

Étude de faisabilité NFL long terme  
études d'exploitation, de faisabilité technique  
et d'insertion territoriale

**Réseau Ferré de France**  
DR Rhône Alpes Auvergne

## Compléments d'étude : analyse du scénario « 4 voies »

### Identification

---

	Projet	Numéro	Version	Pages
Identification	3670	RG140527	C	



### Objet du document

Ce document présente l'expertise technique et d'exploitation du scénario 4 de l'étude de faisabilité long terme du NFL. Il est complété d'une note de benchmark sur l'exploitation de sections à fort volume de trafic. Il comprend donc trois volets

- Benchmark
- Note d'analyse exploitation
- Note d'analyse technique

## Synthèse générale

---

L'étude du scénario 4 voies met en évidence les éléments suivants :

- Le benchmark montre qu'il n'existe aucune section exploitée avec une mixité de circulations voyageurs/fret et des volumes de 12 à 15 sillons par heure et par sens. Les sections avec une mixité de circulation voyageurs et des volumes de 12 à 15 sillons par heure et par sens sont très rares et aucune ne comporte une gare majeure de correspondance comme la Part-Dieu.
- L'étude d'exploitation permet de conclure que l'exploitation à 4 voies entre St Clair et Guillotière et 14 voies à Part-Dieu n'est pas réaliste. Le système est trop rigide et ne permet pas d'assurer une exploitation correcte : les marges d'exploitation sont trop réduites et des conflits persistent.
- L'étude technique démontre que la réalisation des sauts-de-mouton envisagée n'est pas envisageable sur le plan technique car elle entraînerait des coupures de l'exploitation ferroviaire de très longue durée. L'impact urbain à St Clair serait supérieur à celui du projet à 6 voies envisagé.

Étude de faisabilité NFL long terme  
études d'exploitation, de faisabilité technique et  
d'insertion territoriale

Réseau Ferré de France  
DR Rhône Alpes Auvergne

# Compléments d'étude : Benchmark

## Volet exploitation

### Identification

---

	Projet	Numéro	Version	Pages
Identification	3670	NG140830	D	29

	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
Nom	Charlotte Roignot	Isabel Brufau	Nicolas Clerc
Fonction	Chargée d'études exploitation	Responsable volet exploitation	Chef de Projet
Date	18/11/2014	18/11/2014	18/11/2014



### Objet du document

Ce document comprend le benchmark réalisé dans le cadre de l'analyse du scénario 4 voies. Ce benchmark présente 4 cas d'infrastructures à double voie fortement circulées, en France et à l'étranger.

Indice	Établi par	Date	Objet de la modification
A	Charlotte Roignot	09/10/2014	Création du document
B	Charlotte Roignot	3/11/2014	Prise en compte remarques RFF
C	Charlotte Roignot	18/11/2014	Ajout Bruxelles
D	Isabel Brufau	15/12/2014	Prise en compte des remarques SNCF





## Sommaire

---

<b>1</b>	<b>Objectifs.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Structuration du benchmark.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Notion de capacité et tour d'horizon.....</b>	<b>6</b>
3.1	Notion d'espacement des circulations : temps de block, temps de retour à voie libre.....	6
3.2	Le concept de capacité.....	7
3.3	Tour d'horizon.....	8
3.4	Choix des cas à approfondir.....	10
<b>4</b>	<b>Etude de cas.....</b>	<b>11</b>
4.1	France : Groupe V – Paris Saint-Lazare - Houilles Carrières-sur-Seine.....	11
4.1	Belgique : Jonction nord-midi.....	15
4.2	Pays-Bas : La Haye - Rotterdam.....	17
4.3	Barcelone : Sants – Passeig de Gracia.....	19
4.4	Pays-Bas : Utrecht – Den Bosch.....	22
<b>5</b>	<b>Analyse sommaire de la reproductibilité sur le NFL.....</b>	<b>24</b>
5.1	Spécificité du NFL.....	24
5.2	Transposition possible.....	24
<b>6</b>	<b>Conclusions.....</b>	<b>27</b>
	<b>Liste des références.....</b>	<b>28</b>



## 1 Objectifs

---

L'un des scénarios étudiés à long terme pour le NFL s'appuie sur l'exploitation d'une infrastructure à 4 voies entre Saint-Clair et Guillotière (scénario 4 voies). Compte-tenu de l'offre cible à long terme, cela implique que chacune des 2 doubles voies de la section sera très fortement circulée (> 12 sillons par heure et par sens).

L'objectif initial du benchmark était de collecter et d'analyser des données relatives à des situations d'infrastructure à double voie fonctionnant avec plus de 15 sillons par heure et par sens. Cet objectif a été revu pour y intégrer certaines spécificités, notamment la question de la mixité de services, afin de pouvoir rapprocher l'analyse des cas à celui du NFL.

La question qui se pose est donc de savoir s'il est possible et réaliste d'exploiter une section de double voie, présentant de la mixité de services et si possible, intégrant des circulations fret, avec un volume de circulations important (>12 sillons par heure et par sens).

## 2 Structuration du benchmark

---

Réalisé sur la base d'une recherche bibliographique, le benchmark est présenté en trois étapes :

1. Un tour d'horizon des zones de trafic dense (à double voie) de façon à obtenir une vue d'ensemble des diverses pratiques et capacités. Ce tour d'horizon a notamment permis de réorienter les objectifs du benchmark et de sélectionner les cas à approfondir.
2. Une analyse des quatre cas sélectionnés comprenant, pour chaque cas, une description complète du système et des éléments permettant d'atteindre cette capacité (consistance de l'infrastructure, type de signalisation, type de circulations, type de matériel, mixité de matériel, capacité de l'infrastructure,...).
3. Enfin, une analyse sommaire des conditions nécessaires pour une mise en œuvre sur le NFL en intégrant les spécificités de ce dernier.

### 3 Notion de capacité et tour d'horizon

#### 3.1 Notion d'espacement des circulations : temps de block, temps de retour à voie libre

En marche normale, les circulations ferroviaires doivent se succéder les unes aux autres en rencontrant tous les signaux ouverts. Cet impératif permet d'apprécier le débit maximum d'une section du réseau. Pour cela, l'approche consiste à calculer l'intervalle temporel minimal qui doit séparer deux trains successifs pour que le deuxième puisse observer, à distance de visibilité normale, chaque panneau à l'indication VL (voie libre). Cet intervalle minimal est appelé « temps de block » ou « temps de retour à voie libre », il dépend de la vitesse de circulation du premier train et de sa longueur.

Le temps de block est donc un indicateur pertinent de la capacité d'une infrastructure. Plus il est court, plus il sera possible d'y faire passer un nombre important de circulations.

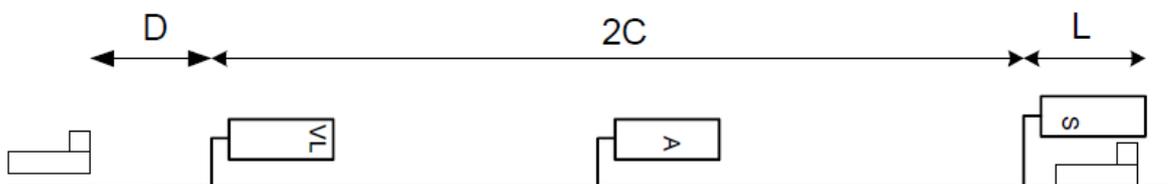
Pour une infrastructure et un temps de block donnés : le nombre réel de train pouvant emprunter la section dépend de la vitesse des circulations, de leur longueur et le cas échéant de leur régime de desserte et de la ponctualité horaire souhaitée (capacité d'absorption d'un retard). Ceci renvoie à la notion de « capacité ferroviaire », notion plus large, abordée dans le paragraphe suivant.

##### Cas du BAL à 3 indications (VL, A, S) (idem ERTMS-1)

Le temps de block séparant deux trains en BAL à 3 indications – (VL, A, S) - est donnée par la formule suivante :

$INT = (2C + L)/V + D/V$  dans laquelle :

- 2C = la plus grande longueur (en mètres) de deux cantons successifs sur la section de ligne considérée
- L = la longueur du premier train, variable selon sa catégorie,
- V = la vitesse de circulation du premier train
- $D/V=K_{hi}$  = Un temps forfaitaire pour la visibilité du signal à voie libre (35 s)

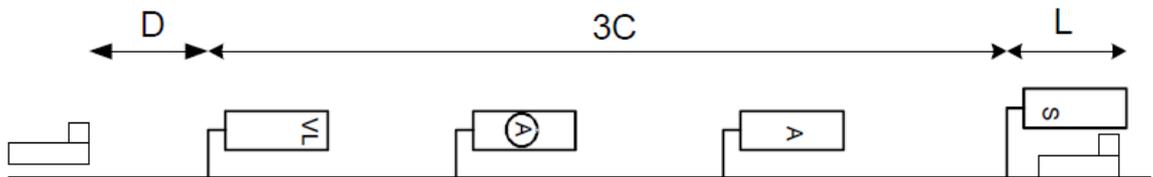


##### Cas du BAL à 4 indications (VL, A cli, A, S)

Dans ce cas, la formule devient :  $INT = (3C + L)/V + K_{hi}$  dans laquelle 3 C est la plus grande longueur de 3 cantons successifs.

Elle montre que la signalisation avec feu jaune clignotant systématique, ne donne un débit meilleur que si la longueur de 3 cantons successifs d'un BAL à 4 indications est inférieure à la longueur de 2 cantons successifs d'un BAL à 3 indications. Le rapprochement des formules montre également que la mise en œuvre d'un feu

jaune clignotant sur les panneaux qui n'en étaient pas pourvus, si elle permet d'accroître les vitesses sans modifier l'implantation des signaux, a, par contre, l'inconvénient d'accroître la distance minimum entre les trains.

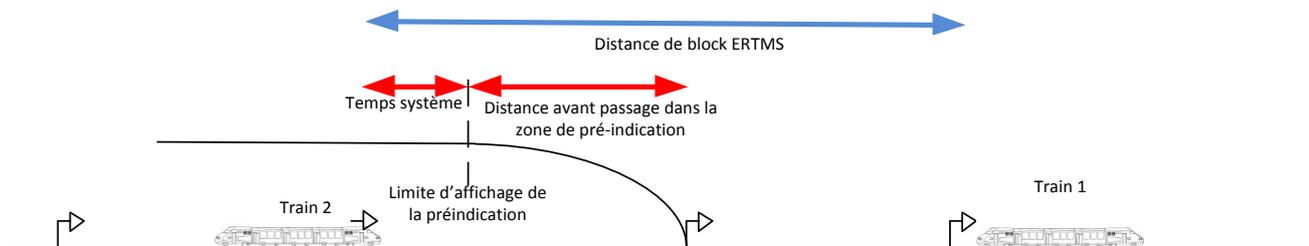


### Cas de l'ERTMS-2

En ERTMS niveau 2, la présentation de l'avertissement ne se fait plus par un signal en « campagne » mais directement en cabine, en fonction de la position du train précédent. La longueur d'un canton est alors indépendante des distances de freinage : les cantons peuvent être courts. L'espacement minimal entre 2 trains correspond dans ce cas à  $INT = (C + L)/V + F$  dans laquelle :

- C = la plus grande longueur (en mètres) d'un canton sur la section de ligne considérée
- L = la longueur du premier train, variable selon sa catégorie,
- V = la vitesse de circulation du premier train
- F = La distance de freinage du second train + les marges de sécurité du système

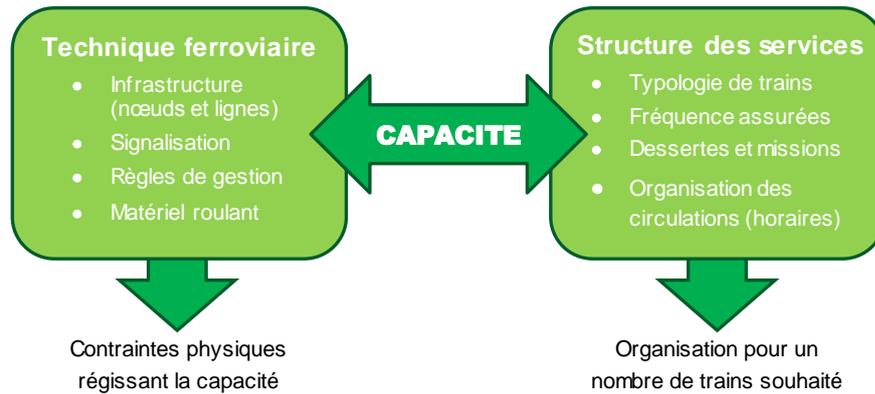
L'ERTMS-2 permet donc un distancement des circulations beaucoup plus faible.



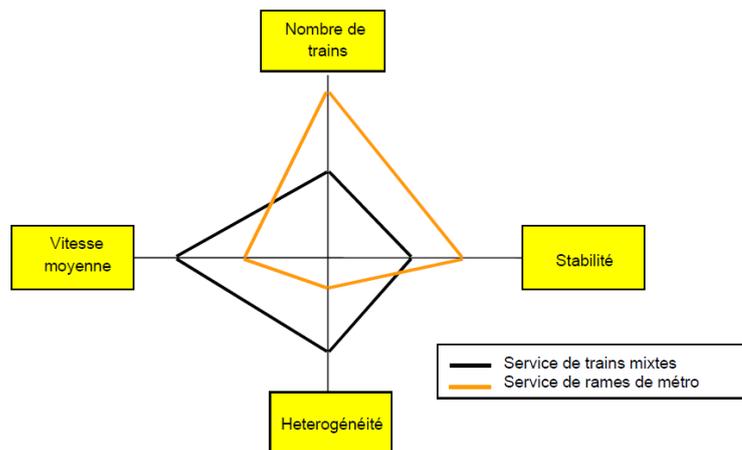
## 3.2 Le concept de capacité

La capacité d'une ligne correspond au nombre maximum de trains susceptibles de circuler sur cette infrastructure, pendant un intervalle de temps donné et dans des conditions données d'exploitation<sup>1</sup>. Cette capacité dépend de paramètres physiques (consistance de l'infrastructure, signalisation, matériel roulant, ...) et de l'usage qui est fait de la ligne (structuration des services, niveau de ponctualité exigé).

<sup>1</sup> Définition EPFL Lausanne



La capacité d'une infrastructure évolue en fonction des interactions résultant de la variation : du **nombre de trains**, de l'**hétérogénéité**, de la **vitesse moyenne de circulation** et de la **stabilité** du système<sup>2</sup>. Le schéma ci-après caractérise, à titre d'illustration, la capacité pour différents systèmes : de type ferroviaire mixte (noir) et de type métro (orange).



Equilibre de capacité (Source : *La Capacité*, Fiche UIC 406, 2004)

Le service de type métro présente une capacité (nombre de trains) supérieure au système ferroviaire mixte, mais il présente aussi des caractéristiques différentes : faible hétérogénéité, vitesse moyenne faible et forte stabilité.

### 3.3 Tour d'horizon

Dans un premier temps, nous avons identifié plusieurs lignes ferroviaires à double voie, si possible situées à proximité de nœuds ferroviaires importants. Sur la base d'une recherche bibliographique, nous avons déterminé, pour chaque section de ligne, les capacités observées et leur niveau de mixité. Ce tour d'horizon permet d'identifier les capacités exploitables en fonction du niveau de mixité de service (voyageur / fret) et les cas les plus adaptés à approfondir dans le cadre du présent benchmark.

<sup>2</sup> Fiche UIC 406



Le tableau ci-dessous permet de confronter les résultats de la recherche (à l'heure de pointe) :

Ligne/Section	Localisation	Trains par heure par direction	Mixité	Type de services				
				TAGV	Intercité	Régio	RER	Fret
Nice - Antibes	France	7		2	2	3		
Paris Nord - Creil	France	8		2	2	3		1*
Western main line ( <i>Alingsås - Göteborg</i> )	Suède	8		1		1	3	3
Rugby - Birmingham	Angleterre	8			3	4		1
Karlsruhe - Basel	Allemagne	8		2	2	1		3
East coast main line ( <i>Peterborough - Doncaster</i> )	Angleterre	9		4		1		4
NFL : St Clair - Part Dieu (V2bis)	France	9		2	0.5	4		2.5
Utrecht - Den Bosch	Pays Bas	10			4	4		2
Mannheim - Frankfurt	Allemagne	10			3	1	2	4
Moirans - Grenoble	France	10		1	4	5		
NFL : St Clair - Part Dieu (V2)	France	10		3	1	6		
Paris - Lyon	France	12		12				
La Haye - Rotterdam	Pays Bas	12		1	7	4		1*
Groupe V ( <i>Paris St Lazare - Sartrouville</i> )	France	14			6	2	6	
Bruxelles Midi	Belgique	15						
Sants - Passeig de Gracia	Barcelone, Espagne	16			2	4	10	
Sants - Plaça Catalunya	Barcelone, Espagne	19					19	
North Shore	Sydney, Australie	19					19	
Berlin S Bahn ( <i>Brandenburger - Friedrichstr</i> )	Berlin, Allemagne	22					22	
Munich S Bahn	Munich, Allemagne	28					28	
RER A	Paris, France	30					30	

■ = Pas de mixité ; ■ = Mixité Voyageurs ; ■ = Mixité Voyageurs et Fret

\* Sillon fret intégré ponctuellement dans la grille horaire

Sur la base de ce premier tour d'horizon, qui balaye des cas d'infrastructures à double voie présentant des capacités entre 7 et 30 trains par heure et par sens, on constate l'émergence de trois familles distinctes :

- Les lignes comprenant une forte mixité de service, entre 3 et 4 types de services différents, fret et voyageur, et dont la capacité est comprise entre 7 et 10 trains par heure et par sens,
- Les lignes comprenant une mixité de services plus modérée – 3 types de services différents et sans fret, présentant une capacité comprise entre 10 et 16 trains par heure et par sens,
- Les lignes sans mixité, avec des capacités horaires très fortes, comprises entre 17 et 30 trains par heure et par sens. Il s'agit essentiellement de lignes dédiées exclusivement aux services périurbains.

**D'autre part, force est de constater qu'il n'y a pas de section avec une capacité supérieure à 10 train par heure et par sens et une mixité de service voyageurs et fret comme ce qui pourrait être le cas pour le NFL tant que le CFAL n'est pas réalisé.**



### 3.4 Choix des cas à approfondir

Sur la base du tour d'horizon, les cas sélectionnés pour la suite sont ceux présentant des caractéristiques de capacité et mixité s'approchant au mieux des objectifs du benchmark (mixité de service importante et une capacité supérieure ou égale à 12 trains par heure et par sens). Les cas qui répondent au mieux à ces exigences sont :

- France : **Paris Groupe V** (Paris Saint-Lazare / Mantes-la-Jolie), section de ligne Paris Saint-Lazare - Sartrouville,
- Bruxelles : jonction Nord-Midi,
- Pays Bas : ligne **La Haye - Rotterdam**, section de ligne Rijswijk - Schiedam Central,
- Espagne : **Barcelone**, section de ligne **Sants - Passeig de Gracia**.

Il a également été souhaité d'étudier un cas présentant de la mixité fret et voyageur. Parmi les cas analysés, celui qui présente la plus forte capacité (10 trains par heure et par sens) dans ces conditions est :

- Pays Bas : section de ligne **Utrecht - Den Bosch**.

## 4 Etude de cas

L'étude de cas présente une description complète du système et des éléments permettant d'atteindre cette capacité (consistance de l'infrastructure, type de signalisation, type de circulations, type de matériel, mixité de matériel, capacité de l'infrastructure,...). La stabilité de l'horaire est un facteur important à prendre en considération lorsque l'on traite de la capacité d'une infrastructure, car elle reflète la « qualité » de cette capacité. Néanmoins, l'obtention de données relatives à la régularité est difficile car la définition, la mesure et le niveau de la régularité souhaité dépendent de chaque opérateur et/ou autorité organisatrice, et il s'agit souvent de données sensibles. Il n'a pas été possible de fournir des éléments relatifs à la régularité pour tous les cas d'étude traités.

### 4.1 France : Groupe V – Paris Saint-Lazare - Houilles Carrières-sur-Seine

La ligne ferroviaire Paris Saint-Lazare - Mantes-la-Jolie, plus connue sous le nom du Groupe V, est une des artères ferroviaires de la région parisienne, qui sert à la fois à la desserte périurbaine, et également aux circulations de grandes lignes et de trains de marchandises en direction/provenance du Nord-Ouest (trains Normands).

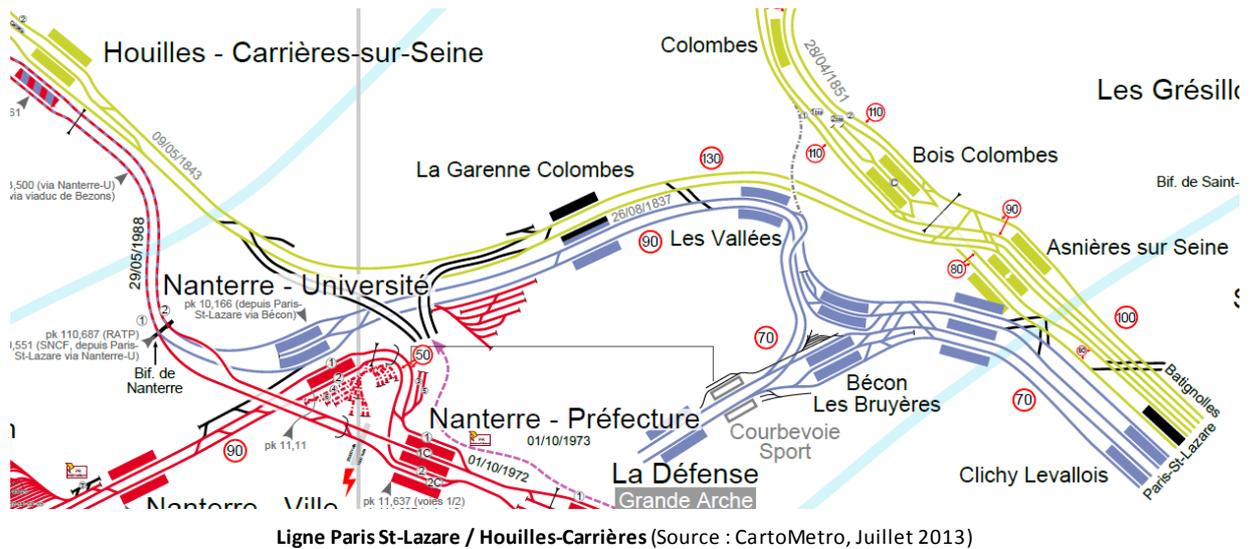
L'analyse devant porter sur une ligne à double voie, l'étude de cas est centrée sur la section Paris Saint-Lazare - Houilles Carrières-sur-Seine, la section avale entre Sartrouville et Mantes-la-Jolie disposant de plusieurs possibilités de dépassements (en gare ou sections à 3 ou 4 voies). La section étudiée est longue de 12 km environ.

	Groupe V Paris Saint-Lazare / Sartrouville
Nombre de voie	2
Longueur de la section	≈ 12,1 km
Nombre de gares intermédiaires	0
Type de signalisation	BAL
Vitesses limites	30 à 130 km/h
Types de circulation	Intercité / Régional / RER
Nb de circulations HP (t/h/s)	14
Vitesses Max MR	90 à 200 km/h
Espacement	≥ 120 – 3' 100 – 4' ≤ 90/80 – 5'

Ligne ferroviaire Paris St-Lazare / Houilles Carrières,  
Tableau récapitulatif

Il arrive que les voies du groupe V longent à plusieurs reprises les voies d'autres groupes, en particulier au niveau de Nanterre La Folie. Toutefois les circulations restent affectées à leur voie, circulant ainsi toujours sur deux voies.

Il existe un cisaillement au niveau de la bifurcation de Bezons (en direction de La Folie PK 10,7) mais qui n'impacte pas, a priori, les circulations pendant l'heure de pointe.



Les limitations de vitesses sur cette section sont comprises entre 30 et 130 km/h :

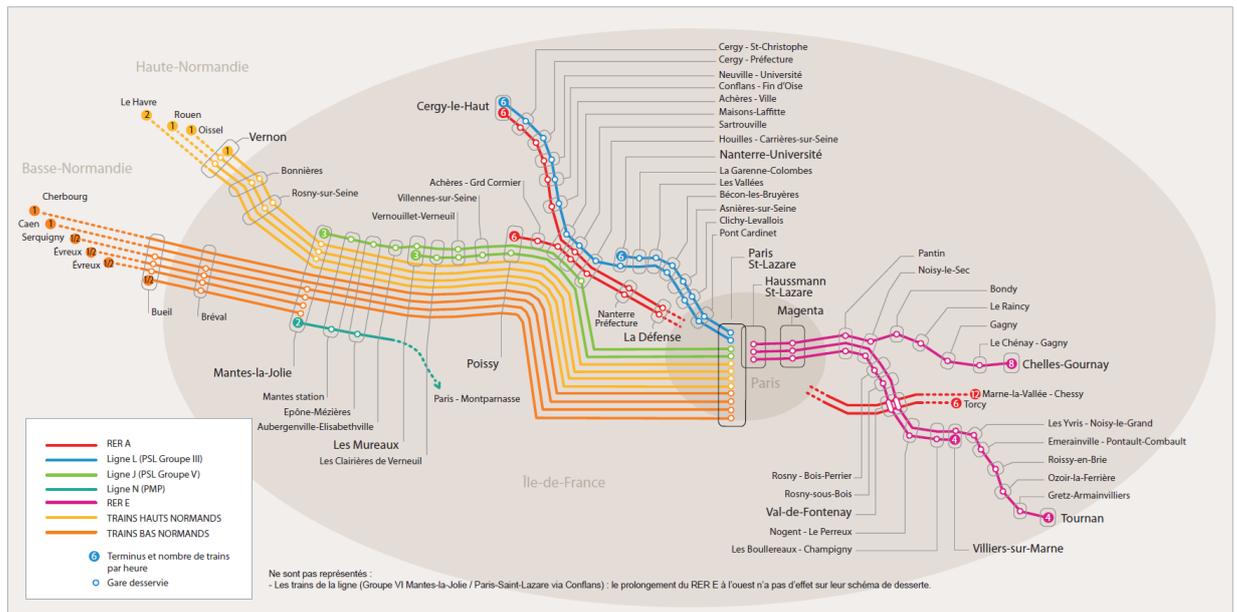
De (PK)	À (PK)	Vitesse Limite (km/h)	
		Sens impair (Paris / Mante)	Sens Pair (Mante / Paris)
Paris-Saint-Lazare (PK 0,0)	Potence A5 (PK 0,5)	30	30
Potence A5 (PK 0,5)	Portique B (PK 2,1)	70	60
Portique B (PK 2,1)	Portique C (PK 3,7)	70	70
Portique C (PK 3,7)	Pancarte (PK 5,3)	80	100
Pancarte (PK 5,3)	Sartrouville (PK 12,7)	130	130

La section est équipée de signalisation de type BAL et permet un espacement des circulations optimisé, avec des normes de tracées à 3 minutes pour les trains rapides (cf. tableau récapitulatif).

La grille d'exploitation à l'heure de pointe (mise en place en 2013) est une trame au quart d'heure comptant près de 14 sillons par heure et par sens, répartis de la manière suivante :

- 4 trains normands de type Intercité (2 Le Havre, 1 Cherbourg et 1 Caen, tous sans arrêt à Mantes-la-Jolie),
- 4 trains normands de type TER (1 Rouen, 1 Oissel, 1 Vernon, 1 Evreux/Serquigny),
- 6 trains Transiliens de type RER (3 Mantes-la-Jolie, 3 Les Mureaux).

La politique d'arrêt de circulations voyageurs sur cette section est homogène entre les différents types de services (pas d'arrêt).



**Groupe V - Circulations actuelles à l'heure de pointe** (Source : EOLE, prolongement RER E à l'ouest)

L'infrastructure du Groupe V est transitée par des trains de marchandises à la fois générés par les industries locales et surtout des trafics en transit. Toutefois ces circulations n'empruntent pas la section étudiée :

- les circulations de transit circulent en direction / provenance de la Grande Ceinture et sont donc amenées à bifurquer avant Sartrouville,
- d'autre part, les circulations frets générées par les industries locales étant amenées à emprunter cette section circulent en dehors des heures de pointes (en particulier la nuit).

Sur la section, différents matériels roulants sont utilisés. Tous ces matériels peuvent atteindre la vitesse maximale de circulation sur la section étudiée :

- Pour le Transilien (ligne J)
  - Locomotive BB17000 + rames réversibles RIB (Vmax 90-140 km/h),
  - Locomotives 27300 + rames réversibles VB 2N (Vmax 140 km/h),
  - Rames Francilien Z 50000 (Vmax 140 km/h),
  - Rames Z 205000 (Vmax 140 km/h),
- Pour les circulations Normandes
  - Locomotive BB15000 (Vmax 160 km/h),
  - Locomotive BB16000 (Vmax 160 km/h),
  - Locomotive BB26000 (Vmax 200 km/h).



Cette section dispose d'une capacité importante de 14 sillons par heure et par sens. Celle-ci est atteinte grâce à une signalisation performante et une homogénéité forte des circulations voyageurs (différents types de services mais même politique d'arrêts et vitesses de circulation identiques sur la section).

En ce qui concerne la régularité des circulations sur le Groupe V, nous n'avons pas trouvé d'informations spécifiques à la section, toutefois les chiffres de régularité sur l'ensemble du Groupe V font état d'un niveau de régularité de l'ordre de 85% entre 2007 et 2010 mais reste en deçà de l'objectif fixé par le STIF (94%).

#### Évolution de la régularité du Groupe V

	2007	2008	2009	2010	1 <sup>er</sup> sem 2011
Taux de régularité	86,6 %	89,0 %	83,8 %	87,8 %	91,3 %
Objectif STIF	94,0 %	94,0 %	94,0 %	94,0 %	94,0 %

*Pourcentage de trains avec plus de 5 mn de retard à l'arrivée en période de pointe*

**Evolution de la régularité du Groupe V**  
(Source : EOLE, prolongement RER E à l'ouest)

## 4.1 Belgique : Jonction nord-midi

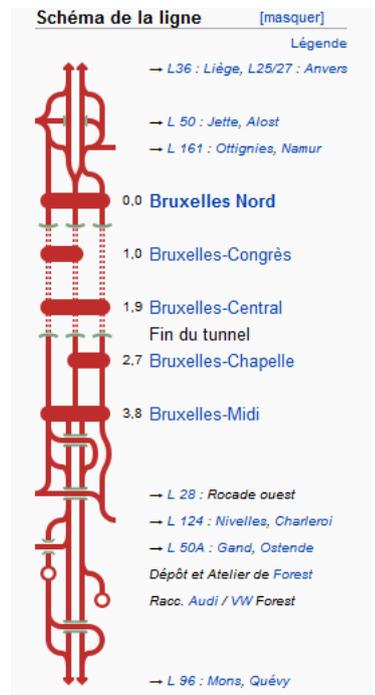
La jonction Nord-Midi entre Bruxelles nord et Bruxelles midi est composée de 3 doublets de voies (pertuis) exploités comme trois lignes indépendantes sur 4 km environ. La section comporte 5 gares : Bruxelles nord, Bruxelles Congrès, Bruxelles Central, Bruxelles Chapelle, Bruxelles Midi :

- Bruxelles-Midi : nœud principal du réseau Belge; trafic national et international; 2ème gare du réseau (45.000 voyageurs/jour)
- Bruxelles-Chapelle : 1 train/h (desserte locale)
- Bruxelles-Central : gare la plus importante du réseau (en nombre de voyageurs: 72.000 voyageurs/jour)
- Bruxelles-Congrès : 3 trains/h + trains P (desserte locale)
- Bruxelles-Nord : 4ème gare du réseau (41.000 voyageurs/jour)

La section est parcourue par du trafic voyageur régional, national et international. En heure de pointe, le trafic atteint 90 trains par heure environ, soit 15 trains par heure et par sens. Le doublet de ligne le plus chargé atteint 16 trains par heure et par sens. Pour les trains qui s'arrêtent en gare de Bruxelles-Central, le temps d'arrêt en gare est de 1 min. Les temps d'arrêt à Bruxelles-Midi et Bruxelles-Nord sont de 2 min pour la plupart des trains (exception des trains internationaux qui s'arrêtent 5 min).

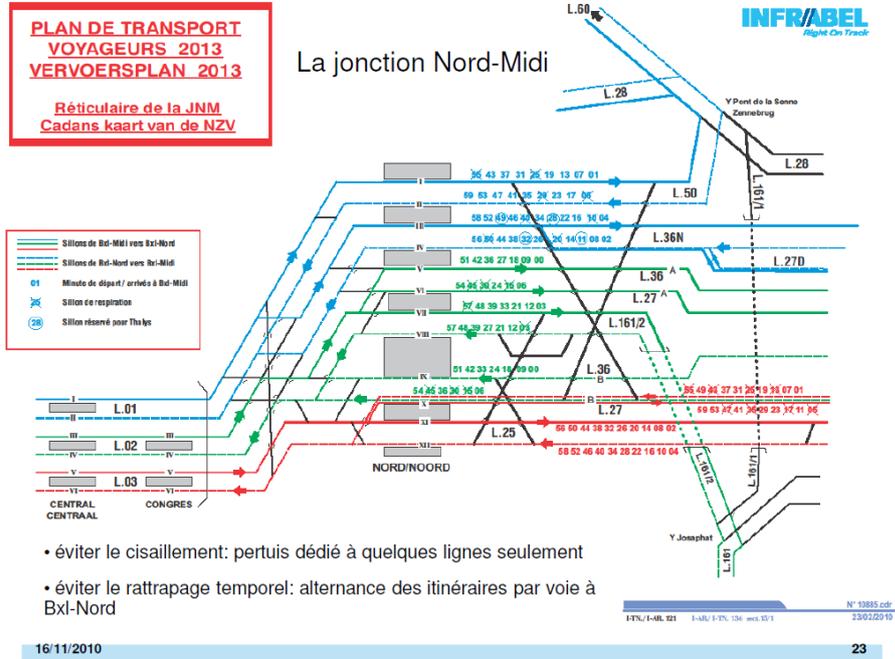
L'espacement entre les trains est de 3 min avec un **block à 1,5 min et des cantons de 250 m**. L'exploitation est organisée de manière à ménager un sillon de respiration tous les 4 sillons. La vitesse est limitée à 50 km/h.

L'exploitation de la section est contrainte par l'impossibilité actuelle d'avoir des itinéraires totalement indépendants. Des projets sont en cours pour améliorer l'indépendance des itinéraires : création de saut de mouton.

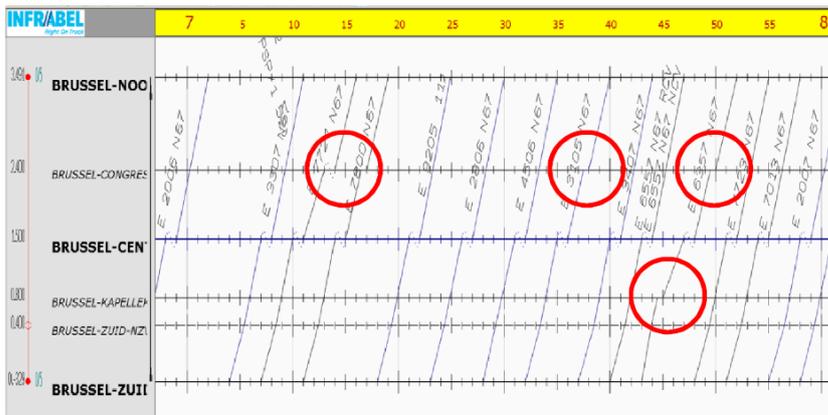


Belgique	
Jonction Nord-Sud Bruxelles	
Nombre de voie	6
Longueur de la section	≈ 3,8 km
Nombre de gares intermédiaires	3
Type de signalisation	BAL
Vitesses limites	50 km/h
Types de circulation	TGV / Intercité / Régional / RER
Nb de circulations HP (t/h/s)	15
Vitesses Max MR	
Espacement	3'

**Organisation de l'exploitation de la jonction Nord-Midi**  
 (Source : Infrabel, Novembre 2010)



- éviter le cisaillement: pertuis dédié à quelques lignes seulement
- éviter le rattrapage temporel: alternance des itinéraires par voie à Bxl-Nord



Arrêts à Bxl-Congrès  
 Chapelle – voie 5

## 4.2 Pays-Bas : La Haye - Rotterdam

La ligne ferroviaire Utrecht - Amsterdam - La Haye - Rotterdam connecte les principales villes de la Randstad, conurbation des Pays-Bas comptant plus de 7 millions d'habitants.

La capacité de cette ligne est limitée d'une part par la présence d'une double voie entre Rijswijk et Schiedam Central, véritable goulet d'étranglement des circulations, et d'autre part par une mixité de circulation importante.

De ce fait, l'étude de cas est ciblée sur la section La Haye - Rotterdam, et plus particulièrement entre les gares de Rijswijk et Schiedam Central qui correspond à une section de voie double longue de près de 10km et comprenant 2 gares intermédiaires (Delft et Delft Zuid – 2 voies à quai).

La section est équipée de signalisation de type BAL. Les longueurs des cantons sont comprises entre 400m et 1800m avec une longueur moyenne de 1200 mètres environ. Nous n'avons pas trouvé le niveau d'espacement permis par la signalisation, toutefois le tableau horaire prévoit des départs successifs espacés de 2 minutes.

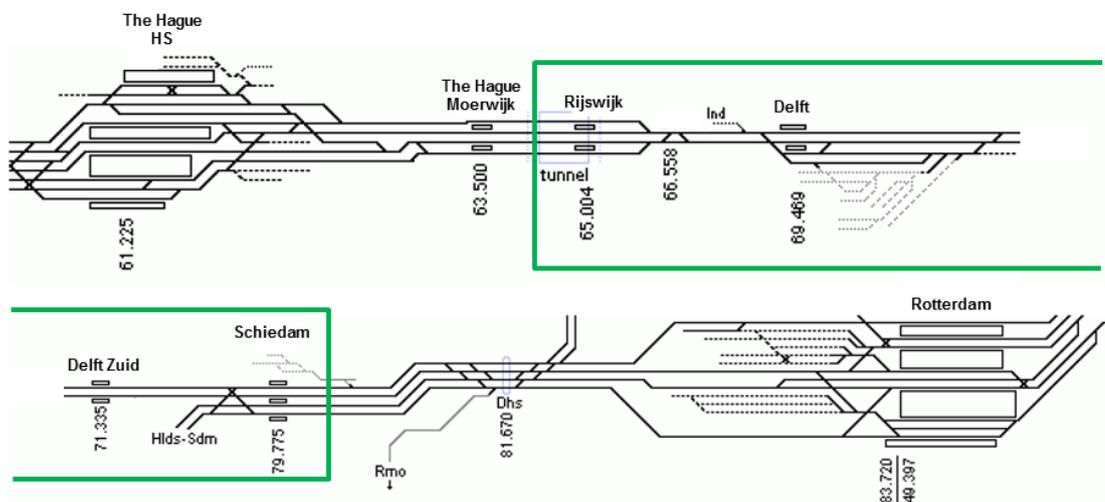
Les limitations de vitesses sont définies par le système de signalisation en place et sont comprises entre 40 et 140 km/h.

	Pays-Bas
	Rijswijk / Schiedam Central
Nombre de voie	2
Longueur de la section	≈ 10 km
Nombre de gares intermédiaires	2
Type de signalisation	Equivalent BAL
Vitesses limites	40 à 140 km/h
Types de circulation	LGV / Intercité / Régional / (Fret)
Nb de circulations HP (t/h/s)	12 / (13)
Vitesses Max MR	140 à 320 km/h
Espacement	

Ligne ferroviaire La Haye / Rotterdam, Tableau récapitulatif



Tracé de la Ligne Ferroviaire La Haye – Rotterdam (Source : SMIT, M. January 2010)



Tracé de la Ligne Ferroviaire La Haye – Rotterdam (Source : CRESPO FARRAS, I. Septembre 2005)

La grille horaire telle qu'elle est exploitée actuellement offre une capacité de 12 sillons par heure et par sens, avec un taux d'occupation par voie avoisinant les 90% et une hétérogénéité des circulations importante (types de services et politique d'arrêts) :

- 1 ligne à grande vitesse (liaison Amsterdam-Paris Nord),
- 1 train type grande ligne (liaison Amsterdam/Bruxelles),
- 6 services intercités (dont deux dits « Express »),
- 4 trains régionaux (2 Leiden-Dordrecht, 2 La Haye-Roosendaal).

Les temps d'arrêts aux stations sont compris entre 36s pour les gares de Rijswijk et Delft Zuid et 60s pour les gares de Delft et Shildam.

Du fait de l'existence de lignes alternatives moins chargées, peu de trains de fret sont intégrés au schéma de desserte de cette ligne. Ceux qui n'avaient pas d'autre option que d'emprunter cet itinéraire sont programmés en dehors des heures de pointe (durant la nuit ou ponctuellement pendant la journée). Il peut donc arriver qu'un train fret soit intercalé parmi les trains voyageurs en heure de pointe, mais ce cas de figure reste très marginal. On ne peut donc pas considérer que cette section de ligne intègre du fret dans sa grille horaire.

Sur la section, différents matériels roulants sont utilisés. Tous ces matériels peuvent atteindre la vitesse maximale de circulation sur la section étudiée :

Nom du MR	Poids (tonnes)	Longueur (m)	Vitesse maximale (km/h)	Décélération (m/s <sup>2</sup> )
1600/1800	412	202	160	0,66
Thalys	416	200	320	0,66
IRM6+ / IRM4+	722 / 596	266	160	0,66
Mddm	500	200	140	0,66
Plan V	208	104	140	0,66

Cette section dispose d'une capacité importante de 12 sillons par heure et par sens, d'autant plus si l'on tient compte de l'importante hétérogénéité des circulations présentes sur cette section (tant sur le type de service et de matériel que sur la politique d'arrêt). Celle-ci est atteinte grâce à une signalisation performante, permettant des espacements optimisés.

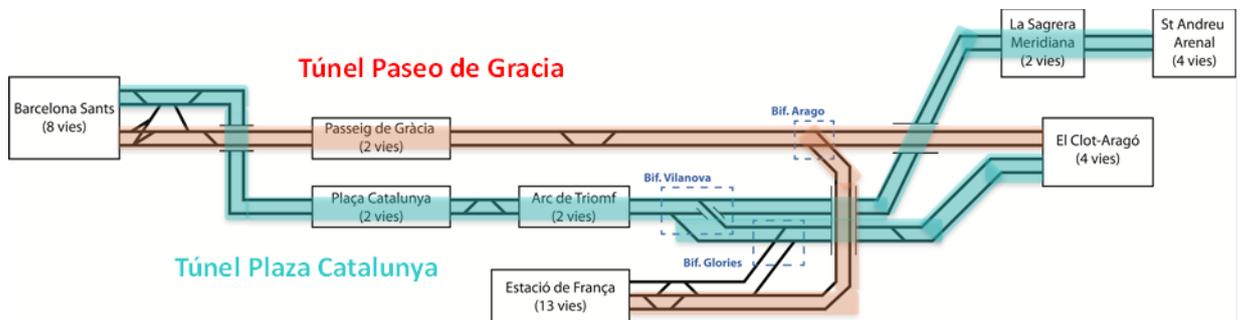
### 4.3 Barcelone : Sants – Passeig de Gracia

Les différentes lignes ferroviaires autour de Barcelone convergent en deux tunnels distincts, qui concentrent l'ensemble du trafic ferroviaire desservant la ville, hors grande vitesse. Ces deux tunnels, physiquement indépendants et composés chacun d'une double voie, voient circuler 16 et 19 trains par heure et par sens à l'heure de pointe.



Ligne ferroviaire Utrecht : Den Bosch,

- Tunnel 1 : Barcelona Sants – Passeig de Gracia
- Tunnel 2 : Barcelona Sants – Plaza Catalunya



Le tunnel le plus chargé (tunnel 2 : Sants – Plaza Catalunya) n'est emprunté que par des services périurbains et ne présente pas de mixité (même vitesse de circulation, même politique d'arrêt, même matériel roulant), raison pour laquelle il n'a pas été retenu pour le benchmark.

L'autre tunnel (tunnel 1 : Sants – Passeig de Gracia) accueille différents types de services : périurbains, régionaux, moyenne distance et quelques grandes lignes C'est ce deuxième tunnel (section Barcelona Sants –

bifurcation Arago), d'une longueur de 4 kilomètres environ, qui est étudié dans le cas du présent benchmark. Cette section comprend une gare intermédiaire, la gare de Passeig de Gracia.

La vitesse maximale de circulation est de 60 km/h.

La section est équipée de signalisation de type BAL, avec des cantons courts, dont la leur longueur est comprise entre 400m et 1000m. L'espacement des trains sur la section est compris entre 2'30" et 3'.

Barcelone Sants / Passeig de Gracia	
Nombre de voie	2
Longueur de la section	≈ 4 km
Nombre de gares intermédiaires	1
Type de signalisation	Type BAL
Vitesses limites	30 à 60 km/h
Types de circulation	Intercité / Régional / RER
Nb de circulations HP (t/h/s)	16
Vitesses Max MR	120 ou 250 km/h selon le matériel
Espacement	entre 2'30" et 3'

Ligne ferroviaire Barcelona Sants / Passeig de Gracia,  
Tableau récapitulatif

Le tunnel de Sants – Passeig de Gracia peut accueillir jusqu'à **16 trains par heure et par sens** (9h-10h, sens Passeig de Gracia → Sants, grille horaire 2014), qui se décomposent comme suit :

- 10 trains périurbains (lignes R2, R2S et R2N),
- 3 trains régionaux (lignes R11, R15 et R16),
- 1 train moyenne distance (ligne R11),
- 2 trains longue distance (1 Euromed Barcelona → Alicante et 1 Talgo Barcelona → Séville).

La circulation des trains longue distance reste ponctuelle à l'heure de pointe, la plupart des services longue distance circulant en heure creuse.

Les trains périurbains, régionaux et moyenne distance desservent tous la gare de Passeig de Gracia (1 minute d'arrêt, seulement 2 voies à quai), alors que les trains longue distance n'y marquent pas l'arrêt.

Les trains longue distance sont tous origine / terminus la gare de Estacio de França. Pour accéder à cette gare, il est nécessaire d'emprunter une bifurcation à niveau, ce qui génère des cisaillements, source de perturbations.

En heure de pointe, cette bifurcation n'est empruntée que ponctuellement.

Différents types de matériel roulant circulent sur la section :

- Périurbain : 447 et Civia (v max 120 km/h)
- Régional : 470 et 448 (v max 140 et 160 km/h respectivement)
- Moyenne distance : 449 (v max 160 km/h)
- Longue distance : Série 130 de Renfe (ou Talgo 250), apte à 250 km/h, pour le service Euromed et Talgo V ou Talgo VI pour le service Talgo.

Les matériel périurbains, régionaux et moyenne distance, bien que différents, présentent des performances similaires. Ce n'est pas le cas pour les trains de longue distance, en particulier la Série 130, qui est un matériel à grande vitesse.



Sur la section d'étude, tous les trains circulent à la même vitesse (vitesse maximale de circulation de 60 km/h). De ce point de vue, il y a peu d'hétérogénéité entre les services, cependant, on peut souligner : la cohabitation de différents types de services (périurbains, régionaux, moyenne distance et longue distance), une politique d'arrêt différente et la présence de différents matériels roulants.

Aujourd'hui, le tunnel de Passeig de Gracia est considéré comme saturé : les retards sont fréquents et il est impossible d'ajouter des services supplémentaires. Pour améliorer la capacité, plusieurs pistes sont explorées : redécoupage des cantons, report des trains longue distance sur une autre infrastructure pour gagner en homogénéité (matériel roulant, politique d'arrêt) et pour supprimer les cisaillements à niveau (au niveau de la bifurcation Arago).

Cette section dispose d'une capacité importante de 16 sillons par heure et par sens, grâce à une signalisation plutôt performante et une vitesse de circulation peu élevée

#### 4.4 Pays-Bas : Utrecht – Den Bosch

La section de ligne Utrecht - Den Bosch est située sur la ligne ferroviaire Utrecht - Amsterdam - La Haye - Rotterdam, soit la même ligne ferroviaire que le cas 2.

La gare d'Utrecht, située au cœur du pays, est l'une des plus importantes des Pays-Bas et est considérée comme le centre névralgique du réseau de la Nederlandse Spoorwegen, la compagnie nationale des transports ferroviaires :

- 1<sup>ère</sup> gare du pays en termes de correspondance,
- 2<sup>ème</sup> gare du pays en volume de passagers.

De ce fait, elle constitue un nœud ferroviaire important devant composer avec des circulations voyageurs à destination / en provenance de toutes les directions du pays (Eindhoven, Maastricht, Rotterdam, La Haye, Amsterdam) et au-delà des frontières (Allemagne, Danemark, Russie, Suisse, République Tchèque) ainsi que des circulations frets en direction de l'Allemagne.

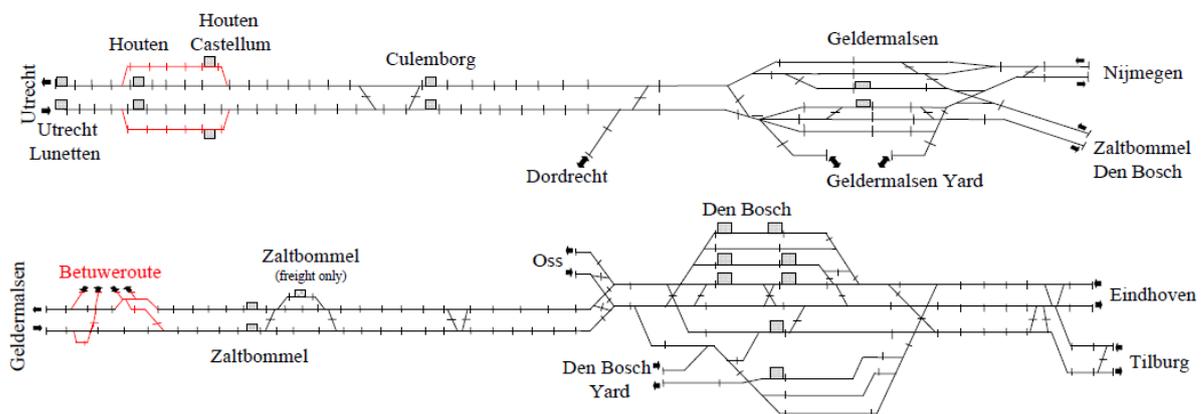
La section Utrecht / Den Bosch, longue de près de 40 km, compte 6 gares intermédiaires, dont la gare de Geldermalsen, située à mi-chemin sur la section et autorisant des dépassements.

Pays-Bas	
Utrecht / Den Bosch	
Nombre de voie	2
Longueur de la section	≈ 40 km
Nombre de gares intermédiaires	6
Type de signalisation	BAL + ATP
Vitesses limites	
Types de circulation	Intercité / Régional / Fret
Nb de circulations HP (t/h/s)	10
Vitesses Max MR	80 à 160 km/h
Espacement	

Ligne ferroviaire Utrecht : Den Bosch, Tableau récapitulatif



Localisation de la ville d'Utrecht  
(Source : Wikipedia)

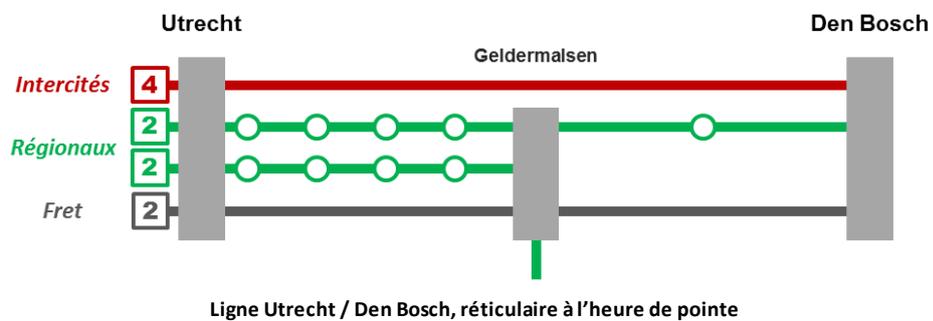


Ligne Utrecht / Den Bosch, Plan de voie (Source : HANSEN, A.I., Septembre 2009)

Le système de signalisation utilisé sur cette section est un système de type BAL. Dans l'article de GOVERDE, CORMAN et D'ADRIANO, on constate que l'espacement minimum observé sur la section Utrecht – Geldermalsen est compris entre 1'24'' et 3'07'' selon l'enchaînement des circulations concernées (Fret – IC – Régionaux) et sur la section Geldermalsen – Den Bosch, il est compris entre 1'42'' et 3'34''.

La grille horaire sur cette section comprend 10 sillons par heure et par sens (tableau horaire de 2011) et est caractérisée par une hétérogénéité des circulations assez importante comprenant des services voyageurs et frets et des politiques d'arrêts et des vitesses de circulation différentes :

- 4 Intercités (IC), reliant directement Utrecht à Den Bosch sans arrêts aux gares intermédiaires,
- 4 Régionaux, appelés « Sprinter », s'arrêtant à toutes les gares entre Utrecht et Geldermalsen, puis se séparant après cette gare avec deux régionaux poursuivant jusqu'à Den Bosch avec un autre arrêt intermédiaire, et deux régionaux divergeant vers un autre corridor,
- 2 trains de fret, l'un traversant la section de Utrecht - Den Bosch sans aucun arrêt, l'autre effectuant un arrêt au niveau de l'évitement situé en gare de Geldermalsen pour permettre le dépassement d'un train voyageur.



Les temps d'arrêt aux gares sont de 2 minutes pour les gares d'Utrecht et Den Bosch, 1 minute pour la gare de Geldermalsen, et 24 secondes pour les autres gares.

Les matériels roulant utilisés pour ces circulations voyageurs sont les suivants :

- Locomotives VIRM-IV, utilisées pour les circulations IC ( $V_{max}$  140km/h),
- Locomotives SLT, utilisées pour les circulations régionales ( $V_{max}$  160 km/h),
- Pas de détails sur le type de matériel utilisé pour les circulations fret, mais des informations sur la vitesse maximale pour ce type de circulations ( $V_{max}$  80 km/h).

Cette section Utrecht – Den Bosch possède une capacité de 10 sillons par heure et par sens. Il s'agit d'une capacité élevée, compte-tenu du degré d'hétérogénéité de la section (présence de 2 trains de fret par heure et par sens, politique d'arrêt différente)

## 5 Analyse sommaire de la reproductibilité sur le NFL

### 5.1 Spécificité du NFL

Les spécificités du NFL ne permettent pas de faire une transposition directe :

- A St-Clair, 3 branches qui convergent sur 2 infrastructures, avec 3 points de cisaillement, fortement circulés
- Saut de mouton permettant le reclassement des circulations, mais générant des convergences (besoin de synchronisation de l'exploitation)
- Présence de la gare de la Part-Dieu avec de nombreuses contraintes et spécificités :
  - Mouvements en avant-gare complexes (multiplicité d'itinéraires) ne permettant pas toujours la séparation des flux en gare (pas de tubes étanches), ce qui favorise la contagion des retards .
  - Contraintes d'attache horaire pour certains trains (rendez-vous),
  - Circulation terminus avec mouvement de remisage en avant-gare, générant des circulations supplémentaires,
  - Temps de stationnement des trains en gare importants ce qui nécessite de nombreuses voies à quai.

### 5.2 Transposition possible

Les spécificités mentionnées ci-dessus font qu'il n'est pas possible de transposer directement certaines situations identifiées dans le benchmark au cas du NFL. Toutefois, certains enseignements et pistes d'améliorations peuvent être mis en exergue.

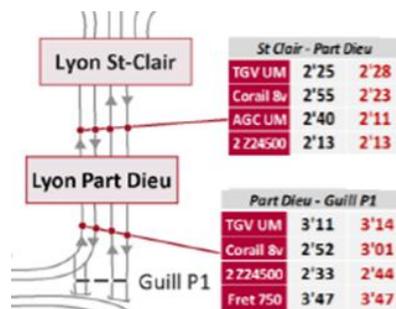
	NFL (Projet) Saint-Clair / Guilloitière	Groupe V Paris St-Lazare / Sartrouville	Pays-Bas Rijswijk / Schiedam Central	Barcelone Sants / Passeig de Gracia	Pays-Bas Utrecht / Den Bosch	Bruxelles Midi Jonction Nord- Sud Bruxelles
Longueur de la section	≈ 6 km	≈ 12,1 km	≈ 10 km	≈ 4 km	≈ 40 km	≈ 3,8 km
Nombre de gares intermédiaires	1	0	2	1	6	3
Types de circulation	LGV / Intercité / Régional / Fret (?)	Intercité / Régional / RER	LGV / Intercité / Régional / (Fret)	Grandes lignes / Régional / RER	Intercité / Régional / Fret	LGV / Intercité / Régional / RER
Capacité HP (t/h/s)	≥ 12 (souhait)	14	12 / (13)	16	10	15
Vitesses Max MR	160 à 320 km/h	90 à 200 km/h	140 à 320 km/h	120 à 250 km/h	80 à 160 km/h	
Type de signalisation	BAL	BAL	Equivalent BAL	Type BAL	BAL + ATP	BAL
Cantons			1200m (entre 400 et 1800)	600m (entre 400 et 1000)		
Vitesses limites	60 à 90 km/h	30 à 130 km/h	40 à 140 km/h	30 à 60 km/h		50 km/h
Espacement minimum	≥ 140 – 3' 120 – 4' ≤ 100 – 5' (norme de tracé)	≥ 120 – 3' 100 – 4' ≤ 90/80 – 5' (norme de tracé)	Intervalle minimum à 2 min dans les tableaux horaires	entre 2'30" et 3'	entre 1'30" à 3'30" (environ)	

Tableau récapitulatif des sections à double voie étudiées plus tôt

### Optimiser l'espace pour améliorer la capacité

Toutes les sections de ligne étudiées sont équipées de signalisation de type BAL. On constate cependant que pour les cas étudiés qui sont plus capacitaires que la section St-Clair - Guillotière, l'espace minimum entre deux circulations est meilleur (= plus faible) que sur la section St-Clair – Guillotière.

Lorsqu'on analyse en détail les temps de retour à voie libre (=espace minimal possible) sur la section St-Clair – Guillotière (cf. schéma ci-après), on constate un écart important entre les espacements minimums au nord et au sud de la Part-Dieu.



Temps de retour à voie libre sur St-Clair – Guillotière

(Extrait de l'étude Rail Concept - Nœud Ferroviaire Lyonnais

Analyse capacitaire détaillée des investissements - Horizons 2013 – 2020, Rail Concept)

En effet, au nord de la Part-Dieu, l'espace minimum est inférieur à 3', alors qu'au sud de la Part-Dieu, l'espace est de presque 4'.

**Ainsi, il apparaît évident qu'en améliorant la signalisation au sud de la Part-Dieu (faisabilité à vérifier), il serait possible d'homogénéiser la performance de la signalisation sur la section St-Clair – Guillotière et optimiser l'espace et la capacité de la section. C'est d'ailleurs l'objet du projet de passage à 3' d'espace à la traversée du NFL. Toutefois, cette évolution, ne semble pas de nature à permettre d'atteindre la capacité de 12 trains par heure et par sens souhaitée compte tenu de l'hétérogénéité des circulations et des contraintes horaires en gare de Part-Dieu : c'est l'objet de l'étude d'exploitation réalisée dans le dossier suivant.**

### Supprimer les cisaillements et exploiter en tubes

Les cisaillements à St Clair sont consommateurs de capacité et limitent les possibilités d'utilisation de l'infrastructure. Une idée serait donc de supprimer ces cisaillements pour exploiter les 4 voies de la section comme 2 double voies « étanches ». C'est l'objectif des infrastructures du scénario « 4 voies » proposé et étudié par la suite. Toutefois, les études montrent que ce principe théorique se décline difficilement en pratique du fait des contraintes d'exploitation en gare Part-Dieu.

### Avec du fret, une capacité toujours moindre...

Dans le cadre du présent benchmark, nous avons vu que les lignes transitées par des circulations voyageur et fret offrent une capacité moindre. La présence du fret est limitante pour la capacité pour 2 raisons :

- D'une part, pour une infrastructure donnée, la vitesse et la longueur des trains fret, conduit naturellement à un temps de retour à voie libre important derrière une circulation fret (cf 3.1) : à 60 km/h un train de 700 m de long, libère la voie 30 s plus tard qu'un train de 200 m de long.
- D'autre part, la présence de fret conditionne également la signalisation. En effet, une infrastructure fret comporte des longueurs de cantons plus importantes qu'une infrastructure purement voyageurs car la longueur des cantons dépend de la distance de freinage des matériels roulants (catégories de trains aptes à circuler sur la ligne).

FA12  
Distances minimales d'annonce avec transparence du KVB, des signaux d'arrêt  
en déclivité moyenne de 0 mm/m et pour une déclivité codée KVB de 0

Matériel rattaché	Type de train	Vitesse Limite														
		Préa(*)	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30
	Tous	1522	1522	1497	1497	1328	1298	1298	1298	1190	1015	828	740	695	513	331
fret	MA80 (pente caract. : 0 - 8)										1015	828	740	695	513	331
	MA90									1190	992	811	646	497	365	249
	MA100								1298	1104	924	758	607	470	348	239
	ME100								1037	876	727	591	468	358	261	176
	ME120						1267	1101	946	801	668	546	435	335	246	168
RIB-RIO sauf RIO60/88, X2100 à 4900, Z7100	AUT140-a				1480	1295	1122	961	812	680	559	449	351	264	189	124
	V120						1110	955	812	680	559	449	351	264	189	124
Z5300, Z6100, Z6300, Z6400, BEM550, RS1 sweg	AUT120-1000 (130-1170)					1226	1063	911	770	641	524	418	324	241	170	110
	ME140				1497	1328	1168	1017	877	746	624	512	410	318	235	162
RRR-RIO60/88	V140				1407	1236	1076	926	788	660	543	437	342	258	185	122
VB2N-VO2N-VR2N, Z2N ordinaires, X73500, X73900, X2100CFL, Z23500 (ter2N)	AUT140-1300				1300	1130	972	837	711	596	490	394	310	236	170	114
MVG	MV160		1482	1329	1184	1048	919	798	685	581	484	395	315	242	178	121
V2N, ETG-RTG, Talgo, NPZ, AM96	V160		1448	1256	1112	977	851	733	623	522	430	346	271	204	146	97
Z2, X72500, Z24500-26500 (ter2N NG), AGC	AUT160		1522	1358	1204	1058	921	794	676	567	467	377	295	223	160	106
ETR460	AUT200-1500	1500	1409	1256	1112	977	851	733	623	522	430	346	271	204	146	97
V200 4 ou 5V	V200-1500	1500	1409	1256	1112	977	851	733	623	522	430	346	271	204	146	97
V200 >=6V, Talgo VL200	V200-1400	1409	1409	1256	1112	977	851	733	623	522	430	346	271	204	146	97
Z21500 (Zter)	AUT200-1400	1409	1409	1256	1112	977	851	733	623	522	430	346	271	204	146	97
TGVA, R, D, TM, PSE	AUT220-1400	1409	1409	1256	1112	977	851	733	623	522	430	346	271	204	146	97
Z2N à freinage renforcé	AUT140-b				1162	1020	887	763	648	543	446	359	280	211	150	99
Z2500, Z8100	AUT140 KCVB-P				1080	931	796	667	551	446	353	270	198	138	88	50
Z22500 (MI2N)	AUT140-c				999	880	768	663	565	475	393	318	250	190	137	92
	(réservé)															

(\*) distance minimale entre un signal d'arrêt et son signal d'annonce préannoncé (A ou Acl), nécessaire pour les vitesses > 160 km/h

#### Extrait de l'IN 502 – Distances d'annonce des signaux et vitesse limite

Le tableau précédent illustre la longueur minimale des cantons, pour une déclivité nulle, en fonction des vitesses limites et des catégories de trains. On observe qu'en présence de **trains de fret** (type MA = marchandises ou ME = messageries, haut du tableau), la longueur minimale des cantons augmente. Par exemple, pour une vitesse limite de 100 km/h, si on n'a que des trains de voyageurs, la longueur minimale des cantons sera de 812 mètres, alors que si on admet du fret sur la ligne, cette longueur minimale passe à 1298 mètres.

Pour une même section de ligne (et une vitesse de circulation donnée), plus les cantons sont longs, plus l'espacement entre trains est important et plus la capacité est faible. On comprend alors que le fret imposant des cantons plus longs, **la capacité en présence de trains de fret sera toujours moindre que si l'on n'a que des trains de voyageurs.**

## 6 Conclusions

---

L'étude de cas du benchmark a montré **qu'il n'existe pas de section de ligne à double voie présentant de la mixité voyageurs et fret** avec une capacité supérieure à 12 sillons par heure et par sens.

On trouve des sections avec une capacité entre 12 et 15 sillons pour des sections de ligne à double voie, présentant de la mixité de services voyageurs, mais **sans gare de correspondance de la taille de la Part-Dieu**. En France le groupe V de St Lazare atteint 14 sillons par heure et par sens, mais la gare St Lazare est une gare terminus sans contrainte d'attache horaire pour des correspondances. D'autre part, le taux de régularité y est médiocre et l'amélioration de l'exploitation dans ce secteur est justement un des objectifs poursuivi par le projet « Paris-Normandie ». A l'international les voies très circulées sont des voies de transit avec des temps d'arrêt en gare très limités. Dans tous les cas, ces performances sont atteintes grâce à un système de signalisation performant avec des temps de block courts.

Pour améliorer la capacité de la section St-Clair – Guillotière tout en conservant le nombre de voies actuelles, il apparaît indispensable d'améliorer la performance de la signalisation, notamment côté sud de la Part-Dieu. Cette amélioration consiste à réduire le temps de block en modifiant la signalisation de la section : redécoupage du block voire changement de système de signalisation. D'un point de vue technique, ces solutions méritent d'être étudiées pour en vérifier la faisabilité et leurs implications. La signalisation ERTMS-2, qui pourrait améliorer la performance, n'est pas aujourd'hui en service en France sur les lignes classiques. Son déploiement implique une mise à niveau de l'ensemble du matériel roulant avec des coûts non négligeables. Des études ont été menées par RFF sur l'intérêt de ce nouveau système et ses implications. La limitation, voire la suppression des circulations de fret de transit à Part-Dieu, par report sur des itinéraires alternatifs, permettrait également de faciliter l'exploitation de la section.

Dans le dossier suivant (**Volet exploitation**) une analyse de l'exploitation de la section St Clair – Guillotière a été réalisée en considérant un espacement optimisé à 3 minutes sur la section et sans circulation fret. Cet espacement à 3 minutes est l'hypothèse d'espacement raisonnablement atteignable sur la section. Les résultats de cette étude confirment les enseignements du Benchmark : l'exploitation de la section St Clair – Guillotière avec 12 sillons par heure et par sens et les contraintes en gare de la Part-Dieu apparaît fragile et peu réaliste.

## Liste des références

---

- Les informations relatives aux matériels roulants et tableaux horaires ont été collectées sur les sites internet suivants :
  - <http://www.s-bahn-muenchen.de>
  - [http://www.berlin-en-ligne.com/transports/transports\\_en\\_commun/s-bahn.html](http://www.berlin-en-ligne.com/transports/transports_en_commun/s-bahn.html)
  - <http://www.transportsw.info>
  - <http://www.ratp.fr/horaires/fr/ratp/rer>
  - <http://www20.gencat.cat>
  - <http://horarios.renfe.com>
  - <http://www.trenscat.com>
  - <http://www.ferropedia.es>
  - <http://www.wikipedia.org>
- BOOZ. ALLEN. HAMILTON. *Study into best practice measures capacity enhancement for railways*. (September 2007).
- CRESPO FARRAS, I. *Timetable analysis and evaluation of upgrading the capacity of the railway link Rotterdam-Den Haag*. Universitat Politècnica de Catalunya. (September 2005).
- GENERALITAT DE CATALUNYA. *Etude de capacité des tunnels ferroviaires de Barcelone*. (2013-2014)
- GOVERDE, R.M.P. CORMAN, F. D'ADRIANO, A. *Railway line capacity consumption of different railway signaling systems under scheduled and disturbed conditions*. Journal of Rail Transport Planning & Management. (August 2013).
- GRAY, J. *Rail simulation and the analysis of capacity metrics*. Australian Transport Research Forum. (October 2013).
- HANSEN, I. A. *Railway network timetabling and dynamic traffic management*. ICRARE. (September 2009).
- LINDFELDT, O. *Railway operation analysis, Evaluation of quality, infrastructure and timetable on single and double-track lines with analytical models and simulation*. Stockholm. (2010).
- Ministry of Transport, Public Works and Water Management. *Priority decision: High-Frequency Rail Transport Programme*. Studio Guido van der Velden B.V., Rijswijk. (September 2010).
- NETWORK RAIL. *East Coast Main Line 2016 Capacity Review, An addendum to the East Coast Main Line Route Utilization Strategy*. (December 2010).
- REGION PICARDIE. RFF. *Etude exploratoire concernant la gare de Creil*. (Septembre 2013).
- RFF. *Renseignements techniques 3106 - Paris-Saint-Lazare / Mantes-la-Jolie (par Achères)*. (Juin 2006).
- RFF. *Réculaire Provence-Alpes-Côte d'Azur, Horaire 2014*. (Juillet 2012).
- RFF. *Réculaire Rhône-Alpes, Horaire 2014*. (Juillet 2012).
- SMIT, M. *Coping with uncertainties in the rail sector, "Testing a method to deal with uncertain train services and infrastructure alternatives on the rail line The Hague / Rotterdam"*. Delft University of Technology. (January 2010).
- STIF. *EOLE : Prolongement RER E à l'ouest, Schéma de principe*. (Décembre 2011).



- STIF. *Etude d'une connexion TGO – Groupe V entre les gares de Poissy et Achères Grand Cormier*. (Septembre 2008).
- STEER DAVIES GLEAVE. *Capacity on North-South Main Lines, Technical Report*. (October 2013).
- UIC. *Capacity Management (Capman Phase 3), Summary Report*. International Union of Railways. (December 2004).

Étude de faisabilité NFL long terme  
études d'exploitation, de faisabilité technique et  
d'insertion territoriale

Réseau Ferré de France  
DR Rhône Alpes Auvergne

# Compléments d'étude : analyse du scénario « 4 voies »

## Volet exploitation

### Identification

---

	Projet	Numéro	Version	Pages
Identification	3670	NG140527	B	22

	Établi par	Vérfié par	Approuvé par
Nom	Eric Boisguerin Guillaume Brasquet	Isabel Brufau	Nicolas Clerc
Fonction	Chargé d'études exploitation	Responsable volet exploitation	Chef de Projet
Date	29/10/2014	29/10/2014	29/10/2014



### Objet du document

Cette note a pour objectif d'analyser l'exploitation du scénario 4 voies sur la section St-Clair - Guillotière

Indice	Établi par	Date	Objet de la modification
A	Eric Boisguerin	19/06/2014	Création du document
B	Nicolas Clerc	29/10/2014	Prise en compte remarques RFF
C	Isabel Brufau	15/12/2014	Prise en compte des remarques SNCF



## Sommaire

---

<b>1</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Périmètre</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Fonctionnement de l'exploitation et identification des conflits</b> .....	<b>5</b>
3.1	Hypothèses de conception .....	5
3.2	Identification des dérogations sur les temps de conception à quai.....	5
3.3	Principe d'affectation des trains sur les voies de ligne et conflits en ligne.....	6
3.4	Principe de fonctionnement en tube et écarts identifiés .....	8
3.5	Identification des conflits en avant-gare.....	10
<b>4</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>13</b>



## 1 Introduction

---

L'objet de ce document est de tester le scénario 4 voies long terme (2050), proposé par le bureau d'étude SMA. Ce dernier a fourni :

- un GOV statique de la gare de Part-Dieu. Il est précisé que le GOV prend en considération 14 voies à quai, et qu'il a été conçu **sans vérifier les éventuels conflits à St-Clair ou P1 Guillotière**. On notera par ailleurs que le GOV prend également en considération la possibilité de recevoir des trains sur voie occupée, ce qui n'est pas envisagé aujourd'hui par RFF.
- un plan de voie sommaire de la section St-Clair – Guillotière (composée de 2 tubes à 2 voies)
- un principe de fonctionnement par tube (principe d'affectation des différents flux sur les voies en ligne et les voies à quai)

La présente analyse est structurée en plusieurs étapes :

1. Reproduction, à l'identique, du GOV statique (mêmes O/D, mêmes horaires) et planification des circulations sur la section St-Clair et Guillotière sous VIRIATO;
2. Expertise du GOV
  - Identification du respect des temps de conception à quai (temps de succession ou d'affrontement);
  - Présentation du principe d'affectation des trains sur les voies de ligne et identification des conflits en ligne (sur la base de l'hypothèse d'affectation des circulations sur les deux tubes)
  - Présentation du principe de fonctionnement en tube et identification des écarts
  - Identification des conflits en avant-gare

**Avertissement : Compte tenu de la lisibilité difficile du plan de voie existant (étude SMA), il est possible que certains aménagements de voies n'aient pas été identifiés.**

Le plan de voie 4 voies à tester est présenté en annexe A. Le plan de voies, refait par Egis, est présenté en annexe F.

Le GOV 4 voies à vérifier (étude SMA) est présenté en annexe B.

## 2 Périmètre

---

Le périmètre d'étude s'étend du nœud de St-Clair au nœud de Guillotière.

Au-delà de ce périmètre, les éventuels conflits ne sont pas analysés.

### 3 Fonctionnement de l'exploitation et identification des conflits

Ce chapitre présente les conflits identifiés dans le scénario 4 voies qui surviennent entre St-Clair et Guillotière. L'analyse est réalisée en quatre temps :

1. Identification des dérogations considérées par rapport aux temps de conception à quai
2. Présentation du principe d'affectation des voies de ligne et identification des conflits en ligne
3. Rappel du principe de fonctionnement par tube et identification des entorses au fonctionnement par tube
4. Identification des conflits en avant-gare

#### 3.1 Hypothèses de conception

L'espace en ligne considéré est de 3 min. C'est l'hypothèse de référence du NFL long terme.

Les hypothèses de conception en gare retenues sont présentées dans le tableau suivant. Pour mémoire les hypothèses retenues pour l'étude NFL sont plus contraignantes que les normes actuelles, car elles ont pour objectif d'améliorer la stabilité de l'exploitation.

	Norme actuelle	Recommandation EPFL	Hypothèses NFL
Réutilisation des voies à quai par deux trains de même sens	4'	5'	5' 4' exceptionnel
Réutilisation des voies à quai par deux trains de sens contraire	5'	7'	7' 5' exceptionnel
Conflit : Entrée puis Sortie	5'	5'	5'
Conflit : Sortie puis Entrée	5'	6'	6'
Conflit : Entrée puis Entrée	5'	5'	5'
Conflit : Sortie puis Sortie	5'	5'	5'

 Les graphiques d'occupation des voies sont conçus avec le stationnement possible de 2 trains sur une même voie. Ce fonctionnement avec « réception sur voies occupées », qui nécessite des installations de signalisation spécifiques, n'est pas validé à ce stade par RFF. Il a néanmoins été repris sans modification dans cette analyse.

#### 3.2 Identification des dérogations sur les temps de conception à quai

Le GOV proposé est conforme aux normes actuelles pour les réutilisations de voies à quai mais il n'est pas conforme aux hypothèses prise pour l'étude NFL (trains de même sens : 5' ; trains de sens contraire : 7').

Pour l'ensemble des trains (50 successions ou affrontements), on constate :

- 12 successions sont à 4 minutes au lieu de 5 minutes (soit environ 25% des cas) ;
- 2 affrontements sont à 6 minutes au lieu de 7, et 1 affrontement à 5 minutes au lieu de 7.

Ces dérogations par rapport aux normes préconisées (hypothèses NFL) sont identifiées sur le GOV présenté en annexe C.

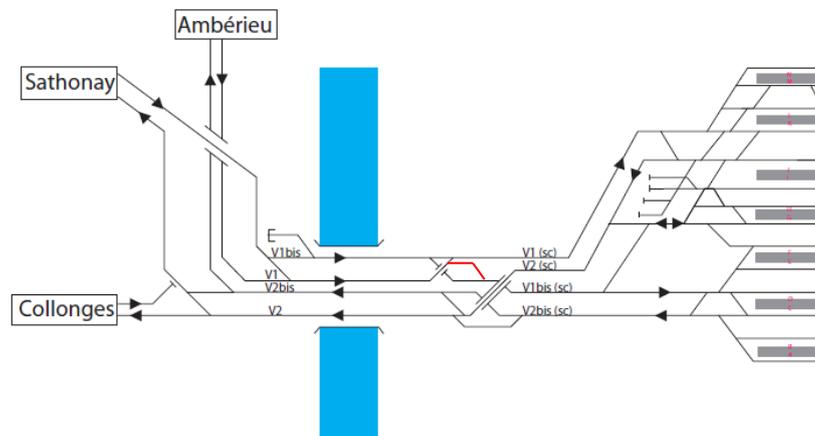
### 3.3 Principe d'affectation des trains sur les voies de ligne et conflits en ligne

**Avertissement** : L'étude SMA ne fournit pas de graphique en ligne précisant l'affectation des différents trains sur les 4 voies nord et sud Part-Dieu, seul un principe de fonctionnement par tubes est proposé. La présente étude a émis des hypothèses propres relatives aux voies d'accès nord et sud de chacun des trains. D'une manière générale, l'affectation des trains a été faite en essayant de respecter au maximum le principe de fonctionnement par tubes proposé mais aussi en essayant de limiter les cisaillements (principalement présents au sud).

Les sauts de mouton de St-Clair permettent une affectation des voies relativement aisée (tubes étanches et possibilités de connexion multiples).

Au sud, l'accès est plus complexe (même avec le saut de mouton existant). Il arrive parfois de devoir gérer 3 mouvements de sortie en simultanée (ce qui laisse supposer l'utilisation des voies banalisées).

Le premier plan de voie proposé (première version de l'étude nodale) intégrait une communication supplémentaire entre la voie v1 et v1bis, côté nord de Part-Dieu, qui n'est pas reprise dans la dernière version du plan de voies. Cette communication est nécessaire pour réceptionner un train d'Ambérieu sur les voies C, D, E et F. Le GOV intégrant des missions en provenance d'Ambérieu / Montluel réceptionnées voie D, on suppose que cette communication existante.



Une fois les trains positionnés au niveau des voies à quai de la gare de Part-Dieu, les affectations au niveau des voies d'accès nord (4 voies) et sud (4 voies) retenues pour la présente expertise ont été les suivantes.

*L'annexe G reprend le graphique de circulation entre St-Clair et Guillotière, avec l'affectation des trains sur les différents tubes.*

*L'annexe H reprend ce même graphique de circulation en affichant la capacité consommée par chacun des sillons.*

### Côté nord de Part-Dieu

- V2bis et V1bis : priorité aux trains stationnés sur les voies ouest de Part-Dieu (A, B, C, D, E...);
- V2 et V1 : priorité aux trains stationnés sur les voies est de Part-Dieu (...I, J, K, L, M).

A noter que :

- les sauts de mouton proposés dans le scénario 4 voies permettent théoriquement un accès sans cisaillement aux quatre voies V1, V2, V1bis et V2bis ;
- la banalisation des voies V1, V2, V1bis et V2bis n'apparaît pas nécessaire ;
- en ligne, l'espacement minimum entre deux trains successifs est considéré à 3 minutes.

→ **Côté Nord, la répartition des trains sur les 4 voies d'entrée / sortie de Part-Dieu a pu être réalisée sans aucun conflit.**

→  **On notera cependant que le tube V1/V2 présente jusqu'à 9 sillons successifs à l'espacement minimum (soit 27 min sans aucune marge de respiration).**

### Côté sud de Part-Dieu

- V2bis et V1bis : priorité aux trains stationnés sur les voies ouest de Part-Dieu (A, B, C, D, E...) ainsi que les voies H, I, J, qui utilisent le saut de mouton ;
- V2 et V1 : priorité aux trains stationnés sur les voies est de Part-Dieu (...I, J, K, L, M).

A noter que :

- il n'y a qu'un saut de mouton permettant aux voies G à M de rejoindre V1bis et V2bis ;
- le plan de voie laisse subsister de possibles conflits de cisaillement entre les 4 voies ;
- les voies V2, V1bis et V2bis sont banalisées (V1 non-banalitée) ;
- en ligne, l'espacement minimum entre deux trains successifs est considéré à 3 minutes.

→  **Côté Sud, une fois par heure, il y a 3 départs de trains à la minute 14 :**

- **Perrache voie F ;**
- **Avignon voie K ;**
- **Valence voie M.**

**et deux arrivées (Perrache minute 13 voie B et Vénissieux minute 13 voie G). Un conflit est donc inévitable, même en utilisant la banalisation. Ce conflit (itinéraires incompatibles à 1') est avéré quel que soit la norme considérée (norme actuelle ou hypothèse NFL).**

→  **Toujours côté Sud, une fois par heure, il y a 3 arrivées trains à la minute 46 :**

- **Perrache voie A ;**

- Avignon voie K ;
- Valence voie H.

et deux départs (Perrache minute 47 depuis voie L et Vénissieux minute 47 depuis voie N). Un conflit est donc inévitable, même en utilisant la banalisation. Ce conflit (itinéraires incompatibles à 1') est avéré quel que soit la norme considérée (norme actuelle ou hypothèse NFL).

Ces différents conflits sont identifiés annexe D.

### 3.4 Principe de fonctionnement en tube et écarts identifiés

Un schéma de principe d'utilisation des voies, sous forme de tubes, est fourni. Toutefois, compte tenu de la densité des trains en entrée / sortie de gare, des entorses à ce principe sont parfois nécessaires. Ceci ne constitue pas un problème en soit, dans la mesure où il n'y a pas de conflit. Toutefois, cela démontre les limites du schéma d'exploitation et du schéma fonctionnel proposés : en cas de retard d'un train dans un tube, l'absence d'étanchéité risque de permettre la propagation de ce retard sur l'ensemble des circulations.

Le principe de fonctionnement proposé pour le scénario 4 voies est rappelé ci-après.

#### Principe de fonctionnement en tube visé (Annexe A) :

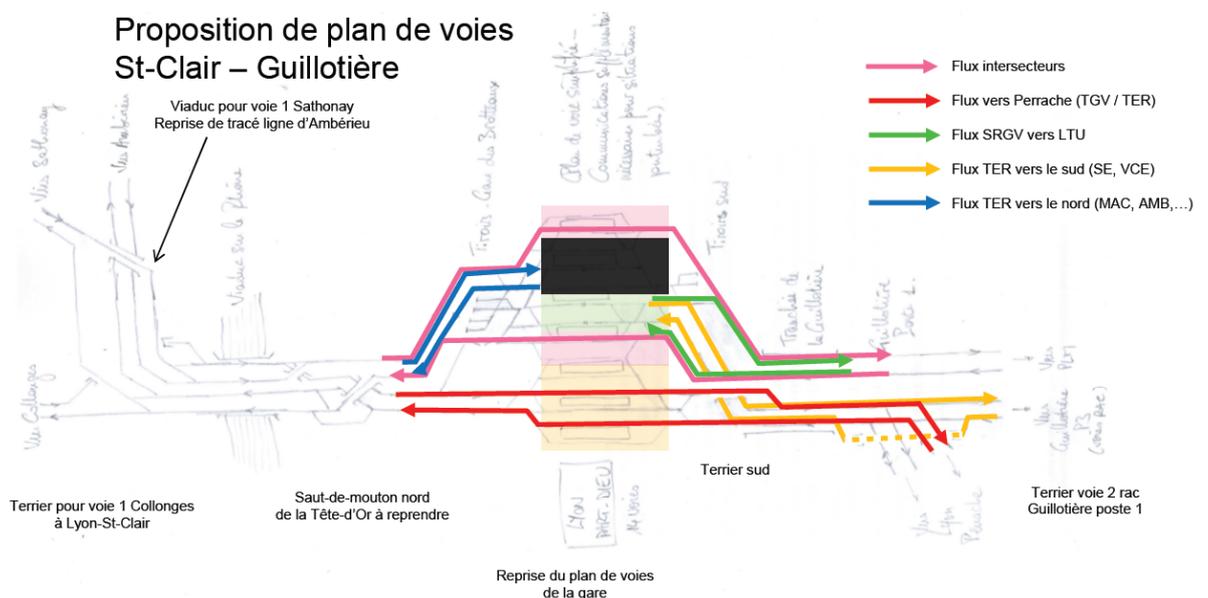
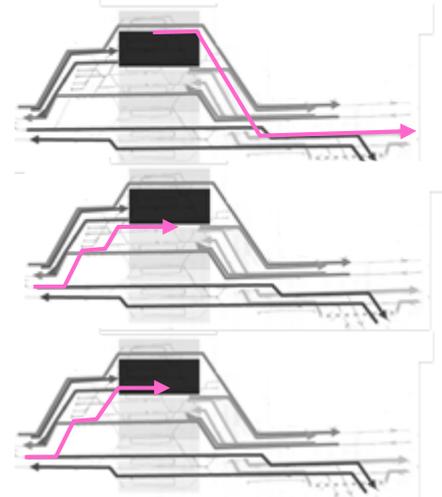


Figure 1 : Fonctionnement par tube - Principe visé

Sur la base du GOV considéré et des hypothèses d'affectation en ligne, un certain nombre d'entorses au principe de fonctionnement par tube ont été identifiées.

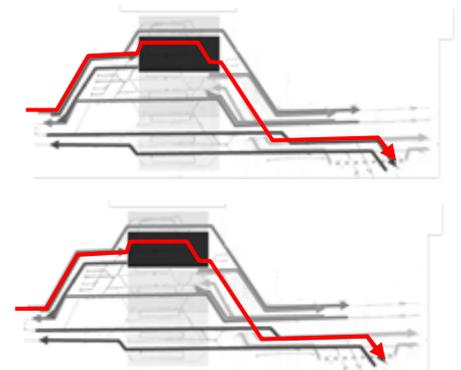
Utilisation du tube ouest par des missions Grande Vitesse, réceptionnées sur la partie est de la gare :

- GV MODANE : Départ à la minute 2' de la voie L (en principe affectée au tube Est) vers la voie en ligne V1 PR (tube Ouest). A cette minute le tube Est est pris par l'IC GE.
- SRGV Clermont : Arrivée à la minute 27' de la voie en ligne V1 bis SC (tube Ouest) vers la voie I (en principe affectée au tube Est). A cette minute le tube Est est pris par un sillon IS.
- IS 57' : Arrivée à la minute 57' de la voie en ligne V1 bis SC (tube Ouest) vers la voie J (en principe affectée au tube Est). A cette minute le tube Est est pris par un autre sillon IS.



Réception sur la partie est de la gare de circulations à destination de Perrache. Avec le saut de mouton côté sud, ces mouvements ne génèrent pas de conflits.

- PU Villars : Arrivée à la minute 39' de la voie en ligne V1 SC (tube Est) vers la voie L puis vers la voie en ligne V1 PR (tube Ouest). A cette minute le tube Ouest est pris par le MR Macon qui arrive à 39' en gare de Part Dieu.
- IC Besançon : Arrivée à la minute 24' de la voie en ligne V1 SC (tube Est) vers la voie L (puis vers la voie en ligne V1 PR (tube Ouest)).



### 3.5 Identification des conflits en avant-gare

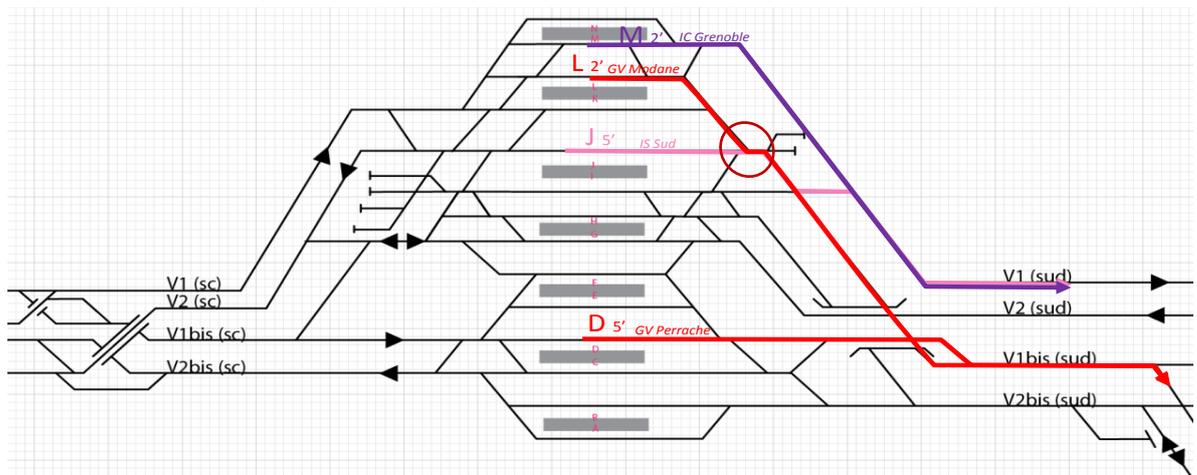
Cette étape a consisté à identifier les dérogations survenant en avant – gare (entre les 4 voies et les voies à quai). Pour cela nous considérons l’hypothèse suivante pour le temps de séparation entre mouvements incompatibles (hypothèses NFL) :

- Entrée suivie d’une entrée : 5’
- Sortie suivie d’une sortie : 5’
- Entrée suivie d’une sortie : 5’
- Sortie suivie d’une entrée : 6’

Pour mémoire, les temps de séparation issus de la norme actuelle, sont de 5’ entre mouvements incompatibles. Plusieurs dérogations ont été identifiées en avant-gare. Elles sont repérés dans l’annexe E.

#### Dérogation n°1 (en rouge)

##### Cisaillement : sortie puis sortie à 3’



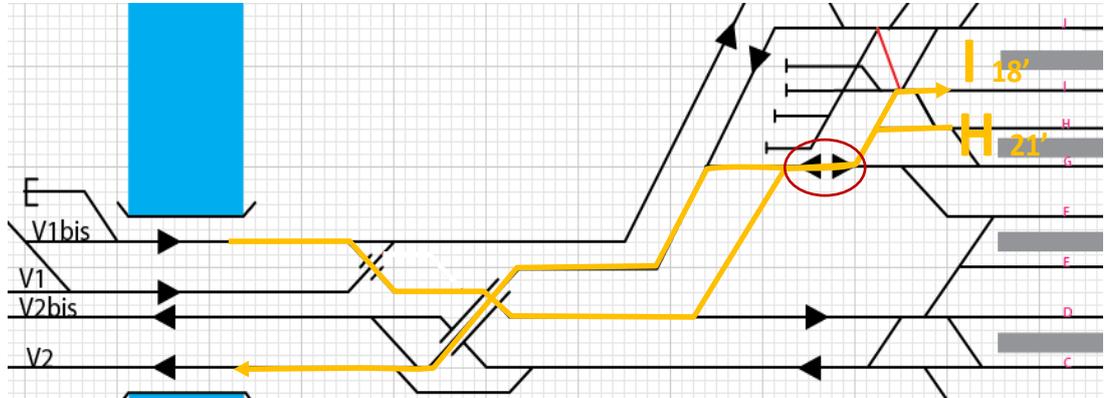
Cisaillement entre un GV Modane qui part à la minute 2 voie L pour rejoindre la voie v1bis sud et un IS Sud qui part à la minute 5 voie J pour rejoindre la voie v1 sud. Compte-tenu des minutes de départ (2 départs minute 2’ et 2 départs minute 5’), des affectations à quai et du temps de séparation (3’ au lieu de 5’ retenues en hypothèse), il risque d’y avoir un conflit de cisaillement côté sud.

L’inversion des voies J et L, pour lever le cisaillement, nécessite de décaler plusieurs trains et aboutirait à une autre situation de cisaillement (départ voie J vers v1 sud à la minute 11’ avec un autre départ voie K vers v1bis sud à la minute 14’).

**Ce cisaillement est en dérogation quelle que soit la norme considérée (hypothèse NFL ou norme actuelle).**

Dérogation n°2 (en rouge)

**Cisaillement : entrée puis sortie à 3'**

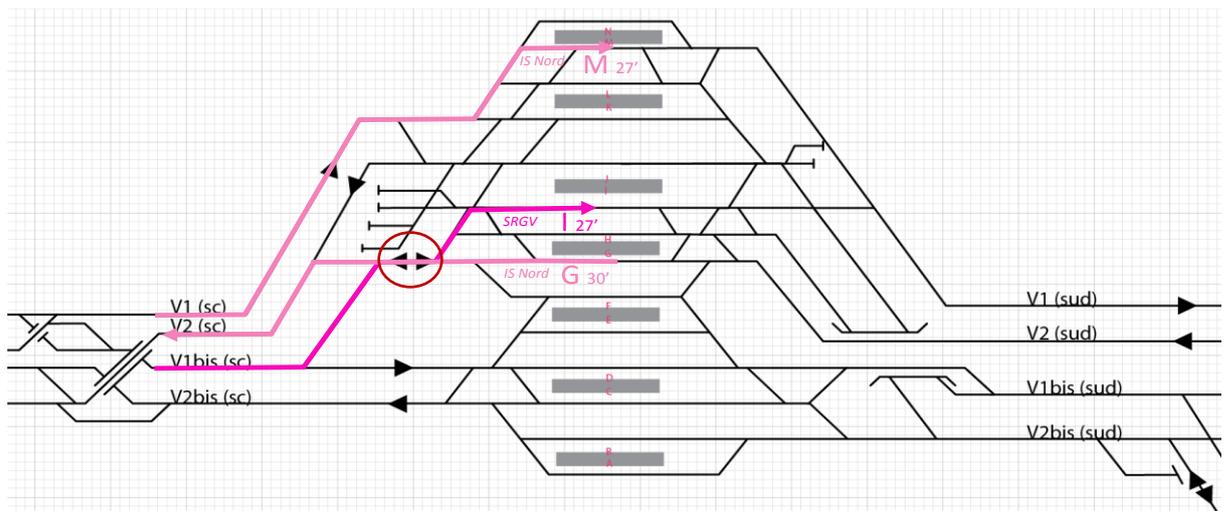


Cisaillement entre un MR Roanne → Lyon qui entre voie I à la minute 18 et un MR Lyon → Mâcon qui sort de la voie H à la minute 21 (portion d'itinéraire commune). L'inversion des circulations entre les voies I et H ne résout pas le problème car il y a une section commune pour l'accès à ces voies depuis les tubes Ouest (v2) et Est (v1bis).

**La création d'une communication supplémentaire entre les voies I et J (représentée en rouge), non prévue dans le plan de voie initial, permettrait d'éviter cette dérogation.**

Dérogation n°3 (en violet)

**Cisaillement : entrée puis sortie à 3'**



Cisaillement entre le SRGV qui entre sur la voie I depuis la voie v1bis SC (minute 27) et l'IS nord qui part de la voie G pour rejoindre la v2SC (minute 30).

Pour éviter cette dérogation, il faudrait basculer le SRGV dans le tube Est, mais ce dernier est déjà utilisé (arrivée d'un IS nord à la minute 27 dans le tube Est).



Une autre possibilité pour éviter cette dérogation consisterait à réceptionner le SRGV sur les voies A à F (puisque les missions du tube est sont réceptionnés préférentiellement sur ces voies). Cependant, il n'y a pas suffisamment de capacité à quai disponible sur ces voies, le SRGV étant stationné longtemps à quai (17').

**Ce cisaillement est en dérogation quelle que soit la norme considérée (hypothèse NFL ou norme actuelle).**

## 4 Conclusion

---

La présente analyse montre que l'exploitation à 4 voies de la section St Clair Guillotière avec 14 voies à Part-Dieu et la réalisation de plusieurs saut-de-mouton à St Clair et Guillotière bien que possible en théorie comporte de sérieuses limites :

- On obtient jusqu'à 9 trains se succédant à 3 minutes, c'est-à-dire sans aucune respiration et un risque d'effet « boule de neige » très important ;
- Des conflits en ligne (trop d'entrées / sorties simultanées) apparaissent du fait de l'absence de liberté dans l'horaire des trains en ligne qui doivent se succéder toutes les 3 minutes ;
- Avec 14 voies à quai et 4 voies de ligne, le graphique d'occupation des voies est extrêmement contraint : plusieurs mouvements ne peuvent respecter les normes de successions en gare, avec de forts risques d'instabilité de l'horaire. A la différence du scénario A qui comporte 6 voies de ligne et dans lequel 3 trains peuvent donc arriver simultanément par côté de la gare (1 train par voie), on est limité dans ce scénario à 2 arrivées simultanées. Ceci limite donc les possibilités d'utilisation des voies en gare, ce qui augmente les contraintes d'exploitation.
- Des cisaillements apparaissent en avant-gare car quelques mouvements ne pouvant être gérés correctement dans le fonctionnement en tube prévu se retrouvent inévitablement en conflit (dérogation de 2' par rapport à la norme retenue en hypothèse) compte tenu de la densité des circulations.

Au final, l'étude montre que même avec un schéma d'infrastructure très favorable (en particulier le positionnement central du remisage), l'exploitation à 4 voies en ligne et 14 voies en gare n'est pas réaliste. En effet, dans cette configuration, la rigidité d'exploitation en ligne se cumule avec une rigidité en gare. Si la mise au point d'un graphique théorique respectant les normes n'a pas été possible dans cette première analyse, on imagine aisément que la gestion opérationnelle d'un tel système ne pourra pas fonctionner.

Au final, l'analyse montre que ce système n'offre pas assez de marge de manœuvre pour gérer les accroches horaires contraintes. Il est nécessaire d'apporter de la souplesse supplémentaire.

## ANNEXE A – Plan de voie de l'étude nodale (à tester)

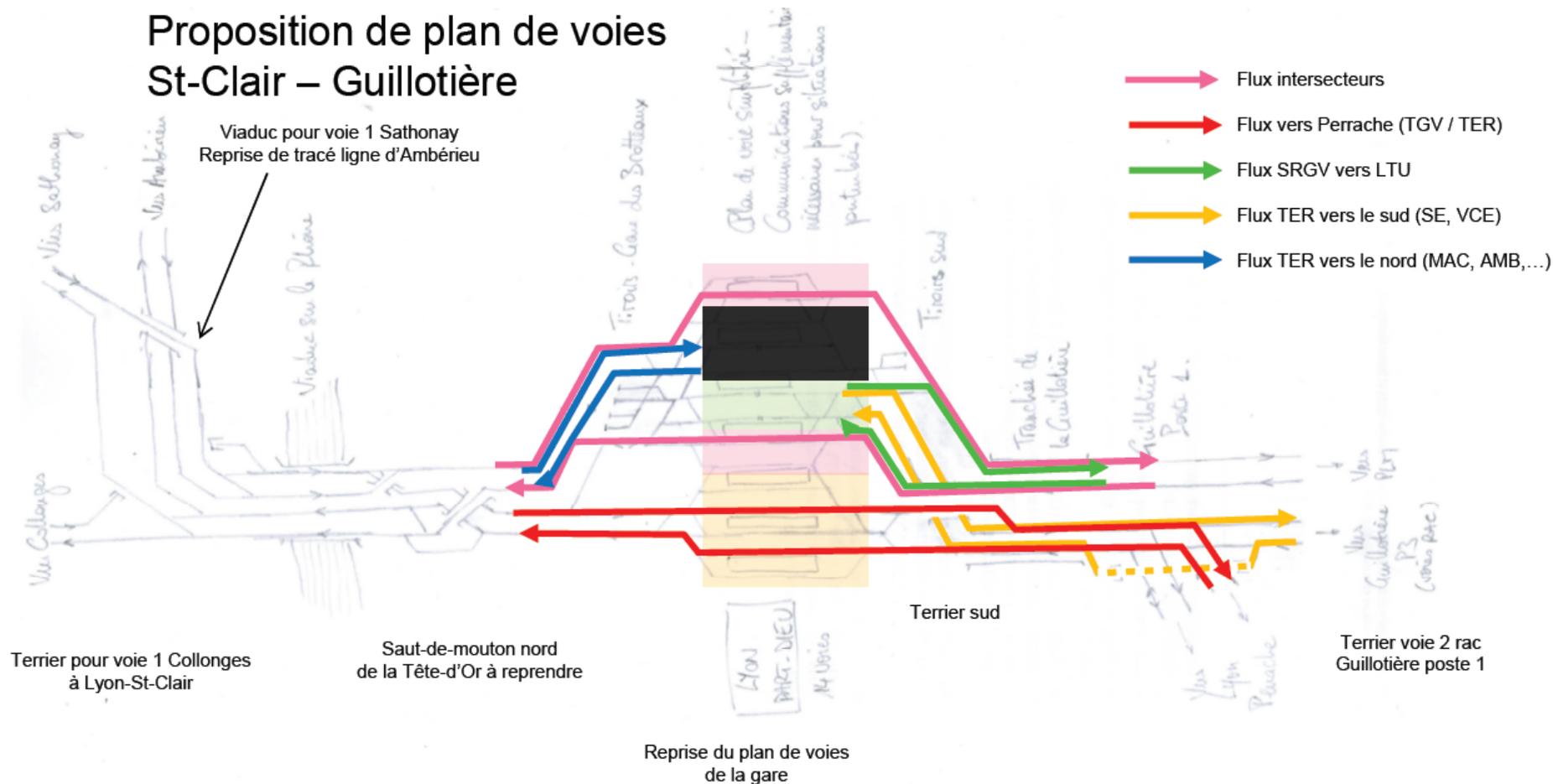
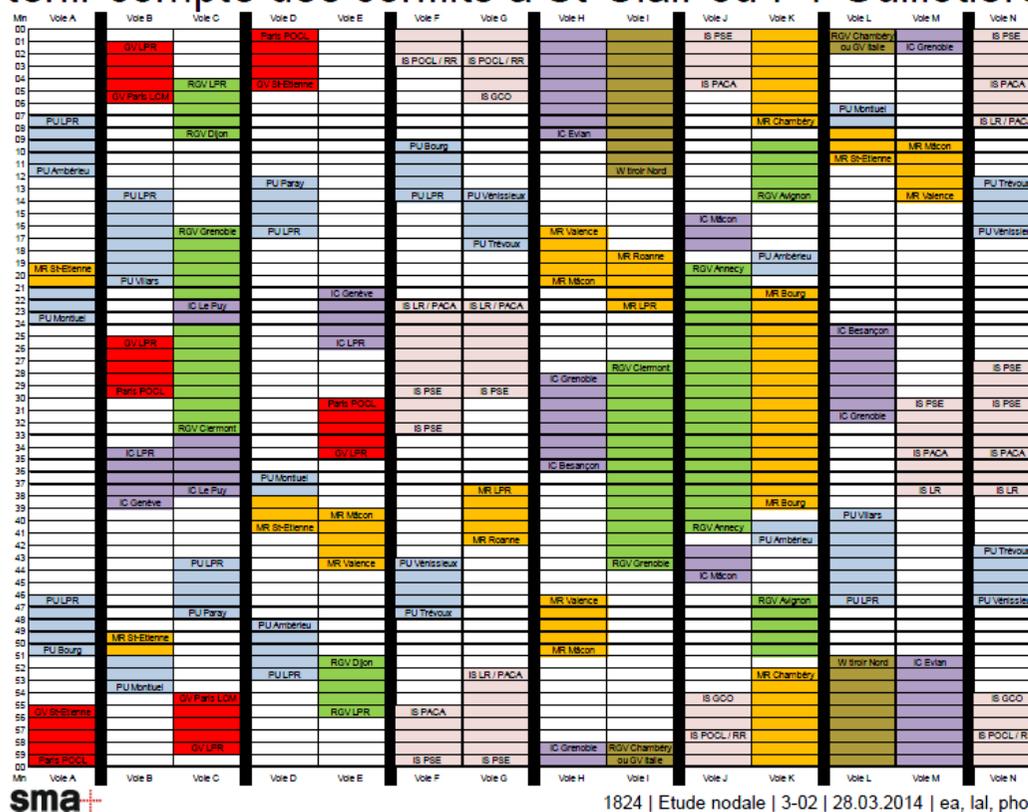


Figure 1 - Etude nodale – Plan de voie – SMA



## ANNEXE B – GOV de l'étude nodale (à tester)

Montage possible d'un GOV sur la base d'une gare à 14 voies, avec les attaches découlant de 2 tubes, sans tenir compte des conflits à St-Clair ou P1 Guillotière



1824 | Etude nodale | 3-02 | 28.03.2014 | ea, ial, pho, ina, oan, sr

Figure 2 - Etude nodale – GOV - SMA

## ANNEXE C – GOV reconstitué à l'identique sous VIRIATO - Test des valeurs d'espacement

Réseau Ferré de France  
 LYON-PART-DIEU

Document de travail  
 NFL Long Terme - Scénario 2050 - 4 voies

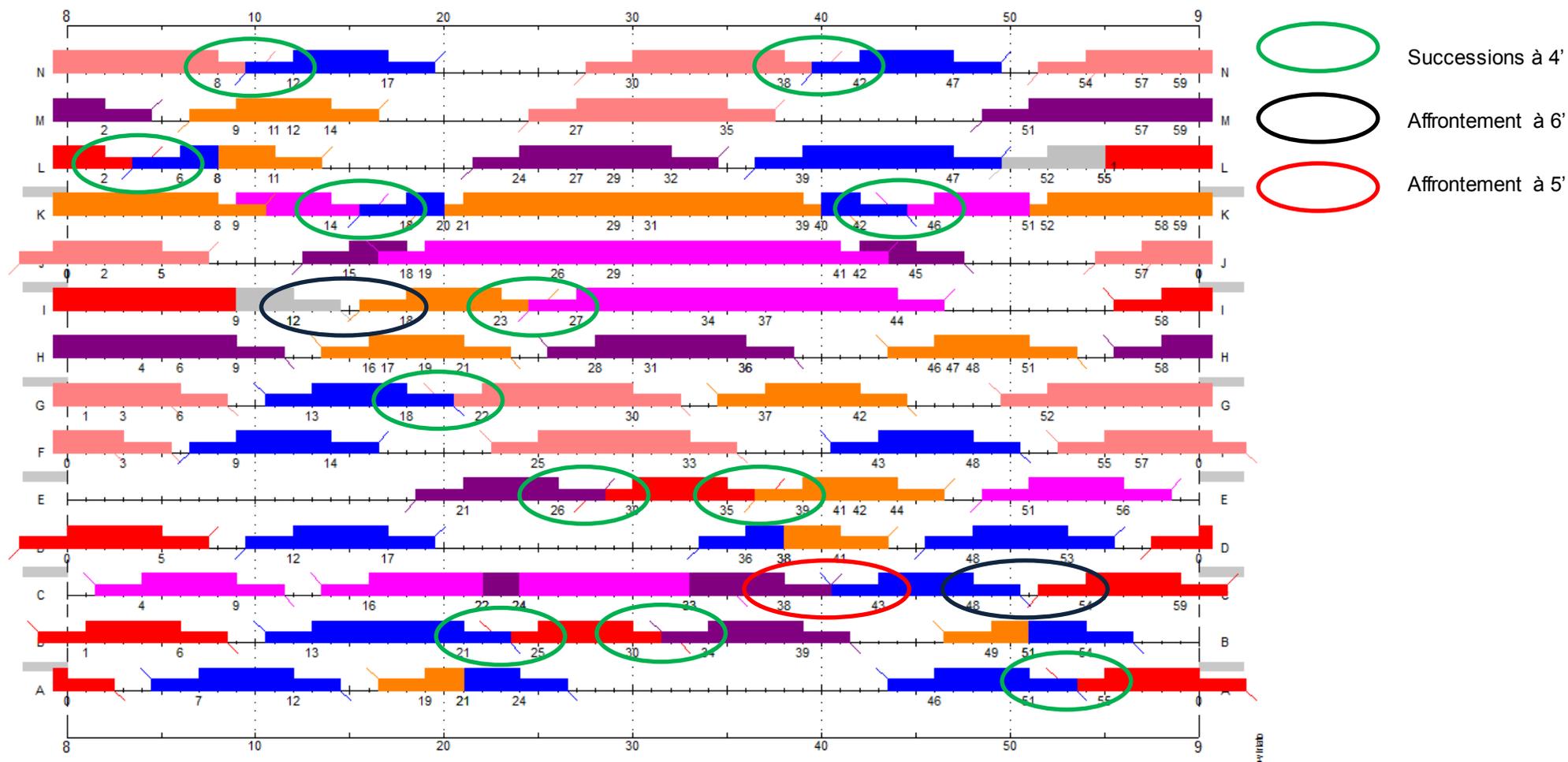


Figure 3 – GOV reconstitué avec identification des temps d'espacement hors norme

## ANNEXE D – Graphique en ligne (répartition des trains choisie pour limiter les cisaillements)

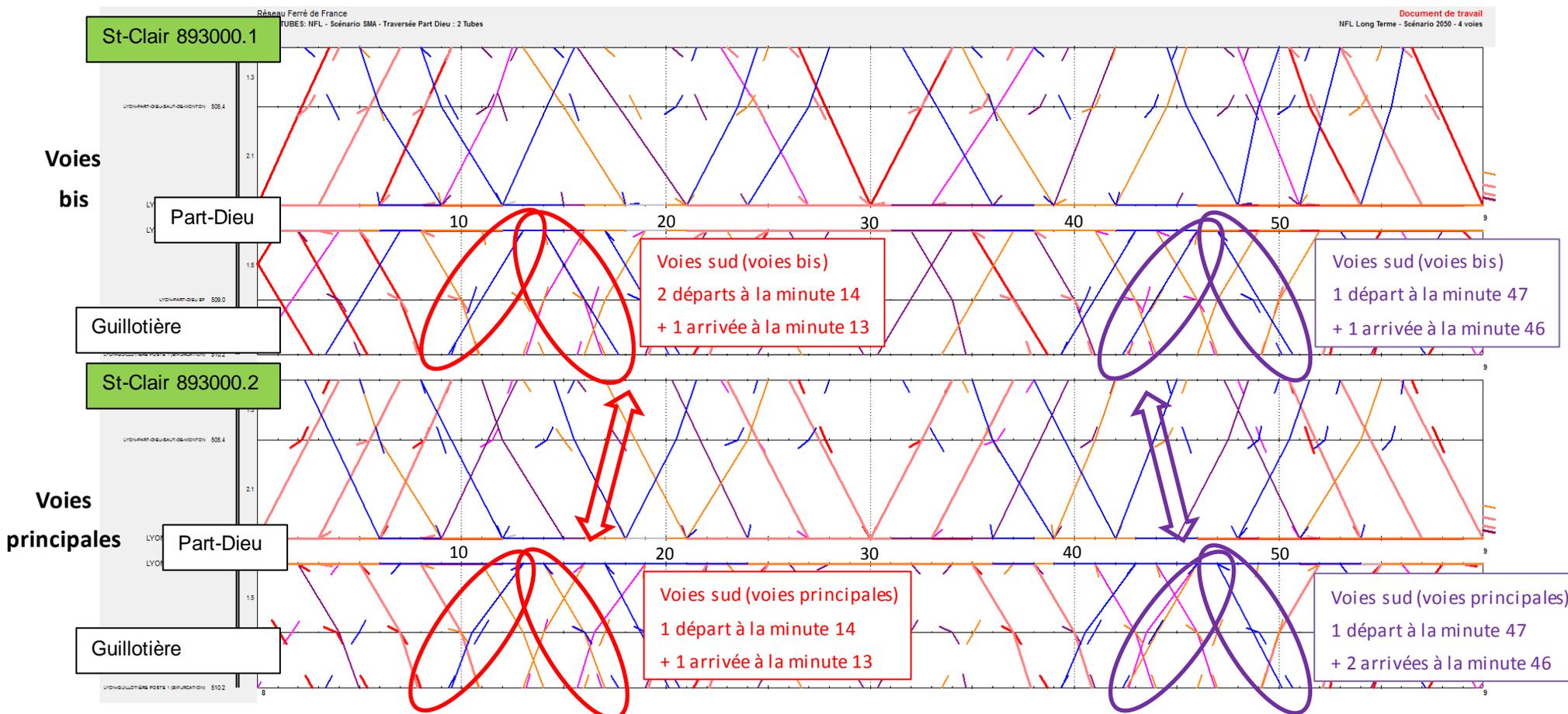


Figure 4 – Graphique en ligne – identification de 3 départs / arrivées successifs 2 fois par heure



## ANNEXE E – GOV – Identification des dérogations en avant-gare

Réseau Ferré de France  
LYON-PART-DIEU

Document de travail  
NFL Long Terme - Scénario 2050 - 4 voies

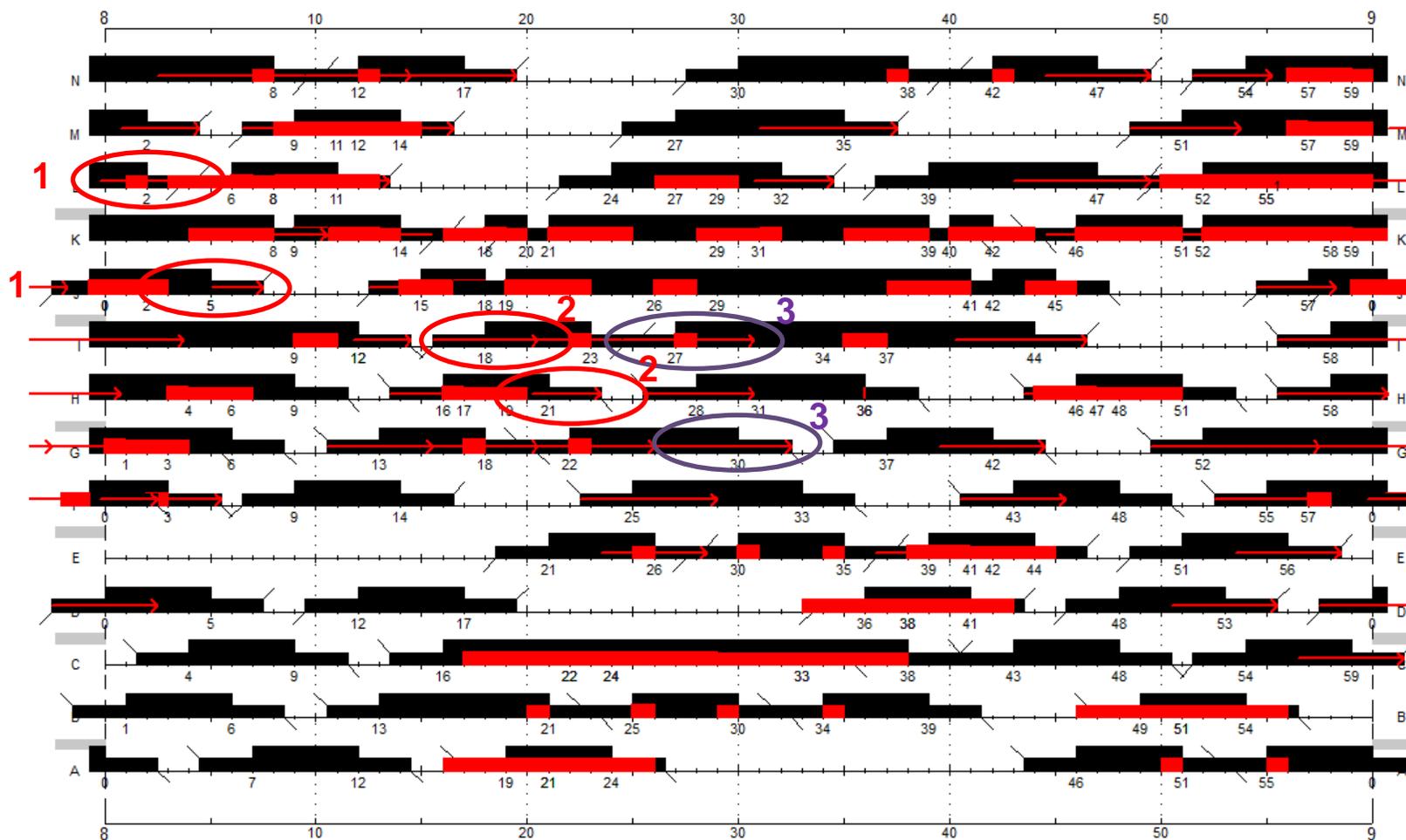
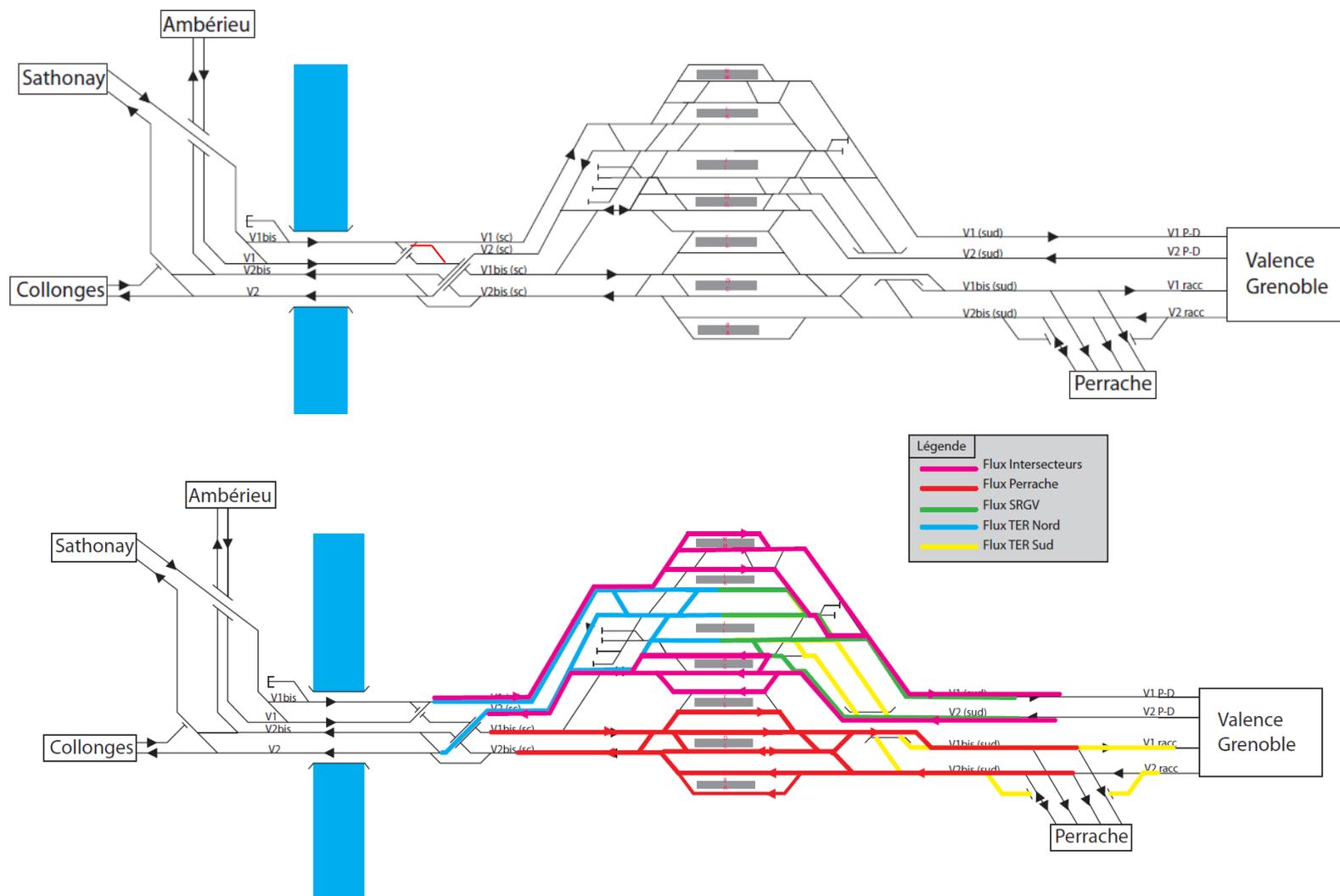


Figure 5 – GOV – identification des conflits



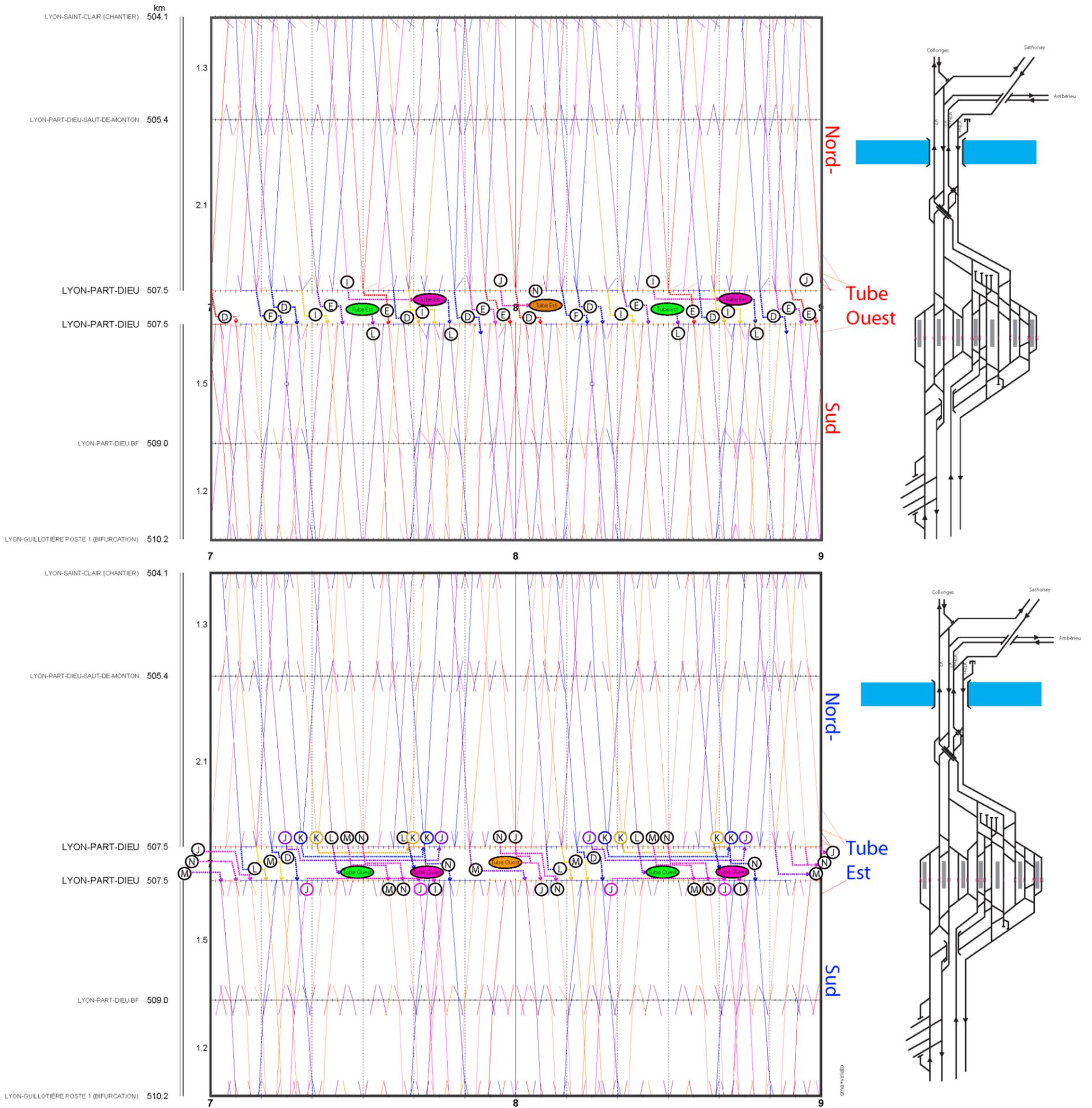
## ANNEXE F – Plan de voies Part-Dieu reconstitué



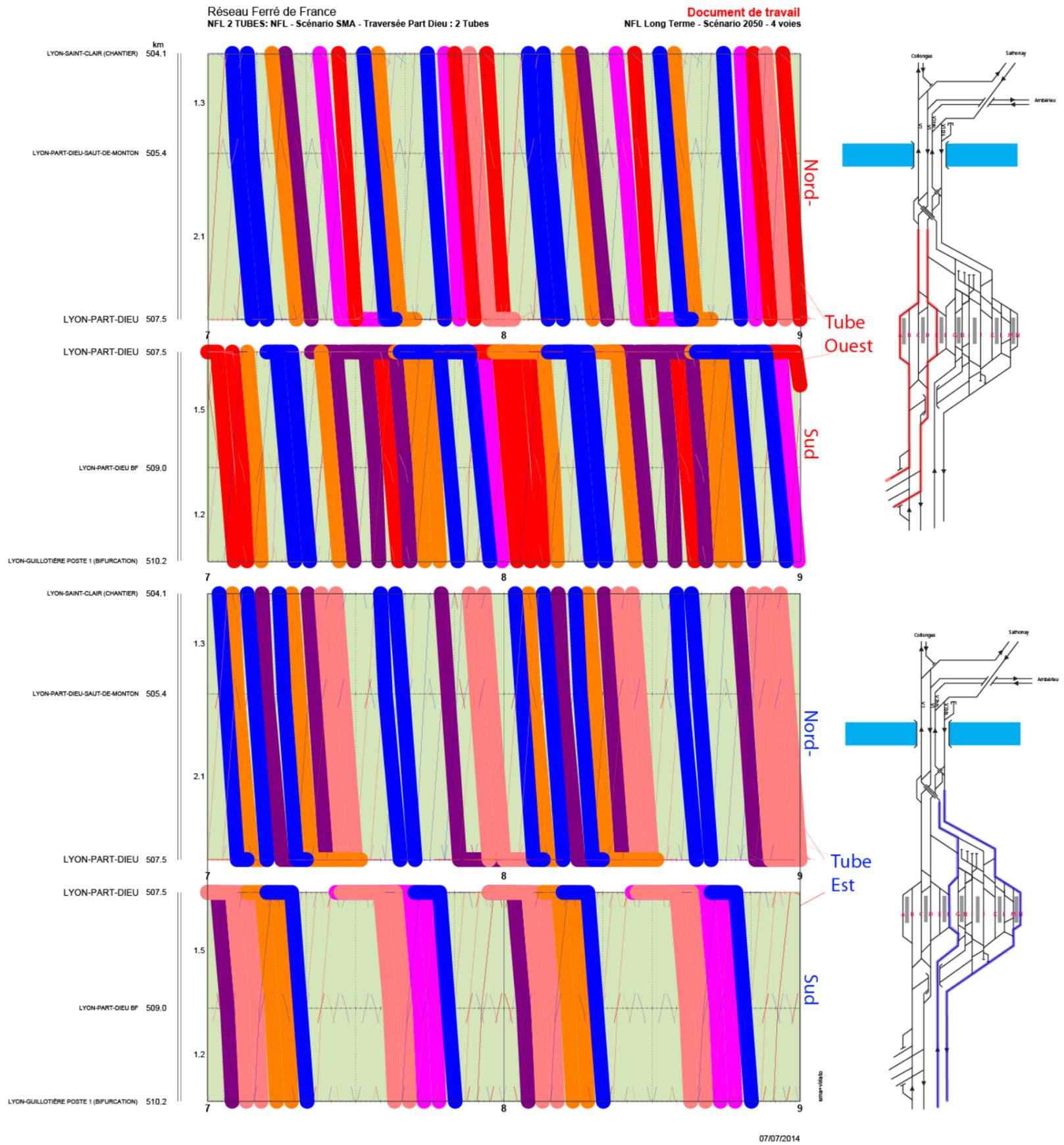
### ANNEXE G – Affectation des voies sur St-Clair - Guillotière

NFL 2 TUBES: NFL - Scénario SMA - Traversée Part Dieu : 2 Tubes

NFL Long Terme - Scénario 2050 - 4 voies



## ANNEXE H – Affectation des voies sur St-Clair – Guillotière avec consommation de capacité



Étude de faisabilité NFL long terme  
études d'exploitation, de faisabilité technique  
et d'insertion territoriale

Réseau Ferré de France  
DR Rhône Alpes Auvergne

# Compléments d'étude : analyse du scénario « 4 voies » Volet technique

## Identification

---

	Projet	Numéro	Version	Pages
Identification	3670	RG140527	C	10

	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
Nom	Emilie Burquier	Nicolas Clerc	Nicolas Clerc
Fonction	Ingénieur	Chef de Projet	Chef de Projet
Date	15/12/2014	15/12/2014	15/12/2014



### Objet du document

La présente note présente l'expertise technique du scénario 4 de l'étude de faisabilité long terme du NFL, scénario proposé dans le cadre de l'Etude de Planification Horaire Rhône-Alpes.

Indice	Établi par	Date	Objet de la modification
A	Emilie BURQUIER	20/05/2014	Création du document
B	Emilie BURQUIER	3/11/2014	Prise en compte remarques RFF
C	Nicolas CLERC	15/12/2014	Prise en compte remarques partenaires



## Sommaire

---

<b>1</b>	<b>Contexte et objectifs</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Les principales conclusions de l'analyse des aménagements</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Secteur Saint-Clair</b>	<b>10</b>
3.1	Présentation des fonctionnalités des aménagements	10
3.2	Les contraintes	12
3.2.1	Les contraintes de l'environnement urbain	12
3.2.1	Les contraintes ferroviaires	13
3.2.1	Les contraintes environnementales	15
3.3	Faisabilité technique des aménagements	16
3.3.1	Présentation des aménagements	16
3.3.2	Les impacts des aménagements	21
3.4	Impacts des travaux	22
3.5	Synthèse	25
<b>4</b>	<b>Secteur Nord Tête d'Or</b>	<b>27</b>
4.1	Présentation des aménagements	27
4.2	Les contraintes	28
4.2.1	Les contraintes de l'environnement urbain	28
4.2.2	Les contraintes ferroviaires	28
4.2.3	Les contraintes environnementales	30
4.3	Faisabilité technique des aménagements	30
4.4	Impacts des travaux	32
4.5	Synthèse	34
<b>5</b>	<b>Secteur de la gare de Part-Dieu</b>	<b>35</b>
5.1	Présentation des aménagements	35
5.2	Faisabilité technique des aménagements	36
5.3	Impacts des travaux	45
5.4	Synthèse	45
<b>6</b>	<b>Secteur Sud de Part-Dieu</b>	<b>47</b>
6.1	Présentation des aménagements	47
6.2	Les contraintes	48
6.2.1	Les contraintes de l'environnement urbain	48
6.2.2	Les contraintes ferroviaires	49
6.2.3	Les contraintes environnementales	49
6.3	Faisabilité des aménagements	50
6.4	Impacts des travaux	54
6.5	Synthèse	54



<b>7</b>	<b>Secteur Guillotière.....</b>	<b>55</b>
7.1	Présentation des fonctionnalités des aménagements.....	55
7.2	Les contraintes.....	56
7.2.1	Les contraintes de l'environnement urbain.....	56
7.2.2	Les contraintes ferroviaires.....	57
7.2.3	Les contraintes environnementales.....	59
7.3	Faisabilité des aménagements.....	59
7.3.1	Présentation des aménagements.....	59
7.3.2	Les impacts des aménagements.....	64
7.4	Les impacts des travaux.....	66
7.5	Synthèse.....	67

## 1 Contexte et objectifs

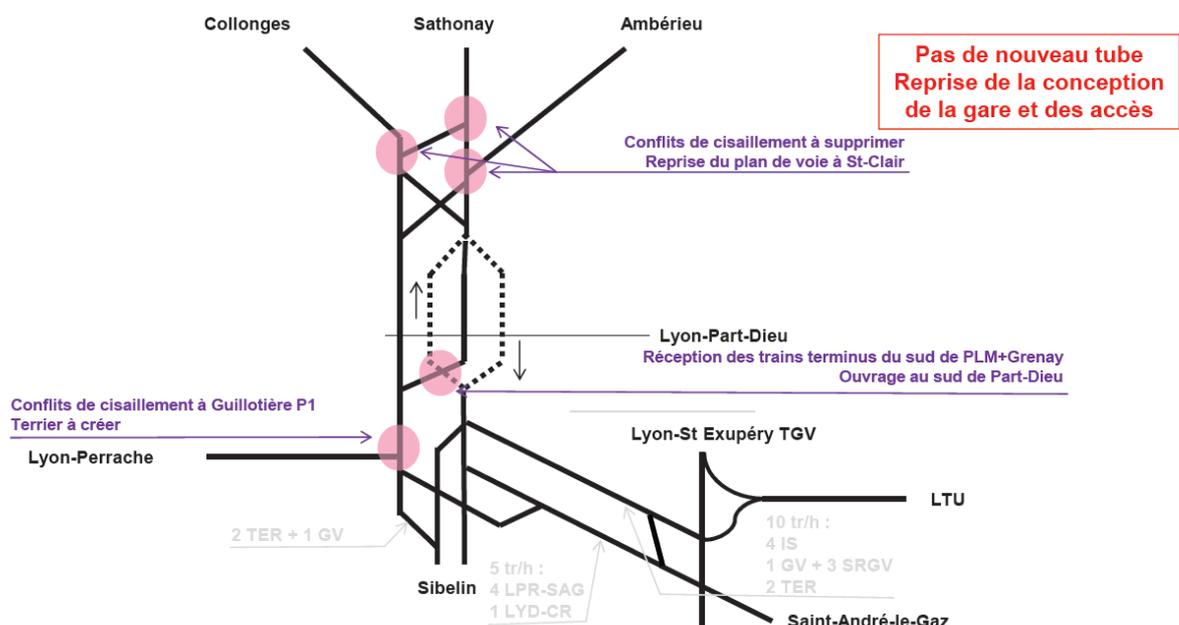
L'Etude de planification par l'horaire sur le réseau ferroviaire en Région Rhône-Alpes réalisée par SMA sous pilotage de RFF – Direction Régionale Rhône-Alpes Auvergne a proposé des principes de fonctionnement pour un scénario long terme pour le NFL.

Deux principes d'organisation des flux au sein du NFL ont été analysés dans cette étude : nouveau tube en surface (scénario A) ou nouveau tube en gare souterraine (scénario B). Un autre scénario a été proposé, correspondant à une optimisation des deux tubes existants au niveau du NFL, avec une reprise de la conception de la gare de Part-Dieu et de ses accès dans le but de supprimer les conflits de cisaillements. A la différence des scénarios de l'étude de faisabilité, qui prennent en compte une infrastructure à 6 voies entre St-Clair et Guillotière, ce scénario s'appuie sur une infrastructure à 4 voies. Il est appelé « scénario 4 voies » dans la suite du document.

Le schéma ci-après reprend les principes de fonctionnement que doivent permettre les aménagements du scénario 4 voies :

- Suppression des conflits de cisaillements au nord à Saint-Clair, avec les 3 lignes divergentes ;
- Suppression des conflits de cisaillements au sud de Part-Dieu ;
- Suppression des conflits de cisaillements au niveau de la bifurcation de la Guillotière ;
- Réaménagement de la gare de Part-Dieu et Brotteaux.

Figure 1-1 : Principe du scénario 4 « Optimisation des deux tubes »





Cette note présente l'analyse technique de ce scénario, elle a pour but de pointer les problèmes techniques qu'il soulève :

- Difficulté technique à réaliser les ouvrages proposés ;
- Impact sur l'exploitation ferroviaire des travaux ;
- Impact sur l'environnement urbain et notamment l'exploitation routière.



## 2 Les principales conclusions de l'analyse des aménagements

---

Le scénario 4 voies propose des aménagements lourds, notamment en génie civil, de type saut-de-mouton et terrier, dans des zones urbaines très contraintes ainsi que denses en infrastructures ferroviaires. Peu des aménagements présentés sont techniquement faisables sans avoir de lourdes conséquences « en chaîne » sur les infrastructures proches (urbaines et ferroviaires) ou sans forts impacts sur l'exploitation routière et ferroviaire. Ces deux points sont sources importantes de surcoûts.

Le tableau ci-après liste les aménagements proposés et met en avant les points saillants de faisabilité ainsi que les impacts lourds sur les circulations ferroviaires pour leur réalisation.

Seul l'aménagement du secteur Saint-Clair semble envisageable à ce niveau d'étude : il est techniquement faisable et peut avoir des impacts limités sur l'exploitation ferroviaire et sur le trafic routier avec un phasage important des travaux. La durée des travaux serait cependant très longue.

Au sud de Part-Dieu, c'est la combinaison des aménagements qui pose des difficultés et qui nécessiterait au global des coupures importantes de la circulation ferroviaire, voire une coupure totale pendant un an pour la réalisation des travaux dans la tranchée de la Guillotière.

Ainsi, les aménagements peuvent être considérés comme techniquement faisables mais leurs modalités de réalisation les rendent difficilement envisageables, à l'exception de Saint-Clair. Ils auraient tous un fort impact sur les circulations ferroviaires, et même si une coupure totale peut être évitée, cela se fera au prix de phasages de travaux très lourds avec le maintien de l'exploitation sur un nombre de voies limité (une voie au nord, une à deux au sud) pendant de longues périodes (au minimum un an), ce qui n'est pas au niveau du volume de trafic à écouler au niveau de la gare de Part-Dieu.

En sus de la difficulté de réalisation des aménagements pris indépendamment les uns des autres, la réalisation simultanée de l'ensemble de ces aménagements poserait des défis pour le phasage des travaux les uns par rapport aux autres afin de limiter les impacts sur les circulations ferroviaires. Une problématique consiste également à organiser le basculement des sens de circulation des voies principales au nord de Part-Dieu puisque celui-ci est modifié dans ce scénario.



Aménagements	Faisabilité technique	Impacts réalisation	Observations
<p><b>Secteur Saint-Clair :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Saut de mouton</b></li><li>- <b>Terrier</b></li><li>- <b>Reprise des voies ferroviaires et de la connexion entre les lignes</b></li></ul>	<p>Les tracés proposés sont a priori faisables mais ne seront empruntables que par des trains voyageurs automoteurs</p> <p>Les impacts fonciers sont forts (bâtis) ainsi que sur le paysage</p>	<p>Possibilité de réaliser les aménagements sans coupure totale du trafic ferroviaire et du trafic routier</p> <p>De nombreuses coupures de nuit et de week-end et des LTV de longue durée seront nécessaires pour limiter l'impact sur l'exploitation ferroviaire. Ceci entrainera un temps de travaux très important (env 3 ans) et de forts surcoûts</p>	<p>Un point reste à vérifier précisément sur la possibilité de connecter les nouvelles infrastructures ferroviaires sans impacter les piles du pont Poincaré.</p> <p>Cette incertitude n'est pas de nature à remettre en cause la faisabilité des aménagements car la coupure complète de la circulation routière sur l'ouvrage Poincaré est envisagée dans le scénario A pour la démolition/reconstruction de l'ouvrage.</p>
<p><b>Reprise du saut de mouton nord au niveau du parc de la Tête d'Or</b></p>	<p>Deux solutions sont envisageables : « décalage » des voies pour ne pas reprendre l'ouvrage du saut-de-mouton ou reprise du saut-de-mouton</p>	<p>Coupure totale du trafic ferroviaire nécessaire pendant plusieurs mois dans une des variantes.</p> <p>Dans le cas de reprise de l'ouvrage, possibilité d'essayer de maintenir la circulation sur une voie au prix d'un important phasage de travaux et d'un très fort impact coûts</p> <p>Le maintien des circulations ferroviaires sur une voie en entrée nord de Part-Dieu n'est de toute façon pas à l'échelle des flux à écouler.</p>	<p>L'aménagement en lui-même semble techniquement faisable mais nécessite une interruption totale du trafic ferroviaire (ou au mieux le maintien sur une voie) ce qui semble peu acceptable</p>
<p><b>Reprise du plan de voies au nord et sud de Part-Dieu</b></p>	<p>Faisabilité technique non avérée. Les possibilités de reprise du plan de voie au nord et au sud de Part-Dieu peuvent difficilement être définies sans une étude précise de tracé en raison des conséquences en chaîne que peut avoir la mise en place des nouvelles aiguilles</p>	<p>Mise en place d'un important phasage des travaux afin de maintenir la circulation sur le maximum de voies.</p>	<p>La réalisation des tiroirs à proximité des quais nécessitera une reprise importante des voies en entrée et sortie de Part-Dieu</p>



<b><i>Terrier au sud de Part-Dieu</i></b>	Aménagement non faisable sauf à reprendre l'ensemble des voies dans la tranchée de la Guillotière	Aménagement nécessitant l'interruption totale du trafic ferroviaire en raison du site contraint	L'aménagement en lui-même semble techniquement faisable mais nécessite une interruption totale du trafic ferroviaire (ou au mieux le maintien sur une voie) ce qui semble peu acceptable
<b><i>Terrier au niveau du raccordement vers Perrache de la Guillotière</i></b>	Aménagement non faisable sauf à reprendre les accès au centre de maintenance de Guillotière ou l'ensemble de la bifurcation	Aménagement nécessitant l'interruption totale du trafic ferroviaire de certaines voies	

### 3 Secteur Saint-Clair

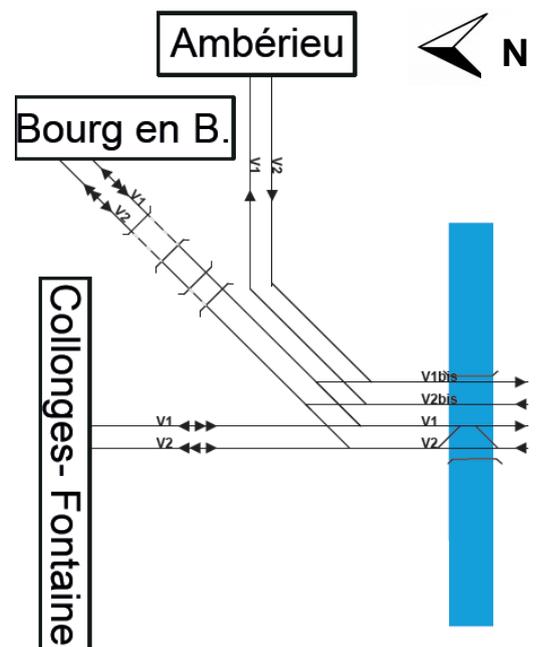
#### 3.1 Présentation des fonctionnalités des aménagements

Dans ce secteur, les aménagements ont pour but de lever les conflits de cisaillements entre les trois lignes divergentes vers Collonges, Sathonay et Ambérieu.

Actuellement, au niveau de Lyon St-Clair :

- Les voies vers Collonges sont accessibles depuis V1 et V2 ;
- Les voies vers Sathonay sont accessibles directement depuis V1bis et V2bis et V1 et V2 via des communications ;
- L'accès aux voies d'Ambérieu se fait depuis V1bis et V2bis.

Figure 3-1 : Schéma des infrastructures de référence



Le tableau ci-après indique les principes de liaisons entre les voies au niveau de Saint-Clair.

**Tableau 1 : Principes de liaisons entre les voies au niveau de Saint-Clair - référence**

Principes de liaisons entre voies – situation de référence		Viaduc sur le Rhône			
		V2	V1	V2bis	V1bis
Collonges	V1	√	X		
	V2	X	√		
Sathonay	V2	√		X	
	V1	√	√		X
Ambérieu	V1			X	√
	V2				X

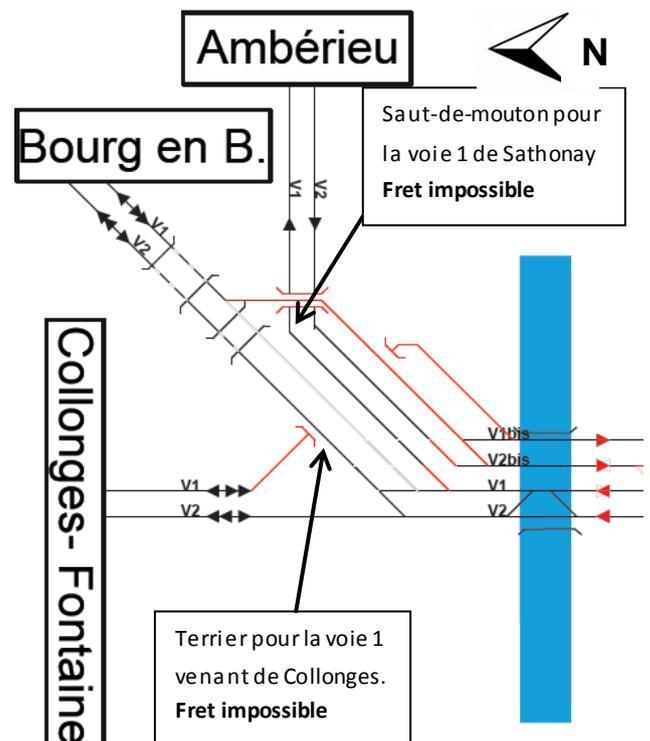
X : accès direct, même sens principal de circulation

√ : accès possible via une communication

Les aménagements proposés dans le cadre du scénario 4 voies ont pour objectif de limiter les cisaillements dans le secteur et modifier les principes d'accès aux différentes voies des 3 lignes. Ces modifications sont liées aux changements des sens de circulation des voies, au nord de Part-Dieu. Deux aménagements sont réalisés :

- Un terrier pour la voie 1 de Collonges vers la voie 1 bis vers Part-Dieu ;
- Un saut-de-mouton pour accéder aux voies V1bis V2bis de Part-Dieu depuis la voie 1 de Sathonay avec reprise du tracé des V1 et V2 de la ligne vers Ambérieu ainsi que la V2 de Sathonay.

**Figure 3-2 : Schéma des infrastructures de référence 4 voies**



Le tableau ci-dessous reprend les liaisons possibles entre les voies des différentes lignes suite aux aménagements. Pour plus de lisibilité, les noms des voies n'ont pas été changés par rapport à l'actuel alors que leur sens de circulation a été modifié dans le cadre du scénario 4 voies, pour la V1 et pour la V2bis au nord de Part-Dieu. Au niveau du viaduc du Rhône, les deux voies de l'ouest sont dans le sens montant (V2 et V1) et les deux voies de l'est sont dans le sens descendant (V2bis et V1bis).

**Tableau 2 : Principes de liaisons entre les voies au niveau de Saint-Clair – scénario 4 voies**

Principes de liaisons entre voies – scénario 4 voies		Viaduc sur le Rhône			
		V2	V1	V2bis	V1bis
Collonges	V1	X hors fret			
	V2	X			
Sathonay	V2	X	X		
	V1			X hors fret	X hors fret
Ambérieu	V1		X		
	V2			X	

X : accès direct, même sens

Dans le principe, dans le scénario 4 voies :

- la V1 de Collonges est liée à la V1 bis vers Part-Dieu via un terrier alors qu'elle l'était à la V1 dans la référence. Les pentes nécessaires ne permettent plus le passage du fret.
- la V1 vers Sathonay se connecte aux V1bis et V2bis via un saut-de-mouton alors qu'elle était liée à la V1. Les pentes nécessaires ne permettent plus le passage du fret.

Cette organisation permet d'avoir un fonctionnement en « tube » sans cisaillements entre circulations de même sens venant de lignes différentes, prises deux à deux.

**La fonctionnalité fret des voies actuelles est très dégradée. La circulation fret reste possible vers Ambérieu. En revanche, vers Sathonay et Collonges il faudrait envisager une circulation des trains de fret à contre-sens car les voies dénivelées ont des pentes trop importantes dans le sens normal de circulation.**

## 3.2 Les contraintes

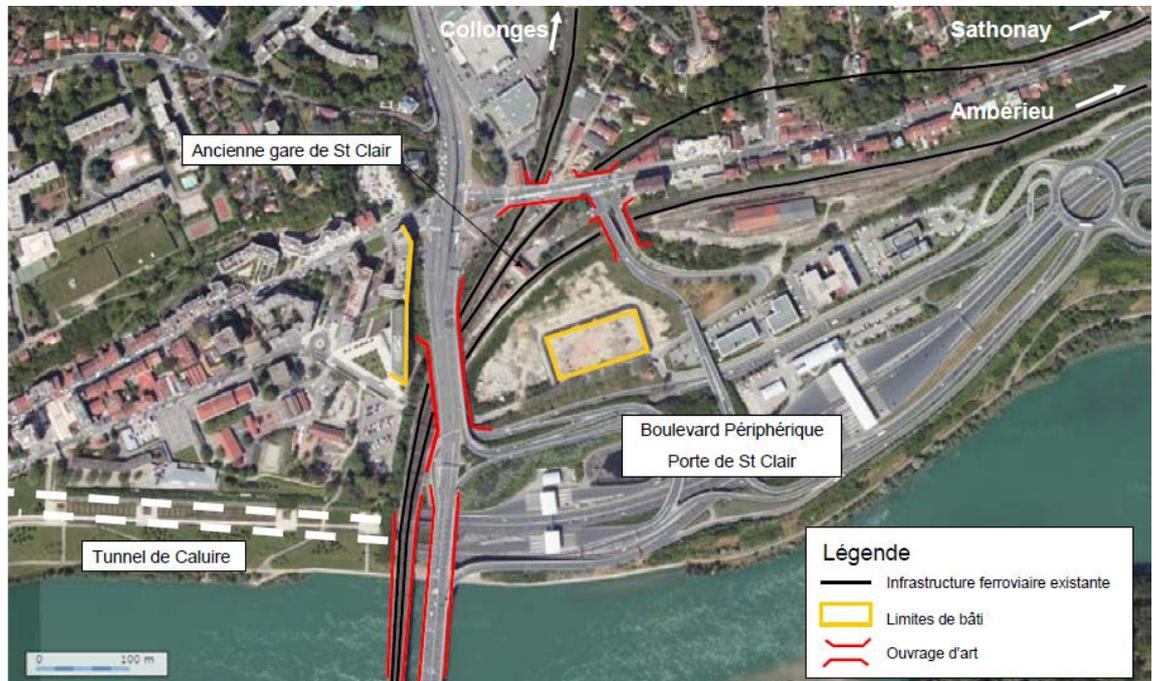
### 3.2.1 Les contraintes de l'environnement urbain

Le secteur d'implantation du saut de mouton et du terrier est très contraint :

- Contraintes topographiques, le secteur étant au pied de la colline de Caluire, directement au nord du Rhône ;
- Contraintes routières avec la présence du tunnel de Caluire, d'un échangeur routier, d'un ouvrage important pour le franchissement du Rhône et de pont-route pour le franchissement des voies ferrées ;

- Présence de bâtis à proximité des voies ferrées.

**Figure 3-3 : Synthèse des contraintes du secteur**

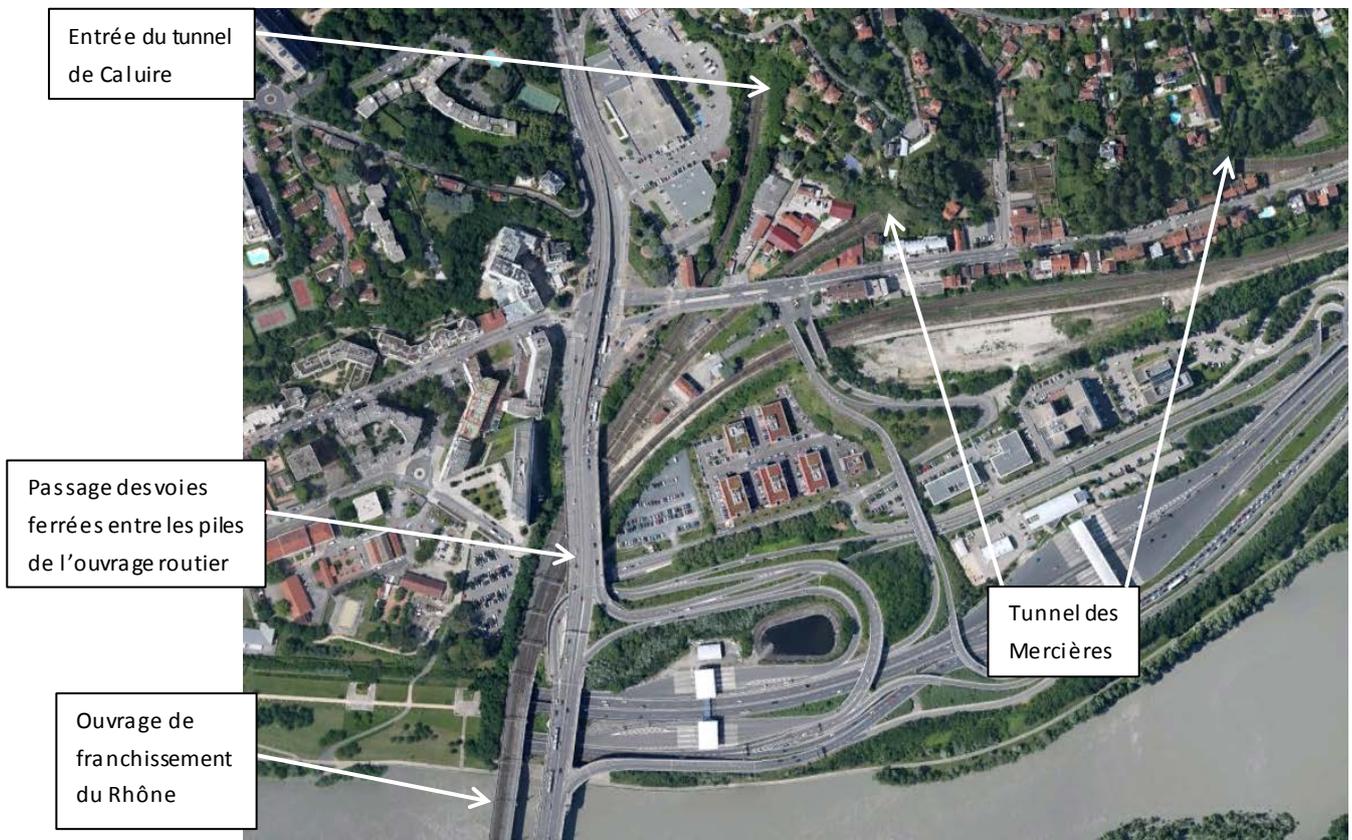


La présence du boulevard périphérique et de son échangeur ainsi que des voiries structurantes pour l'accès au plateau de Caluire (Montée des Soldats, Grande rue de Saint-Clair et Route de Strasbourg) implique de grandes difficultés à la réalisation des travaux. Il n'est pas possible d'envisager la coupure du périphérique pour de longues périodes et il existe peu d'itinéraires de reports pour l'accès à la colline de Caluire et au secteur de Vassieux – Crépieux.

### 3.2.1 Les contraintes ferroviaires

Au niveau des infrastructures ferroviaires, les points suivants sont à noter, impliquant des contraintes de réalisation pour les nouvelles infrastructures ferroviaires.

Figure 3-4 : Synthèse des contraintes du secteur



Les points présentés sur la figure ci-avant peuvent être considérés comme des « points de passage » obligés. Les impacts sur ces points seraient coûteux : coupures importantes des circulations ferroviaires pour la reprise de l'ouvrage routier, investissements importants, reprise de tunnels...

En termes de tracé, il est nécessaire de tenir compte de la présence de courbes dans le secteur :

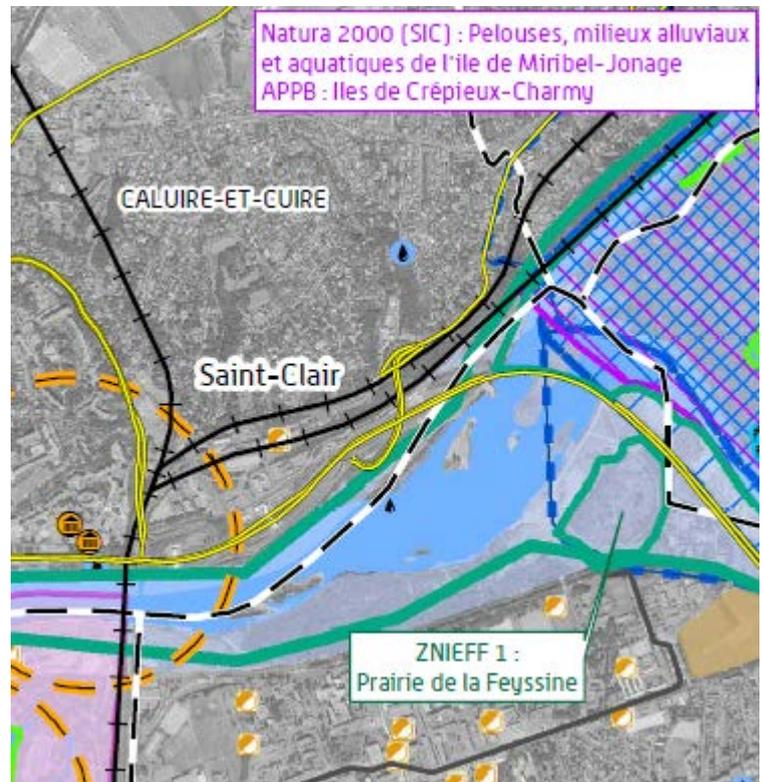
- Rayon mini de 360 m pour la ligne de Collonges ;
- Rayon mini de 350 m pour la ligne de Sathonay ;
- Rayon mini de 350 m pour la ligne d'Ambérieu.

Le dénivelé de la voie n'est pas très important dans le secteur pour les lignes de Collonges et d'Ambérieu. Celui de la ligne de Sathonay est plus important, une quinzaine de mètres est à descendre depuis l'extrémité est du périmètre, au niveau du viaduc Joseph Picot jusqu'au point de connexion avec les autres lignes.

Les nouvelles voies créées et celles modifiées devront se connecter au « tronc commun » de voies avant de franchir le Rhône pour rejoindre la gare de la Part-Dieu. Cette connexion se fait au niveau du pont Poincaré et de l'échangeur autoroutier. Ce secteur est très contraint en raison de la présence de l'ouvrage de l'autoroute et de ses piles ainsi que des ouvrages en terre liés aux différences de niveau des lignes. Actuellement, les voies passent « entre les piles » de l'ouvrage et à l'aplomb de l'échangeur.



**Figure 3-6 : Contraintes environnementales**



### 3.3 Faisabilité technique des aménagements

#### 3.3.1 Présentation des aménagements

Les principes de tracés sont repris des analyses réalisées dans l'Etude de planification par l'horaire sur le réseau ferroviaire en Région Rhône-Alpes – Etude nodale, dans la présentation « 2014-04-15\_sma\_ppt\_etude-nodale\_v3-03.pdf ».

Dans le scénario 4 voies, l'objectif est de limiter les cisaillements liés à la conjonction des lignes au niveau de Saint-Clair. Les deux voies pour lesquelles les cisaillements doivent être limités (V1 de Collonges et V1 de Sathonay) doivent se raccorder toutes deux sur la V1bis au niveau du viaduc sur le Rhône et donc une voie doit être en passage supérieur et l'autre en passage inférieur (terrier).

Figure 3-7 : Principe de l'aménagement



Source fond : Etude de planification par l'horaire sur le réseau ferroviaire en Région Rhône-Alpes – Etude nodale, dans la présentation « 2014-04-15\_sma\_ppt\_etude-nodale\_v3-03.pdf ».

### Saut-de-mouton pour la voie 1 de Sathonay avec reprise des voies d'Ambérieu

Le choix de mettre en place un saut de mouton pour éviter les cisaillements de la V1 de Sathonay avec les V1 et V2 d'Ambérieu au niveau du « tronc commun » des 4 voies sur le Rhône est motivé par le dénivelé des voies de Sathonay qui est favorable à cette solution.

Le principe est de se débrancher au niveau du Pk 393+400 de la V1 Sathonay, franchir le viaduc Joseph Picot avec un pont-rail, parallèle à l'existant, puis poursuivre avec un franchissement dénivelé en hauteur les V1 et V2 de la ligne d'Ambérieu à l'est de la gare de Saint-Clair pour se remettre à niveau des voies actuelles au niveau de l'ouvrage routier de la route de Strasbourg. A ce niveau, les voies d'Ambérieu sont déplacées vers le nord pour à la fois permettre le raccordement de la voie en saut de mouton aux voies de circulation du « tronc commun » et l'insertion de la voie V1 de Collonges en terrier mais aussi permettre de modifier les raccordements existants entre ces voies et les voies du « tronc commun », en lien avec la modification de leur sens de circulation. De même, ce décalage des voies d'Ambérieu vers le nord implique un décalage de la V2 de Sathonay vers le nord.

Une hauteur de 8 mètres est prise en compte pour la voie du saut de mouton pour passer au-dessus des voies ferroviaires (hauteur libre de 6 m + ouvrage + plateforme). La pente entre le débranchement de la voie V1 de Sathonay et l'ouvrage du saut de mouton au-dessus des voies d'Ambérieu, peut être estimée à 20‰ (dénivelé de 10 mètres sur 500 mètres). La deuxième pente peut ensuite être estimée à 10‰ (dénivelé de 6 mètres sur 650 mètres). **La première pente n'est alors pas empruntable par des trains fret.**

Les rayons des nouvelles infrastructures se situent très approximativement entre 250 et 700 mètres. Le rayon de 250 mètres, s'il est confirmé, nécessitera de baisser la vitesse de circulation des trains à 60 km/h, avec un impact potentiel sur les horaires.

La réalisation de la partie nord du saut de mouton nécessitera d'importants remblais dans la zone boisée traversée. Si le saut de mouton en lui-même a un impact foncier lourd mais limité à des zones non bâties, le décalage des voies a un impact foncier important, principalement sur des zones ferroviaires mais également sur l'ensemble du bâti situé le long de la route de Strasbourg. (voir Figure 3-11, secteur n°2 et 3)

Au niveau de l'impact sur la voirie, l'intersection entre l'avenue de Poumerol et la route de Strasbourg est complètement à reprendre, avec création d'un ouvrage de type pont-route assez important.

### **Terrier pour voie 1 Collonges**

Actuellement, la voie 1 de Collonges sort du tunnel de Caluire pour se prolonger au niveau du viaduc sur le Rhône par la voie 1 en direction de Part-Dieu. A la sortie du tunnel, la voie se situe entre une zone commerciale et un secteur d'habitat puis passe sous la route de Strasbourg puis le pont Raymond Poincaré au niveau du début de la montée des soldats et de l'accès à l'échangeur pour remonter ensuite au même niveau que celui-ci au niveau de la traversée du Rhône.

Pour le scénario 4 voies, la voie 1 de Collonges doit ainsi passer sous les V1 et V2 de la ligne pour Sathonay et sous les V1 et V2 de la ligne pour Ambérieu en se raccordant sur les infrastructures existantes : au nord au niveau de la sortie du tunnel de Caluire et au sud avant le viaduc traversant le Rhône. Le dénivelé est peu important entre ces deux points, de l'ordre de 2 mètres. La voie doit également passer plus au nord sous la route de Strasbourg. Deux ouvrages seront ainsi nécessaires pour le terrier : un pour la route de Strasbourg et un pour le faisceau de voies ferroviaires des lignes d'Ambérieu et de Sathonay. Pour faciliter la réalisation des aménagements, deux ouvrages pourront être mis en œuvre pour les voies ferroviaires.

**Figure 3-8 : Tracé des aménagements**



Source : Etude de planification par l'horaire sur le réseau ferroviaire en Région Rhône-Alpes – Etude nodale, dans la présentation « 2014-04-15\_sma\_ppt\_etude-nodale\_v3-03.pdf ».

Pour que la voie V1 de Collonges puisse passer sous les voies d'Ambérieu et de Sathonay, la plateforme doit descendre à environ 7 mètres sous les voies routières et ferroviaires (hauteur libre de 6 m + ouvrage). **La pente entre la sortie du tunnel et le point bas sous la route de Strasbourg est alors d'environ 35%, ce qui correspond à la pente maximale admissible. Ce saut de mouton ne pourra pas être emprunté par des trains fret.** La rampe pour rejoindre les voies du « tronc commun » au niveau du viaduc sur le Rhône est également de l'ordre de 35%. Avec de telles pentes, la voie n'est alors pas empruntable par des trains fret. Il convient cependant de noter que la voie actuelle pourra être conservée et utilisée.

Le terrier de la V1 pour Collonges aura un impact sur le bâti au nord de la Route de Strasbourg. Au niveau du raccordement avec le faisceau de voies du « tronc commun », la nouvelle voie aura un impact sur les piles du Pont Raymond Poincaré au début de la montée des soldats et nécessitera la démolition/reconstruction de cet ouvrage. Le tracé impact également la bretelle de raccordement au périphérique.

Figure 3-9 : Photo des piles l'ouvrage



Figure 3-10 : Principe de tracé des voies



## Synthèse des aménagements

Au global, les travaux consistent à :

- Réaliser le terrier de la V1 de la ligne de Collonges avec :
  - Pont-route pour le passage sous la route de Strasbourg (ouvrage à créer 3, Figure 3-10) ;
  - Pont-rail pour le passage sous les voies V2 de Sathonay et les voies V1 et V2 d'Ambérieu (ouvrage à créer 1, Figure 3-10) ;
  - Connexion directe sur la V1bis « tronc commun » ;
- Réaliser le saut de mouton de la V1 de la ligne de Sathonay avec :
  - Pont-route pour le passage sur le viaduc Joseph Picot (ouvrage à créer 4, Figure 3-10) ;
  - Création d'un pont-route au début de l'avenue de Poumerol (ouvrage à créer 2, Figure 3-10) ;
  - Connexion directe sur la V1bis « tronc commun » ;
- Reprise de la V2 de la ligne de Sathonay pour connexion directe sur la V1 « tronc commun » ;
- Reprise des voies V1 et V2 d'Ambérieu pour connexion directe sur V1 et V2bis avec :
  - Création d'un pont-route au début de l'avenue de Poumerol.

### 3.3.2 Les impacts des aménagements

Les impacts des aménagements concernent :

- Terrier de la V1 de la ligne de Collonges (1) :
  - Impacts bâti ;
  - Impacts route de Strasbourg (création pont-route) avec interruption du trafic routier ;
  - Impacts structure pont Raymond Poincaré ;
- Saut de mouton de la V1 de la ligne de Sathonay (2) :
  - Impacts foncier et foncier ferroviaire ;
  - Impact l'ouvrage nord du pont Raymond Poincaré ;
  - Impact la bretelle de raccordement au BPNL
- Reprise des voies V1 et V2 d'Ambérieu pour connexion directe sur V1 et V2bis (3) :
  - Impacts bâti ;
  - Impacts début de l'avenue de Poumerol, intersection avec la route de Strasbourg (création pont-route) avec interruption du trafic routier.

**La reprise de l'ouvrage du pont Raymond Poincaré (ouvrage nord) nécessitera une autre structure ce qui aura comme impacts plusieurs mois d'interruption totale du trafic routier en lien avec Caluire et le centre de Lyon par la rive droite.**

Figure 3-11 : Synthèse des impacts de l'aménagement



Source fond : Etude de planification par l'horaire sur le réseau ferroviaire en Région Rhône-Alpes – Etude nodale, dans la présentation « 2014-04-15\_sma\_ppt\_etude-nodale\_v3-03.pdf ».

### 3.4 Impacts des travaux

Les travaux des 3 aménagements devront se dérouler de manière concomitante. La réalisation du terrier et du saut de mouton représente une difficulté majeure de réalisation. En effet, il s'agit d'effectuer ces aménagements à proximité de voies exploitées, dans une zone de débranchement entre plusieurs lignes et dans un secteur peu accessible avec le franchissement de plusieurs voies routières.

La réalisation de l'ouvrage pourra se faire en 4 phases, suite à la libération des emprises et déviation des réseaux :

- Phase 1
  - Réalisation du génie civil et de l'ouvrage pour le dévoiement des voies V1 et V2 de la ligne d'Ambérieu
  - Réalisation du génie civil pour le dévoiement de la V2 Sathonay
  - Réalisation du génie civil pour le terrier et saut de mouton hors zone exploitée



- Phase 2
  - Travaux d'équipements ferroviaires des V1 et V2 dévoyées de la ligne d'Ambérieu avec raccordement sur V1 et V2 bis du tronç commun
  - Travaux d'équipements ferroviaires de la V2 dévoyée de la ligne de Sathonay avec raccordement sur V1 du tronç commun
  - Travaux d'équipements ferroviaires à proximité des voies V1 et V2 dévoyées pour la nouvelle V1 Collonges et V1 Sathonay
  - Basculement des circulations sur V1 et V2 dévoyées de la ligne d'Ambérieu et sur la V2 dévoyée de la ligne Sathonay
- Phase 3
  - Travaux de génie civil du terrier V1 Collonges et fin des travaux de génie civil du saut de mouton V1 Sathonay, au niveau des anciennes voies dévoyées
- Phase 4
  - Fin des travaux d'équipements ferroviaires du saut de mouton avec raccordement du V1bis du tronç commun
  - Basculement des circulations de V1 Sathonay sur le saut-de-mouton
  - Fin des travaux d'équipements ferroviaires du terrier avec raccordement du V1bis du tronç commun
  - Basculement des circulations de V1 Collonges sur le saut-de-mouton

Il faut compter au minimum 3 ans de travaux dans ce secteur.

### Phase 1 : travaux génie civil

Travaux de Génie Civil	Réalisation des plateformes définitives des V1 et V2 d'Ambérieu et de l'ouvrage d'art Réalisation de la tranchée ouverte et couverte du terrier V1 Collonges hors zone exploitée depuis le nord Pont route et pont rail du terrier Réalisation des terrassements et ouvrage du saut de mouton hors zone exploitée
Travaux d'équipements ferroviaires	
Impacts sur les circulations ferroviaires	Fort <ul style="list-style-type: none"><li>- LTV pour les travaux à proximité des voies exploitées</li><li>- Interruptions longues week-end pour le pont-rail du saut de mouton</li><li>- Interruption longues week-end pour le pont-rail du terrier</li></ul>
Impacts sur la circulation routière	Forte <ul style="list-style-type: none"><li>- Interruption de la circulation au niveau du viaduc Joseph Picot (nuit et week-end)</li><li>- Interruption de la circulation route de Strasbourg pour l'implantation de l'ouvrage du terrier</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interruption de la circulation avenue de Poumerol pour l'implantation de l'ouvrage lié au dévoiement des voies</li> </ul>
--	--

### Phase 2 : basculement des circulations sur V1 et V2 dévoyées de la ligne d'Ambérieu

Travaux de Génie Civil	Raccords de plateforme pour V1 et V2 d'Ambérieu
Travaux d'équipements ferroviaires	Pose des voies définitives sur V1 et V2 dévoyées d'Ambérieu Travaux préparatoires sur V1 et V2 pour le basculement (portiques, signalisation)
Impacts sur les circulations ferroviaires	Moyen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interruption des circulations pour les travaux préparatoires</li> <li>- Coupures longues pour le basculement (pose appareils de voie, signalisation... (nuits et week-end))</li> </ul>
Impacts sur la circulation routière	

### Phase 3 : Fin des travaux Génie Civil

Travaux de Génie Civil	Travaux génie civil terrier et saut de mouton suite dépose V1 et V2 Ambérieu
Travaux d'équipements ferroviaires	Dépose ancienne V1 et V2 Ambérieu
Impacts sur les circulations ferroviaires	
Impacts sur la circulation routière	Limité : <ul style="list-style-type: none"> <li>- LTV pour les travaux à proximité des voies</li> </ul>

### Phase 4 : basculement des circulations sur terrier et saut de mouton

Travaux de Génie Civil	Raccords de plateforme
Travaux d'équipements ferroviaires	Pose des voies définitives sur V1 Collonges et Sathonay Travaux préparatoires sur V1bis et V2bis pour le basculement (portiques, signalisation)
Impacts sur les circulations ferroviaires	Moyen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interruption des circulations pour les travaux préparatoires</li> <li>- Coupures longues pour le basculement</li> </ul>
Impacts sur la circulation routière	

Les interruptions des circulations routières seront importantes. Il n'est pas nécessaire d'interrompre totalement les circulations ferroviaires car il est possible de réaliser le pont-rail du terrier à l'aide de tabliers auxiliaires. De nombreuses interruptions nuits et week-ends seront cependant nécessaires, avec de forts ralentissements.

Au-delà des impacts sur les circulations ferroviaires et routières, la réalisation sera très impactant en termes d'emprises travaux.

### 3.5 Synthèse

La réalisation des aménagements au niveau du secteur de Saint-Clair est techniquement faisable mais les nouvelles voies ne pourront pas être empruntées par des trains fret. Ces aménagements sont cependant très impactant sur l'environnement du secteur et sur le paysage : création d'importants remblais sur une zone boisée pour le saut-de-mouton, impacts fonciers très importants (bâties).

**Figure 3-12 : Secteur d'implantation du saut-de-mouton**



**Figure 3-13 : Habitations impactées au sud de la route de Strasbourg**



La réalisation des aménagements peut se faire sans interruption de la circulation ferroviaire, avec d'importantes phases de week-end, mais nécessitera des interruptions importantes des trafics routiers ainsi que de fortes perturbations.



Si la faisabilité du raccordement des voies entre les piles de l'ouvrage Raymond Poincaré n'est pas confirmée, le trafic routier sur le pont devra être totalement interrompu pour permettre la reprise de l'ouvrage.

## 4 Secteur Nord Tête d'Or

### 4.1 Présentation des aménagements

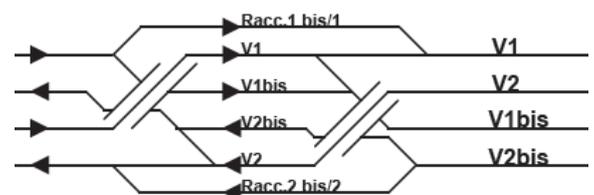
Dans ce secteur, l'objectif est de changer la configuration des voies sur le viaduc ferroviaire situé le long du parc de la Tête d'Or et du boulevard Stalingrad afin de modifier les principes de cisaillement entre voies, en lien avec le fonctionnement envisagé de la gare de la Part-Dieu et les jonctions avec les lignes de Collonges, Sathonay et Ambérieu. Ces changements sont liés à la modification des sens principaux de circulation des V1, V2, V1bis et V2bis au niveau du viaduc sur le Rhône pour l'accès aux voies des 3 lignes divergentes dans le secteur Saint-Clair

Actuellement, les V1 et V2, situées à l'est de l'ensemble de voies, sont dénivelées avec un passage supérieur (saut-de-mouton) afin de qu'elles ne cisailent pas les V1bis et V2bis.

**Tableau 3 : Principes de liaisons entre les voies au niveau du secteur Tête d'Or**

Principes de liaisons entre voies – référence		Viaduc sur le Rhône			
		V2	V1	V2bis	V1bis
Brotteaux – sortie gare Part-Dieu	V2bis	X		X	
	V1bis		X		X
	V2	X		X	
	V1		X		X

**Figure 4-1 : Schéma des infrastructures de référence**



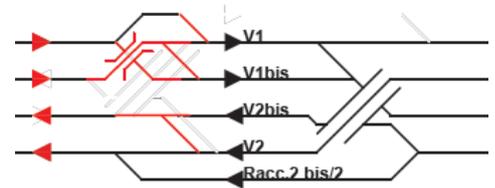
Dans le cadre du scénario 4 voies, les principes de fonctionnement de la gare de Part-Dieu sont modifiées, ce qui a un impact sur la configuration des voies en amont de la gare. Dans le cadre du scénario 4 voies, le saut de mouton de la V2, correspondant à celui le plus au sud, n'est pas modifié mais celui de la V1 est « raccourci » pour que cette voie se prolonge sur la V2bis au niveau du viaduc sur le Rhône, sans cisailier la V1 bis.

**Tableau 4 : Principes de liaisons entre les voies au niveau du secteur Tête d'Or**

Principes de liaisons entre voies – scénario 4 voies		Viaduc sur le Rhône			
		V2	V1	V2bis	V1bis
Brotteaux – sortie gare Part-Dieu	V2bis	X	X	X	
	V1bis		X	X	X
	V2	X	X	X	
	V1		X	X	X

X : liaison nouvelle

X : liaison supprimée par rapport à la référence

**Figure 4-2 : Schéma des infrastructures du scénario 4 voies**


## 4.2 Les contraintes

### 4.2.1 Les contraintes de l'environnement urbain

Les aménagements doivent se faire le long du boulevard Stalingrad et du parc de la Tête d'Or.

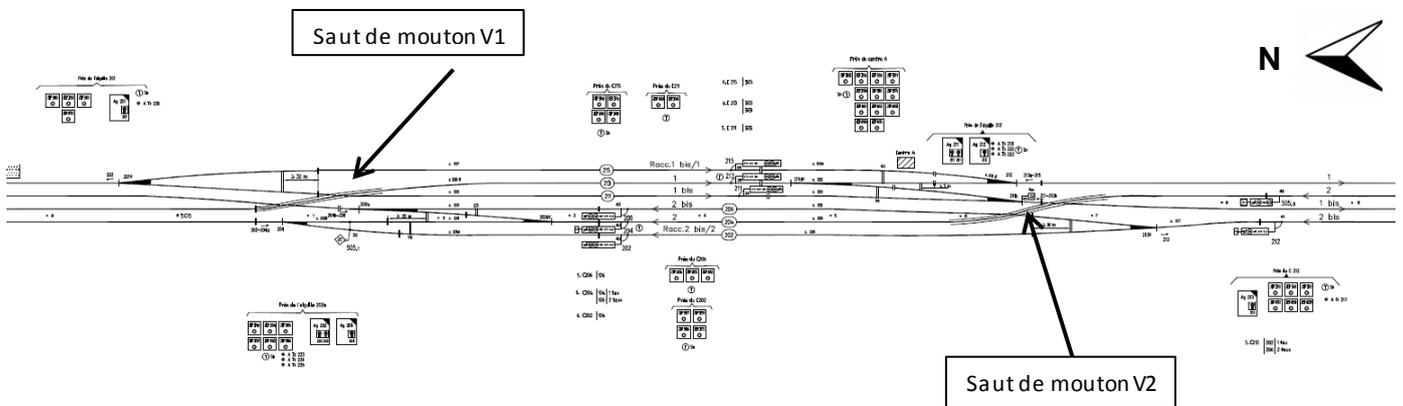
Le boulevard Stalingrad est une voie à 2x2 voies, avec du stationnement de part et d'autre. Une interruption du trafic au niveau du boulevard Stalingrad n'est pas envisageable, sauf sur de courtes périodes. Celui-ci fait partie des itinéraires à préserver pour l'accès au centre-ville de Lyon.

Des murs de soutènement sont présents le long du boulevard Stalingrad.

### 4.2.2 Les contraintes ferroviaires

Dans la situation actuelle, le saut de mouton de la V2 est plus au sud et est emprunté dans le sens sud – nord. Celui de la V1 est plus au nord et est emprunté dans le sens nord – sud.

Figure 3 : Situation des sauts de mouton - Extrait du schéma de signalisation

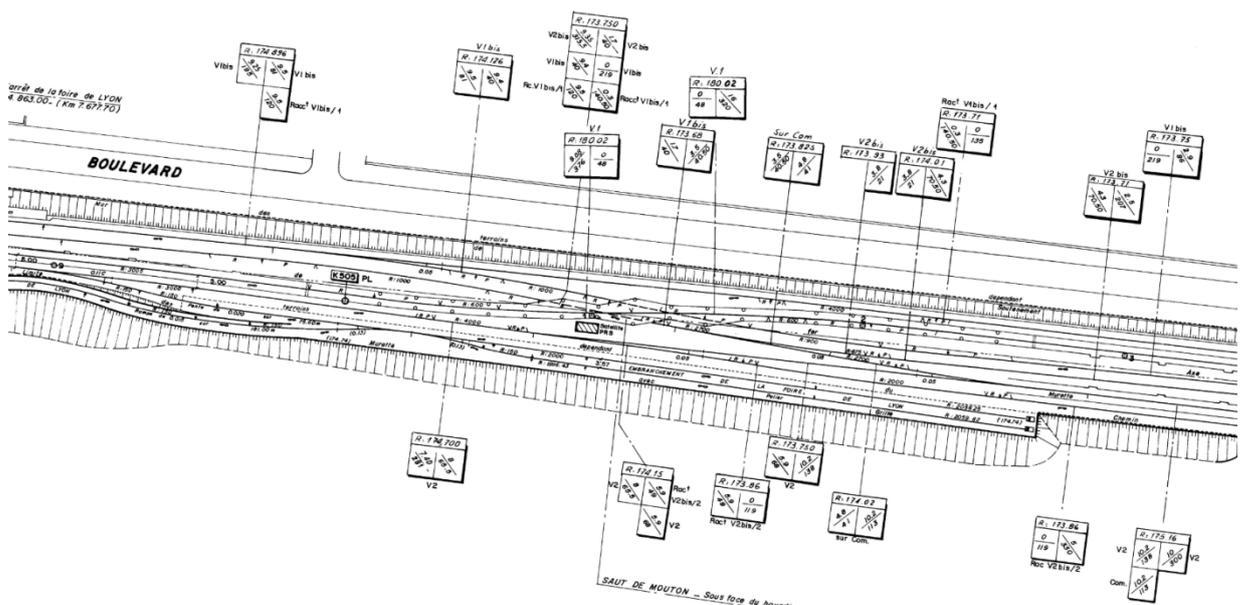


D'après les éléments disponibles (plan des infrastructures) la pente saut de mouton sud de la V2, appelé saut de mouton Brotteaux, est de 10‰ sur 300 mètres puis de 8‰ sur 550 mètres.

Le saut de mouton de la V1, plus au nord, appelé saut de mouton de Saint-Clair, présente une pente de 8‰ sur 380 mètres puis 16‰ sur 320 mètres.

Le saut de mouton nord est réalisé avec un ouvrage dont les piles sont espacées régulièrement.

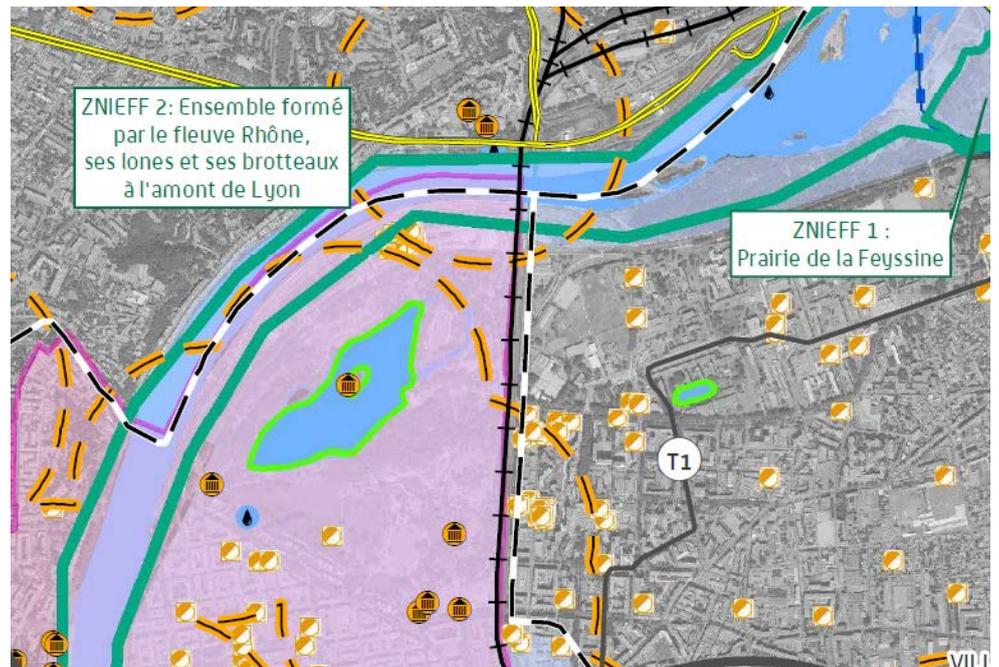
Figure 4-4 : Plan des infrastructures ferroviaires – saut de mouton nord



### 4.2.3 Les contraintes environnementales

Les aménagements devraient être réalisés sur les infrastructures ferroviaires longeant le parc de la Tête d’Or qui est un site inscrit, ainsi que dans des périmètres de protection de monuments historiques.

Figure 4-5 : Contraintes environnementales



## 4.3 Faisabilité technique des aménagements

L'aménagement consiste à réaliser un saut de mouton de la V1 sur la V1bis avec un raccordement sur la V2bis au niveau du Rhône et à raccorder la V2bis au niveau des Brotteaux sur la V1 au niveau du Rhône.

Le principe de l'aménagement est repris sur le schéma de signalisation ci-après, au niveau du saut de mouton Saint-Clair. Les noms des voies sont maintenus par rapport à l'actuel.

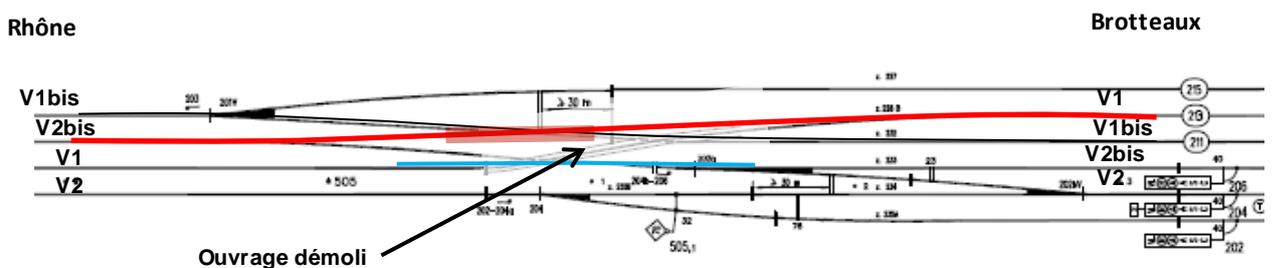
Deux principes peuvent être appliqués pour retrouver les fonctionnalités recherchées avec l'aménagement :

- **Reprise du saut-de-mouton (démolition/reconstruction).** Cette solution consiste à reprendre le saut-de-mouton en décalant l'ouvrage pour permettre à la voie V1 côté Brotteaux de se raccorder sur la voie V2 bis sans reprendre l'axe de la V2bis côté Rhône. Dans ce cas-là, la voie V2bis côté Brotteaux est alors modifiée au niveau du saut de mouton actuel pour se raccorder sur la V1 côté Rhône, dans son alignement (cf schéma ci-dessus).

Cette solution nécessite de déplacer l'ensemble des voies. Il est nécessaire d'avoir un entrevoie large pour pouvoir implanter le nouvel ouvrage. Il faudra donc repositionner l'ensemble des voies pour dégager le bon écartement au niveau de l'ouvrage. Ainsi, même si l'emprise globale restera la même puisque l'ouvrage existant est déplacé, un long linéaire de voie devra être repris pour reprendre le tracé en plan de l'ensemble des voies.

Ce point met en doute la faisabilité technique de cette solution ou peut tout du moins avoir d'importants impacts plus au sud. En effet, les voies passent actuellement entre les piles de l'ouvrage du saut-de-mouton situé plus au sud, les deux ouvrages sont espacés de 500 mètres. Une reprise des voies pourra nécessiter de reprendre l'ouvrage ou, si cet ouvrage est pris comme invariant, entraîner un besoin d'élargir la plateforme, avec un impact sur l'emprise du boulevard Stalingrad. C'est également le cas pour le viaduc Poincaré, situé au nord du Rhône.

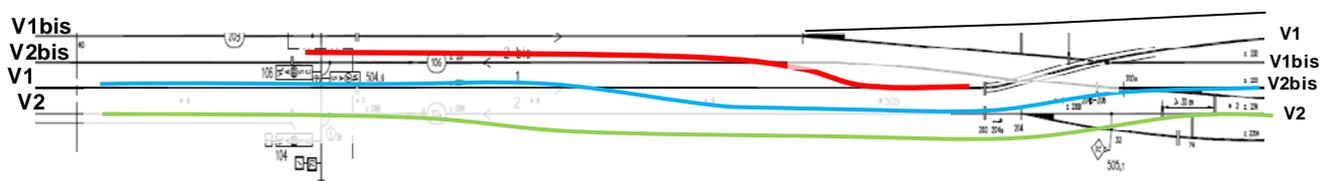
Figure 4-6 : Principe de l'aménagement



Source fond : schéma de signalisation

- Reprise des voies au nord du saut de mouton.** Cette solution a pour objectif de ne pas toucher à l'ouvrage du saut de mouton de Saint-Clair et donc les modifications du plan de voie interviennent au nord du saut-de-mouton actuel. Le principe de reprise des voies est schématisé sur le schéma ci-dessous.

Figure 4-7 : Principe de l'aménagement : autre solution



Pour ne pas impacter le saut de mouton nord de Saint-Clair, cette solution nécessite de reprendre les voies au nord de l'ouvrage sur environ 200 m, c'est-à-dire sur le viaduc de franchissement du Rhône, ce qui nécessite sa démolition / reconstruction. Ceci implique plusieurs mois d'interruption totale du trafic ferroviaire. C'est la principale difficulté de cette variante.

**Figure 4-8 : Localisation ouvrage de franchissement du Rhône**



De même, la V2bis doit passer au sud du saut de mouton nord afin d'éviter les cisaillements comme envisagé dans l'analyse exploitation. Cela implique ainsi un élargissement de l'emprise ferroviaire vers l'ouest, au niveau du parc de la Tête d'Or. Ce secteur correspond à l'ancienne emprise de l'embranchement de la Foire de Lyon.

**Figure 4-9 : Impacts 2<sup>ème</sup> solution**



#### 4.4 Impacts des travaux

Les travaux de reprise du plan de voie au niveau du saut de mouton sont très impactants pour l'exploitation ferroviaire. Une coupure totale du trafic ferroviaire est nécessaire quelle que soit la solution mise en œuvre.

### Cas reprise du saut de mouton

La démolition et la reconstruction du saut de mouton va nécessiter de couper la circulation ferroviaire pour les phases de démolition et de construction de l'ouvrage, ainsi que pour la reprise de l'axe des voies. Une coupure de la circulation ferroviaire d'une année est à envisager.

Il est possible d'envisager de maintenir l'exploitation ferroviaire sur une seule voie, alternativement à l'est ou à l'ouest de l'ensemble de voies, en fonction des zones de travaux. En effet, globalement l'emprise est de 25 mètres et les travaux doivent se dérouler à 5 m de l'axe des voies exploitées ce qui permet de limiter (supprimer) les contraintes liées aux travaux de manutention (levage à la grue) à proximité des voies (IN 033). Il est donc possible d'envisager de maintenir la circulation sur la voie la plus éloignée de la zone des travaux. Cela nécessiterait cependant un phasage très lourd des travaux, avec la mise en place de nombreuses communications provisoires. La mise en place d'un tel phasage aurait un impact fort sur le coût et la durée des travaux sans être à la hauteur du volume de circulations ferroviaires qu'il est nécessaire d'écouler au nord de la gare de la Part-Dieu.

Dans le cas où le saut de mouton nord est repris, les travaux consistent à :

- Phase 1 : Réaliser des raccordements provisoires entre voies pour maintenir l'exploitation alternativement sur une des deux voies externes par rapport au saut de mouton
- Phase 2 : Reprise du saut de mouton
  - Déposer la voie 1 sur le saut de mouton ;
  - Reprendre le génie civil du saut de mouton avec :
    - Démolition du tablier de l'ouvrage d'art,
    - Travaux de terrassement pour reprendre les culées (pentes et rampes) du saut de mouton,
    - Construction de l'ouvrage d'art,
- Phase 3 : Travaux d'équipements des voies
  - Poser de la voie sur le saut de mouton ;
  - Connecter la V1 sur la V2bis au niveau du viaduc sur le Rhône.

La reprise du saut de mouton implique ainsi une interruption du trafic ferroviaire pendant environ 1 an.

### Cas reprise des voies au nord du saut de mouton

Dans ce cas, l'ouvrage du saut de mouton n'est pas démoli mais, a minima, le viaduc franchissant le Rhône devra être repris pour être élargi et d'importants travaux de voies seront nécessaires (déplacement de voies et d'aiguilles).

La reprise de l'ouvrage nécessitera d'interrompre complètement les circulations ferroviaires sans possibilité de phasage pour les maintenir.



## 4.5 Synthèse

La réalisation de cet aménagement semble techniquement faisable même si les conséquences en chaîne des reprises de voies sont difficiles à quantifier à ce niveau d'analyse.

La principale problématique de cet aménagement concerne ses conditions de réalisation et la nécessaire coupure totale de la circulation ferroviaire pendant au minimum un an pour pouvoir le réaliser dans des délais de travaux et de coûts réalistes.

**La réalisation de cet aménagement n'apparaît donc pas réaliste.**

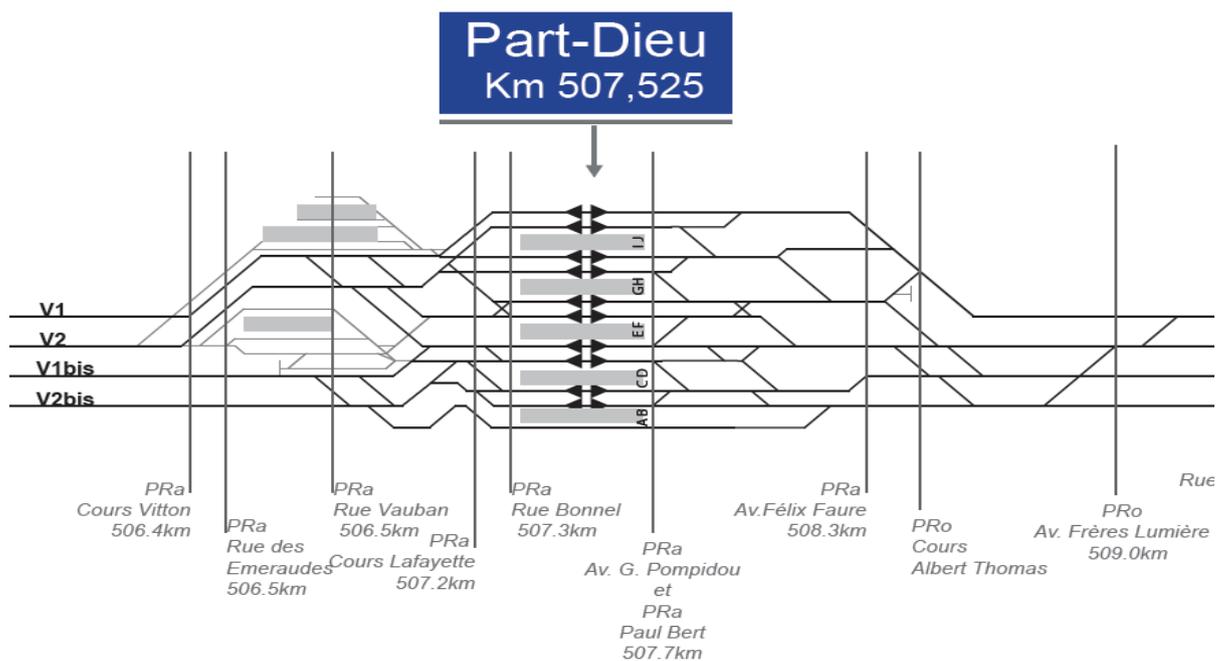
## 5 Secteur de la gare de Part-Dieu

### 5.1 Présentation des aménagements

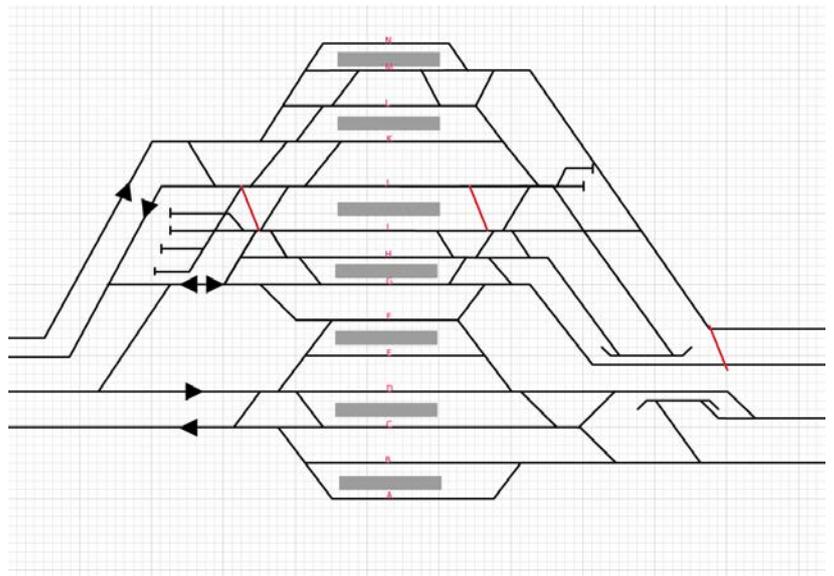
Le scénario 4 voies nécessite la reprise du plan de voie de Part-Dieu. Les principaux aménagements identifiés correspondent à :

- Créer deux voies à quai supplémentaires (voies M et N) par rapport à la référence pour passer à un total de 14 voies à quai ;
- Mettre en place des communications supplémentaires, notamment pour les situations perturbées ;
- Créer des tiroirs au nord (au niveau de la gare des Brotteaux) et au sud.

Figure 5-1 : Schéma des infrastructures de la gare de la Part-Dieu – situation de référence



**Figure 5-2 : Schéma des infrastructures de la gare de la Part-Dieu – scénario 4 voies**



Les contraintes pour les aménagements de la gare de la Part-Dieu ont été décrites dans l’analyse technique des différents scénarios d’aménagement du NFL.

## 5.2 Faisabilité technique des aménagements

Les aménagements du scénario 4 voies de la gare de Part-Dieu correspondent à :

- Création des nouvelles voies à quai ;
- Nouveaux itinéraires pour répondre aux principes d’exploitation définis dans le scénario ;
- Création de nouvelles communications en entrée et sortie de la gare ;
- Mise en place de tiroirs.

Les aménagements correspondent ainsi principalement à des travaux de voie. A noter que les impacts signalisation seront également importants, avec des reprises de poste, ainsi que ceux sur les caténaires.

### Les nouvelles voies à quai

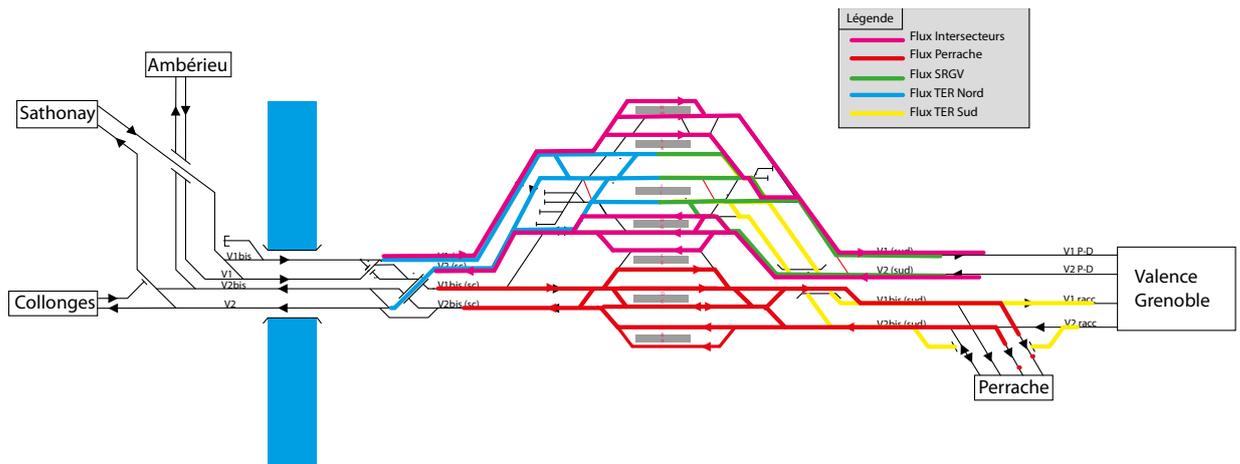
Le scénario 4 voies prévoit la mise en œuvre de 2 nouvelles voies à quai (M et N) par rapport à la situation de référence.

Le scénario A envisage également la création de ces nouvelles voies à quai. Les principes de réalisation de ces nouvelles voies à quai ainsi que leurs impacts sont ainsi détaillés dans le rapport d’analyse de faisabilité.

## Les itinéraires d'entrée et de sortie de gare

### Principe d'exploitation de la gare de la Part-Dieu

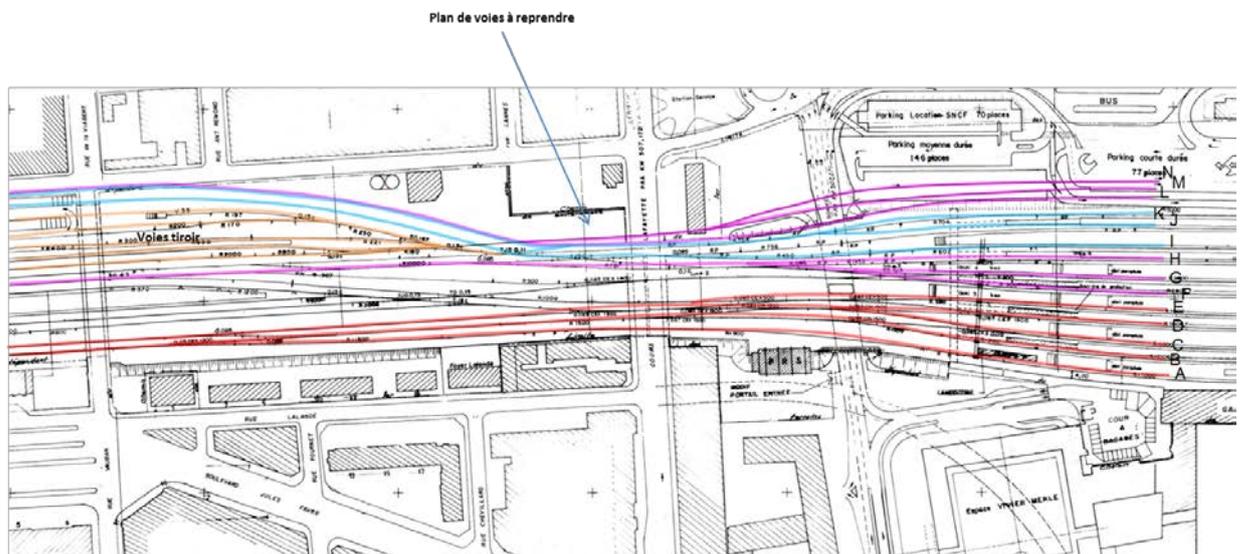
D'après les schémas fournis, le principe d'exploitation retenu pour l'exploitation en tube de la gare de la Part-Dieu est le suivant :



Ce schéma implique des principes d'accès depuis les voies principales de circulation au nord et au sud de la gare de la Part-Dieu.

- **Côté Brotteaux**

Les itinéraires à créer sont repris dans le schéma ci-dessous avec le même code de couleur, sans préjuger des conflits entre eux mais dans le principe de pouvoir les réaliser.



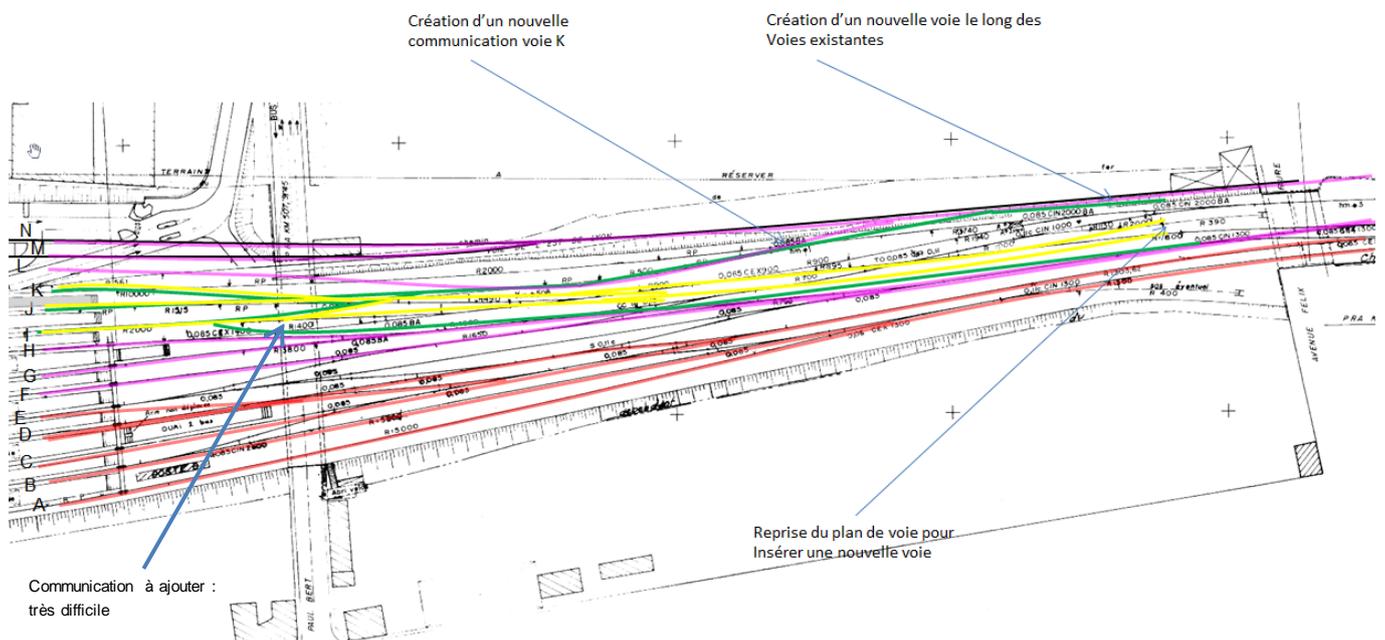
Côté Brotteaux, les aménagements à réaliser consistent à connecter la V1 aux nouvelles voies à quai M et N. Il s’agit donc d’élargir l’emprise du pont rail du cours Lafayette et réaliser les travaux de voies correspondants avec implantation des aiguilles. Ces aménagements auront un impact sur l’accès aux voies de remisage des Brotteaux.

La pose d’une nouvelle communication en entrée de quai J serait nécessaire pour rendre les itinéraires indépendants.

- **Côté Guillotière**

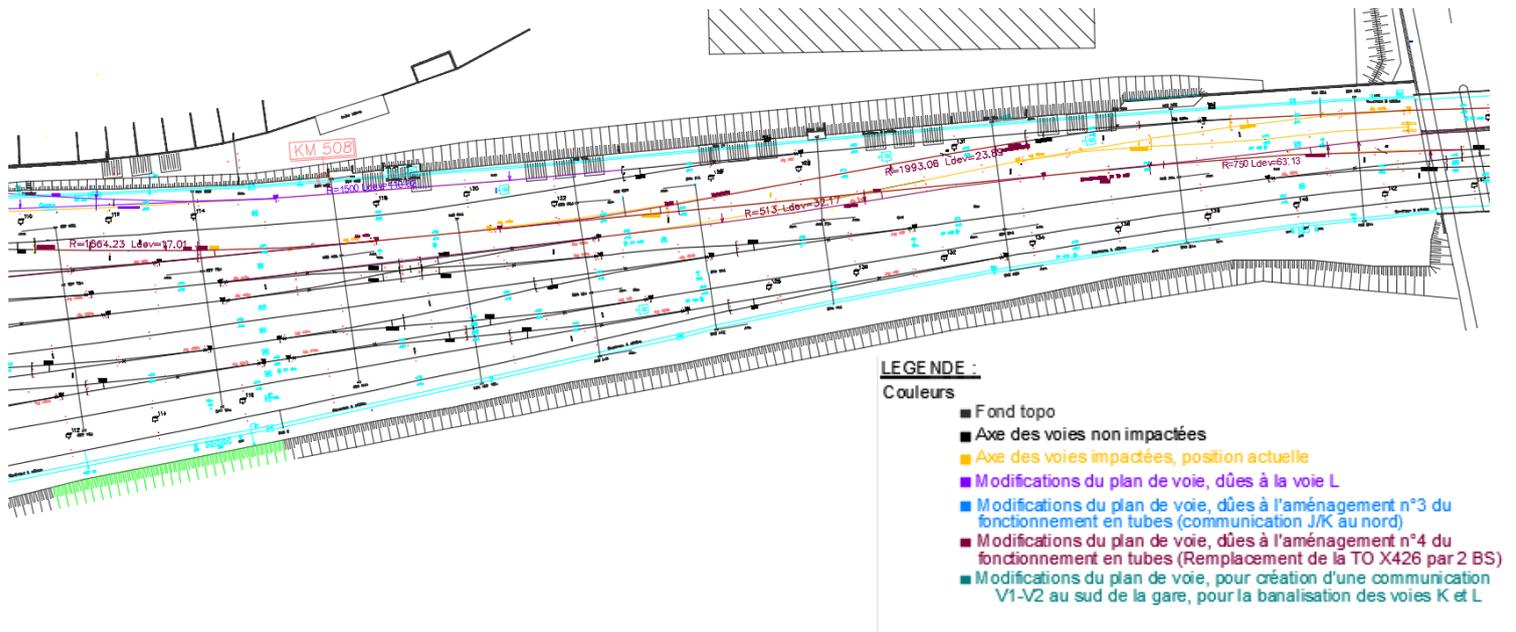
Côté Guillotière (sud de la gare), les aménagements sont plus problématiques. Il s’agit de créer une nouvelle voie en lien avec nouvelles voies à quai M et N à l’est de la gare jusque dans la tranchée de la Guillotière puis insérer une nouvelle voie dans le prolongement de la voie à quai I. En sortie de gare, au niveau de l’avenue Félix Faure, 6 voies de circulation sont présentes puis se réduisent à 4 suite à la création d’un terrier au sud de Part-Dieu (cf paragraphe 6).

Le schéma suivant reprend les principes à mettre en œuvre pour les itinéraires de sortie sud de la gare.

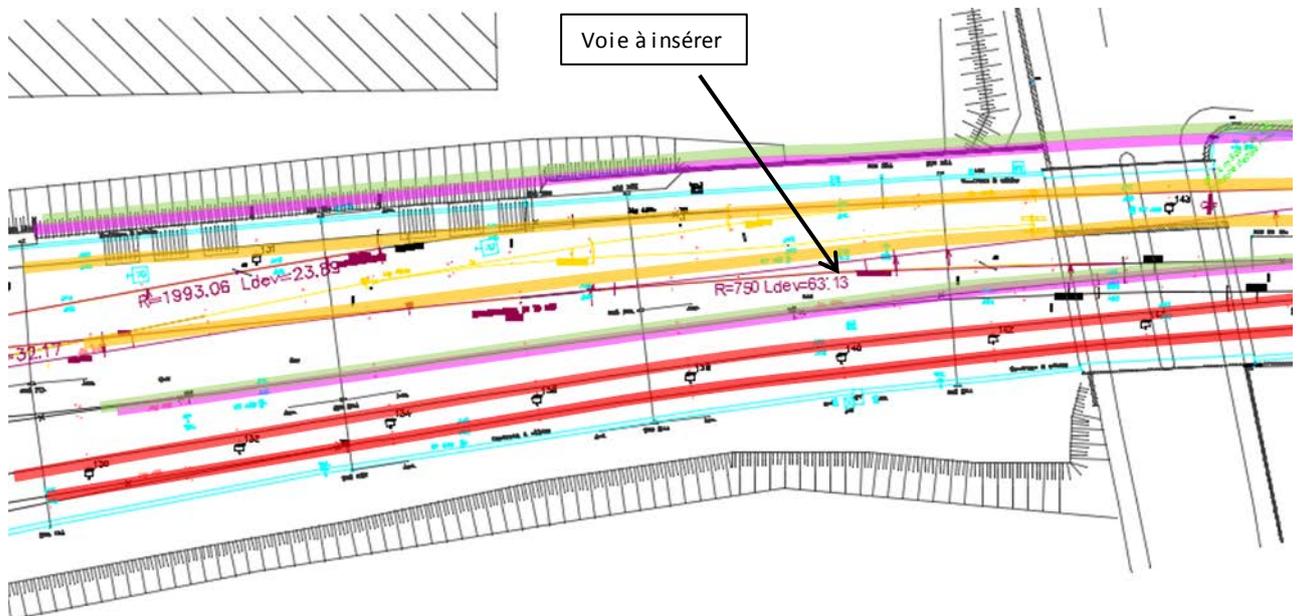


La création de la nouvelle voie à l’est des voies actuelles est présente dans le scénario A d’aménagement du NFL, ses contraintes de réalisation y sont détaillées.

Par rapport à ce schéma, le programme de la voie L (voie intégrée à la situation de référence) prévoit la suppression du tiroir sud de la gare ainsi que des communications qui lui sont associées et la création de nouvelles communications entre V1 et V2.

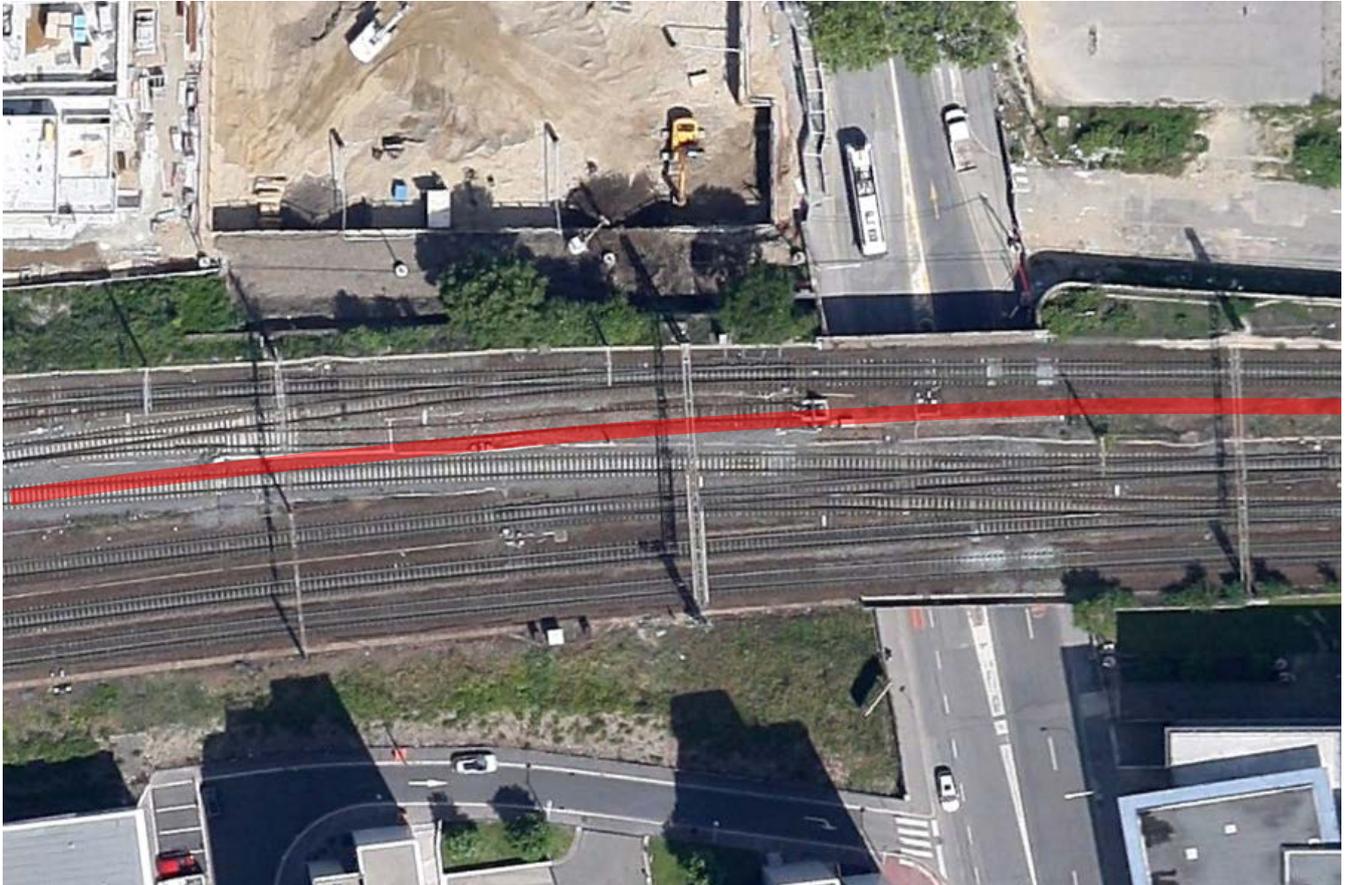


La principale difficulté ici concerne ici la reprise du plan de voie de la gare au sud, pour insérer une nouvelle voie. Plus au sud, l'ensemble des voies devront être reprises pour insérer le terrier (cf. paragraphe 6). La communication entre V1 et V2 sera supprimée.



La faisabilité d'insérer cette nouvelle section de voie nécessite une étude de tracé. Il est en effet nécessaire d'évaluer les possibilités d'insertion d'un nouvel appareil de voie en fonction de ceux situés de part et d'autre ainsi que l'entraxe disponible entre les voies. De plus, cette voie nécessitera un entraxe large car, plus au sud,

cette voie sera en terrier et il sera ainsi nécessaire de dégager de l'espace de part et d'autre pour insérer les murs de soutènement.



L'insertion d'un nouvel appareil de voie va ainsi entraîner la reprise de ceux à proximité.

La nouvelle section de voie créée correspond à celle qui devra être dénivelée pour passer en terrier plus au sud. Il sera donc nécessaire que cette voie ait un entraxe large pour pouvoir insérer des murs de soutènement de part et d'autre pour les ouvrages en terre. Les voies à proximité devront ainsi être décalées.

Il est ainsi fort probable que l'insertion de cette nouvelle voie dans un secteur si contraint ait des conséquences en chaîne avec le décalage des voies proches ainsi que des appareils de voie.

## Les communications pour accéder aux quais

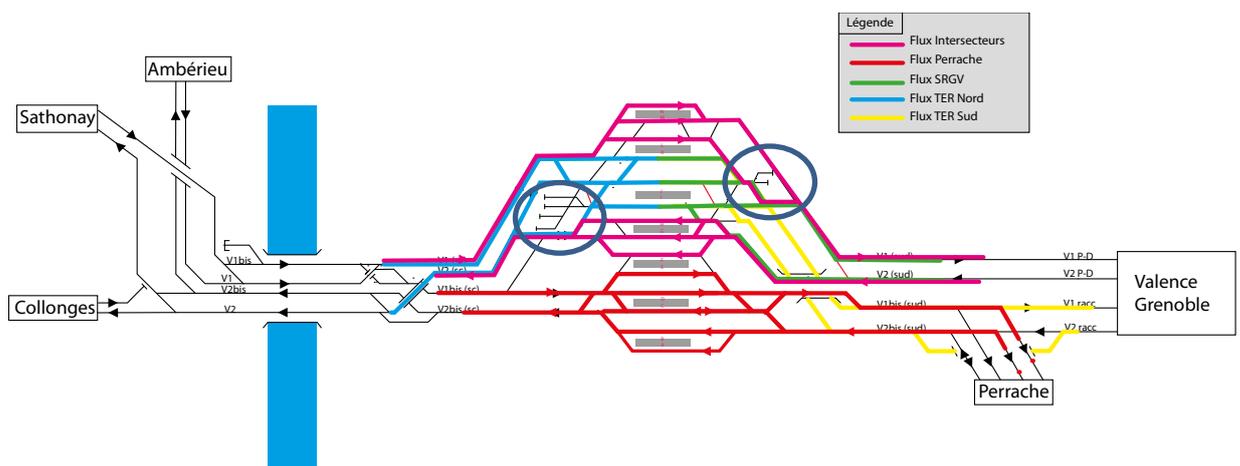
En plus des itinéraires d'accès aux quais, le scénario 4 voies prévoit la mise en place de nouvelles communications en entrée et sortie de la gare pour permettre certains mouvements entre les quais et les voies de circulations, en plus des principes d'exploitation définis pour la gare. L'insertion de ces nouveaux appareils de voie nécessitera de faire une étude précise de tracé pour évaluer les distances disponibles entre chacun. L'insertion de nouveaux appareils de voie pourra nécessiter d'en déplacer certains, avec des impacts en chaîne difficile à évaluer à ce stade des études. Par exemple, il manque une communication pour aller de la voie V2 au quai F en entrée nord de la gare des Brotteaux. Côté sud Part-Dieu, il manque une communication pour aller de quai K vers J (celle en place permet le mouvement inverse).

## Les tiroirs

Le schéma d'exploitation de l'étude de planification par l'horaire sur le réseau ferroviaire en Région Rhône-Alpes (scénario 4 voies) nécessite l'utilisation de tiroirs au nord et au sud de la gare de la Part-Dieu :

- Au nord, il est nécessaire de pouvoir utiliser les voies actuelles de remisage des Brotteaux ;
- Au sud, les voies tiroir doivent être créées.

La création des tiroirs au sud correspond à l'aménagement le plus problématique pour la gare de la Part-Dieu du scénario 4 voies. Aucune indication n'est donnée sur leur longueur utile. Celle-ci dépend de la longueur des trains devant les utiliser : 200 m a minima, plus raisonnablement 250 m.

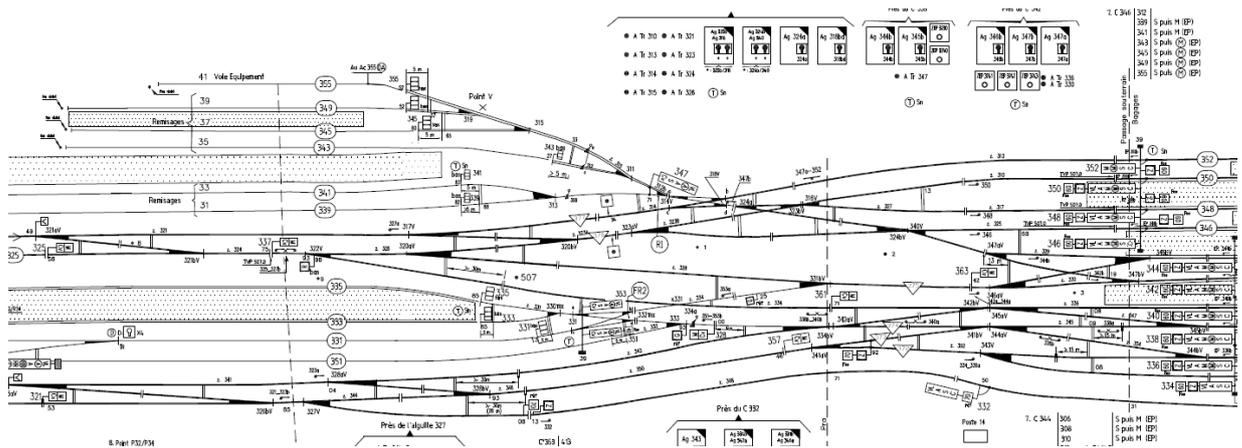


### Côté Brotteaux

Côté Brotteaux, les voies de remisage de la gare devront être utilisées comme tiroir pour les trains GV avec l'Italie : remisage depuis la voie I de Part-Dieu vers Brotteaux et du remisage vers la voie L, avec un mouvement toutes les deux heures en pointe par sens. L'analyse exploitation du scénario 4 voies a été faite uniquement en

heures de pointe et il n'est ainsi pas possible d'évaluer si cela est compatible avec le remisage en flanc de pointe sur les voies des Brotteaux.

Les voies de remisage correspondent aux voies 31, 33, 35, 37 et 39, soit 5 voies, en gare des Brotteaux qui sont à l'est de la gare. Actuellement, les voies de remisage des Brotteaux sont accessibles depuis les voies F à K de la gare Part-Dieu.

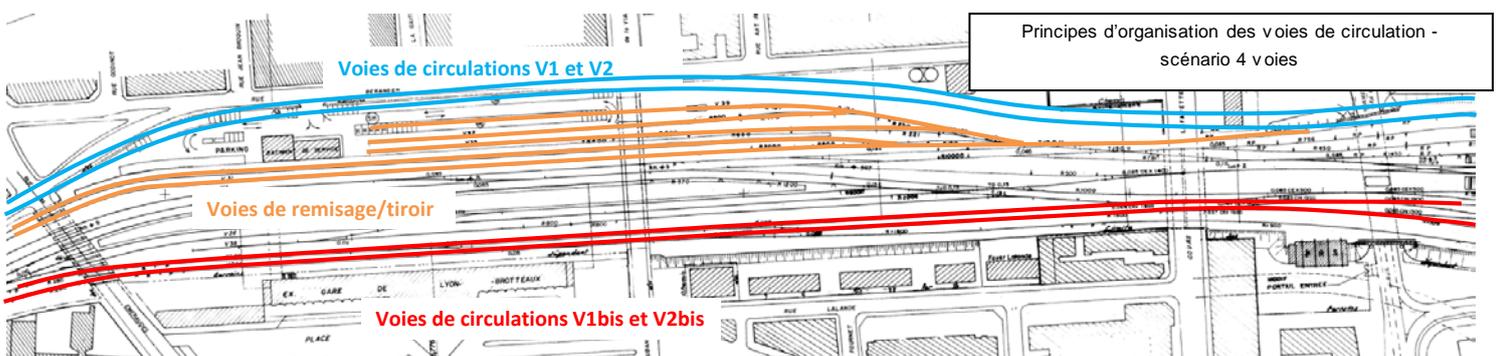


Source : schéma de signalisation

L'utilisation de ces tiroirs implique la reprise complète de la gare des Brotteaux, avec une extension de son emprise si l'ensemble des fonctionnalités présentes actuellement doivent être également reconduites.

En effet, pour permettre l'utilisation des voies de remisage comme tiroir dans la configuration envisagée pour le scénario 4 voies, il s'agira de reporter les voies de circulation à l'est de la gare des Brotteaux pour pouvoir y accéder sans cisailer les voies V1 et V2. De plus, comme les fonctionnalités de la gare des Brotteaux sont à conserver, l'ensemble du secteur à repenser.

Le principe d'organisation des voies de circulation pour le scénario 4 voies par rapport aux voies actuelles de remisage/tiroir est repris dans la figure ci-après.

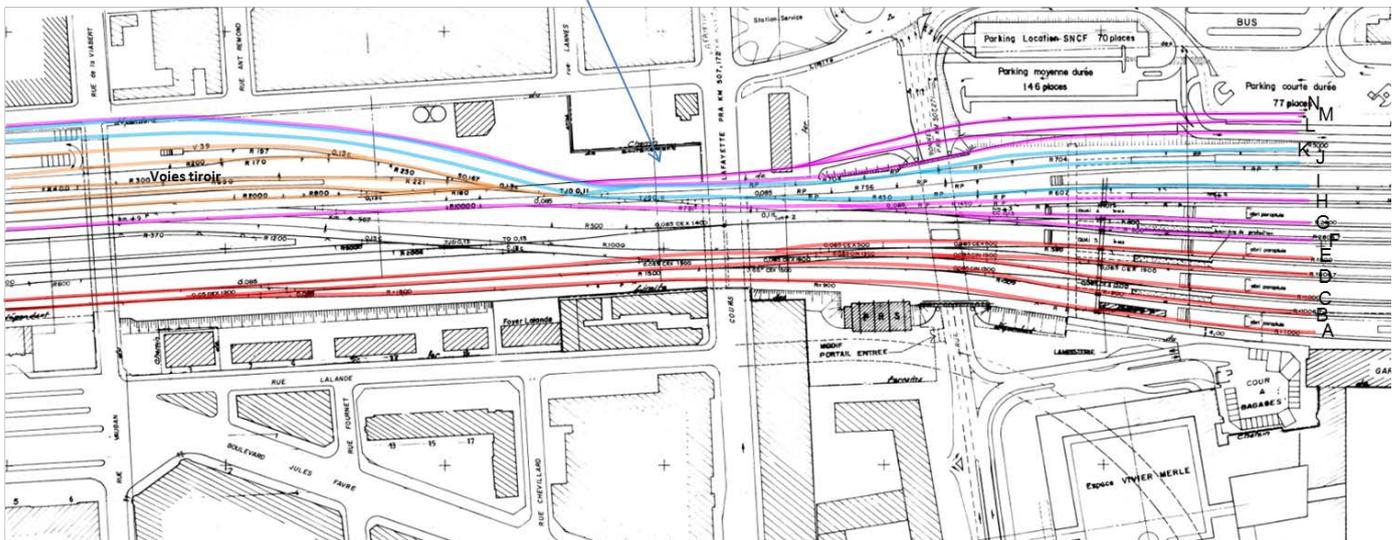




Sur la gare des Brotteaux, les voies V1 et V2 doivent passer à l'est du faisceau de voies de remisage, ce qui aura un impact foncier, probablement sur les immeubles du secteur si la voie équipement la plus à l'est doit être maintenue.

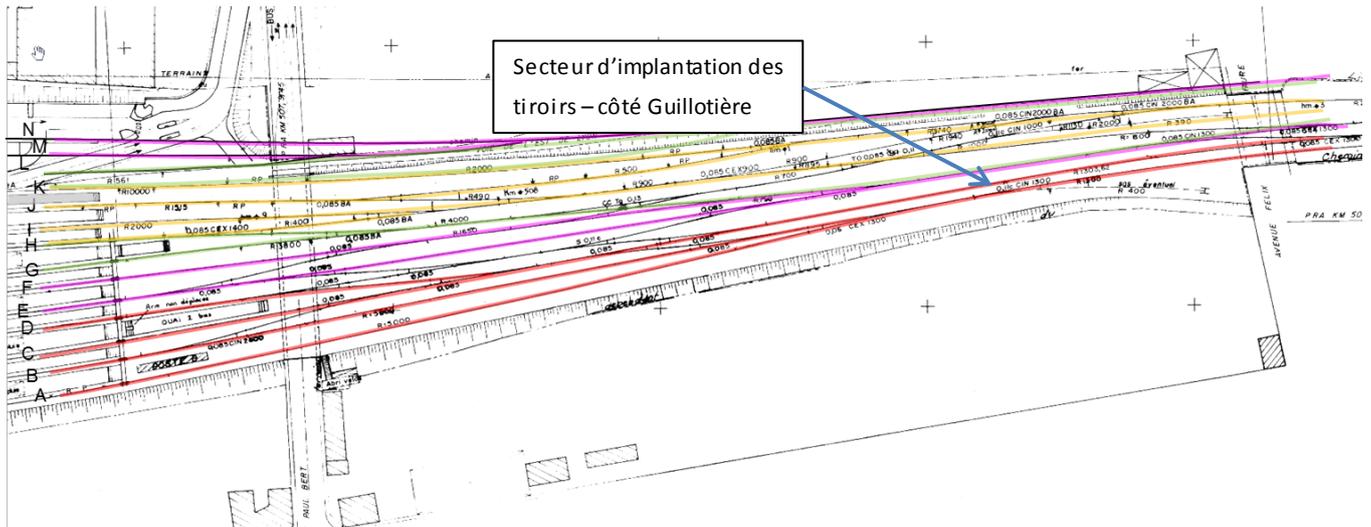
Entre Part-Dieu et Brotteaux, les voies « déviées » V1 et V2 devront se raccorder sur les voies « existantes » V1 et V2. L'implantation des appareils de voie sera très problématique, pour respecter les distances minimales entre chaque appareil et les implanter en alignement droit. Cela pourra amener à revoir entièrement le plan de voie en entrée nord de Part-Dieu, pour décaler les appareils afin de les placer tous pour permettre l'ensemble des mouvements prévus dans le scénario 4 voies. Une étude de tracé devra permettre de vérifier la faisabilité du plan de voie en entrée de Brotteaux.

Plan de voies à reprendre



La reprise de la gare des Brotteaux pour permettre l'accès aux voies en tiroir défini dans le scénario 4 voies aura un impact fort foncier si toutes les fonctions doivent s'y retrouver. De plus, les impacts sur les circulations ferroviaires pour la réalisation des travaux pourront être rédhibitoires et nécessiter un phasage important des travaux.

Il en est de même côté Guillotière même si cela semble légèrement moins problématique car seulement deux voies sont à implanter et si de l'espace peut être libéré en lien avec la création de la nouvelle section de voie présentée ci-avant.



L'implantation des tiroirs devra nécessiter la reprise de l'ensemble des voies en entrée et en sortie de gare de la Part-Dieu afin d'élargir le faisceau pour laisser de l'espace disponible.

### 5.3 Impacts des travaux

Tous les aménagements n'ont pas le même impact sur les circulations ferroviaires.

La mise en place de nouvelles aiguilles sur des voies exploitées peut se faire avec des interruptions longues de circulation, de nuit ou de week-end.

Pour la reprise des voies, leur décalage, cela dépend de la distance à décaler. Un ripage peut se faire progressivement et donc il est possible de maintenir la circulation, avec des LTV et des coupures longues de nuit ou de week-end. S'il s'agit de déposer et de poser une nouvelle voie, des distances minimales sont à respecter entre la voie circulée et la zone de travaux et donc la circulation peut être interrompue.

Quoiqu'il en soit, la réalisation d'aménagements sur la gare de la Part-Dieu nécessitera la mise en place d'un important phasage des travaux afin de maintenir la circulation sur le maximum de voies.

Les travaux d'aménagement de la gare de la Part-Dieu de ce scénario devraient pouvoir être faits sans une interruption totale des circulations ferroviaires mais avec la coupure de certaines voies, aussi bien au nord qu'au sud.

### 5.4 Synthèse

Les possibilités de reprise du plan de voie au nord et au sud de Part-Dieu peuvent difficilement être définies sans une étude précise de tracé en raison des conséquences en chaîne que peut avoir la mise en place de nouvelles aiguilles, la création de section de voies : distance de garage franc à respecter, entraxes à respecter... La mise en place de tiroirs à proximité des quais ne semble pas faisable sauf à reprendre décaler de manière importante les

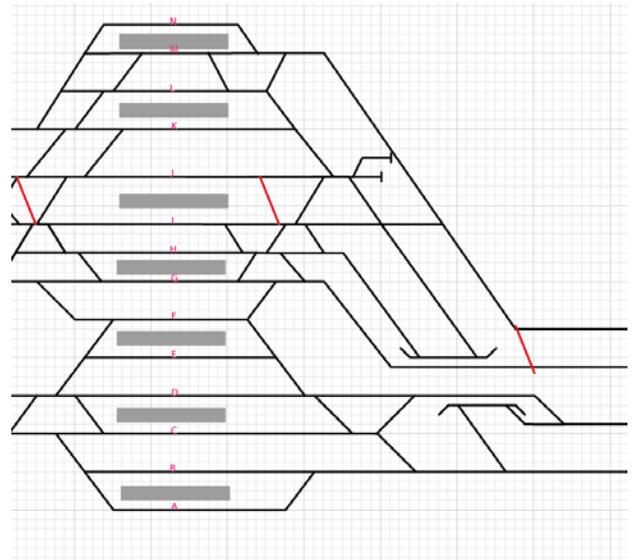


voies pour libérer de l'espace, avec des impacts sur l'emprise de la gare et sur les circulations ferroviaires au moment des travaux.

En première approche, les nouvelles fonctionnalités souhaitées nécessiteront une reprise très importante du plan de voie de la gare de la Part-Dieu. L'exploitation de la gare sera lourdement perturbée pendant plusieurs mois et un important phasage des travaux sera nécessaire afin de maintenir la circulation sur un maximum de voies. Ces impacts semblent difficilement acceptables.



Figure 6-2 : Schéma des infrastructures du scénario 4 voies



*En rouge : communication à ajouter pour assurer le schéma d'exploitation*

## 6.2 Les contraintes

### 6.2.1 Les contraintes de l'environnement urbain

Les aménagements débutent en amont de la tranchée de la Guillotière et à son niveau. Le secteur est bordé par des infrastructures routières et celles du tramway T4, ainsi que du bâti.

Les infrastructures du métro passent également le long du cours Gambetta puis Albert Thomas.

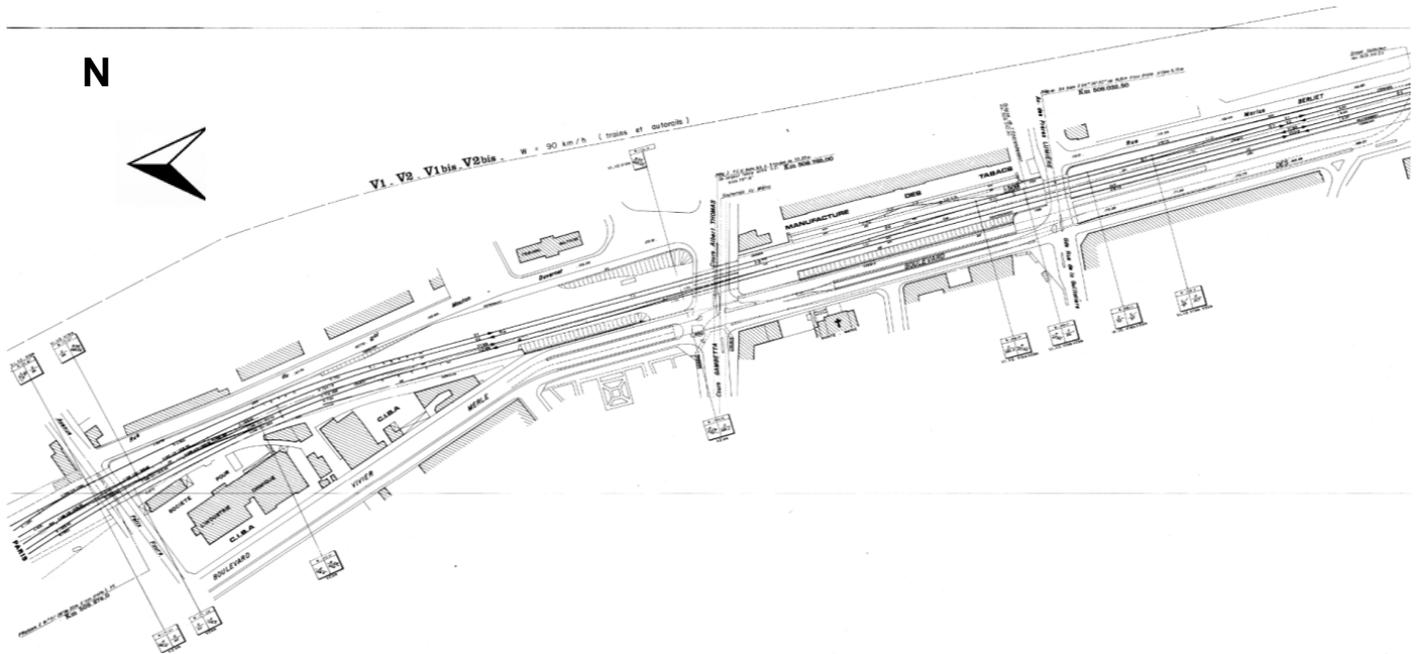
Figure 6-3 : Localisation des infrastructures métro



### 6.2.2 Les contraintes ferroviaires

Dans ce secteur, les voies sont en sortie d'une légère courbe au sud de la gare de Part-Dieu, d'un rayon de 700 mètres. Elles sont ensuite en ligne droite sur près d'un kilomètre.

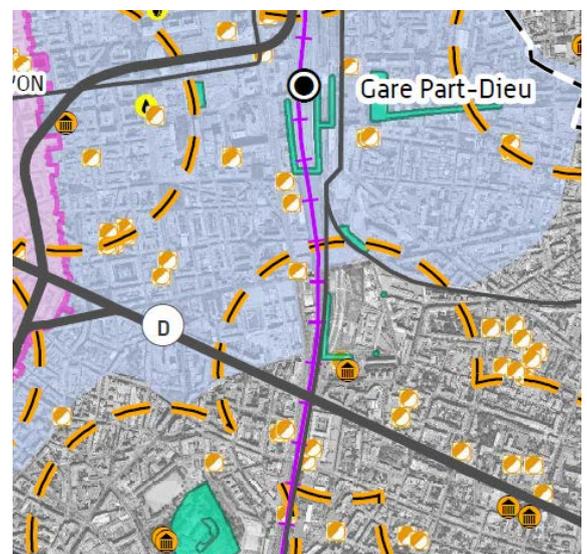
Figure 6-4 : Plan des infrastructures ferroviaires – Secteur sud de Part-Dieu



### 6.2.3 Les contraintes environnementales

Le secteur est situé dans une zone de protection de monuments historiques, à proximité d'une zone inondable.

Figure 6-5 : Contraintes environnementales

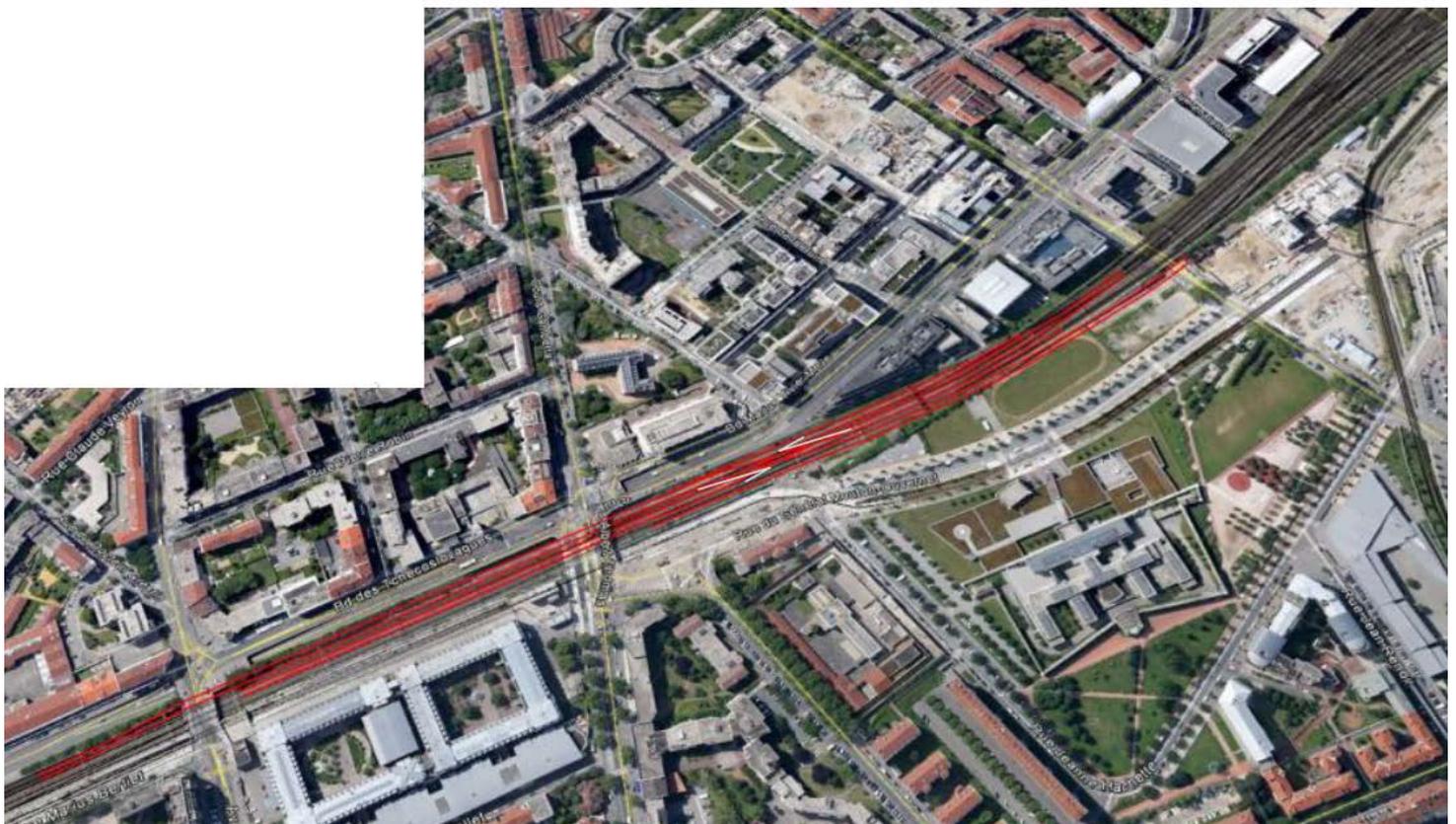


### 6.3 Faisabilité des aménagements

La mise en place du terrier au sud de Part-Dieu consiste à reprendre les voies sur plus de 800 mètres, entre l’avenue Félix Faure et l’avenue des Frères Lumières, de manière à faire passer les voies en lien avec les secteurs de quai I/J sous les voies des quais D/G.

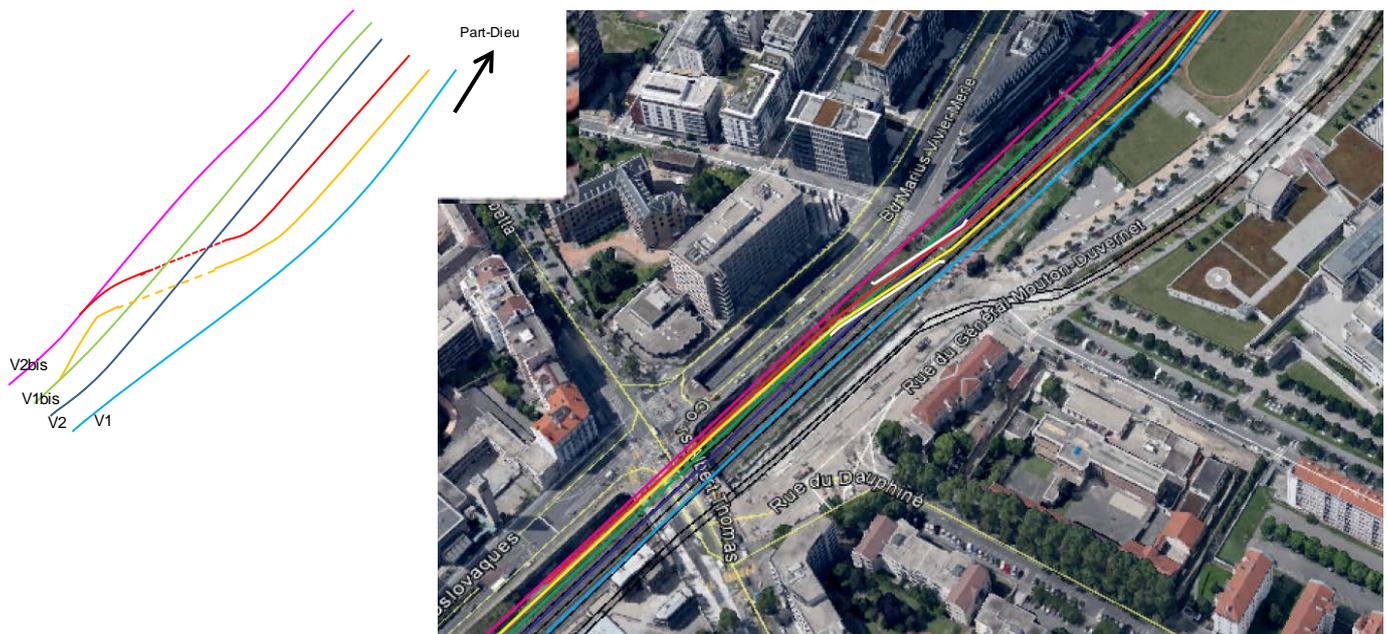
Les principes de tracés sont repris des analyses réalisées dans L’Etude de planification par l’horaire sur le réseau ferroviaire en Région Rhône-Alpes – Etude nodale, dans la présentation « 2014-04-15\_sma\_ppt\_etude-nodale\_v3-03.pdf ».

**Figure 6-6 : Principes et tracé de l’aménagement – Secteur sud Part-Dieu**



Source : Etude de planification par l’horaire sur le réseau ferroviaire en Région Rhône-Alpes – Etude nodale, dans la présentation « 2014-04-15\_sma\_ppt\_etude-nodale\_v3-03.pdf ».

Elles sont schématisées en couleur ci-après pour comprendre le principe de positionnement des voies les unes par rapport aux autres.



### Gabarit à dégager sous les voies

Le gabarit à dégager sous les voies est d'environ 7 à 7,5 mètres minimum, correspondant à la distance entre les deux plans de roulement des deux voies, supérieure et inférieure. Cette distance correspond environ au gabarit électrique (5,2 mètres) avec 1,5 mètre en plus (structure et voies).

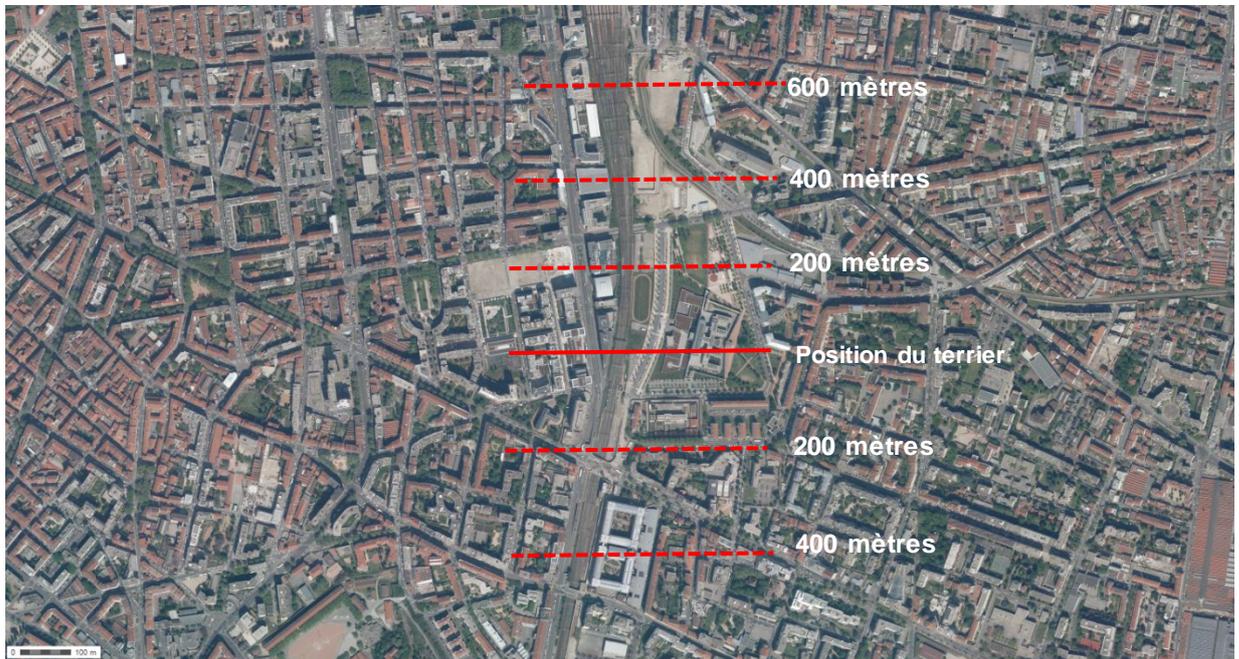
### Distance des pentes et rampes

La longueur des pentes et rampes dépend des trains l'empruntant, trains fret ou voyageurs :

- Avec une pente de 35‰ (pente maximale pour les trains voyageurs automoteurs uniquement) : 200 mètres de descente sont nécessaires,
- Avec une pente de 18‰ (pente maximale pour les rames tractées) : 388 mètres de descente sont nécessaires,
- Avec une pente de 10‰ (pente maximale pour les trains fret) : 700 mètres de descente sont nécessaires.

Tel qu'envisagé dans le tracé proposé, le terrier se situe au niveau de la rue Jeanne Hachette. Le schéma ci-après indique les distances par rapport au point bas du terrier et donc les débuts des pentes et rampes selon leur niveau.

Figure 6-7 : Position du terrier

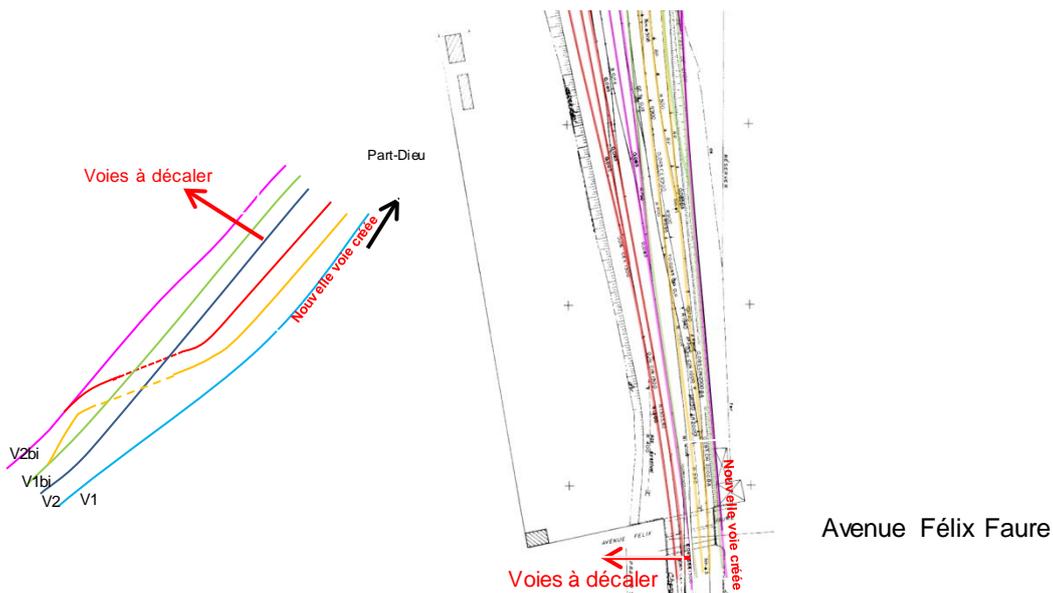


Pour ne pas impacter la zone de Part-Dieu avec le début du dénivellement des voies, il est nécessaire de prendre en compte que **les voies ne seront empruntables que par des trains voyageurs automoteurs.**

Le tracé semble techniquement réalisable mais les impacts de l'aménagement sont très forts.

Tout d'abord, il sera nécessaire d'écarter les voies autour de celles qui passent en terrier afin de pouvoir insérer les murs de soutènement pour les déblais de part et d'autre de l'ouvrage ferroviaire.

La descente va débuter au niveau du pont-rail de l'Avenue Félix Faure. L'entraxe doit être suffisant à partir de ce point pour permettre l'insertion des murs le long des voies. Cela signifie que les voies doivent être reprises plus en amont, au niveau de la gare de la Part-Dieu, pour décaler celle existante de l'est. La voie la plus à l'est sur les schémas correspond à une voie créée dans le scénario. C'est également le cas au sud de l'ouvrage du terrier, les voies devront être repositionnées, pour permettre la remontée des deux voies et leur raccordement sur les voies de circulation. Les travaux de voie nécessiteront de reprendre les caténaires.



De plus, l'ensemble de ces aménagements auront un impact foncier, avec le besoin d'élargir la tranchée de la Guillotière et donc de reprendre les murs de soutènement. Afin de limiter les impacts fonciers, notamment avec les infrastructures de T4, les nouvelles voies devraient plutôt être créées à l'ouest de la tranchée, ce qui va nécessiter de retravailler l'affectation et l'organisation des voies. Les trémies routières du boulevard des Tchécoslovaques se situent le long des infrastructures ferroviaires au niveau de l'aménagement, elles seront vraisemblablement à reprendre avec l'élargissement des emprises ferroviaires.

Les impacts des aménagements sont ainsi importants, en plus des travaux de génie civil pour créer les tranchées ouvertes, avec murs de soutènement, ainsi que l'ouvrage d'art du terrier, l'ensemble des voies sont ainsi à reprendre sur 800 mètres environ.

Le terrier sera positionné 200 mètres au nord des infrastructures du métro de la ligne D. La distance est tout juste suffisante pour permettre une remontée au niveau de la surface avec une pente constante pour des matériels automoteurs. En fonction de la position exacte du terrier, du type de matériel roulant et de la position des infrastructures du métro, l'aménagement du terrier pourra donc avoir probablement un impact sur les infrastructures de métro.

Les infrastructures du métro représentent une contrainte pour le positionnement du terrier au sud de Part-Dieu ainsi que le type de matériel roulant qui peut emprunter les nouvelles infrastructures.

## 6.4 Impacts des travaux

Cet aménagement devrait nécessiter une coupure totale des circulations ferroviaires pendant la durée des travaux et donc au minimum d'un an. En effet, le secteur est très contraint, avec peu d'espace à proximité.

Il est possible d'envisager de maintenir la circulation sur 1 ou 2 voie, en alternant les voies, au nord et au sud du terrier. Il est en effet possible de réaliser l'ouvrage d'art du terrier avec des tabliers auxiliaires et donc de maintenir les circulations sur les voies supérieures. Les points qui sont impactant sur les interruptions de circulations sont les reprises de voies pour dégager les entraxes suffisantes et créer les nouvelles voies et la réalisation des tranchées ouvertes, il n'est pas possible de maintenir les circulations à proximité pour pouvoir utiliser des engins de levage.

Le maintien des circulations nécessiterait cependant un phasage très lourd des travaux, avec la mise en place de nombreuses communications provisoires. La mise en place d'un tel phasage aurait un impact fort sur le coût et la durée des travaux sans être à la hauteur du volume de circulations ferroviaires qu'il est nécessaire d'écouler au sud de la gare de la Part-Dieu.

## 6.5 Synthèse

**En première approche, cet aménagement apparaît non réaliste**, à la fois pour des problèmes de faisabilité technique (reprise des voies sur de grandes longueurs, impacts sur les infrastructures métro et trémies routières) et pour des contraintes de réalisation des travaux. L'impact de sa réalisation est important sur l'exploitation ferroviaire, notamment la durée des interceptions nécessaires.

L'ouvrage proposé ne serait pas compatible avec les circulations fret du fait de pentes trop élevées. Les circulations fret devraient alors continuer de circuler à niveau avec des problématiques de cisaillement des autres circulations.

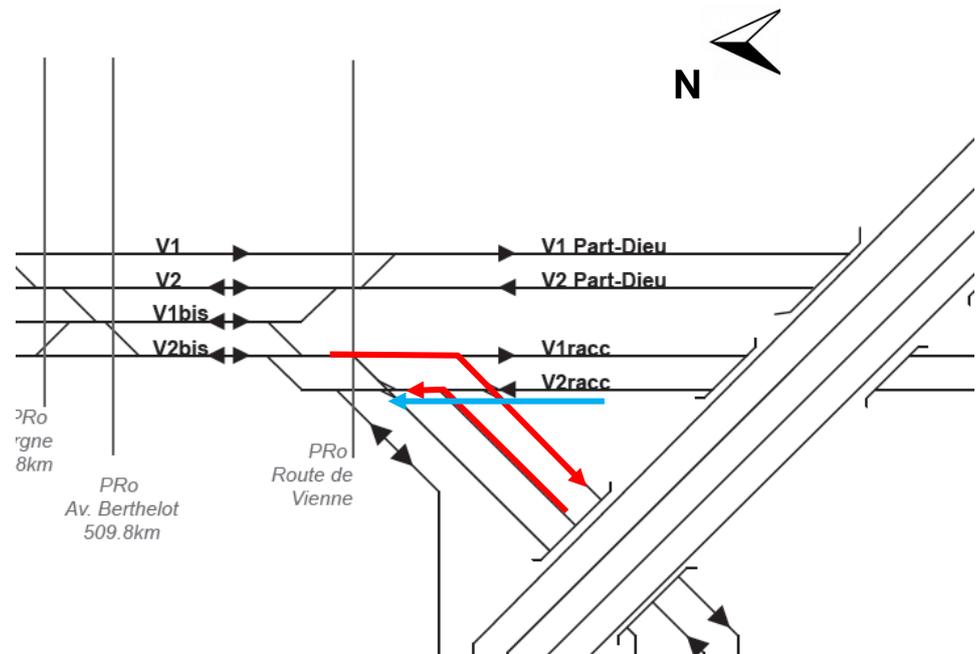
## 7 Secteur Guillotière

### 7.1 Présentation des fonctionnalités des aménagements

En sortie de la tranchée de la Guillotière, l'objectif de l'aménagement est de limiter les cisaillements au niveau de la bifurcation vers la ligne de Perrache.

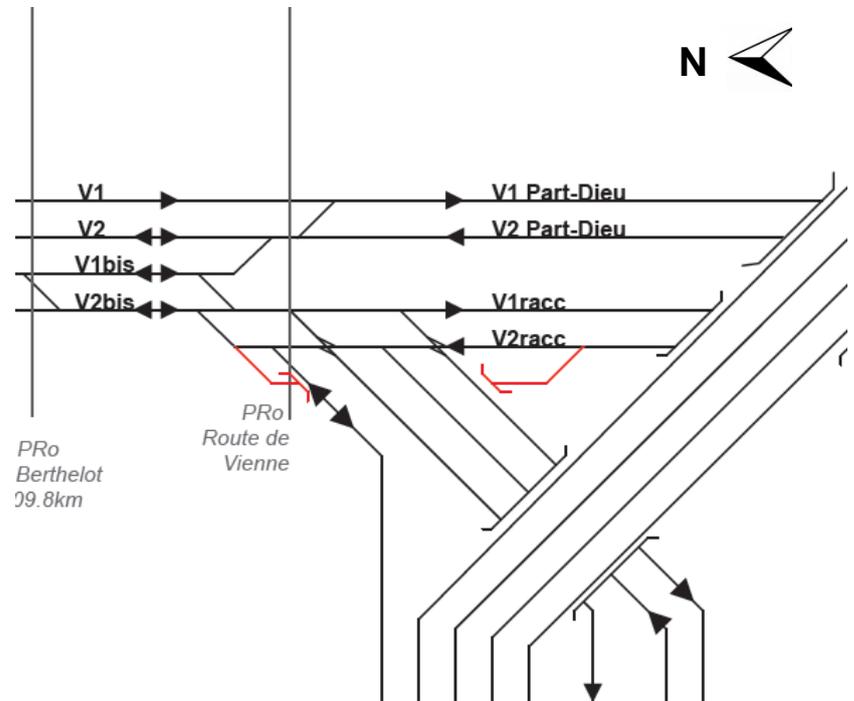
Actuellement, la bifurcation vers Lyon Perrache se fait à niveau sur les voies V1bis et V2bis, entre les voies pour Perrache et des voies raccordement (pour rejoindre la ligne vers Grenoble via Guillotière). Quel que soit leur sens de circulation (vers ou depuis Perrache), les trains circulant entre Perrache et Part-Dieu cisailant ceux venant de la ligne de Grenoble, dans le sens Grenoble vers Part-Dieu.

Figure 7-1 : Schéma des infrastructures de référence



L'aménagement envisagé dans le cadre du scénario 4 voies a pour objectif de supprimer les cisaillements entre la ligne vers Perrache et la voie 2bis-V2racc vers Grenoble, dans le sens entrant vers Part-Dieu.

Figure 7-2 : Schéma des infrastructures du scénario 4 voies



## 7.2 Les contraintes

### 7.2.1 Les contraintes de l'environnement urbain

Le secteur est situé dans un environnement urbain dense avec des voiries et du bâti de part et d'autre des voies.

La création de la nouvelle voie devrait se faire du côté ouest des voies, le long du boulevard des Tchécoslovaques, au sud de l'avenue Berthelot.

Les emprises ferroviaires sont bordées par des voiries urbaines, avec des murs de soutènement. Au sud de l'avenue Berthelot, il existe une réservation de voirie au PLU qui permet de réaliser la nouvelle infrastructure en limitant l'impact sur le bâti existant. Le nouveau cimetière de la Guillotière à l'est borde les infrastructures ferroviaires à l'est.

## Secteur de l'aménagement

Figure 7-3 : Vue aérienne du secteur Guillotière



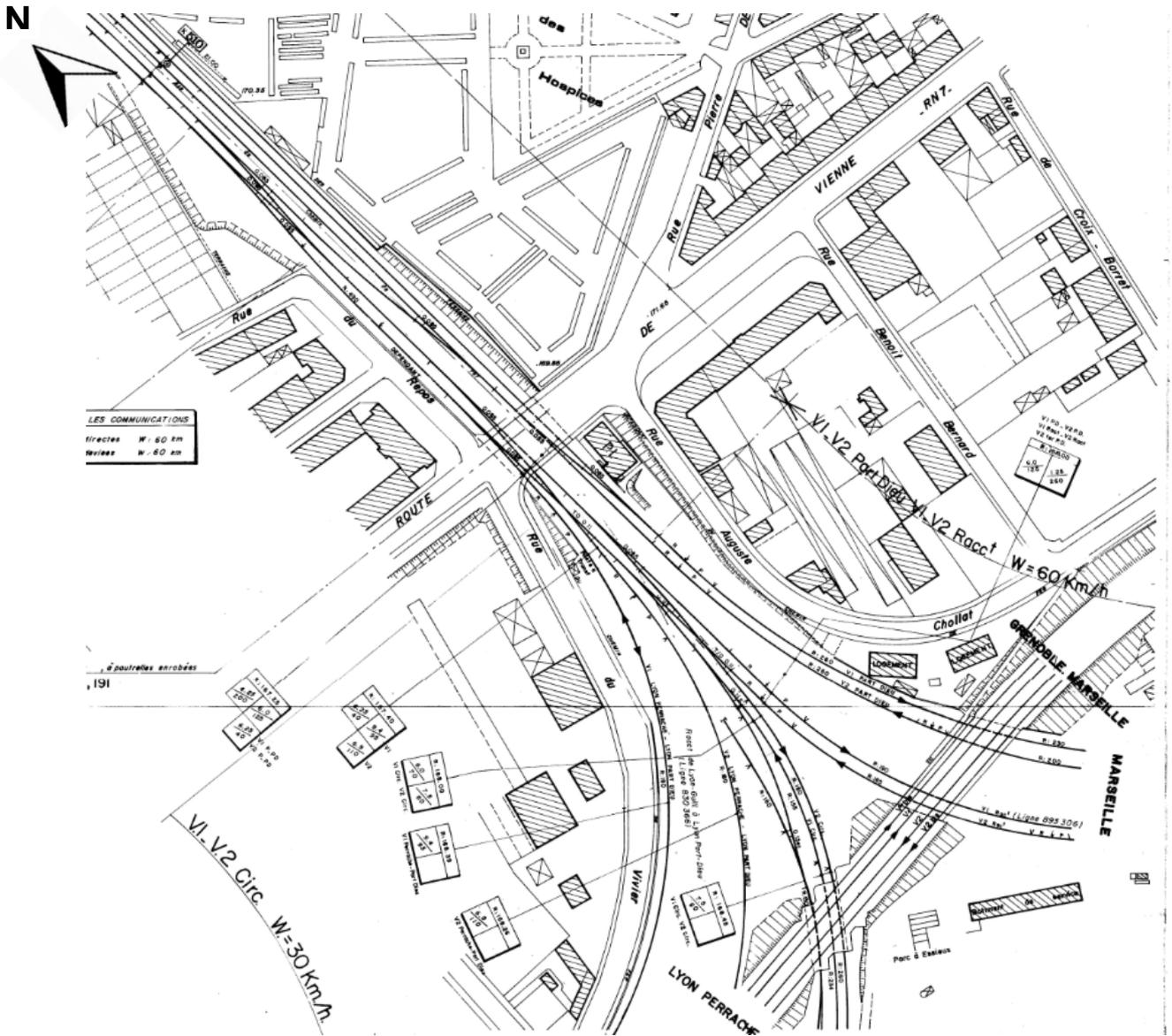
### 7.2.2 Les contraintes ferroviaires

Dans ce secteur, l'ensemble des voies sont au même niveau. Plus à l'ouest, les voies de la ligne Perrache vers Marseille passent en hauteur.

La vitesse de circulation des infrastructures est de 60 km/h pour les trains voyageurs avec rayons 180 mètres dérogatoires.



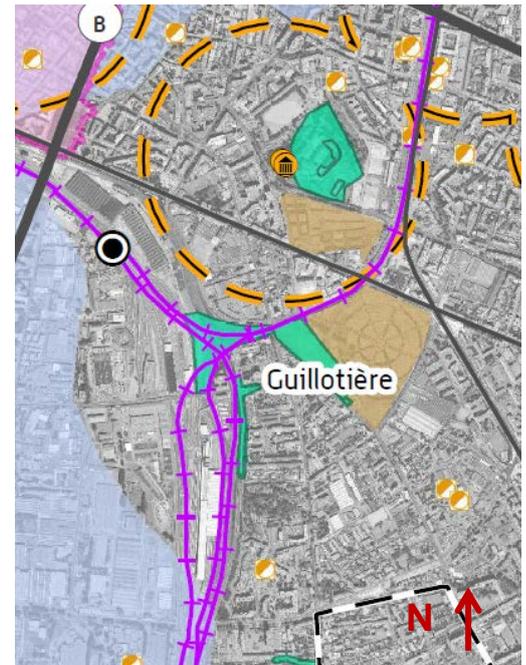
Figure 7-4 : Plan du secteur Guillotière



### 7.2.3 Les contraintes environnementales

Il y a peu de contraintes environnementales dans le secteur, les aménagements devraient être réalisés à proximité d'un périmètre de protection de monuments historiques.

Figure 7-5 : Contraintes environnementales



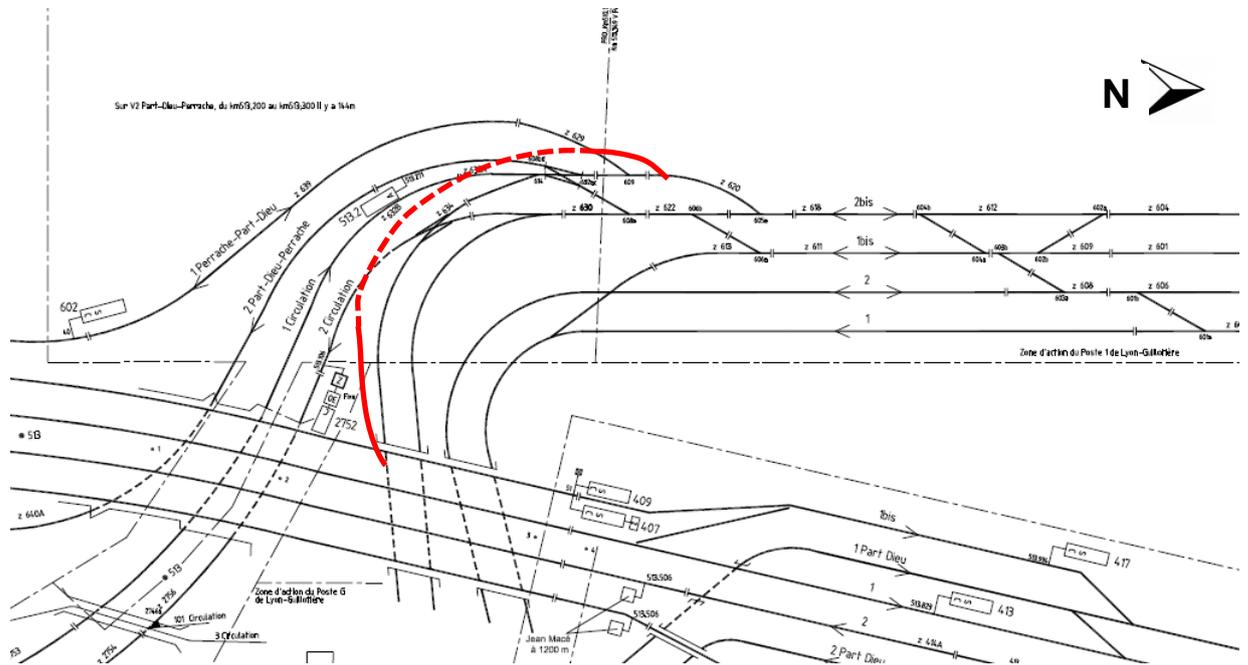
## 7.3 Faisabilité des aménagements

### 7.3.1 Présentation des aménagements

L'aménagement consiste à réaliser une voie parallèle à la V2bis en souterrain afin de franchir les quatre voies de Perrache et de s'affranchir des cisaillements.

Le principe de l'aménagement est repris ci-après, sur le schéma de signalisation.

Figure 7-6 : Principe de l'aménagement



Fond : schéma de signalisation

La nouvelle infrastructure doit se débrancher avant l'appareil de voie de la V1 Perrache – Part-Dieu pour passer en-dessous puis émerger plus au nord pour se raccorder sur la V2bis.

### Gabarit à dégager sous les voies

Le gabarit à dégager sous les voies est d'environ 6,5 à 7 mètres, correspondant à la distance entre les deux plans de roulement des deux voies, supérieure et inférieure. Cette distance correspond environ au gabarit électrique (5,2 mètres) avec 1 mètre en plus.

### Distance des pentes et rampes

La longueur des pentes et rampes dépend des trains l'empruntant, trains fret ou voyageurs :

- Avec une pente de 35‰ (pente maximale pour les trains voyageurs automoteurs uniquement) : 200 mètres de descente sont nécessaires,
- Avec une pente de 18‰ (pente maximale pour les rames tractées) : 388 mètres de descente sont nécessaires,
- Avec une pente de 10‰ (pente maximale pour les trains fret) : 700 mètres de descente sont nécessaires.

Dans le cas de l'aménagement au niveau de Guillotière, la descente de la V2bis va ainsi avoir plus ou moins d'impacts en fonction du type de trains qui seront amenés à emprunter cette voie.

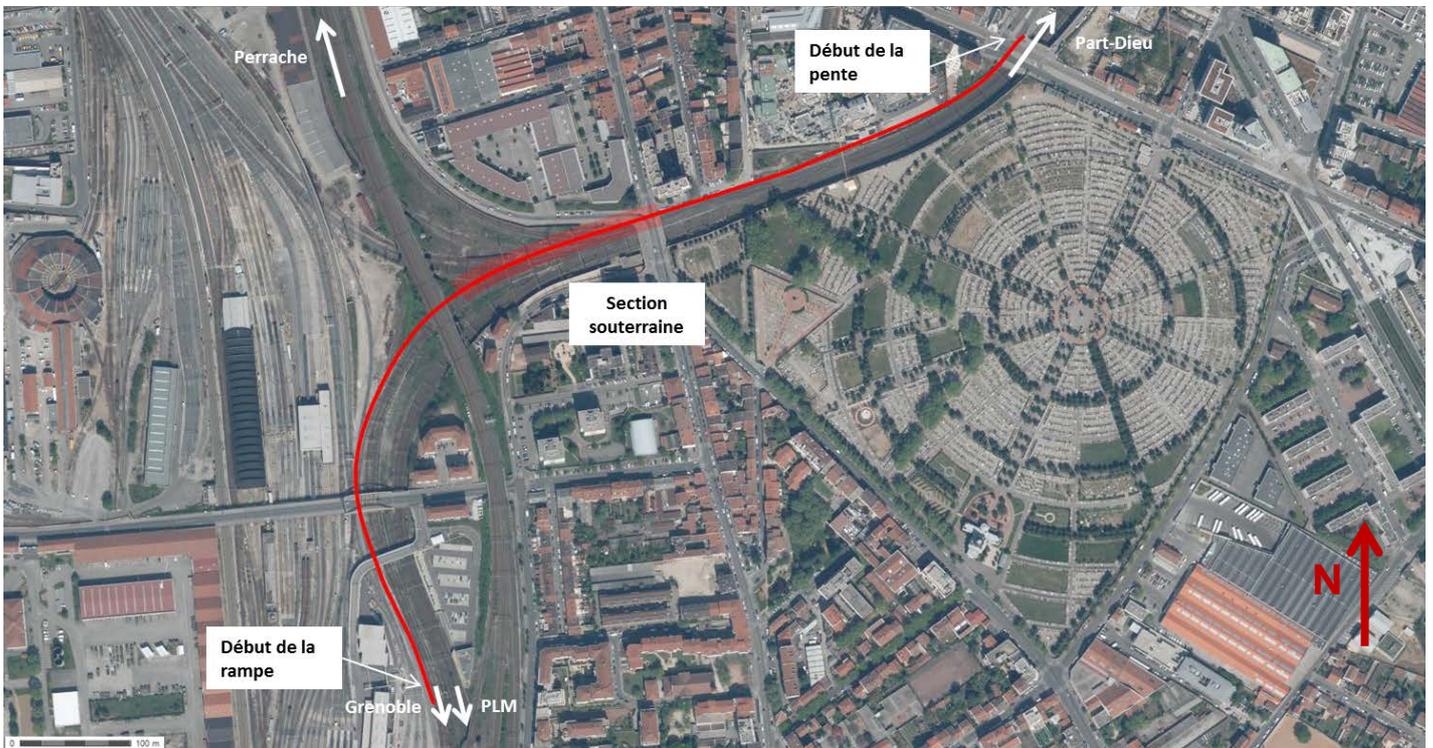


Figure 7-8 : Localisation de l'aménagement – secteur sud



Les analyses sont conduites ci-après en supposant que cette nouvelle voie ne sera empruntée que par des trains voyageurs, automoteurs et rames tractées également, avec une pente maximale de 18‰ soit une longueur de descente et remontée de 400 mètres environ. Le principe de l'aménagement est présenté ci-après.

Figure 7-9 : Principe de l'aménagement



Le nouveau raccordement V2bis – V2 Guillotière débute au niveau du pont route de l’Avenue Berthelot pour ensuite passer sous l’ouvrage de la route de Vienne et les voies vers Perrache. Il ressort ensuite au niveau de l’ouvrage de la ligne Lyon Perrache – Saint-Fons pour se raccorder sur la ligne de Grenoble.

Cependant, les tracés pourront encore être plus contraints, les rayons serrés, autour de 200 mètres, impliquent des contraintes de rampes beaucoup plus fortes (autour de 4% de rampe). Cela nécessitera d’avoir la section en courbe presque à plat et donc augmentera le linéaire de la partie enterrée, principalement vers le sud afin de remonter une fois sorti de la courbe. La reprise des voies se fera ainsi sur un linéaire plus important pour permettre la remontée à niveau des infrastructures existantes. Une étude précise de tracé permettra de vérifier ce point.

Les aménagements à réaliser consiste à :

- En Génie Civil :
  - Réaliser une tranchée le long de la V2bis avec murs de soutènement ;
  - Reprendre le pont-route de l’Avenue Berthelot ;
  - Réaliser une tranchée couverte sous les voies de Perrache ;
  - Reprendre le pont-rail et ses culées de la ligne Perrache – Marseille ;
  - Réaliser une tranchée le long de la V2 raccordement de la ligne vers Grenoble ;
- En Equipements Ferroviaires :

- Poser deux aiguille sur la V2bis et la V2bis raccordement pour le raccordement avec la nouvelle voie ;
- Poser environ 1 kilomètre de voies.

### 7.3.2 Les impacts des aménagements

#### Les impacts fonciers

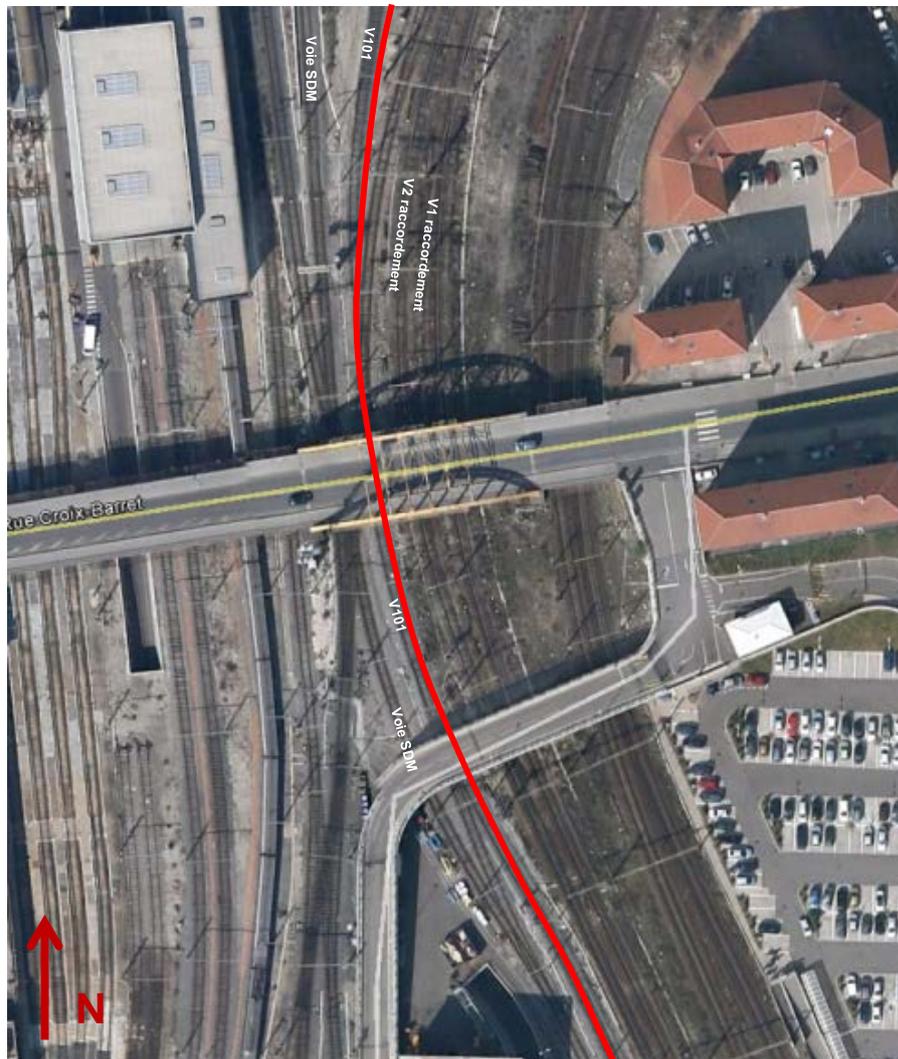
Une emprise de 10 mètres est nécessaire pour réaliser le nouveau raccordement en tranchée le long des voies existantes. Les impacts fonciers sont ainsi très importants. L'emplacement réservé au PLU pour le prolongement sud du boulevard des Tchécoslovaques sera impacté. Sauf à faire descendre la voie plus tôt et à impacter le nord de l'avenue Berthelot ainsi que le pont route, la réalisation de la tranchée ouverte à partir de ce point ne permettra pas de conserver le projet de prolongement du boulevard, sauf à réaliser une tranchée couverte comme dans le scénario A pour avoir les voitures sur les infrastructures ferroviaires.

La rue du Repos sera également supprimée (idem Sc. A), elle devra être « décalée » en empiétant sur le stationnement et trottoir existant, voire sur du bâti à l'angle de la rue.

#### Les impacts ferroviaires

Les impacts les plus importants se situent au niveau du raccordement avec la ligne de Grenoble. En effet, dans cette zone, des raccordements permettent d'accéder au centre de remisage et de maintenance de la Guillotière. Pour ne pas impacter les accès, il faudrait que la « remontée » se fasse en moins de 100 mètres, ce qui n'est pas possible. Le secteur impacté est présenté ci-après.

Figure 7-10 : Secteur de l'aménagement – centre de maintenance



Les voies impactées correspondent à la V101 qui fait le lien avec le faisceau de l'EVER et la voie SDM, voie de desserte du technicentre.

Une analyse approfondie du fonctionnement du centre de maintenance devrait être menée pour évaluer les possibilités d'évolution de son fonctionnement. **A ce jour couper cet accès ne semble pas envisageable, il devra être reconstitué, ce qui semble impossible avec la configuration proposée.**

Afin de limiter les impacts sur le centre de maintenance de Guillotière, une solution pourrait être de rester enterré plus longtemps avec le raccordement et de chercher à « sortir » plus loin pour se raccorder à la V2 racc de Grenoble. Cependant, étant donné la densité des infrastructures ferroviaires dans le secteur de Guillotière poste Y, cette solution semble peu envisageable : très forte longueur impactée avec la coupure de la circulation ferroviaire pour réaliser la tranchée couverte. Les surcoûts seraient très importants.

Pour réaliser un aménagement permettant de retrouver les mêmes fonctionnalités sans impacter le centre de maintenance de Guillotière, un important travail de dénivellement des voies pourrait être réalisé afin de pouvoir insérer au mieux les entrées et sorties du terrier du nouveau raccordement. Il serait, par exemple, possible d'envisager de moins descendre avec la nouvelle voie pour se raccorder au plus tôt sur la V2 racc de Grenoble et donc de déniveler les voies vers Perrache en hauteur. Cela implique alors de reprendre plus en amont les V1bis et V2 bis au niveau vers Part-Dieu ce qui a pour conséquence de couper entièrement la circulation ferroviaire sur ces deux voies ainsi que la perte de communication entre ces voies et les voies V1 et V2.

**En raison de ces impacts, le terrier voie 2 racc au niveau de Guillotière apparaît non faisable techniquement.**

## 7.4 Les impacts des travaux

Sans tenir compte des impacts de la solution technique sur le centre de maintenance de Guillotière, la réalisation de ce terrier serait quoiqu'il en soit très impactant sur les circulations ferroviaires et routières.

### Circulations ferroviaires

L'ensemble des travaux auront un impact sur la circulation ferroviaire :

- **Réalisation des tranchées ouvertes le long des voies**

Les travaux pour réaliser la tranchée le long des voies existantes pourraient entraîner des problèmes de stabilité de la plateforme et donc des limitations temporaires de vitesse devraient être nécessaires. De même, il n'est pas possible d'intervenir à moins de 5 mètres de l'axe des voies existantes à l'aide d'une grue et donc les circulations ferroviaires devraient être interrompues pendant la durée des travaux de génie civil sur la voie adjacente.

- **Reprise de l'ouvrage de l'avenue Berthelot**

L'élargissement de l'ouvrage côté ouest nécessitera d'intervenir à proximité des voies et depuis les voies pour reprendre la culée. La circulation ferroviaire sur au moins la V2bis devra être interrompue pendant ces opérations.

- **Tranchée couverte sous les voies de Perrache**

La réalisation du passage inférieur sous les voies de Perrache nécessitera d'interrompre la circulation ferroviaire pendant la durée des travaux. Un passage pourra être envisagé pour éviter de couper la circulation sur toutes les voies en même temps mais dans l'ensemble, les coupures seront longues. La mise en œuvre de tabliers auxiliaires pourrait être envisagée pour éviter de couper les circulations ferroviaires mais cela implique des phases provisoires de travaux très longues, de 6 à 9 mois chacun.



- **Reprise du pont-rail de la ligne Perrache - Marseille**

L'élargissement de l'ouvrage côté nord pour pouvoir insérer la nouvelle voie va entraîner des interruptions totales de circulations sur la ligne Perrache – Marseille. Il est techniquement faisable de maintenir la circulation sur l'ouvrage mais cela entraîne d'importants allongements de durée de travaux, de l'ordre de 2 ans pour reprendre l'ouvrage.

- **Circulations routières**

La reprise du pont route de l'avenue Berthelot nécessitera une interruption de la circulation routière et du tramway.

## 7.5 Synthèse

L'ouvrage proposé ne sera pas compatible avec des circulations de fret, ce qui suppose que le CFAL soit réalisé et que le fret traversant Lyon emprunte les voies existant à niveau.

La réalisation du terrier pour le raccordement de la V2bis vers la V2 racc de Grenoble **apparaît non faisable** en raison de :

- Impacts sur les accès au centre de maintenance de Guillotière
- Interruption totale des circulations ferroviaires pour la réalisation de la tranchée couverte sous les voies de Perrache et la reprise du pont-rail de la ligne Perrache – Marseille/Grenoble.