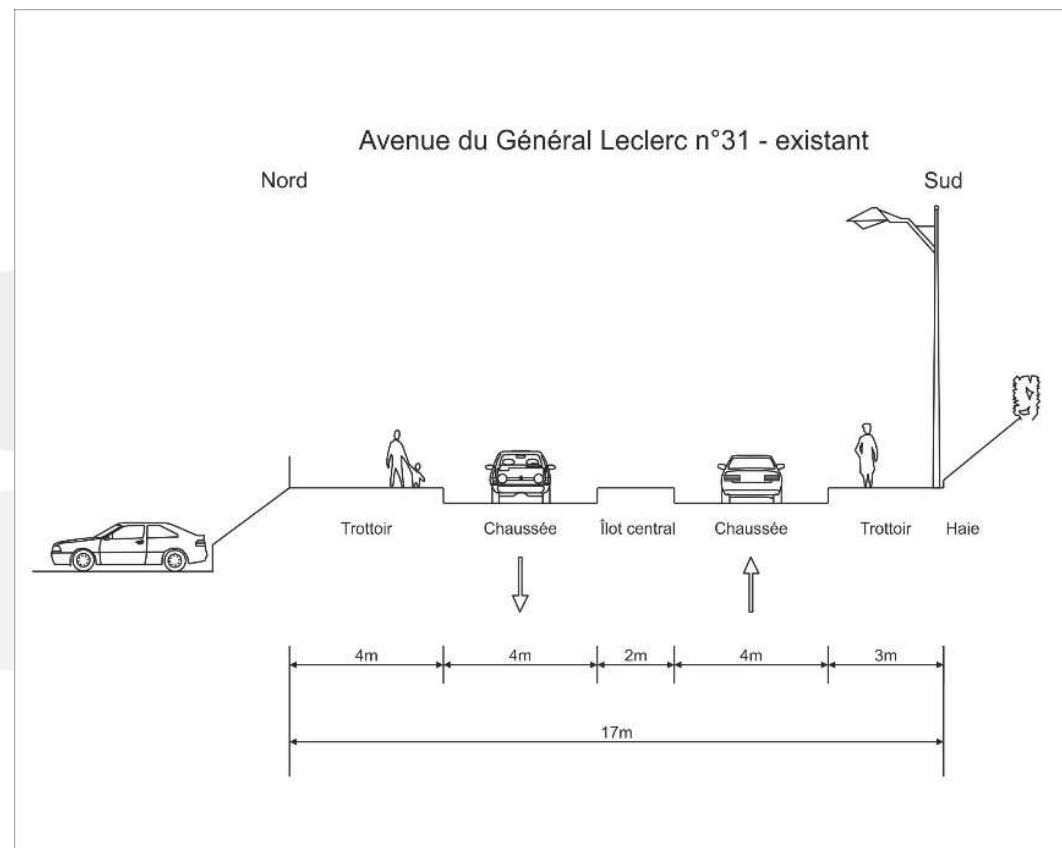
# Estimation des coûts - Profil 8

- Projet site mixte dans les deux sens : insertion du tramway dans le carrefour Leclerc / Frère
- Largeur : 19,3m
- Coût par km (plateforme + voirie) : 8 M€



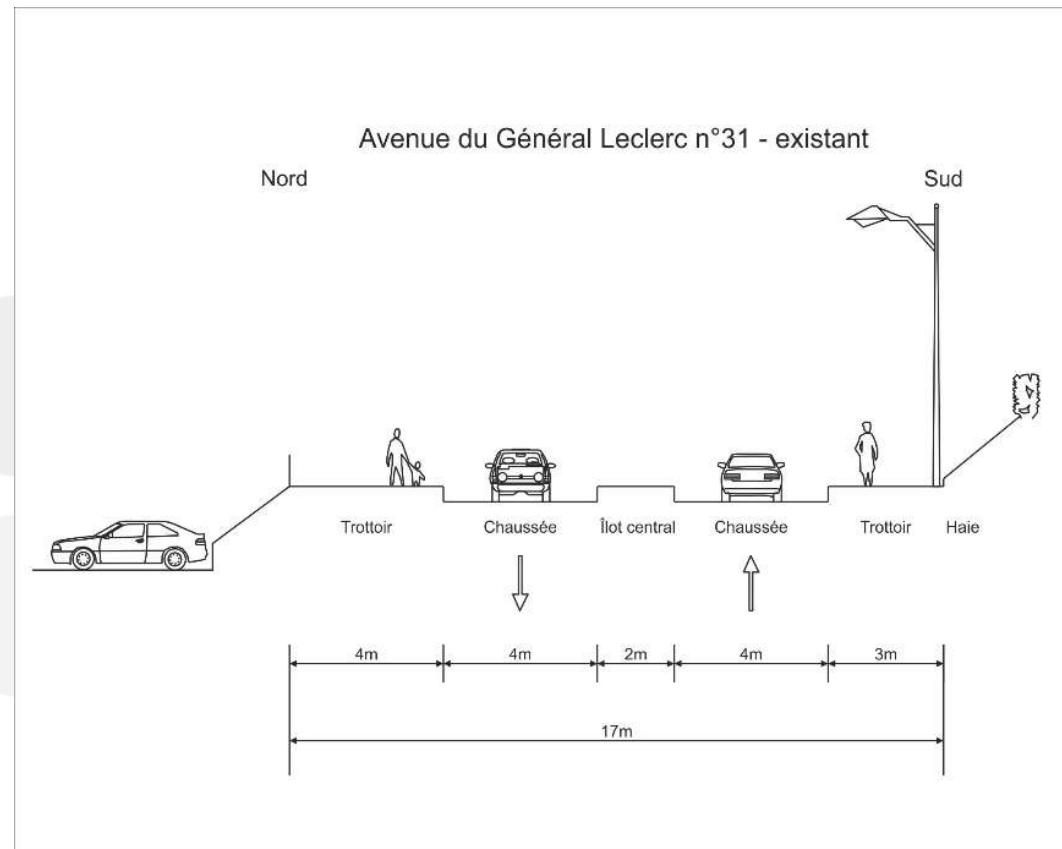
# Estimation des coûts - Station voie double

- ❖ Quais latéraux : largeur 12,5m
- ❖ Coût par **station seule** (quais, aménagement, signalisation, courant) : **500 k€**
- ❖ Coût par station + infrastructure plateforme + voiries (50m de longueur) : **875 k€**
- ❖ Coût par station + infrastructure plateforme + voiries + ouvrages de soutènement + terrassements : **1 470 k€ (Le Reclus)**

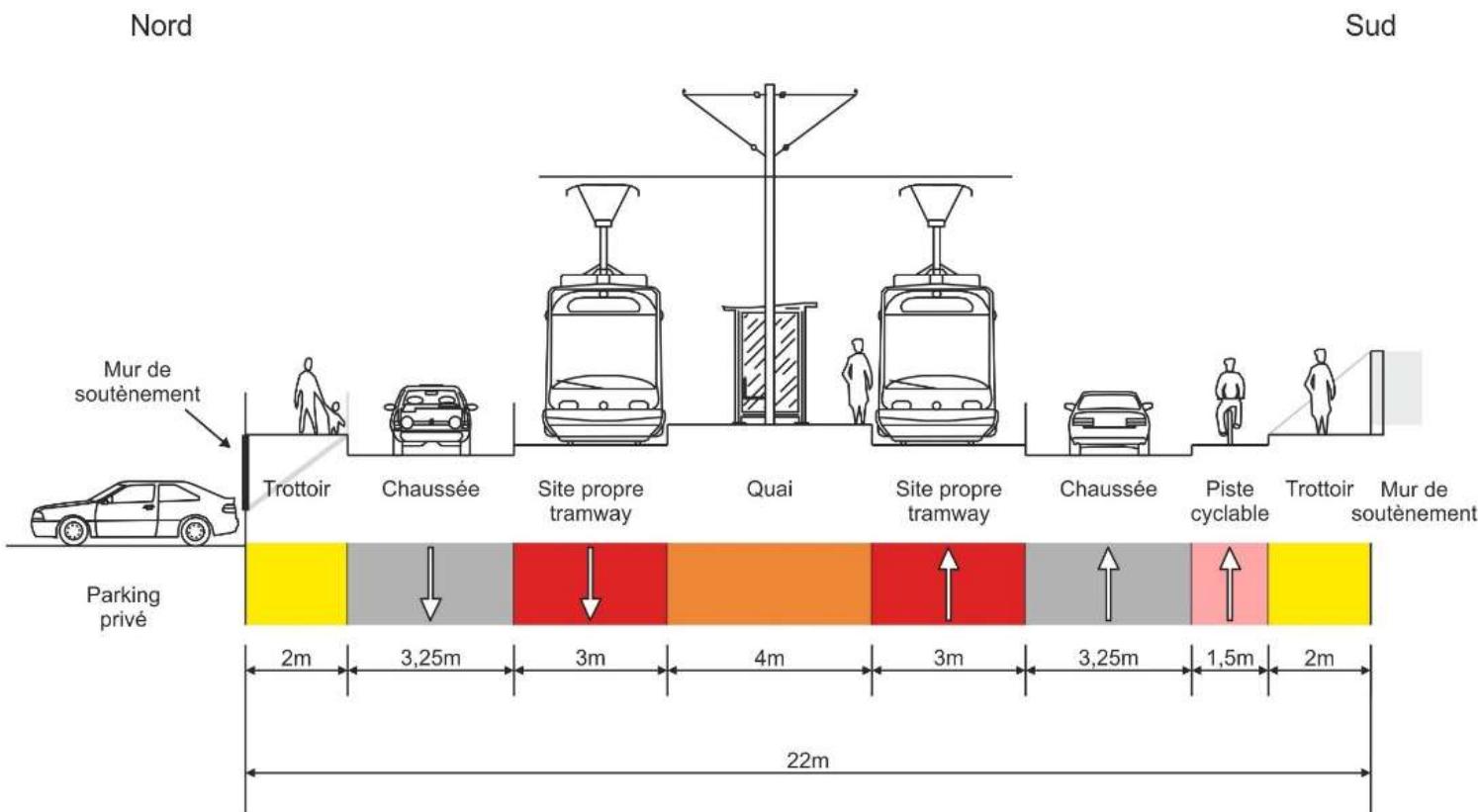


# Estimation des coûts - Station voie unique

- ❖ Quai central : largeur 4m (minimum)
- ❖ Coût par **station seule** (quais, aménagement, signalisation, courant) : **400 k€**
- ❖ Coût par station + infrastructure plateforme + voiries (50m de longueur) : 850 k€
- ❖ Coût par station + infrastructure plateforme + voiries + ouvrages de soutènement + terrassements : 1 860 k€ (Le Reclus)

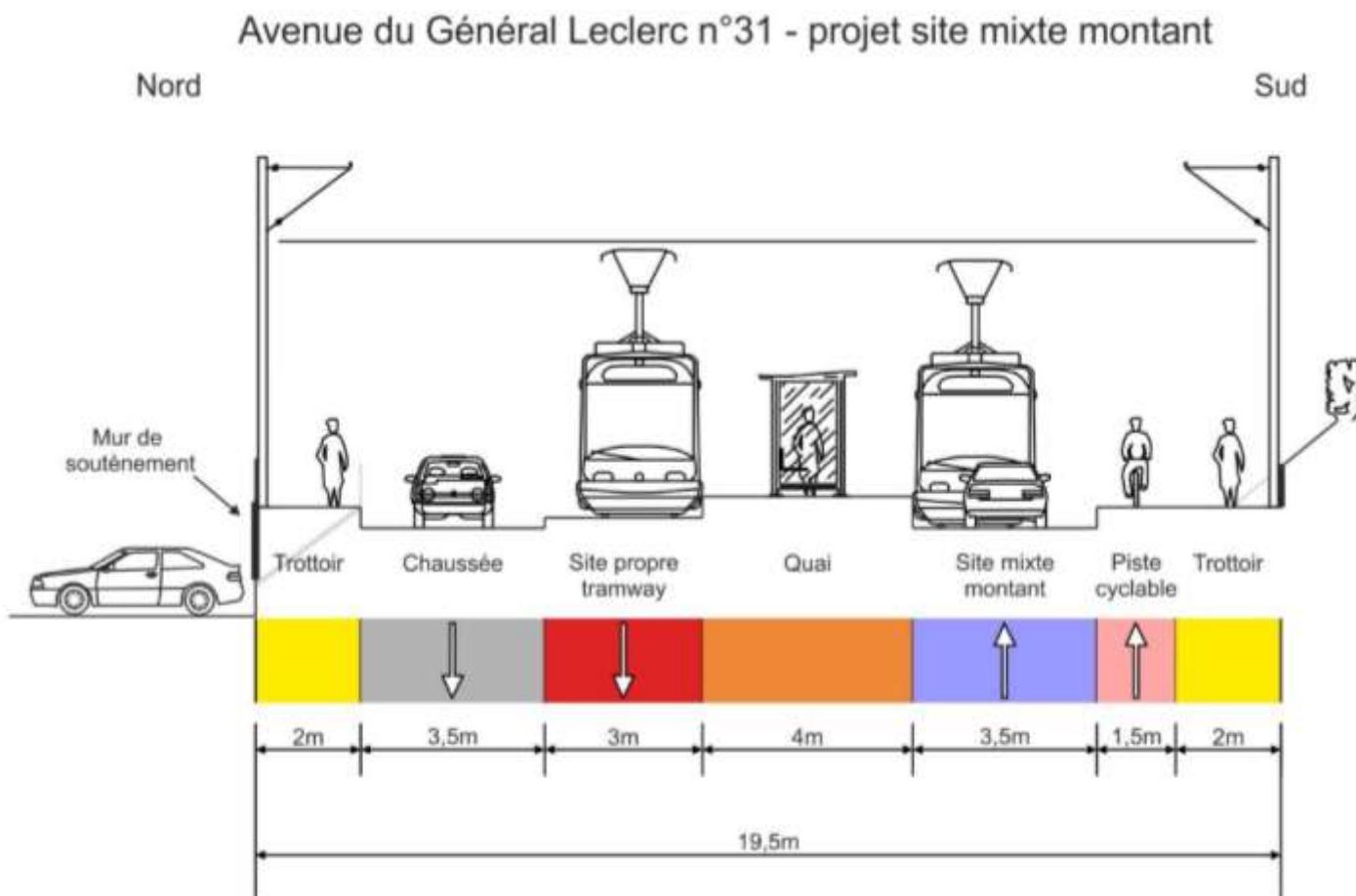
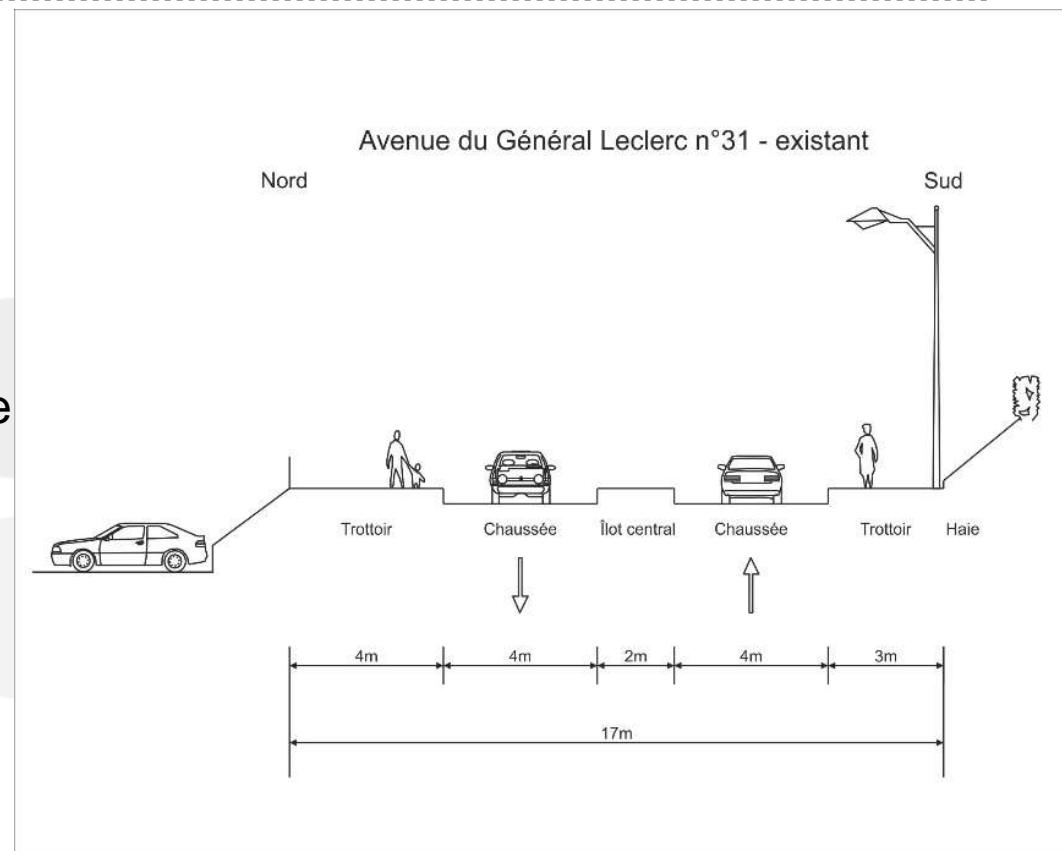


Avenue du Général Leclerc n°31 - projet VU



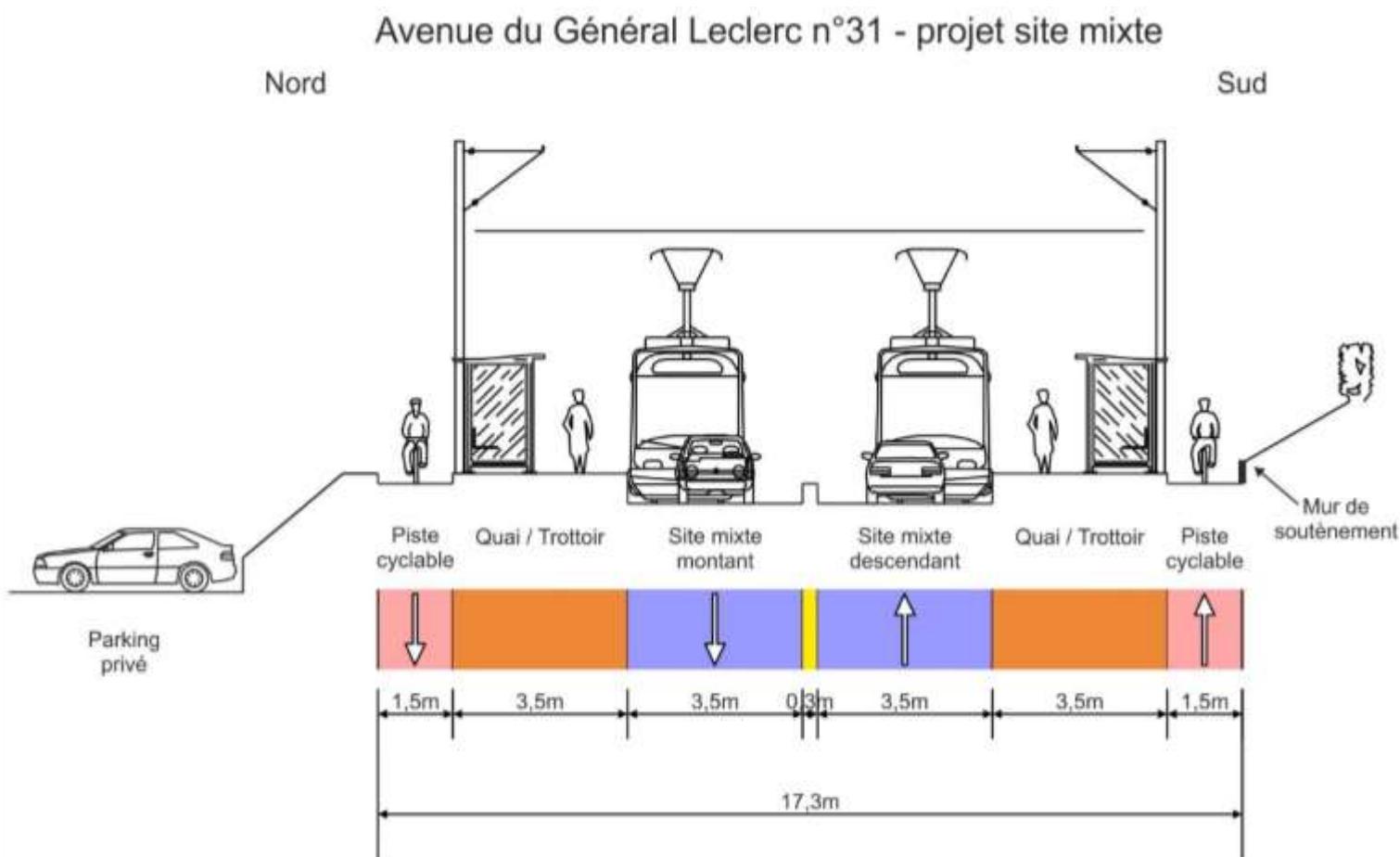
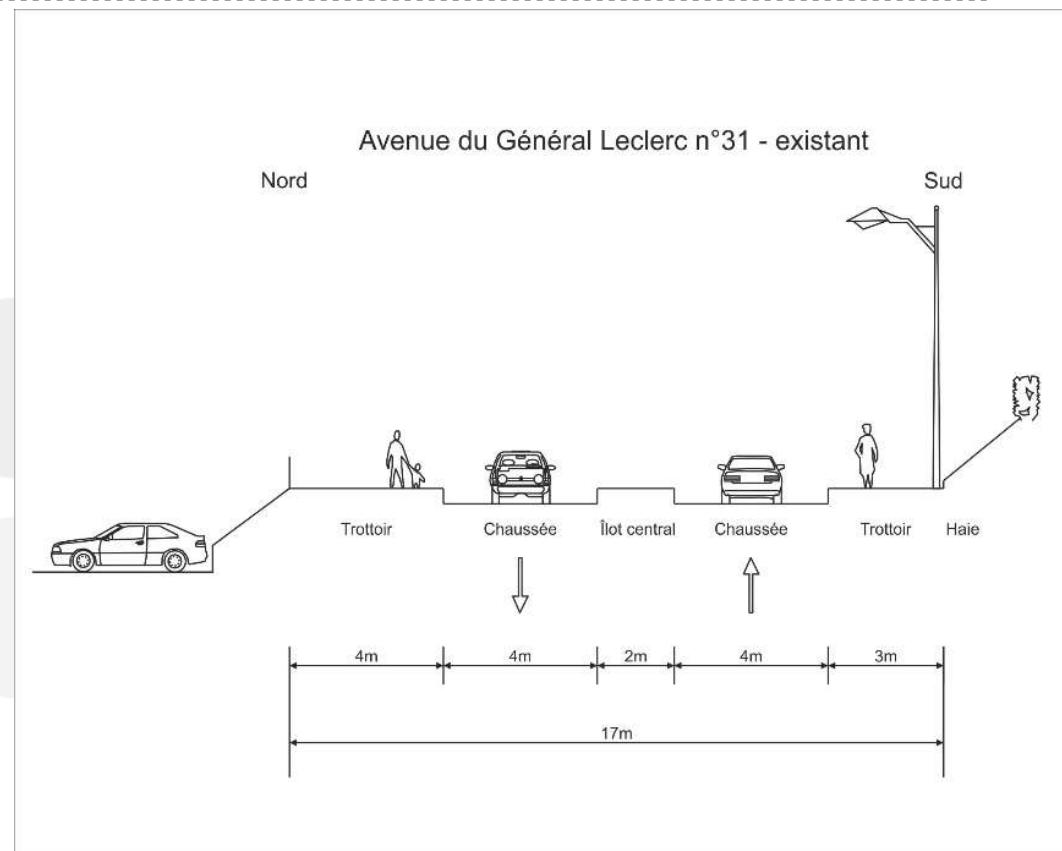
# Estimation des coûts - Station site mixte montant

- ❖ Quai central (4m) : largeur totale station 10,5m
- ❖ Coût par **station seule** (quais, aménagement, signalisation, courant) : **400 k€**
- ❖ Coût par station + infrastructure plateforme + voiries (50m de longueur) : 750 k€
- ❖ Coût par station + infrastructure plateforme + voiries + ouvrages de soutènement + terrassements : 1 450 k€ (Le Reclus)



# Estimation des coûts - Station site mixte montant

- ❖ Quai latéraux : largeur totale 14,3m
- ❖ Coût par **station seule** (quais, aménagement, signalisation, courant) : **500 k€**
- ❖ Coût par station + infrastructure plateforme + voiries (50m de longueur) : 850 k€
- ❖ Coût par station + infrastructure plateforme + voiries + ouvrages de soutènement + terrassements : 1 200 k€ (Le Reclus)



# ➤ Coûts VU : décomposition par poste sur la section étudiée

Décomposition normalisée CEREMA		Coûts VU	Coûts Voie double	
Catégorie	Prestation	Somme Totale voie unique	Somme Totale Voie double	Différence
I.	Etudes AVP / Projet	240.000	240.000	+0
II.	Maîtrise d'ouvrage	1.910.000	1.910.000	+0
III.	Maîtrise d'oeuvre	1.430.000	1.430.000	+0
IV.	Acquisitions foncières et libération des emprises	840.000	840.000	+0
V.	Déviations de réseaux	170.000	200.000	-30.000
VI.	Travaux préparatoires	4.410.000	3.980.000	+430.000
VII.	Ouvrages d'art	5.110.000	3.500.000	+1.610.000
VIII.	Plateforme	1.100.000	1.420.000	-320.000
IX.	Voie spécifique des systèmes ferrés et guidés / câble	2.330.000	2.490.000	-160.000
X.	Revêtement du site propre	2.350.000	2.580.000	-230.000
XI.	Voirie (hors site propre) et espaces publics	5.030.000	4.280.000	+750.000
XII.	Équipements urbains	430.000	430.000	+0
XIII.	Signalisation	2.380.000	1.380.000	+1.000.000
XIV.	Stations	410.000	820.000	-410.000
XV.	Alimentation en énergie de traction	1.600.000	1.700.000	-100.000
XVI.	Courants faibles et PCC	300.000	480.000	-180.000
	Aléas	4.120.000	4.120.000	+0
	<b>Sous total</b>	<b>34.160.000</b>	<b>31.800.000</b>	<b>+2.360.000</b>

# ➤ Coûts VU : décomposition par poste sur la section étudiée

➤ Explication des différences de coût

Décomposition normalisée CEREMA		Coûts VU	Coûts Voie double	
Catégorie	Prestation	Somme Totale voie unique	Somme Totale Voie double	Différence
I.	Etudes AVP / Projet	240.000	240.000	+0
II.	Maîtrise d'ouvrage	1.910.000	1.910.000	+0
III.	Maîtrise d'oeuvre	1.430.000	1.430.000	+0
IV.	Acquisitions foncières et libération des emprises	840.000	840.000	+0
V.	Déviations de réseaux	170.000	200.000	-30.000
VI.	Travaux préparatoires	4.410.000	3.980.000	+430.000
VII.	Ouvrages d'art	5.110.000	3.500.000	+1.610.000
VIII.	Plateforme	1.100.000	1.420.000	-320.000
IX.	Voie spécifique des systèmes ferrés et guidés / câble	2.330.000	2.490.000	-160.000
X.	Revêtement du site propre	2.350.000	2.580.000	-230.000
XI.	Voirie (hors site propre) et espaces publics	5.030.000	4.280.000	+750.000
XII.	Équipements urbains	430.000	430.000	+0
XIII.	Signalisation	2.380.000	1.380.000	+1.000.000
XIV.	Stations	410.000	820.000	-410.000
XV.	Alimentation en énergie de traction	1.600.000	1.700.000	-100.000
XVI.	Courants faibles et PCC	300.000	480.000	-180.000
	Aléas	4.120.000	4.120.000	+0
	<b>Sous total</b>	<b>34.160.000</b>	<b>31.800.000</b>	<b>+2.360.000</b>

- VU moins large
- Plus de terrassements
- Plus de soutènements
- VU moins large
- Plus de voirie (montante)
- Signalisation voie unique
- VU : moins de quais
- VU : moins large

*Nota bene* : Afin de pouvoir comparer les deux projets, les postes suivants ont été considérés comme égaux dans les deux projets :

- Etudes AVP / Projet
- Maîtrise d'ouvrage
- Maîtrise d'oeuvre
- Aléas

# ➤ Coût total montée Brabois : variante site propre double voie

Section	Catégorie	Prestation	Quantité	Unité de mesure	Prix unitaire	Prix total						
Section étudiée	A	Etudes AVP / Projet	1,00	% de C à I	240.000	240.000						
	B	Maîtrise d'ouvrage	8,00	% de C à I	1.910.000	1.910.000						
	C	Maîtrise d'oeuvre	6,00	% de C à I	1.430.000	1.430.000						
	D	Acquisition et libération des terrains	Acquisition terrains	1.000,00	m <sup>2</sup>	120	120.000					
			Acquisition bati	150,00	m <sup>2</sup>	2.000	300.000					
			Démolition	1,00	u	100.000	100.000					
	E	Travaux préparatoires	20,00	% de D et F à I	3.980.000	3.980.000						
	F	Ouvrages d'art		500,00	m	7.000	3.500.000					
	G	Plateforme et voirie						Profil 1	0,14	km	9.000.000	1.290.000
								Profil 2	0,72	km	8.500.000	6.150.000
		Profil 3	0,60	km	7.500.000	4.520.000						
	H	Équipements Tramway	1,00	u	1.400.000	1.400.000						
I	Carrefours (signalisation / aménagement)	5,00	u	500.000	2.500.000							
J	Aléas	15,00	% de A à I	4.120.000	4.120.000							
			<b>Montant total HT des coûts d'investissement de la section</b>		<b>31.560.000</b>							
			Prix au kilomètre de linéaire Tramway de la section étudiée sans stations		<b>Linéaire Section</b> 1,47	21,5 M€ pro km						
<b>Section Vélodrome - montée Leclerc</b>			0,23	km	20.000.000	4.600.000						
<b>Section montée Leclerc - CHRU</b>			1,70	km	20.000.000	33.990.000						
<b>Station (objet)</b>			6,00	u	500.000	3.000.000						
<b>Matériel roulant</b>			3,00	u	3.000.000	9.000.000						
			<b>Montant total HT des coûts d'investissement</b>		<b>82.150.000</b>							
			Prix au kilomètre de linéaire Tramway stations comprises		<b>Linéaire total</b> 3,40	24,2 M€ pro km						

# ➤ Coût total montée Brabois : variante site propre voie unique

Section	Catégorie	Prestation	Quantité	Unité de mesure	Prix unitaire	Prix total VU	
Section étudiée	A	Etudes AVP / Projet			240.000	240.000	
	B	Maîtrise d'ouvrage			1.910.000	1.910.000	
	C	Maîtrise d'oeuvre			1.430.000	1.430.000	
	D	Acquisition et libération des terrains	Acquisition terrains	1.000,00	m <sup>2</sup>	120	120.000
			Acquisition bâti	150,00	m <sup>2</sup>	2.000	300.000
			Démolition	1,00	u	100.000	100.000
	E	Travaux préparatoires	20,00	% de D et F à I	4.410.000	4.410.000	
	F	Ouvrages d'art				5.110.000	
		Mur de soutènement (H <sub>moy</sub> = 1,5 m)	730,00	m	7.000	5.110.000	
	G	Plateforme et voirie	Profil 1	0,22	km	9.000.000	1.980.000
			Profil 4	0,95	km	7.000.000	6.650.000
			Profil 5	0,30	km	9.000.000	2.700.000
Aiguillages			4,00	u	300.000	1.200.000	
H	Équipements Tramway	1,00	u	1.400.000	1.400.000		
I	Carrefours (signalisation / aménagement)	5,00	u	500.000	2.500.000		
J	Aléas			4.120.000	4.120.000		
			<b>Montant total HT des coûts d'investissement de la section</b>		<b>34.170.000</b>		
			Prix au kilomètre de linéaire Tramway de la section étudiée sans stations		Linéaire Section		
					1,47	23,2 M€ pro km	
<b>Section Vélodrome - montée Leclerc</b>			0,23	km	20.000.000	4.600.000	
<b>Section montée Leclerc - CHRU</b>			1,70	km	20.000.000	33.990.000	
<b>Station VU (objet)</b>			2,00	u	400.000	800.000	
<b>Station double sens (objet)</b>			4,00	u	500.000	2.000.000	
<b>Matériel roulant</b>			3,00	u	3.000.000	9.000.000	
			<b>Montant total HT des coûts d'investissement</b>		<b>84.560.000</b>		
			Prix au kilomètre de linéaire Tramway stations comprises		Linéaire total		
					3,40	24,9 M€ pro km	

# Coût total montée Brabois : variante site mixte

			Site mixte voie montante uniquement				Site mixte dans les deux sens				Référence : site propre voie double	
Section	Catégorie	Prestation	Quantité	Unité de mesure	Prix unitaire site mixte voie montante	Prix total site mixte voie montante	Quantité	Unité de mesure	Prix unitaire site mixte voie double	Prix total site mixte voie double	Prix total voie double	
Section étudiée	A	Etudes AVP / Projet			240.000	240.000			240.000	240.000	240.000	
	B	Maîtrise d'ouvrage			1.910.000	1.910.000			1.910.000	1.910.000	1.910.000	
	C	Maîtrise d'oeuvre			1.430.000	1.430.000			1.430.000	1.430.000	1.430.000	
	D	Acquisition et libération des terrains	Acquisition terrains	1.100,00	m <sup>2</sup>	120	130.000	500,00	m <sup>2</sup>	120	60.000	120.000
			Acquisition bati	150,00	m <sup>2</sup>	2.000	300.000	150,00	m <sup>2</sup>	2.000	300.000	300.000
			Démolition	1,00	u	100.000	100.000	1,00	u	100.000	100.000	100.000
	E	Travaux préparatoires		20,00	% de D et F à I	4.630.000	4.630.000	20,00	% de D et F à I	3.930.000	3.930.000	3.980.000
	F	Ouvrages d'art				6.685.000				4.445.000	3.500.000	
	G	Plateforme et voirie	Mur de soutènement (H <sub>moy</sub> = 1,5 m)	955,00	m	7.000	6.685.000	635,00	m	7.000	4.445.000	3.500.000
			Profil 1	0,17	km	9.000.000	1.530.000	0,17	km	9.000.000	1.530.000	1.290.000
			Profil 2			8.500.000	0			8.500.000	0	6.150.000
			Profil 3			7.500.000	0			7.500.000	0	4.520.000
			Profil 4			7.000.000	0			7.000.000	0	0
Profil 5			0,08	km	9.000.000	720.000	0,05	km	9.000.000	450.000	0	
Profil 6			1,22	km	8.000.000	9.760.000			8.000.000	0	0	
Profil 7					6.500.000	0	1,10	km	6.500.000	7.150.000	0	
Profil 8					8.000.000	0	0,15	km	8.000.000	1.200.000	0	
	Aiguillages			300.000	0			300.000	0	0		
H	Équipements Tramway		1,00	u	1.400.000	1.400.000	1,00	u	1.400.000	1.400.000	1.400.000	
I	Carrefours (signalisation / aménagement)		5,00	u	500.000	2.500.000	6,00	u	500.000	3.000.000	2.500.000	
J	Aléas				4.120.000	4.120.000			4.120.000	4.120.000	4.120.000	
			<b>Montant total HT des coûts d'investissement de la section</b>		<b>35.455.000</b>		<b>Montant total HT des coûts d'investissement de la section</b>		<b>31.265.000</b>		<b>31.560.000</b>	
			Prix au kilomètre de linéaire Tramway de la section étudiée sans stations		Linéaire Section 1,47 24,1 M€ pro km		Prix au kilomètre de linéaire Tramway de la section étudiée sans stations		Linéaire Section 1,47 21,3 M€ pro km		21,5 M€ pro km	
Section Vélodrome - montée Leclerc			0,23	km	20.000.000	4.600.000	0,23	km	20.000.000	4.600.000	4.600.000	
Section montée Leclerc - CHRU			1,70	km	20.000.000	33.990.000	1,70	km	20.000.000	33.990.000	33.990.000	
Station VU (objet)			0,00	u	400.000	0	0,00	u	400.000	0	0	
Station double sens (objet)			4,00	u	500.000	2.000.000	4,00	u	500.000	2.000.000	3.000.000	
Station site mixte montant (objet)			2,00	u	400.000	800.000	0,00		400.000	0		
Station site mixte deux sens (objet)			0,00		500.000	0	2,00	u	500.000	1.000.000		
Matériel roulant			3,00	u	3.000.000	9.000.000	3,00	u	3.000.000	9.000.000	9.000.000	
			<b>Montant total HT des coûts d'investissement</b>		<b>85.045.000</b>		<b>Montant total HT des coûts d'investissement</b>		<b>80.855.000</b>		<b>82.150.000</b>	
			Prix au kilomètre de linéaire Tramway stations comprises		Linéaire total 3,40 25,0 M€ pro km		Prix au kilomètre de linéaire Tramway stations comprises		Linéaire total 3,40 23,8 M€ pro km		24,2 M€ pro km	

---

## Impacts des différents projets

---

- Site propre : 1 habitation, 15 parcelles
- Site mixte dans les 2 sens : 1 habitation, 13 parcelles
- Site mixte voie montante : 1 habitation, 21 parcelles
- Voie unique : 1 habitation, 15 parcelles

1. Contexte
2. Analyse des enjeux et contraintes
3. Tracé retenu
4. Insertion du tracé
5. Estimation des coûts
- 6. Exploitation**
7. Première approche du tracé Paul Muller
8. Conclusion

## ➤ Exploitation – voie unique

### Rappel des contraintes d'exploitation en VU – prescription générales TTK

La voie double doit être le **principe de base** : la robustesse de l'exploitation à long terme doit primer sur les économies de court terme en matière d'infrastructures.

La voie unique doit être **l'exception** et peut se justifier sous réserve :

- démolition de bâtiments impossible ?
- aménagements urbains trop difficiles ?
- économies de coût importantes ?
- une robustesse certaine en matière d'exploitation doit rester assurée, ainsi que la pérennité du système qui n'est pas compromise.

➤ **Si la VU est retenue, une règle d'or en termes de nombre de stations de croisement est qu'une infrastructure qui permet un graphique théorique avec un intervalle  $x$  est robuste et exploitable pour un intervalle  $2x$  (principe des sillons intermédiaires de réserve)**

---

## ➤ Exploitation – voie unique

---

Etude de l'exploitation du projet montée Gal. Leclerc à voie unique

Les données d'entrée pour l'étude d'exploitation sont les suivantes :

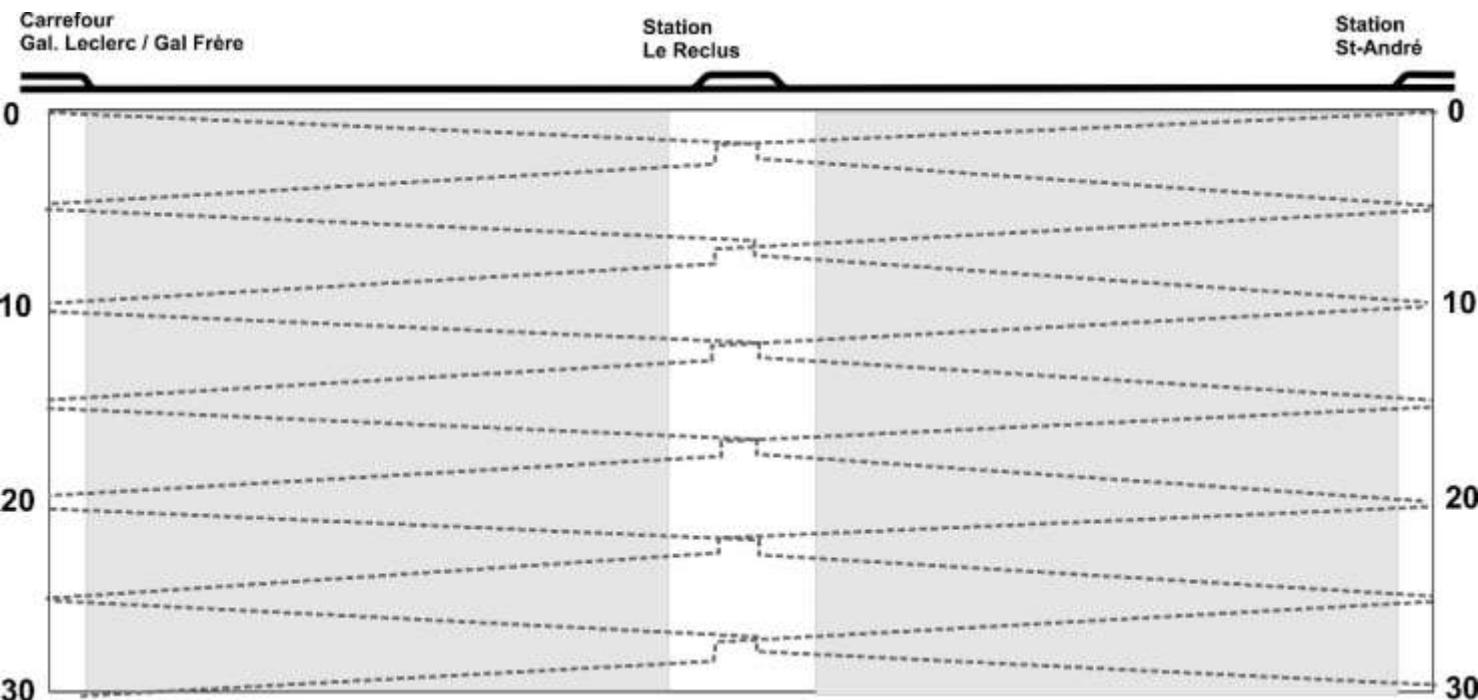
- une vitesse limitée à 20km/h sur la section de voie unique (pente et courbes), ceci dans les 2 sens (contre 30km/h pour une option à double voie) ;
- un temps de franchissement des 2 sections calculé sur la base d'un matériel type Citadis 40m ;
- un temps d'arrêt en station de 25s ;
- un temps de libération de voie unique de 10s (entre la libération physique de la voie et le passage au vert).

## Exploitation – voie unique

### Etude de l'exploitation du projet montée Gal. Leclerc à voie unique

En ajoutant le temps de passage en station Le Reclus (25s), le temps de circulation sur les 2 VU (1min55+2min13) puis le temps de libération de la voie (10s), on arrive à un temps total de franchissement de 4min43, soit un intervalle possible de 9min26 en comptant le sillon de réserve nécessaire à l'exploitation.

La grille ainsi exploitée réserve des sillons intermédiaires de réserve pour retards et autres circulations exceptionnelles.



Grille d'exploitation VU Leclerc

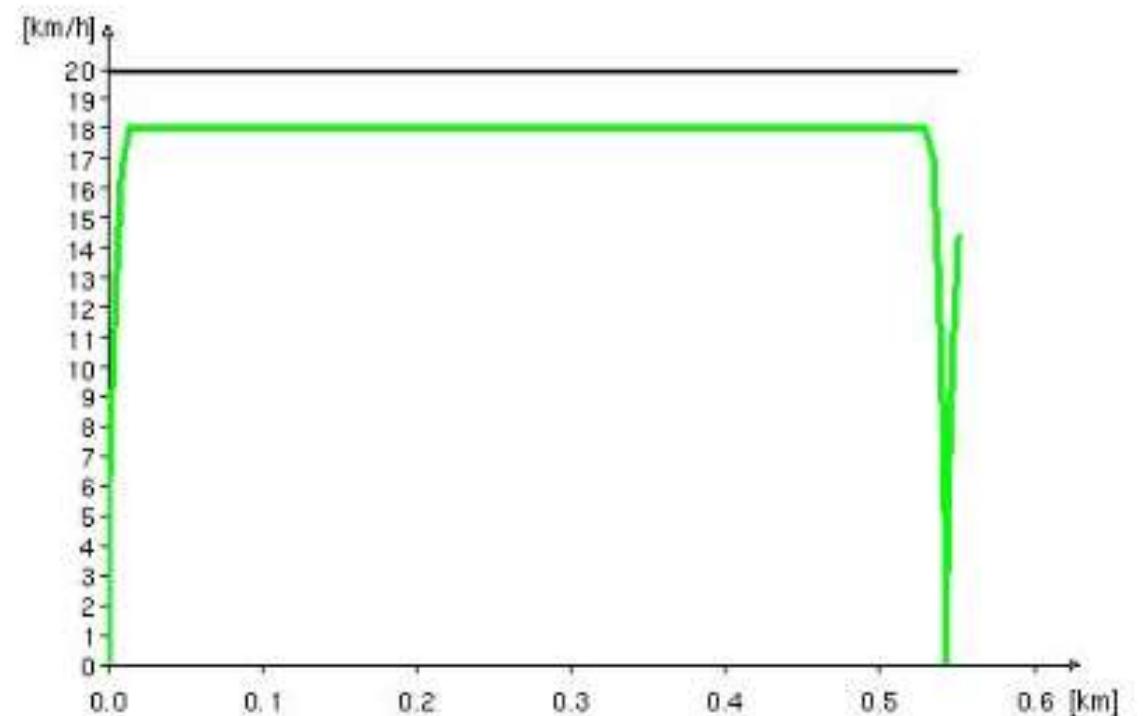


Diagramme temps vitesse pour la VU1 (500m + 50m)

## ➤ Exploitation – voie unique

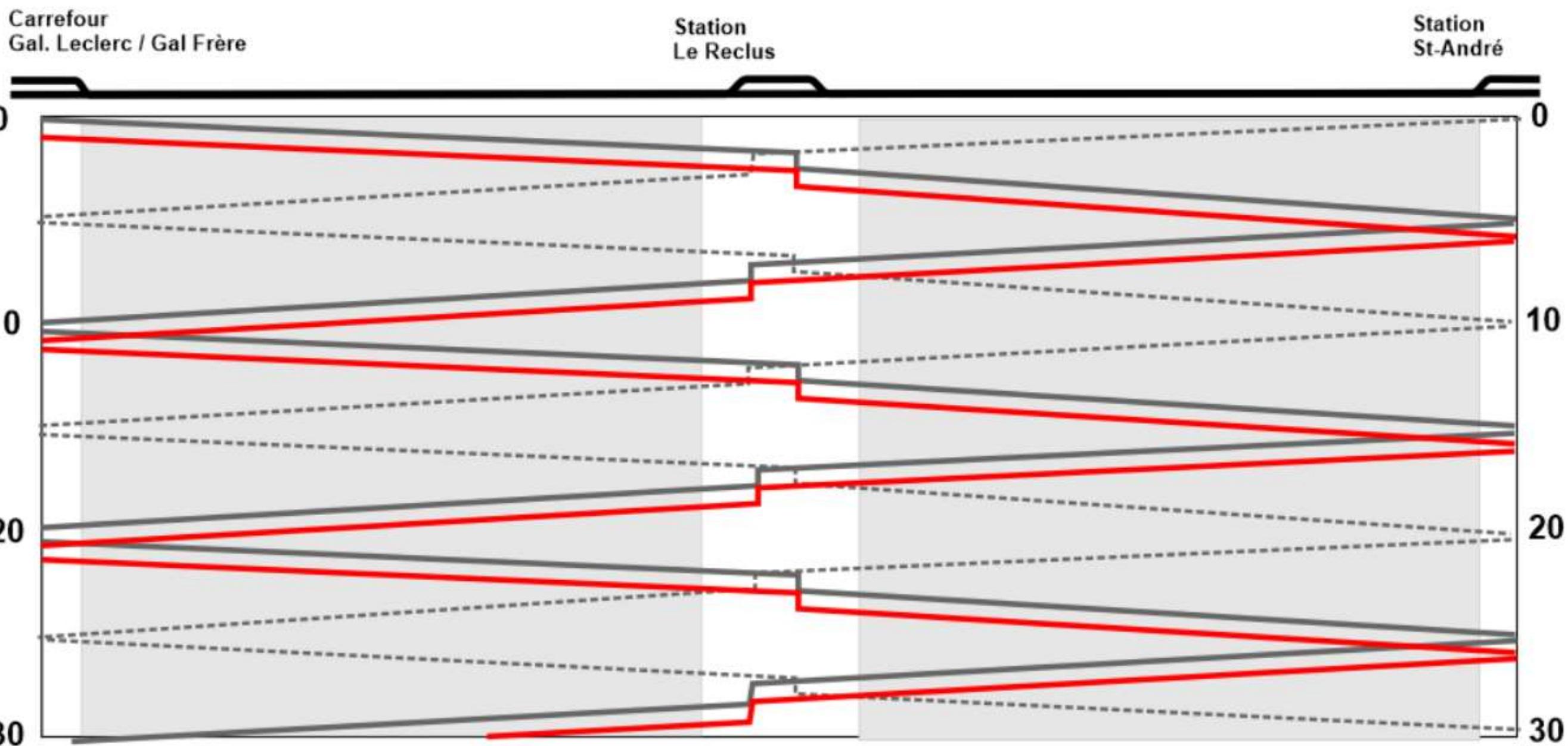
### Etude de l'exploitation du projet montée Gal. Leclerc à voie unique

Dans un tel schéma, la robustesse est assurée par la station de croisement « Le reclus », non utilisée en mode nominal et qui permet d'insérer des sillons de réserve indispensables pour gérer :

- des retards : en cas de retard supérieur à 1min environ, le régulateur préférera ne pas retarder la rame dans l'autre sens, la rame en retard prendra alors le prochain sillon de réserve qui croise la rame en sens contraire à la station intermédiaire ; la rame en retard aura alors augmenté son retard à 4min43 ;
- le passage de circulations supplémentaires qui s'ajoutent à la grille nominale :
  - circulations haut le pied de/vers le dépôt ;
  - circulations écoles ;
  - circulations techniques (nettoyage etc...)
  - batterie de circulations suite à un déblocage de voie à la fin d'un incident.

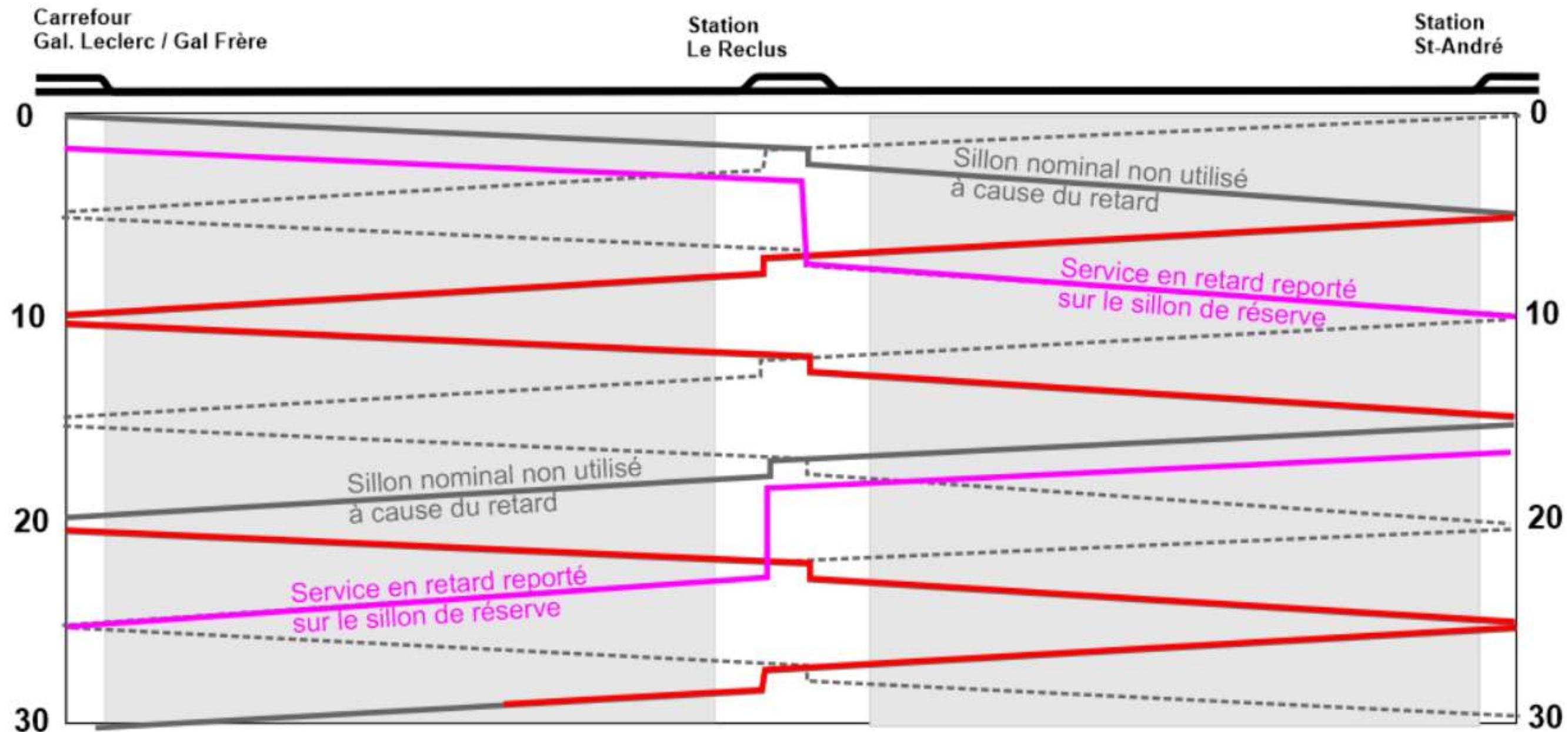
# Exploitation – voie unique

## Gestion des petits retards (< 1 min)



# Exploitation – voie unique

## Gestion des gros retards (> 1 min)



---

## ➤ Exploitation – voie unique

---

Etude de l'exploitation du projet montée Gal. Leclerc à voie unique

### Une exploitation sans sillons de réserve?

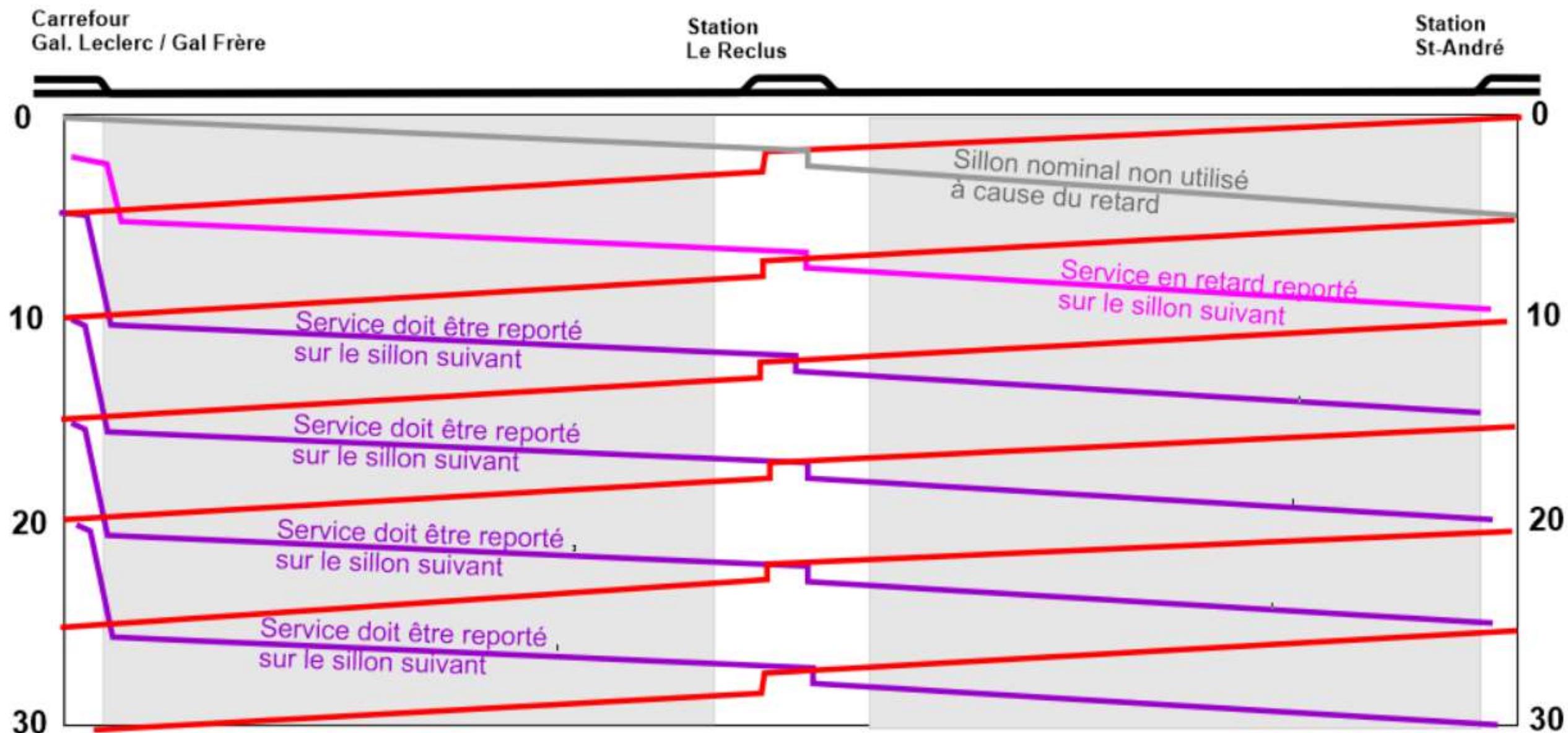
Le graphique laisserait penser que l'on peut exploiter une grille avec croisement des rames à la station « Le Reclus » avec un intervalle de 5min.

Une telle solution n'est toutefois que théorique, elle n'est pas exploitable dans la réalité du fait de l'absence de sillon de réserve :

- impossibilité d'accueillir des circulations haut le pied de/vers le dépôt ou circulations écoles, ni d'évacuer rapidement une batterie de rames bloquées puis débloquées suite à la fin d'un incident
- **plus grave : l'absence de sillon de réserve rend impossible la gestion des retards :**
  - tout retard d'une rame  $< 2\text{min}$  va conduire à **retarder tout le graphique de 2min, donc retarder toutes les autres rames dans les 2 sens de 2min !**
  - tout retard d'une rame d'un temps  $> 2\text{min}$  va conduire à préférer ne pas impacter les rames en sens inverse mais nécessiter de décaler le sillon de la rame en retard au sillon suivant, **soit 5min plus tard, prenant la place de la suivante, ce qui reviendra à retarder toutes les rames suivantes de 5min !**
- le fait que la future ligne soit **exploitée avec des branches** la rend plus sensible aux perturbations éventuelles sur la voie unique

# Exploitation – voie unique

Gestion des retards sans sillon de réserve : report de toute la grille de 5min dès retard d'une rame



## ➤ Exploitation – voie unique

Etude de l'exploitation du projet montée Gal. Leclerc à voie unique

Conclusions de l'étude d'exploitation.

	Double voie	VU, exploitation avec sillon de réserve	VU, exploitation sans réserve
Intervalle mini	2-3min	9min26	5min
Temps de franchissement	3min21	4min33	5min5
Attente en cas de retard (sillon raté), si l'on choisi de ne pas faire attendre la rame en sens inverse	0min	4min43	5min Pas de réserve: tout retard d'une rame se propage sur tous les services qui suivent !
<b>BILAN</b>		Capacités faibles et contraignant	<b>Impossible en pratique</b>

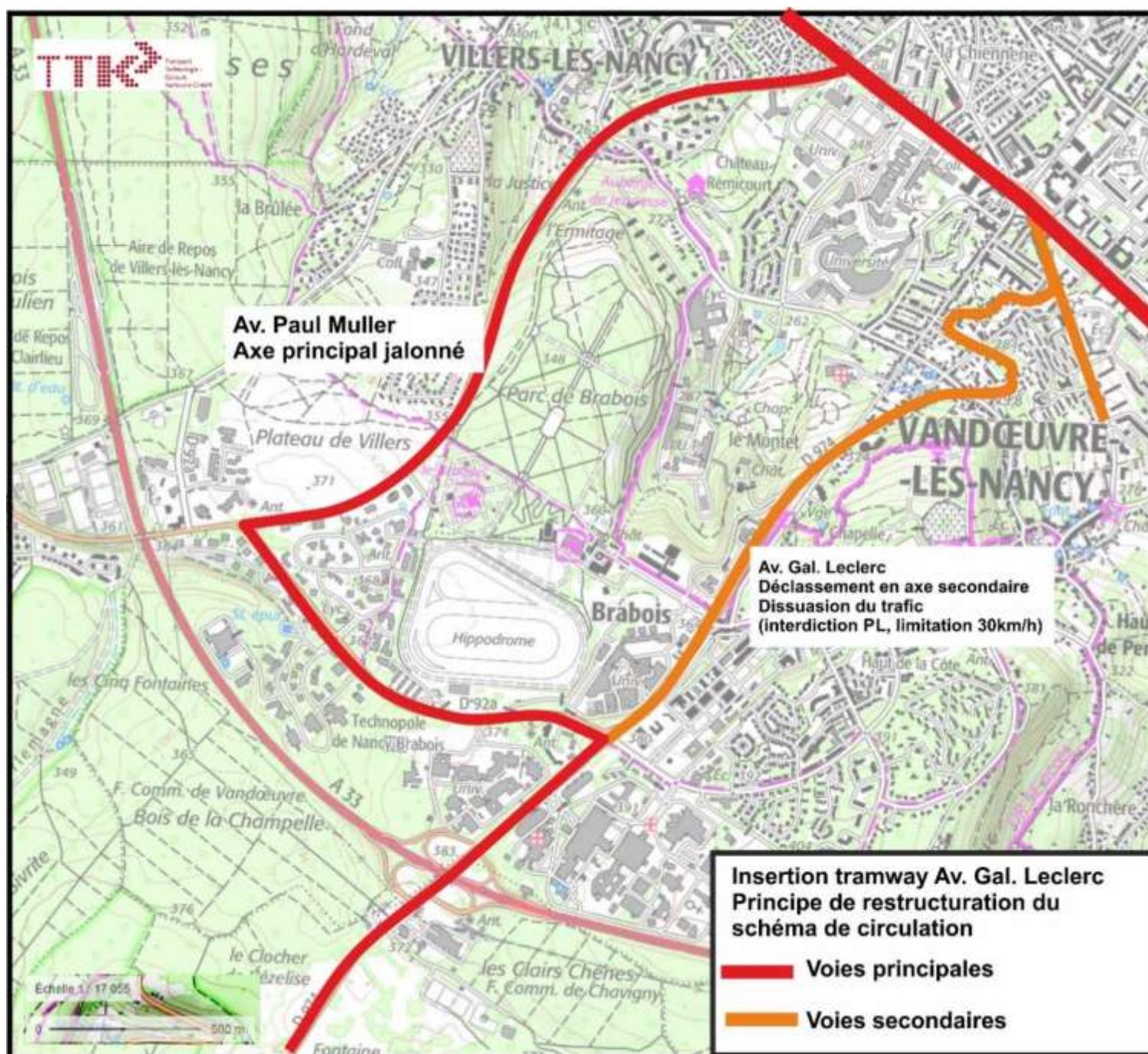
## ➤ Exploitation – voie unique

### Rappel des contraintes d'exploitation en VU – prescription générales TTK

Fréquence	5 Min.	10/15 Min.	20/30 Min.
Situation locale			
<b>Point dur</b> (Secteur centre ville : point dur d'insertion, manque d'espace ; coûts double voie élevés)	Section à voie unique très courte possible (#150m), si elle ne peut pas être évitée	acceptable	acceptable
<b>Contraintes „normales“</b> (la voie unique rend la mise en oeuvre moins chère ou plus facile : moindre réduction de capacité routière par ex.)	NON	Section à voie unique courte(500-700m) possible, si elle ne peut pas être évitée et si elle permet une économie significative	acceptable
<b>Complexité réduite</b> (zones peu urbanisées ; pas de difficultés en termes d'insertion ou d'espace)	NON	NON	Section à voie unique possible, si elle est rapide (80-100km/h) et permet une économie significative

# Exploitation – site mixte

Un nouveau plan de circulation nécessaire



---

## Exploitation – site mixte montant

---

Des mesures de gestion du trafic nécessaires localement

### Gestion du carrefour avec la rue du Général Frère, sens montant :

Insertion en site propre avant le carrefour : la voie routière pourra donc servir comme voie de stockage avant le carrefour géré comme un sas prioritaire pour le tram : dès qu'un tramway quitte la place du Vélodrome pour s'engager sur la première section de l'Avenue du Gal Leclerc, le feu routier sera bloqué au rouge pour les voitures, laissant le tramway dépasser et s'engager en premier sur la section du site mixte ; par la suite, le tramway limité à 30km/h dans la montée sera suivi par les voitures qui ne pourront pas dépasser.

### Gestion du carrefour avec l'Avenue du Reclus et du carrefour avec les rues de Villers et Victor Basch, sens montant :

Pour éviter toute attente au carrefour, la gestion du site mixte nécessitera de mettre le sens montant au vert dès que le tramway arrivera à environ 100m du feu (soit environ 20s avant ; des calages et essais en exploitation permettront de fixer plus précisément le temps nécessaire pour chaque carrefour) : la mise préalable du vert permettra de dégager les éventuels véhicules routiers en attente au feu avant que le tram n'arrive.

### Gestion des passages en station :

La circulation des voitures en site mixte au sein de la station permettra de garantir que le tramway reste toujours devant la file montante sans possibilité d'être dépassé. Les stations joueront ainsi un rôle de ralentisseurs des vitesses, pacifiant la circulation routière sur l'axe.

---

## ➤ Exploitation – site mixte 2 sens (1)

---

Des mesures de gestion du trafic nécessaires localement

Gestion du carrefour avec la rue du Général Frère, sens descendant :

Pour assurer une fluidité de passage du tramway descendant à la jonction avec la rue Général Frère, le principe d'insertion retenu est de dégager une voie de stockage pour les véhicules routiers sur une centaine de mètres avant le carrefour.

Gestion du carrefour avec l'Avenue du Reclus et du carrefour avec les rues de Villers et Victor Basch, sens descendant :

Pour éviter toute attente au carrefour, la gestion du site mixte nécessitera de mettre le sens descendant au vert dès que le tramway arrivera à environ 100m du feu (soit environ 20s avant ; des calages et essais en exploitation permettront de fixer plus précisément le temps nécessaire pour chaque carrefour) : la mise préalable du vert permettra de dégager les éventuels véhicules routiers en attente au feu avant que le tram n'arrive (idem site mixte sens montant) ;

Par ailleurs, de manière similaire au sens montant, un sas pourra être organisé au sud de la station St-André-Jardin-Botanique, pour :

- en général ne laisser descendre sur l'Avenue qu'un flux de véhicules compatible avec une circulation fluide ;
- en particulier en cas d'approche d'un tramway descendant, pour bloquer le trafic et permettre au tramway de descendre en tête de file.

---

## ➤ Exploitation – site mixte 2 sens (2)

---

Des mesures de gestion du trafic nécessaires localement

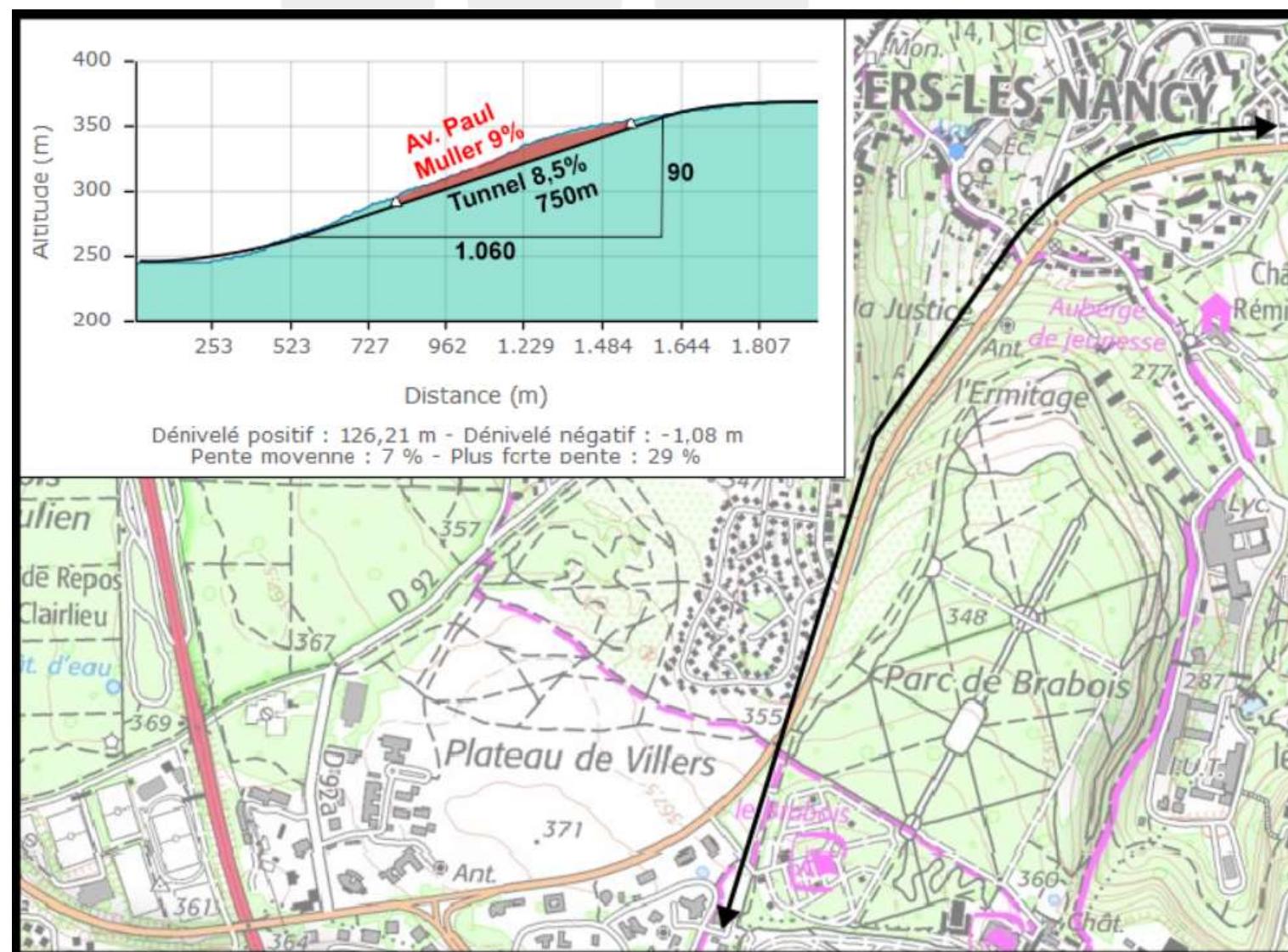
### Gestion des passages en station :

La circulation des voitures en site mixte au sein de la station permettra de garantir que le tramway reste toujours devant la file descendante sans possibilité d’être dépassé. Les stations joueront ainsi un rôle de ralentisseurs des vitesses, pacifiant la circulation routière sur l’axe (idem site mixte sens montant).

1. Contexte
2. Analyse des enjeux et contraintes
3. Tracé retenu
4. Insertion du tracé
5. Estimation des coûts
6. Exploitation
- 7. Première approche du tracé Paul Muller**
8. Conclusion

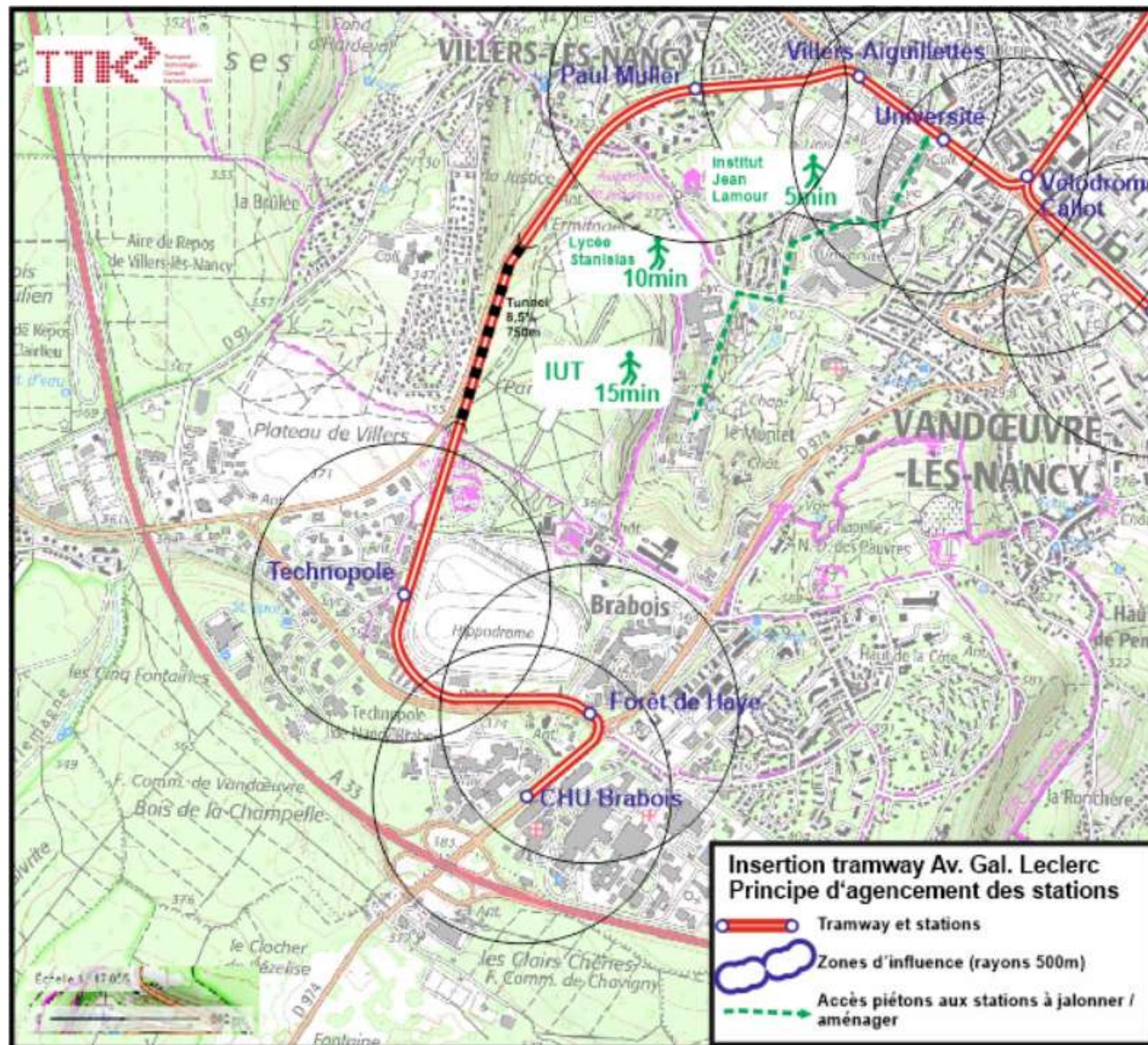
## ➤ Première approche du tracé Paul Muller

- Profil en long au droit de la rampe à 9% sur l'axe Paul Muller : tracé en tranchée couverte permettant de limiter la pente à 8,5%



## ➤ Première approche du tracé Paul Muller

- Tracé et agencement des stations



## ➤ Première approche du tracé Paul Muller

### Comparaison des caractéristiques du tracé Paul Muller avec les variantes Leclerc et Viaduc

#### ➤ Desserte du secteur IUT / Université

	Accès Institut Jean Lamour	Accès Lycée Stanislas	Accès IUT
Variante Viaduc	~0min	~5min	~5min
Variante Gal Leclerc	~10min	~10min	~10min
Variante Paul Muller	~5min	~10min	~15min

- la variante viaduc se distingue comme la meilleure pour la desserte du complexe Université / Lycée / IUT ;
- avec des distances de environ 10min (soit à environ 700m des stations), la variante Gal Leclerc offre une desserte correcte mais moyenne partout
- la variante Paul Muller peut être classée équivalente à la variante Leclerc : meilleure pour l'accès au pôle Universitaire, équivalente pour l'accès au lycée, moins bonne pour l'accès à l'IUT

# ➤ Première approche du tracé Paul Muller

## Comparaison des populations plus emplois des 3 tracés



## ➤ Première approche du tracé Paul Muller

### Comparaison des populations plus emplois des 3 tracés

Sans doubles comptes	km	Population à 500m	Emplois à 500m	Pop. + Emplois à 500m	Pop. + Emplois à 500m par km de ligne
Variante Viaduc	3,3	1.859	11.605	13.464	4.080
Variante Gal Leclerc	3,2	1.763	11.232	12.995	4.061
Variante Paul Muller	4,5	3.578	12.464	16.042	3.565

- les variantes viaduc et Gal Leclerc sont proches : elles desservent en absolu sensiblement moins de population que la variante Paul Muller ;
- la variante Paul Muller est ainsi la meilleure en chiffres de desserte absolus, elle est par contre moins bonne en potentiel par km.

➤ **Les chiffres de potentiels ne sont en définitive par déterminants pour écarter ou mettre en avant particulièrement une variante sur la base de ce seul critère.**

## ➤ Première approche du tracé Paul Muller

### Comparaison des temps de parcours et impacts parc de matériel roulant

	Longueur (km)	Comparaison / viaduc (km)	Vitesse moyenne (km/h)	Temps de parcours (min)	Comparaison / viaduc (secondes)	Impact Parc
Variante Viaduc	3,3		20	9,9		
Variante Gal Leclerc	3,2	-0,1	20	9,6	-18	
Variante Paul Muller	4,5	1,2	20	13,5	216	1 rame de plus

Les 2 variantes Viaduc et Gal. Leclerc sont très proches en termes de longueur et temps de parcours (18s de moins pour la variante Leclerc sur un temps estimé de près de 10min entre la place Vélodrome et le terminus CHU Brabois). Avec 1,2km de plus que la variante viaduc, la variante Paul Muller nécessitera un temps de parcours de près de +4min, soit +8min en aller et retour et donc un besoin d'une rame de plus pour une offre à 8min d'intervalle sur l'antenne. la variante Paul Muller est ainsi la meilleure en chiffres de desserte absolus, elle est par contre moins bonne en potentiel par km.

L'impact financier sera double :

- coûts d'exploitation supplémentaire (1 rame + 1 conducteur en service, coûts de roulements sur 1,2km supplémentaires : on estime le surcoût à +0,86M€/an) ;
- coûts d'investissement supplémentaires : 1 rame (+~3,5M€) plus un agrandissement du dimensionnement du dépôt pour l'accueillir (+~1M€), soit

1. Contexte
2. Analyse des enjeux et contraintes
3. Tracé retenu
4. Insertion du tracé
5. Estimation des coûts
6. Exploitation
7. Première approche du tracé Paul Muller
- 8. Conclusion**

## ➤ Conclusion voie unique

- Faisabilité technique de l'insertion à voie unique (1,1km) avec double sens de circulation vérifiée, mais quelques complications :
    - suppression de places de stationnement, problème des traversées piétonnes
  - L'analyse exploitation **ne permet pas par contre pas d'assurer la faisabilité d'un projet exploité à un intervalle de 8min** : du fait de vitesses de circulation faibles sur la section à VU (courbes et pente) **l'intervalle exploitable est plutôt de 10min, soit une offre inférieure à ce qui est prévu. Par ailleurs, les conditions d'exploitation sont peu robustes (tout retard trop important conduit à rater le sillon de passage et à devoir se reporter au sillon suivant 5min plus tard), avec des temps de parcours allongés (+1min).**
  - Du fait du besoin d'une emprise plus large avec murs de soutènement et nivellement en plus, le projet à VU est **légèrement plus cher** que le projet à double voie.
  - Nuisances du trafic : projet à voie unique privilégie les riverains de l'axe Jaurès au détriment des riverains de l'axe Gal. Leclerc
- L'expertise confirme ainsi le bilan défavorable d'un projet de voie unique sur la montée Gal. Leclerc par rapport à une montée en double voie.

---

## ➤ Conclusion site mixte

---

- L'analyse d'insertion de la solution site mixte montre que celle-ci est faisable dans des conditions d'exploitation correctes pour un coût :
- légèrement inférieur au coût de la solution en site propre pour un site mixte deux sens ;
- légèrement supérieur pour un site mixte uniquement dans le sens montant.
- Par rapport à la solution en site propre, l'axe Gal. Leclerc est moins pacifié, mais voit tout de même sa circulation fortement impactée par la contrainte pour les voitures de toujours circuler derrière les tramways à 30km/h maximum.
- Des situations de blocage du tramway resteront toutefois possibles, avec de surcroît les ralentissements du tramway lors d'entrée/sortie des riverains de leur garage. Enfin, l'accumulation des sections en site mixte du nouveau tram de Nancy (site mixte également présent à Saint-Max et Essey) risquent de faire peser un risque sur l'exploitation de la ligne.
- Les règles de l'art en matière de planification de TCSP recommandent en tout état de cause **d'éviter au maximum les solutions en site banalisé, à n'envisager qu'en dernier recours, lorsque le site propre est impossible ou lorsqu'il conduit à des surcoûts d'élargissement d'emprises ou de démolition démesurés** (ce qui n'est pas le cas ici, une solution en site propre étant faisable pour seulement +2,5% de coût supplémentaire).

---

## ➤ Conclusion variante par Paul Muller

---

Le tracé Paul Muller présente des caractéristiques comparables aux autres variantes en terme de desserte (meilleur en absolu, moins bon par km), mais il est pénalisé principalement par une longueur et un temps de parcours plus important qui renchérra sensiblement le projet à construire et l'offre à exploiter :

- les +4min de temps de parcours de/vers le CHU conduiront à un report modal et à un trafic sur le tramway sensiblement plus faible ;
- le coût d'investissement en plus sera de l'ordre de 50M€ en plus que la variante viaduc du essentiellement à la longueur et à la réalisation d'une tranchée couverte de 750m ;
- le projet conduira à un ordre de +1M€ de coût d'exploitation annuel en plus, avec des recettes clientèle en moins du fait du plus long temps de parcours.