



**DIRECTION ILE DE FRANCE**

**DEPARTEMENT DEVELOPPEMENT**

**DIVISION ETUDES**

**ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE  
D'UNE DESSERTE VOYAGEURS  
SUR LA PETITE CEINTURE FERROVIAIRE  
DANS L'EST DE PARIS**

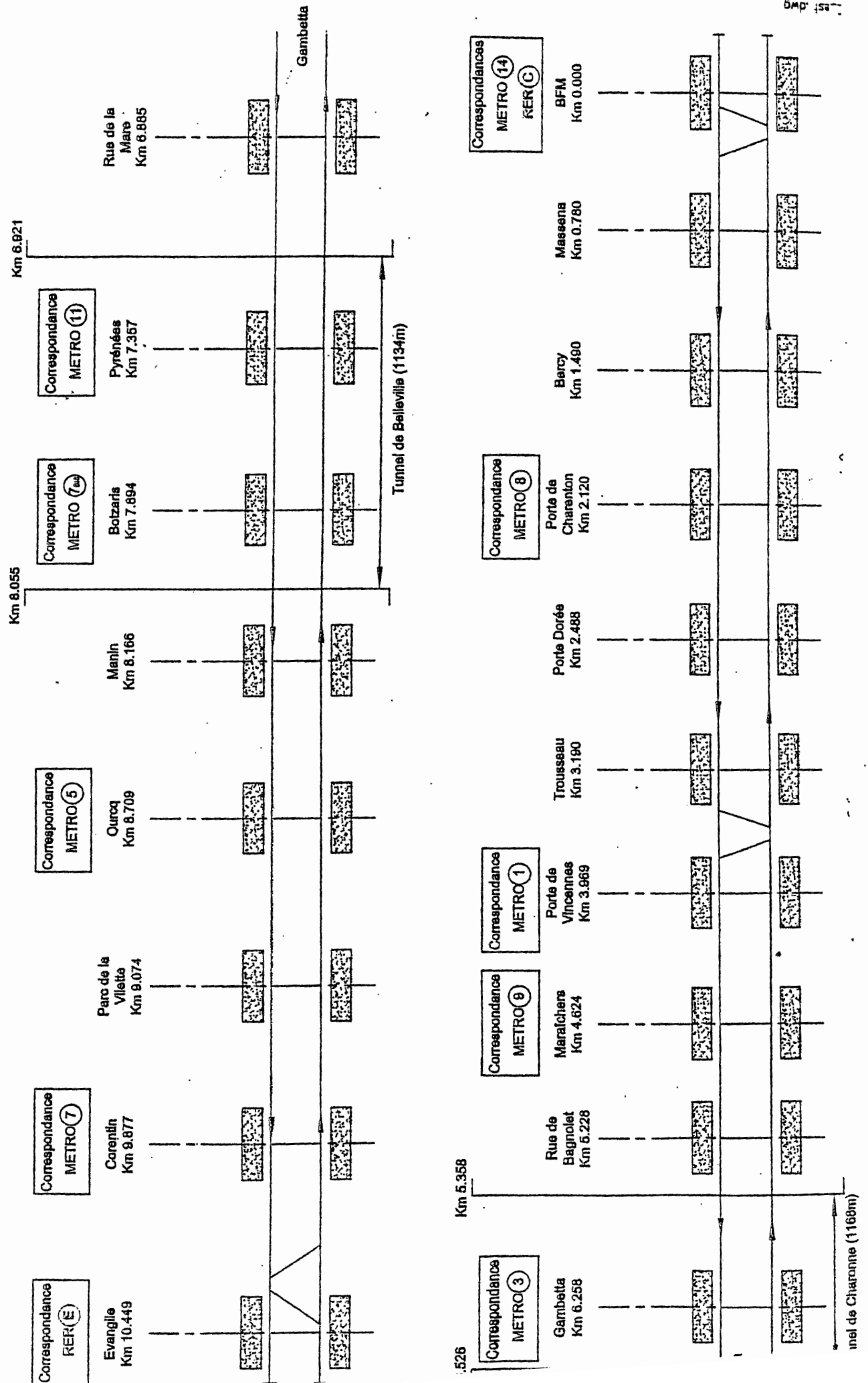
*Octobre 2001*

# SOMMAIRE

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE .....	3
2. HYPOTHÈSES PRISES EN COMPTE POUR L'ÉTUDE .....	5
2.1 TRACÉ .....	5
2.2 CIRCULATION DES TRAINS SNCF.....	5
2.2.1 <i>Circulations des trains de fret</i> .....	5
2.2.2 <i>Établissement d'un service voyageur SNCF grandes lignes entre Bercy et Masséna</i> .....	6
2.3 GRILLE HORAIRE DE BASE.....	7
2.4 MATÉRIEL ROULANT.....	8
2.4.1 <i>Caractéristiques proposées</i> .....	8
2.4.2 <i>Profil des roues</i> .....	8
2.4.3 <i>Largeur de caisse</i> .....	8
2.5 CIRCULATION DES TRAINS SUR VOIE DE DROITE .....	9
3. ÉTUDES D'EXPLOITATION.....	11
3.1 CALCUL DU CANTONNEMENT ET PROGRAMME D'EXPLOITATION .....	11
3.1.1 <i>Définition de la section d'étude</i> .....	11
3.1.2 <i>Correspondances</i> .....	12
3.1.3 <i>Gares de retournement de BFM et d'Évangile</i> .....	12
3.1.4 <i>Partie en voirie et tunnels</i> .....	13
3.1.5 <i>Calcul du cantonnement (signalisation)</i> .....	13
3.2 CONSTRUCTION DE L'HORAIRE .....	14
3.3 DIMENSIONNEMENT DU PARC DE MATÉRIEL ROULANT .....	16
3.4 POSTE CENTRAL DE COMMANDE (PCC) ET ÉQUIPEMENTS ASSOCIÉS EN STATION ET DANS LES RAMES.....	17
3.5 CENTRE DE MAINTENANCE ET DE REMISAGE DU MATÉRIEL ROULANT.....	18
4. ÉTUDES D'INFRASTRUCTURE.....	20
4.1 GABARIT.....	20
4.2 PLATE-FORME.....	20
4.3 CAS PARTICULIER DE LA STATION ÉVANGILE .....	20
4.4 CAS PARTICULIER DE LA ZONE EN CHAUSSÉE URBAINE BERCY-BFM .....	20
4.5 PONTS.....	21
4.6 TUNNELS .....	21
4.7 SIGNALISATION.....	22
4.8 ÉLECTRIFICATION .....	22
4.9 STATIONS ET CORRESPONDANCES ASSOCIÉES .....	23
5. ESTIMATIONS.....	25
5.1 INFRASTRUCTURES .....	25
5.2 MATÉRIEL ROULANT.....	26
ANNEXES.....	27

# 1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

(L'ouvrage - Bibliothèque François Mitterrand)



## 2. HYPOTHÈSES PRISES EN COMPTE POUR L'ÉTUDE

# 1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

## 1. Contexte de l'étude

La Petite Ceinture ferroviaire de Paris représente un vaste domaine en plein cœur de la Capitale. À ce jour, elle n'est exploitée par la SNCF que pour quelques trains de service, sur certains tronçons, alors que la ligne est fermée au trafic voyageurs depuis 1934.

Les projets de remise en service, qui n'ont pas manqué depuis, ont repris un caractère plus concret avec le développement de la préoccupation de développement durable, présente notamment dans les orientations du PDU de l'Île-de-France.

La Ville de Paris ayant émis le vœu de réaliser un aménagement d'espace vert sur les emprises de la Petite Ceinture, la SNCF et RFF ont pris en compte cette volonté en cherchant à développer des liaisons ferroviaires urbaines et périurbaines adaptées, conformément au principe, énoncé dans le PDU, de « reconstruire la ville dans la ville ».

Deux études relatives au Fret sont en cours à la SNCF - l'une dans le cadre du PREDIT, l'autre interne - pour déterminer la faisabilité technique, commerciale et économique du concept de logistique urbaine. Elles prévoient en particulier l'emprunt de la Petite Ceinture par des circulations ferroviaires.

Par ailleurs, une étude SYSTRA (commanditée par DREIF-DTT - Préfecture de Paris - RATP - RFF - SNCF - STP) a conclu en février 2000 à la pertinence de réutiliser la Petite Ceinture tant pour le transport de voyageurs que pour les besoins de logistique fret.

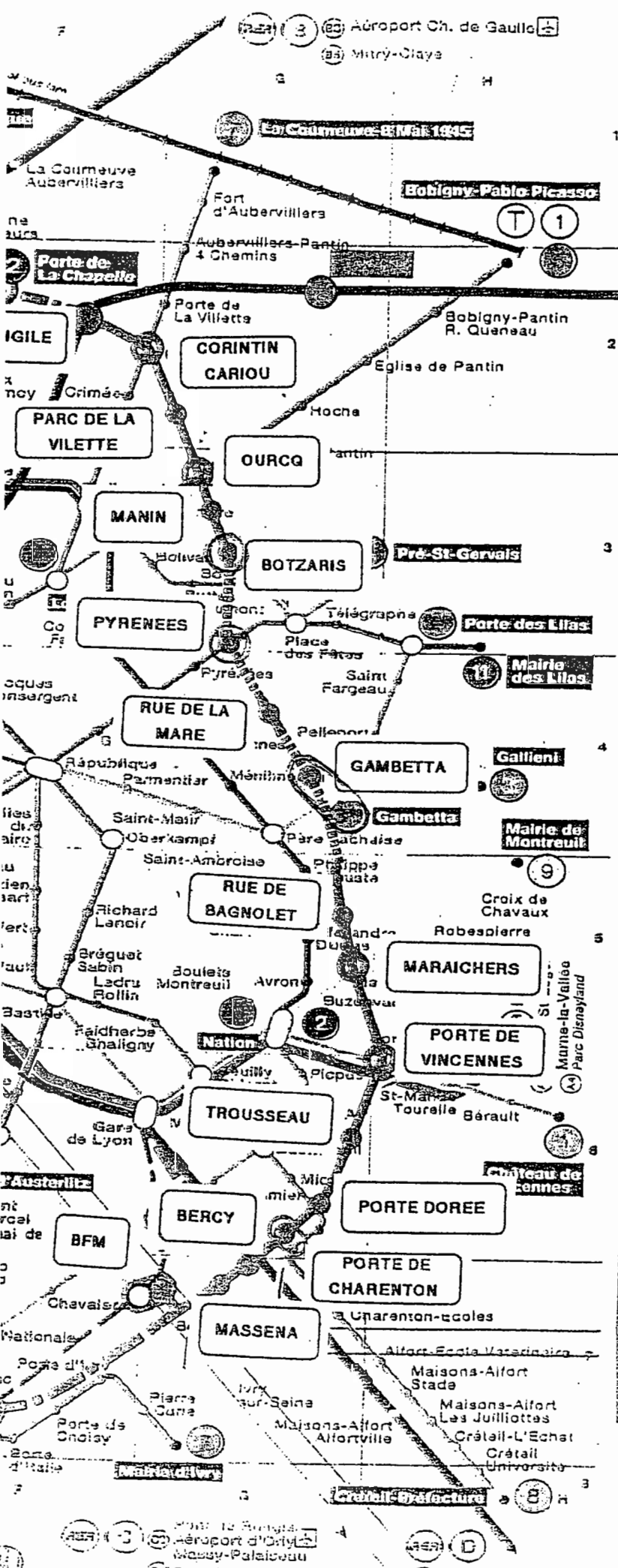
Dans ce contexte, le STIF a rédigé, en janvier 2000, un programme de travail destiné à apprécier l'intérêt d'une desserte voyageurs sur la Petite Ceinture dans l'est de Paris (voir **croquis ci-contre**) et s'appuyant sur quatre phases d'étude, comme suit.

La première phase a consisté à analyser l'opportunité de rouvrir tout ou partie de la Petite Ceinture au trafic voyageurs. L'étude afférente confiée à la RATP a confirmé, en juillet 2000, l'intérêt d'une telle réouverture et constitue une base pour l'étude de la deuxième phase, objet du présent rapport.

Cette étude de deuxième phase, confiée à la SNCF et réalisée par SYSTRA et la Direction de l'Ingénierie de la SNCF, consiste à évaluer les conditions de faisabilité technique d'une exploitation ferroviaire.

Enfin, les troisième et quatrième phases auront pour objectif respectif d'étudier l'insertion dans l'environnement urbain, et d'établir le bilan global de l'opération et les suites à donner.

Insertion de la Petite Ceinture Est  
dans le Réseau RATP de Métro



### Légende

- Tronçon aérien
- Tronçon souterrain
- Prolongement éventuel
- Correspondance avec réseau Métro
- Station éventuelle
- Liaison Eole
- Gare Eole
- Station Météor
- Ligne Météor

} P.C Réactivée

## 2. HYPOTHÈSES PRISES EN COMPTE POUR L'ÉTUDE

### 2. Hypothèses prises en compte pour l'étude

#### 2.1 Tracé

Un schéma du tracé et de la position des stations est donné au **croquis ci-contre**.

En particulier, pour les motifs exposés plus loin, un tracé en site propre sur voirie urbaine est proposé pour la zone de Bercy à Bibliothèque François Mitterrand (BFM). Un croquis sommaire d'un tel tracé est donné en **annexe 1**.

#### 2.2 Circulation des trains SNCF

##### 2.2.1 Circulations des trains de fret

Ainsi que mentionné au chapitre 1, la SNCF envisage de rétablir un service fret sur la Petite Ceinture consistant à desservir en mode ferré des plates-formes de distribution positionnées le long de cette dernière et à partir desquelles serait effectuée la distribution des marchandises en ville au moyen de véhicules routiers légers.

Quatre plates-formes sont ainsi retenues :

- Batignolles,
- La Chapelle,
- Bercy,
- et Gobelins.

Il convient donc de maintenir ou de réserver l'infrastructure ferroviaire nécessaire pour la desserte de ces plates-formes, en particulier en ce qui concerne le gabarit, ce qui permet aussi d'utiliser les engins de maintenance traditionnels (boureuses, trains travaux...).

En particulier, pour la desserte de la plate-forme des Gobelins, intéressant la présente étude, il sera nécessaire de rétablir la continuité ferroviaire de la Petite Ceinture dans la zone de Masséna au moyen d'une traversée au niveau de la future avenue de France prolongée jusqu'au boulevard Masséna.



## 2. HYPOTHÈSES PRISES EN COMPTE POUR L'ÉTUDE

En première étape, le service envisagé consisterait à desservir les plates-formes de la Chapelle et de Bercy au moyen de deux allers-retours (un aller-retour terminus Bercy origine/destination du Nord de la France, un autre terminus La Chapelle origine/destination du Sud de la France). Ce service serait assuré en dehors des périodes de circulation voyageurs sur la Petite Ceinture (voir point 2.3).

### 2.2.2 Établissement d'un service voyageur SNCF grandes lignes entre Bercy et Masséna

Afin de soulager la gare de Lyon dont le trafic TGV augmente fortement (nouveau service TGV Méditerranée à partir de juin 2001 en particulier), il est envisagé de reporter sur la gare d'Austerlitz, actuellement sous-utilisée, une grande partie des services du Sud-Est effectués en train classique. Des études de capacité ont déjà démontré que l'itinéraire via Juvisy ne permet pas d'absorber tout le trafic souhaité ; c'est pourquoi l'itinéraire via la Petite Ceinture est envisagé à cet effet.

Le projet afférent a déjà été pris en considération par RFF (cf. étude de la SNCF du 4 août 1998 « Report de certaines circulations de la gare de Paris-Lyon sur Paris-Austerlitz »).

L'annexe 2 donne un schéma de l'itinéraire envisagé, itinéraire empruntant la Petite Ceinture entre Bercy et Masséna.

L'annexe 3 donne une description du service des trains qui serait reporté sur la gare d'Austerlitz. Un tel service, dont l'amplitude horaire intéresse la plage de 6 h 00 à 24 h 00, est incompatible avec le service à forte cadence (voir 2.3) envisagé pour la desserte voyageurs de la Petite Ceinture Est.

C'est pourquoi, ainsi que mentionné en 2.1, la présente étude propose de créer une nouvelle ligne à double voie, établie sur voirie urbaine : boulevard Poniatowski, pont National, boulevard Masséna, puis future avenue de France jusqu'au droit de la station BFM (correspondance avec la ligne C du RER et la ligne de métro n° 14). Ce tronçon serait établi en site propre protégé de Bercy à Masséna et en site propre non protégé entre Masséna et BFM (sur ce dernier site la circulation conjointe de bus pourrait être admise).

## 2. HYPOTHÈSES PRISES EN COMPTE POUR L'ÉTUDE

### 2.3 Grille horaire de base

Le service de référence défini par le STIF est de dix-huit trains par sens en heure de pointe permettant une interconnexion éventuelle à Évangile avec le futur TCSP envisagé entre ce dernier site et Épinay-sur-Seine/Villetaneuse et retenu au XII<sup>e</sup> plan (cf. document SYSTRA de septembre 1996 « Étude de la desserte en transports en commun en site propre du secteur élargi de La Plaine St-Denis » pour le compte du STP).

La grille horaire proposée est donc la suivante :

- **service voyageurs « Petite Ceinture »**

- dix-huit trains par sens entre BFM et Évangile en heure de pointe (6 h 00 à 10 h 00, 12 h 00 à 14 h 00, 16 h 00 à 20 h 00), soit environ 3 minutes entre trains ;
- neuf trains par sens sur le même itinéraire en heure creuse (10 h 00 à 12 h 00, 14 h 00 à 16 h 00, 20 h 00 à 22 h 00), soit une **amplitude horaire** se situant de 6 h 00 à 22 h 00 ;

- **service fret SNCF**

Ce service fret entre Évangile et Bercy (cf. 2.2.1) se positionnerait en dehors de cette période et serait constitué d'un train par sens entre 5 h 00 et 6 h 00 et entre 22 h 00 et 23 h 00.

La ligne serait donc **fermée à tout trafic entre 23 h 00 et 5 h 00**. Cependant, des opérations légères de maintenance pourront être effectuées pendant cette période.

Une autre hypothèse de grille horaire consisterait à admettre la circulation des trains de fret pendant les heures d'exploitation du service voyageurs afin de permettre une plus grande amplitude à ce dernier : par exemple, de 5 h 30 à 0 h 30 (amplitude habituelle sur les lignes de métro).

Une tel service impliquerait des contraintes fortes en termes de grille-horaire et de sécurité nécessitant des études approfondies, qui n'ont pas été effectuées dans le cadre de la présente étude. Néanmoins, quelques réflexions concernant une telle mixité du trafic sont données en **annexe 4**.

## 2. HYPOTHÈSES PRISES EN COMPTE POUR L'ÉTUDE

### 2.4 Matériel roulant

#### 2.4.1 Caractéristiques proposées

Les caractéristiques du matériel roulant proposé sont celles du tram-train, telles que définies dans l'étude SYSTRA et TTK de novembre 1999 « Entre villes et régions – Convergences pour un matériel tram-train », réalisée pour le compte du GART, de l'UTP et de la SNCF. Elles sont données en **annexe 5**.

#### 2.4.2 Profil des roues

À noter les particularités suivantes en ce qui concerne le profil de roue utilisée :

- si le service est **interconnecté** au-delà d'Évangile, il convient d'utiliser le profil de roue prévu pour un tram-train devant circuler sur des voies tramway en chaussée, tel que proposé dans le document SYSTRA/SNCF de janvier 2001 « Étude sur l'analyse des contraintes d'infrastructure ferroviaire à prendre en compte dans le système tram-train » ;
- si le service **n'est pas interconnecté** au-delà d'Évangile, il peut être fait usage de roues de type SNCF, du fait de la circulation (réseau ferré national et site urbain) exclusivement en site protégé, comme c'est déjà le cas pour la ligne de tramway T2 La Défense/Issy Val-de-Seine.

En effet, l'usage de telles roues engendre de fortes économies de maintenance puisque le « pas » entre deux reprofilages est de l'ordre de 200 000 km environ pour un tel type de roue, alors qu'un reprofilage est nécessaire tout les 20 000 km de circulation pour une roue type tram-train.

#### 2.4.3 Largeur de caisse

- Si le service est susceptible d'être **interconnecté** au-delà d'Évangile, la largeur de caisse sera celle du réseau urbain en Île-de-France : en principe **2,40 m** ;
- si le service **n'est pas susceptible d'être interconnecté** au-delà d'Évangile, la largeur de caisse proposée sera la largeur maximale prévue pour les véhicules tram-train soit **2,65 m**.

*Nota : La largeur de 2,65 m devient la valeur de référence dans certains pays étrangers et notamment l'Allemagne. À longueur égale, une telle largeur permet d'améliorer les conditions de confort et d'augmenter la capacité en voyageurs transportés.*

## 2. HYPOTHÈSES PRISES EN COMPTE POUR L'ÉTUDE

*Il conviendrait donc d'étudier la faisabilité d'une telle largeur en service interconnecté.  
De même, une telle largeur de caisse permet d'utiliser des palettes d'accès à largeur réduite.*

### 2.5 Circulation des trains sur voie de droite

Sur le réseau ferré national, les trains circulent normalement à gauche, alors que la circulation s'effectue à droite en site urbain.

Étant donné le relatif isolement de la Petite Ceinture Est, sur laquelle circuleront essentiellement des tram-trains devant aussi emprunter la voirie urbaine (entre Bercy et BFM), voire au-delà d'Évangile s'il y a interconnexion), il est proposé qu'à titre exceptionnel la circulation des trains s'effectue à droite sur la Petite Ceinture.

De la sorte, il ne serait pas nécessaire de croiser des voies (à niveau ou en dénivelé) aux transitions entre réseau ferré national et site urbain.

### 3.ÉTUDES D'EXPLOITATION

### 3. ÉTUDES D'EXPLOITATION

#### 3. Études d'exploitation

##### 3.1 Calcul du cantonnement et programme d'exploitation

###### 3.1.1 Définition de la section d'étude

Le tronçon qui fait l'objet de l'étude se situe entre la gare « Est-Ceinture » au km 28,350 (futur emplacement de la gare Évangile-Aubervilliers » de la liaison avec EOLE) et la zone de Bercy, zone à partir de laquelle la ligne sera installée sur voirie urbaine jusqu'à BFM, ainsi que déjà indiqué ci-dessus.

D'une longueur de 10,5 km environ, cette section de ligne dessert plusieurs quartiers parisiens où l'habitation est importante, dont les XIX<sup>ème</sup>, XIX<sup>ème</sup> et XX<sup>ème</sup> arrondissements de Paris. D'Évangile à la Bibliothèque François Mitterrand, la Petite Ceinture Est dessert dix-huit stations. La longueur moyenne des interstations est de 615 m.

<i>Interstation</i>	<i>Longueur (m)</i>	<i>Longueur cumulée (m)</i>
BFM-Boulevard Masséna (*)	780	780
Boulevard Masséna-Bercy (*)	710	1 490
Bercy-Porte de Charenton	630	2 120
Porte de Charenton-Porte Dorée	368	2 488
Porte Dorée-Trousseau	702	3 190
Trousseau-Porte de Vincennes	779	3 969
Porte de Vincennes-Maraîchers	655	4 624
Maraîchers-Rue de Bagnole	813	5 437
Rue de Bagnole-Gambetta	821	6 258
Gambetta-Rue de la Mare	627	6 885
Rue de la Mare-Pyrénées	472	7 357
Pyrénées-Botzaris	537	7 894
Botzaris-Manin	272	8 166
Manin-Ourcq	543	8 709
Ourcq-Parc de la Villette	365	9 074
Parc de la Villette-Corentin Cariou	803	9 877
Corentin Cariou-Évangile	572	10 449

(\*) Tronçon en voirie urbaine

### 3.ÉTUDES D'EXPLOITATION

#### 3.1.2 Correspondances

La Petite Ceinture Ferroviaire Est bénéficie d'un excellent maillage : la ligne est en correspondance avec deux lignes de RER (le futur terminus d'EOLE se trouvant à Évangile), neuf lignes de métro et une vingtaine de lignes d'autobus. En revanche, elle n'est en correspondance avec aucune ligne de bus provenant du secteur est de la banlieue.

<i>Stations</i>	<i>Correspondances</i>
Évangile	RER E (Eole), Tram T3 vers Épinay/Villetaneuse et bus n° 54
Parc de la Villette	
Corentin Cariou	Métro ligne 7
Ourcq	Métro ligne 5
Manin	Bus n° 60 et 75
Botzaris (en souterrain)	Métro ligne 7bis
Pyrénées (en souterrain)	Métro ligne 11
Rue de la Mare	
Gambetta (en souterrain)	Métro ligne 3, bus n° 60,61, 26, 102 et 69
Rue de Bagnolet	Bus n° 26 et 76
Maraîchers	Métro ligne 9 et bus n° 57
Porte de Vincennes	Métro ligne 1, bus n° 62, 86, 351 et PC2
Trousseau	PC
Porte Dorée	Métro ligne 8 et bus n° 46
Porte de Charenton	Métro ligne 8 et bus n° 87 et PC1
Bercy	PC
Boulevard Masséna	PC
Bibliothèque F.M	RER C, Métro ligne 14 (Météor), bus n° 132, 89 et 62 *

#### 3.1.3 Gares de retournement de BFM et d'Évangile

La gare d'Évangile serait équipée de trois voies (garage de rames de secours...) avec un accès vers l'atelier d'entretien.

La gare de BFM serait équipée de deux voies en site urbain.

*Nota : En cas d'interconnexion, la gare d'Évangile est maintenue telle quelle afin de permettre deux exploitations séparées entre le nord et le sud de ce site.*

## 3. ÉTUDES D'EXPLOITATION

### 3.1.4 Partie en voirie et tunnels

À partir de Bercy (pont National), la circulation s'effectue sur la voirie jusqu'à la Bibliothèque François Mitterand.

Deux tunnels se situent sur la Petite Ceinture Est : le tunnel de Charonne, long de 1 168 m du pk 5,358 au pk 6,526, et le tunnel de Belleville, long de 1 134 m du pk 6,921 au pk 8055.

### 3.1.5 Calcul du cantonnement (signalisation)

#### Tronçon Évangile-Bercy

##### a) *Positionnement des signaux*

Afin d'assurer le service requis - intervalle minimal entre trains de l'ordre de 3 minutes, vitesse de la ligne pouvant atteindre 70 km/h, présence de deux tunnels, en particulier -, il est prévu en première analyse d'équiper chacune des deux voies d'un block automatique enclenché par circuits de voie et signalisation latérale, comme c'est l'usage sur le réseau ferré national.

Pour une question de sécurité, il est préférable d'installer les signaux en sortie de gare (en respectant la norme UIC 405) pour que l'agent de conduite puisse savoir si la section interstation suivante est libre. Les distances d'arrêt seront ainsi parfaitement respectées.

##### Sens BFM-Évangile

Si on prend en compte l'itinéraire complet, il est nécessaire de mettre un signal à chaque sortie de gare, mais il faut en ajouter néanmoins deux autres à la moitié du tronçon Boulevard Masséna-Porte de Charenton au pk 1,450, ainsi que sur le tronçon Porte de la Villette-Corentin Cariou (pk 9,470), car les vitesses maximales y sont les plus élevées et les points de stationnement plus éloignés.

##### Sens Évangile-BFM

Si on prend en compte l'itinéraire complet, il est nécessaire de mettre un signal à chaque sortie de gare, mais il faut aussi en ajouter trois autres sur la section Porte de Vincennes-Trousseau au pk 6,870, un sur la partie Trousseau-Porte Dorée au pk 7,600 et un dernier à la moitié du tronçon Boulevard Masséna-Porte de Charenton vers le pk 1,450.



### 3. ÉTUDES D'EXPLOITATION

#### Tronçon Bercy-BFM

S'agissant d'un tronçon en site urbain sans signalisation d'espacement, la règle est la conduite à vue (vitesse maximale : de 50 km/h en site banalisé à 70 km/h en site propre protégé).

#### *b) Contrôle de vitesse*

Pour assurer la meilleure fluidité possible du trafic, il est suggéré d'équiper chaque signal (tronçon Évangile-Bercy) du système de contrôle de vitesse dit « KVBP » : en cas de réouverture d'un signal aval annoncé fermé, le contrôle de vitesse à bord est automatiquement annulé, ce qui permet au mécanicien de freiner « au plus tard », et donc de suivre « au plus près » en toute sécurité le train circulant devant.

*Nota : Des systèmes de cantonnement par radio dérivés du système européen ERTMS sont en cours de développement et pourraient s'avérer bien adaptés à cette ligne.*

#### 3.2 Construction de l'horaire

- Les temps de parcours ont été calculés à partir des performances d'accélération et de décélération du matériel tram-train, telles que définies à l'annexe 5. La vitesse maximale possible dans le tronçon considéré est celle possible, compte tenu de sa longueur, sans dépasser la valeur maximale de 70 km/h, afin de minimiser le bruit de roulement autant que faire se peut.

Enfin, sur les tronçons en site urbain les vitesses maximales prises en compte sont les suivantes :

- BFM-Masséna : 40 km/h (site non protégé),
  - Boulevard Masséna-Bercy : 60 km/h (site considéré comme protégé),
  - Bercy-Porte de Charenton : 70 km/h (site considéré comme protégé).
- Le temps d'arrêt en station est fixé à 20 secondes, considérant que, même aux heures de pointe, l'espacement de 3 minutes 30 entre trains permet une affluence pas trop excessive.

### 3. ÉTUDES D'EXPLOITATION

Toutefois, pour les six stations les plus chargées ce temps est porté à 30 secondes. Ces stations sont celles où le nombre de montées/descentes à l'heure de pointe est supérieur à 2 500 (voir étude phase 1 de la RATP), à savoir :

- Corentin Cariou,
- Ourcq,
- Maraîchers,
- Vincennes,
- Trousseau,
- Boulevard Masséna.

Enfin, compte tenu des performances du matériel roulant, les déclivités de la ligne sont pratiquement sans influence, de sorte que les temps parcourus sur chaque tronçon est le même dans les deux sens de circulation.

Au total donc, sont obtenus les temps de parcours entre station repris au tableau ci-après :

Interstation	Temps de parcours (secondes)
BFM-Boulevard Masséna	70
Boulevard Masséna-Bercy	60
Bercy-Porte de Charenton	54
Porte de Charenton-Porte Dorée	40
Porte Dorée-Trousseau	58
Trousseau-Porte de Vincennes	62
Porte de Vincennes-Maraîchers	56
Maraîchers-Rue de Bagnole	84
Rue de Bagnole-Gambetta	84
Gambetta-Rue de la Mare	64
Rue de la Mare-Pyrénées	46
Pyrénées-Botzaris	50
Botzaris-Manin	24
Manin-Ourcq	50
Ourcq-Parc de la Villette	39
Parc de la Villette-Corentin Cariou	63
Corentin Cariou-Évangile	51

### 3. ÉTUDES D'EXPLOITATION

Total « temps de parcours »	955 secondes
Total « temps d'arrêt » (10 x 20 + 6 x 30)	380 secondes
Total « mission »	1335 secondes
Vitesse commerciale	28,2 km/h
$(\frac{10449}{1335} \times 3,6)$	

La vitesse commerciale possible (28,2 km/h) est donc inférieure à celle requise (30 km/h).

Pour atteindre cette dernière, il faudrait supprimer au moins deux arrêts, par exemple ceux des rues de la Mare et de Manin, stations les moins fréquentées selon l'étude de la phase 1.

#### 3.3 Dimensionnement du parc de matériel roulant

Pour calculer le parc de matériel roulant nécessaire, il a été pris pour base de calcul le service à assurer en heure de pointe, ce qui permet de satisfaire tous les besoins.

La méthode de calcul est la suivante :

- 1) Calcul du temps T d'un aller-retour complet, c'est-à-dire y compris les temps de retournement aux extrémités du parcours soit :

T = temps de parcours BFM-Évangile	1 335 s
+ temps de retournement à Évangile	240 s (4 minutes)
+ temps de parcours Évangile-BFM	1 335 s
+ temps de retournement à BFM	240 s
	<hr/>

3150 s 52,5 min.

- 2) L'espacement entre trains étant de 3,33 minutes (3 minutes 20 secondes), calcul du nombre X de véhicules nécessaires pour l'ensemble des deux sens de circulation, soit :

$$X = \frac{T}{3,33}$$

### 3. ÉTUDES D'EXPLOITATION

- 3) À ce chiffre X est ajoutée une réserve de 20% pour les besoins de maintenance et de réserve en cas d'incident.

On obtient ainsi les valeurs suivantes :

$$X = \frac{52,5}{3,33} = 15,75 \text{ arrondi à } 16$$

En ajoutant la réserve de 20%, soit quatre rames, quel que soit le scénario, on obtient le nombre de rames nécessaires pour l'exploitation, soit :

$$16 + 4 = 20 \text{ véhicules}$$

*Nota : Les valeurs de capacité en voyageurs citées à l'annexe 5 (243 personnes, avec le ratio quatre personnes debout au m<sup>2</sup> ; 306 personnes avec le ratio six personnes debout au m<sup>2</sup>) sont données à titre indicatif.*

*Elles concernent des véhicules longs de 37 m et larges de 2,40 m, distance pouvant être augmentée si nécessaire.*

*Par ailleurs, s'agissant d'un service urbain dont les trajets sont de courte durée, la proportion de places assises peut être réduite afin de ménager un confort acceptable aux voyageurs debout.*

*L'objectif de confort qui consisterait à limiter à quatre au m<sup>2</sup> le nombre de voyageurs debout risque d'être dépassé à certaines périodes de pointe et sur certains tronçons.*

*Si un tel « inconfort » était jugé inacceptable, il faudrait envisager la circulation des véhicules en unité double aux heures de pointe, ce qui en doublerait le nombre nécessaire : une quarantaine de véhicules au lieu des vingt estimés ci-dessus*

*À noter enfin qu'une largeur portée à 2,65 m permettrait de transporter trente personnes en plus. Ainsi, aux heures de pointe (dix-huit rames par heure et par sens), une capacité supplémentaire de transport de cinq cent quarante personnes (18 x 30) serait disponible dans chaque sens.*

#### 3.4 Poste Central de Commande (PCC) et équipements associés en station et dans les rames

Le Poste Central de Commande (PCC) assure la gestion complète du service sur la totalité de ligne. Les principales fonctions assurées, semblables à celles d'un service urbain ou périurbain équivalent, sont les suivantes :

- la commande centralisée des itinéraires,
- les messages de sécurité et de commodité, via la radio sol-train, avec les conducteurs des véhicules en marche,

### 3.ÉTUDES D'EXPLOITATION

- les annonces sonores et visuelles aux voyageurs au sol et en embarqué,
- la télésurveillance vidéo des stations,
- la télésurveillance des détections d'incendie au sol,
- etc.

Les équipements correspondant à ces fonctions sont les suivants :

- salle de commande-contrôle avec les interfaces homme-machine :
  - tableau de contrôle optique et écran de visualisation des contrôles affichés aux opérateurs (suivi des trains, signalisation, détection-incendie...),
  - claviers-écrans de dialogue homme-machine à disposition des opérateurs,
- système d'aide à l'exploitation et d'information voyageurs (SAEIV) :
  - affichages du service en station et à bord du véhicule (horaires de passage...),
  - informations sonores en station et à bord des véhicules.
- systèmes de détection d'incendie,
- équipements de billettique-monétique en station, et à bord des véhicules,
- système de surveillance par télévision dans les stations,
- systèmes de télécommunications (câble et radio sol-train).

#### 3.5 Centre de maintenance et de remisage du matériel roulant

Il est prévu de localiser ce centre près du terminus d'Évangile.

Ce centre comprendra les installations suivantes :

- un faisceau de remisage de vingt rames, extensible à quarante,
- une station-service (nettoyage des rames...),
- un atelier permettant d'exécuter les opérations périodiques d'entretien (tour en fosse...).

*Nota : Si la ligne était interconnectée au-delà d'Évangile, ce centre pourrait être commun avec celui du réseau urbain et localisé sur ce dernier.*

## 4.ÉTUDES D'INFRASTRUCTURE

## 4. ÉTUDES D'INFRASTRUCTURE

### 4. Études d'infrastructure

#### 4.1 Gabarit

Les deux voies seront adaptées au gabarit SNCF (gabarit GB1 en principe, pour lequel il n'y a aucune restriction de circulation). En effet, l'adaptation d'une seule voie au gabarit GB1 n'engendre pas d'économie significative.

#### 4.2 Plate-forme

L'état de la plate-forme est tel dans son ensemble que son renouvellement complet doit être envisagé de bout en bout du tracé.

#### 4.3 Cas particulier de la station Évangile

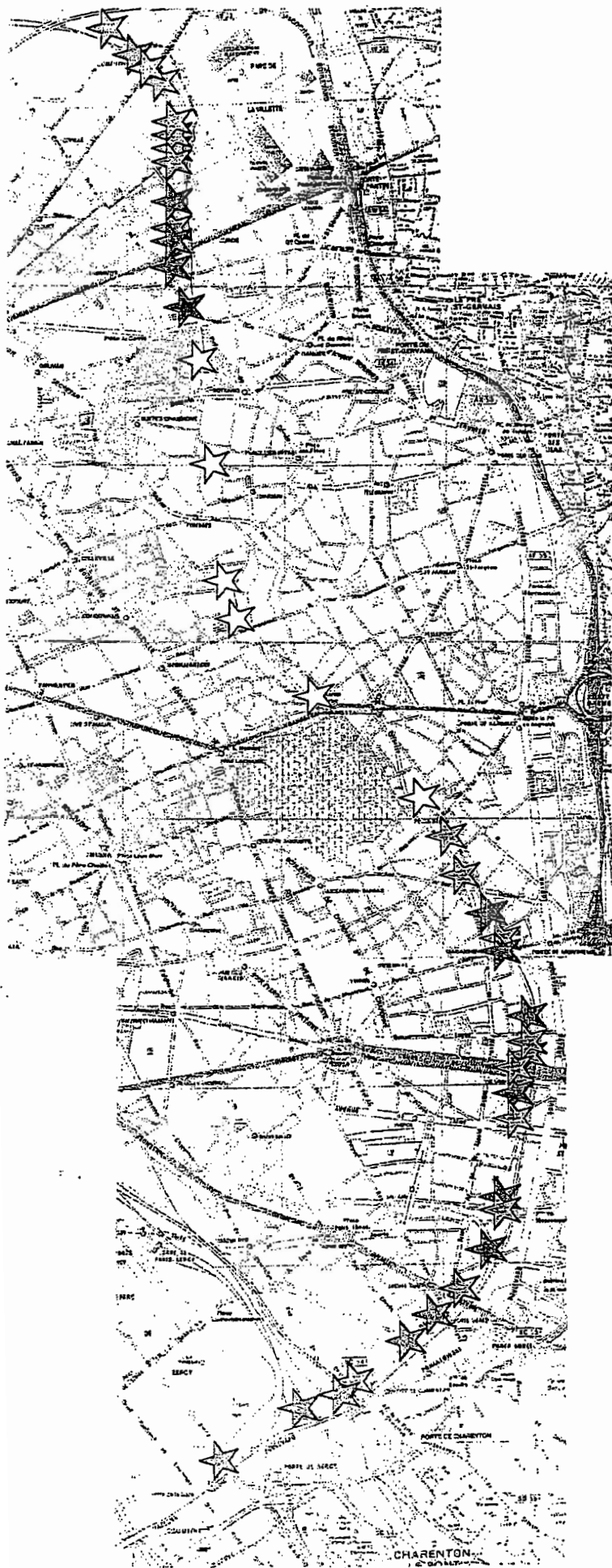
L'emplacement de la future station Évangile est envisagé au plus près de la future gare de la ligne EOLE, dans le triangle formé de la rue d'Aubervilliers, la ligne EOLE et la Petite Ceinture (tronçon vers Batignolles).

L'interconnexion avec la future ligne de tramway T3 (Évangile, Saint-Denis, Épinay/Villetaneuse) peut être envisagée entre le boulevard Ney et le pont-route de la rue d'Aubervilliers surplombant les voies EOLE.

#### 4.4 Cas particulier de la zone en chaussée urbaine Bercy-BFM





Cette zone nécessite une étude complémentaire particulière, en liaison avec les services techniques de la Ville de Paris et de la SNCF, qui sort du cadre de la présente étude.

Le tracé envisagé n'est donc donné qu'à titre indicatif.



**Plan de situation**  
**Repérage des OA**

**LEGENDE**

-  OA à tablier métallique
-  OA du Bd Manin- rue de crimée
-  OA maçonnés
-  tunnels



## 4. ÉTUDES D'INFRASTRUCTURE

De même, les estimations données au chapitre 5 sont basées sur des coûts moyens de voies tramway en site urbain (voie, caténaire et aménagements urbains associés). Il conviendra en particulier de s'assurer des aménagements de structure nécessaires sur le pont National et l'avenue de France pour supporter une voie tramway.

### 4.5 Ponts

Les ponts de ce tronçon de la Petite Ceinture ont fait l'objet d'une expertise détaillée du service des ouvrages d'art de la SNCF (Département des ouvrages d'art de la Direction de l'Ingénierie) : voir plan de situation ci-contre.

L'état de dégradation des ponts à structure métallique, lesquels sont en majorité, est tel que leur remplacement est nécessaire : les ouvrages neufs envisagés prévoient une pose systématique sur ballast afin de minimiser les nuisances acoustiques.

À noter, en particulier, l'expertise en cours du pont-route des rues Manin et Crimée, qu'il sera très probablement nécessaire de remplacer en raison de son très mauvais état.

Enfin, les ponts maçonnés ou en béton armé ne sont pas à remplacer, mais nécessitent néanmoins des travaux de remise en état.

### 4.6 Tunnels

Ce tronçon de ligne comporte deux tunnels longs :

- le tunnel de Charonne : longueur de 1168 m,
- le tunnel de Belleville : longueur de 1134 m.

Afin d'admettre le service voyageurs envisagé, ces deux tunnels devront faire l'objet d'une mise en conformité selon les dispositions de l'instruction technique interministérielle 98.300 du 8 juillet 1998 traitant de la sécurité des tunnels ferroviaires.

Une étude particulière avec tous les services concernés (Ville de Paris, pompiers, administrations publiques...) qui sort du cadre de la présente étude, sera à effectuer.

## 4. ÉTUDES D'INFRASTRUCTURE

Néanmoins, il est possible d'ores et déjà d'affirmer que les aménagements suivants prévus dans l'estimation (voir chapitre 5) seront nécessaires, s'agissant de tunnels classés « urbains » :

- un puits d'accès pompiers dans chaque tunnel : le positionnement de ces puits n'est pas prévu dans la présente étude ;
- cheminements latéraux pour piétons sur toute la longueur de chaque tunnel ;
- accès routier aux extrémités du tunnel ;
- éclairage permanent et prises de courant espacées régulièrement pour véhicules de secours ;
- prises « généphones » et prises « colonne sèche » à disposition des pompiers.

Par ailleurs, il est prévu de mettre ces tunnels au gabarit électrification.

À noter enfin, que trois stations seront positionnées en tunnel (les estimations en tenant compte), à savoir :

- Botzaris et Pyrénées : tunnel de Charonne,
- Gambetta : tunnel de Belleville.

Un principe de phasage des travaux de réalisation de ces dernières est donné en **annexe 6**.

### 4.7 Signalisation

Voir 3.1.5.

### 4.8 Électrification

Il est proposé d'électrifier le tronçon Évangile-Bercy en courant continu 1 500 V, type d'électrification en usage sur le réseau ferré national.

De plus, s'il n'y a pas interconnexion à Évangile, il est proposé d'électrifier également le tronçon urbain Bercy-BFM en courant continu 1 500 V, tension qualifiée « basse tension » au même titre que la tension 750 V en usage sur les réseaux urbains, selon l'arrêté d'avril 1991 relatif à la distribution de l'énergie électrique.

## 4. ÉTUDES D'INFRASTRUCTURE

A contrario, s'il était admis que les trains de marchandises puissent être remorqués par locomotive électrique 750 V, la ligne pourrait être électrifiée en mode urbain à 750 V, et donc permettre l'usage de véhicules monocourant moins coûteux pour le service voyageurs envisagé.

### 4.9 Stations et correspondances associées

Le document SNCF de mai 1997 « Réouverture de la Petite Ceinture Est au service voyageurs – Prolongements éventuels au nord et au sud » est pris pour base d'étude des stations et des correspondances associées.

De même, sont intégrés les aménagements nécessaires dans le domaine RATP.

Au total, est prévue la mise en accessibilité complète pour les PMR (Personnes à Mobilité Réduite) des accès aux stations et des correspondances avec les lignes du métro lorsqu'elles existent (installation d'ascenseurs, de sas PMR dans la partie RATP...).

Les quais en station sont longs de 80 m pour permettre l'exploitation avec deux rames couplées en unité multiple.

Ils sont de type tramway (hauteur fixée à 350 mm au-dessus du plan de roulement). Le nez de quai est positionné à 935 mm (en alignement) du bord intérieur du rail le plus proche afin de dégager le gabarit bas des véhicules SNCF.

De la sorte, les véhicules doivent être munis de palettes amovibles afin de respecter les règles du COLITRAH (lacune horizontale entre véhicule et quai inférieure à 100 mm) pour les PMR.

Les stations de type tramway sont dotées d'équipements de services rendus à la clientèle :

- distributeurs automatiques de billets et valideurs,
- dispositifs d'affichage visuel des prochains trains à venir (SAEIV),
- équipements d'annonces sonores (informations en service perturbé...),
- mobilier d'usage (abris de quai, sièges, bornes de propreté),
- supports fixes habituels d'information aux voyageurs (horaire de passage...).

## 5. ESTIMATIONS

## 5. ESTIMATIONS

### 5. Estimations

#### 5.1 Infrastructures

Ces estimations sont données au tableau ci-après.

**Estimation de l'ordre de grandeur des coûts (à ± 30%)**  
(conditions économiques de juin 2000)  
PAI (10%), MOE (15%), MOA (3%)

Hypothèse	RFF	SNCF	MF CE 06/2000
<b>Double voie sur l'ensemble du tracé</b>			
Création plate-forme + pose voie (partie urbaine)			
Renouvellement de la plate-forme existante	150		150
Voie-Ballastage			
OA :			
- Reconstruction des OA à TM			
- Reprise GC des OA en BA ou maçonnés	260		260
- Reprise GC des murs de soutènement (provision)			
Tunnels :			
- Reprise des joints	54		54
- Réalisation des puits d'accès pompiers			
Arrêts-GC et aménagement avec traversées à niveau, sans correspondance avec le métro	36	9	45
Arrêts-GC et aménagement, avec correspondance avec le métro	370	25	395
Signalisation	50		50
Électrification en 1500 CC	60		60
Caténaires/sous-stations			
Télécommunications	5	7	12
PCC et équipement associé (IHM, suivi des trains, SAEIV...)	30	20	50
Provisions pour protections phoniques sur 7 km	40	10	50
Provisions pour le centre de maintenance et de remisage du matériel roulant	15	85	100
<b>Montant brut principal</b>	<b>1 070,00</b>	<b>156,00</b>	<b>1 226,00</b>
PAI (10%)	107,00	15,60	122,60
MOE (15%)	176,55	25,74	202,29
MOA (3%)	40,61	5,92	46,53
<b>Total</b>	<b>1 394,16</b>	<b>203,26</b>	<b>1 597,42</b>

**Total arrondi 1,6 GF**

#### Légende

PAI : provisions pour aléas et imprévus  
MOA : maîtrise d'ouvrage  
MOE : maîtrise d'œuvre  
OA : ouvrage d'art

TM : tablier métallique  
GC : génie civil  
PCC : poste central de commande  
SAEIV : système d'aide à l'exploitation et  
d'information des voyageurs

## 5. ESTIMATIONS

### 5.2 Matériel roulant

- Exploitation en unité simple (vingt véhicules) :

$$15 \times 20 = 300 \text{ MF.}$$

- Exploitation en unité double (quarante véhicules) :

$$15 \times 40 = 600 \text{ MF.}$$

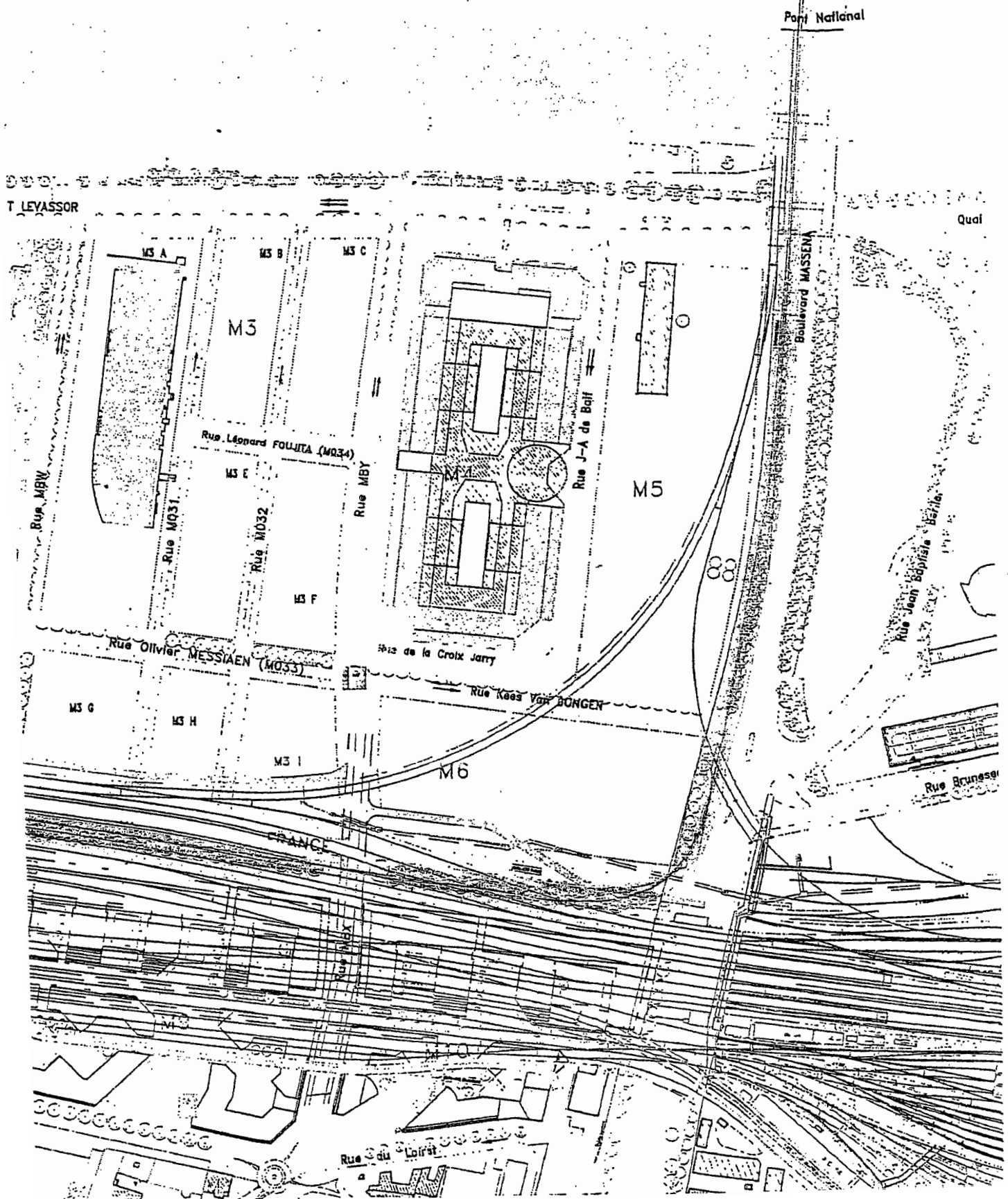
## ANNEXES

- Annexe 1 : Principe de tracé en site urbain, zone Bercy-BFM
  
- Annexe 2 : Report de certains trains Sud-Est vers la gare d'Austerlitz
  
- Annexe 3 : Description du service des trains reporté sur la gare d'Austerlitz
  
- Annexe 4 : Circulation des dessertes marchandises dans la plage horaire du service voyageurs
  
- Annexe 5 : Caractéristiques du matériel roulant « tram-train »
  
- Annexe 6 : Principe de phasage des travaux de réalisation des stations en tunnel

# ANNEXE 1 – PRINCIPE DE TRACÉ EN SITE URBAIN, ZONE BERCY-BFM



PRINCIPE DE TRACE EN SITE URBAIN BERCY/BFM

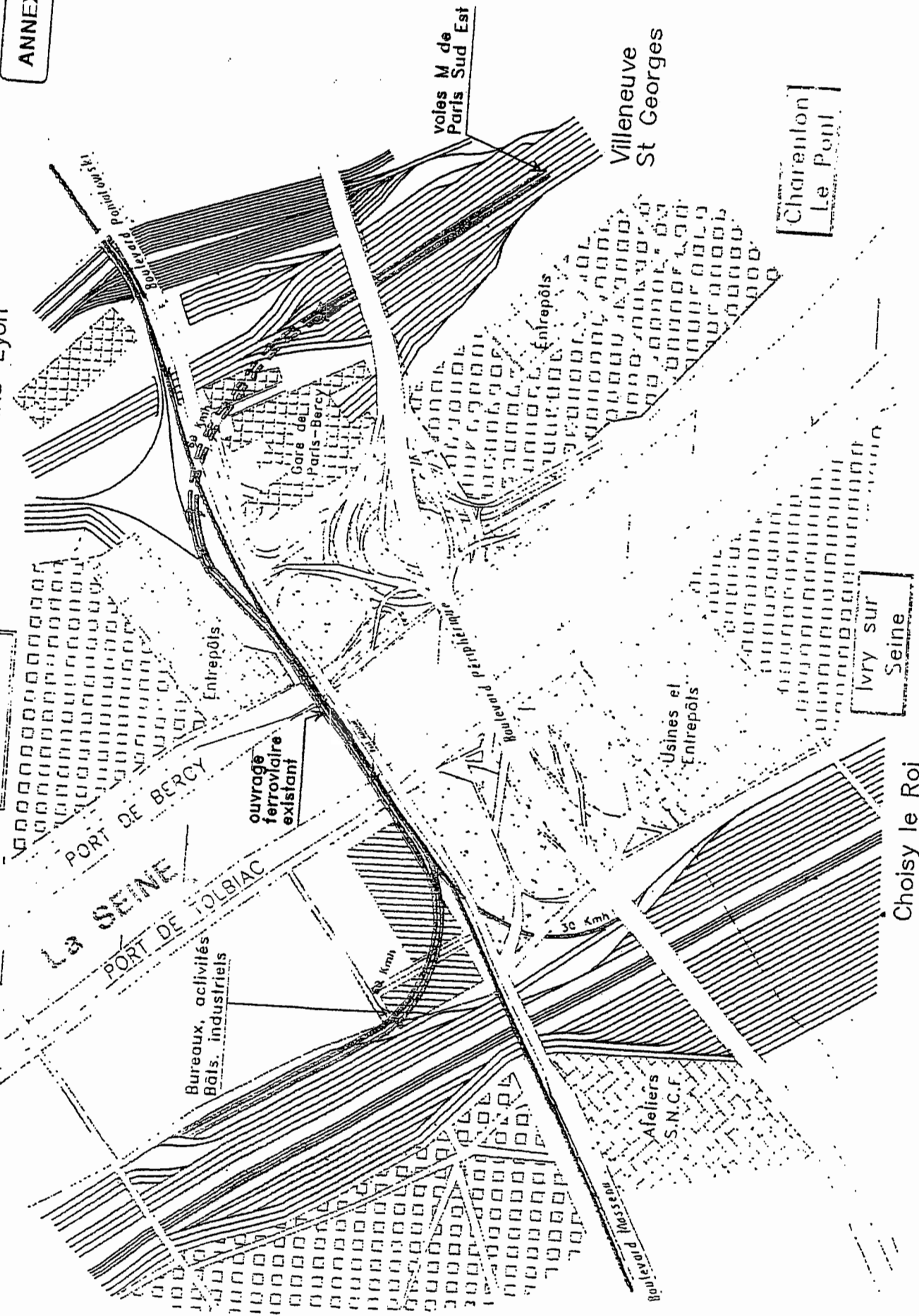


*ANNEXE 2 -- REPORT DE CERTAINS  
TRAINS SUD-EST VERS LA GARE D'AUSTERLITZ*

Réf : 3236/FRA2/PAR/01-239  
Édition 1

ÉTUDE DE FAISABILITÉ TECHNIQUE D'UNE DESSERTE VOYAGEURS SUR  
LA PETITE CEINTURE FERROVIAIRE DANS L'EST DE PARIS

Petite Ceinture  
page 1



*ANNEXE 3 - DESCRIPTION DU SERVICE  
DES TRAINS REPORTÉ SUR LA GARE D'AUSTERLITZ*

Réf. : 3236/FRA2/PAR/01-239  
Édition 1

ÉTUDE DE FALSABILITÉ TECHNIQUE D'UNE DESSERTE VOYAGEURS SUR  
LA PETITE CEINTURE FERROVIAIRE DANS L'EST DE PARIS

Petite Ceinture  
page 1

## *ANNEXE 3 - DESCRIPTION DU SERVICE DES TRAINS REPORTÉ SUR LA GARE D'AUSTERLITZ*

### **1. Trains « Origine/Destination » (O/D) reportés de la gare de Lyon à la gare d'Austerlitz**

#### *1.1. Trains « classiques » reportés à la gare d'Austerlitz (O/D)*

- Italie
- Bourgogne/Franche-Comté
- Savoie
- Briançonnais
- Côte d'Azur/vallée du Rhône
- Nevers/Clermont/Massif Central

#### *1.2. Trains « classiques » maintenus à la gare de Lyon (OD/)*

O/D : Laroche-Migennes

O/D : Montargis

**N.B.** Ces trains sont supposés être maintenus à la gare de Lyon car transportant de nombreux « migrants quotidiens » pour lesquels l'accès direct aux lignes A et Ddu RER doit être maintenu.

#### *1.3. Nombre total de trains concernés par le report de la gare de Lyon à la gare d'Austerlitz*

O : 48

D : 51

Soit une centaine de trains.

Le détail par tranche horaire est donné au point 2.

## ANNEXE 3 - DESCRIPTION DU SERVICE DES TRAINS REPORTÉ SUR LA GARE D'AUSTERLITZ

### 2. Trains classiques Sud-Est reportés à Austerlitz

#### *Répartition par tranches horaires*

	O	D
(05 h 00) 06 h 00 → 07 h 00	-	13
07 h 00 → 08 h 00	3	4
08 h 00 → 09 h 00	2	3
09 h 00 → 10 h 00	-	4
11 h 00 → 12 h 00	1	1
12 h 00 → 13 h 00	3	1
13 h 00 → 14 h 00	-	2
14 h 00 → 15 h 00	1	-
15 h 00 → 16 h 00	2	-
16 h 00 → 17 h 00	3	3
17 h 00 → 18 h 00	2	1
18 h 00 → 19 h 00	4	-
19 h 00 → 20 h 00	4	3
20 h 00 → 21 h 00	4	2
21 h 00 → 22 h 00	1	1
22 h 00 → 23 h 00	13	7
23 h 00 → 24 h 00	4	2
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>51</b>

# ANNEXE 4 - CIRCULATION DES DESSERTES MARCHANDISES

## ANNEXE 4 - CIRCULATION DES DESSERTES MARCHANDISES

### 1. Circulation des trains en considérant que le croisement d'une desserte marchandises et d'un train de voyageurs est possible dans les tunnels de Belleville et de Charonne

Dans cette hypothèse, il est considéré que la nature des marchandises transportées est telle (absence de marchandises dangereuses) qu'un croisement sous tunnel d'un train de fret et d'un train de voyageurs est possible.

Une hypothèse de circulation consisterait à « domestiquer » les circulations fret en leur donnant un sillon horaire semblable à celui des circulations voyageurs.

En d'autres termes, la vitesse moyenne des trains de voyageurs étant de l'ordre de 28 km/h, il suffirait que la vitesse moyenne des dessertes marchandises soit proche de cette valeur, ce qui conduirait à limiter la vitesse des dessertes marchandises entre deux circulations voyageurs à 30 km/h.

Une marge de régularité suffisante doit être managée pour une telle desserte marchandises afin d'assurer son insertion dans la grille-horaire sans gêne à l'exécution du service.

L'intervalle minimal entre deux sillons voyageurs étant de 3 minutes à l'heure de pointe, il paraît raisonnable de réserver deux sillons de part et d'autre de celui de la circulation fret, de sorte qu'il faudrait ménager trois sillons espacés de 3 minutes entre deux sillons voyageurs, soit au total  $4 \times 3 \text{ minutes} = 12 \text{ minutes}$ .

Aux heures creuses du trafic voyageurs, il faudrait donc admettre un intervalle entre deux circulations voyageurs ne descendant pas en dessous de cette valeur de 12 minutes.

Enfin, au regard de la sécurité des voyageurs dans les stations, il faudrait revoir les possibilités de passage de quai à quai. Deux solutions peuvent être envisagées :

- aménagement des accès sans traversée à niveau (création de traversées souterraines et d'ascenseurs pour PMR),
- installation de pictogrammes sur les traversées à niveau.



## ANNEXE 4 - CIRCULATION DES DESSERTES MARCHANDISES

### 2. Cas où le croisement d'un train de voyageurs et d'un train de marchandises est interdit dans les tunnels de Belleville et Charonne

En pareil cas, il faudrait interdire tout croisement entre trains de voyageurs dans l'intervalle comprenant les deux tunnels proches l'un de l'autre, ce qui reviendrait pratiquement à étendre l'interdiction sur le tronçon nord de la petite ceinture d'Évangile, à Gambetta, la station Évangile étant assez proche de ces deux tunnels.

Le temps de parcours à  $V = 30$  km/h d'un tel tronçon étant de l'ordre d'un peu moins de 10 minutes, il faudrait sans doute augmenter d'autant l'intervalle entre deux trains de voyageurs, soit un total supérieur à **20 minutes**, valeur qui serait sans doute jugée trop pénalisante en termes de service rendu à la clientèle.

### 3. Conclusion

Afin de déterminer de manière précise l'intervalle minimal possible entre deux trains de voyageurs entre lesquels circulerait une desserte marchandises, il est nécessaire : d'une part, d'effectuer une étude de sécurité approfondie quant aux conditions d'application de l'instruction interministérielle 98.300 relative à la sécurité des tunnels ferroviaires ; et, d'autre part d'effectuer une étude fine d'exploitation à partir des caractéristiques des engins et de la signalisation de la ligne.

# ANNEXE 5 - CARACTÉRISTIQUES DU MATÉRIEL ROULANT « TRAM-TRAIN »

## ANNEXE 5 - CARACTÉRISTIQUES DU MATÉRIEL ROULANT « TRAM-TRAIN »

Il est rappelé qu'un matériel tram-train doit être considéré comme un matériel tramway rendu apte à circuler sur le réseau ferré national. Les caractéristiques visées ci-dessous résultent du « cahier des charges fonctionnel et de prestations » du matériel tram-train établi par SEMALY pour le compte de la SNCF.

### 1. Caractéristiques principales d'un matériel standard

Masse totale	54 t	
Masse utile	26 t	
Charge à l'essieu maximum	100 kN	
Capacité en voyageurs :	Debout 4 pers/m <sup>2</sup>	Debout 6 pers/m <sup>2</sup>
- assis	96	96
- debout	147	210
- total	243	306
Longueur de caisse	37 m	
Nombre de cabines de conduite	2	
Alimentation électrique caténaire : deux possibilités	- 750 V - 1 500 V continu	
Largeur de la caisse	2,400 m	
Hauteur au-dessus du rail (pantographe rentré)	3,650 m	
Hauteur du plancher au-dessus des bogies moteurs (caisses d'extrémité)	600 mm	
Hauteur du plancher (caisse centrale)	800 mm	
% de plancher bas sur la longueur de la zone passagers	50%	
Empattement des essieux	1,800 mm	
Portes :	doubles, louvoyantes-coulissantes/4	
- type/nombre par face		
Nombre de cabines de conduite	2	
Alimentation électrique caténaire : deux possibilités :	- 750 V - 1 500 V continu	
Déclivité maximale pouvant être franchie	8%	
Rayon de courbure minimal pouvant être franchi	20 m	

*Nota : Les véhicules sont aptes à circuler en unité multiple (UM).*

# ANNEXE 5 - CARACTÉRISTIQUES DU MATÉRIEL ROULANT « TRAM-TRAIN »

## 2. Performances

Les performances sont définies par la vitesse maximale, l'accélération et la décélération. Elles sont définies en charge maximale. Elles sont vérifiées sur une portion de voie en alignement droit, sur des rails propres et secs avec des roues mi-usées et sous les tensions d'alimentation nominales 750 V CC, 1 500 V CC et 25 kV 50 Hz (norme CEI 850).

Les vitesses maximales en palier sont de l'ordre de 70 km/h en site urbain et 100 km/h sur RFN. La vitesse minimale en rampe de 2,5% est  $\geq 60$  km/h.

Les accélérations sont données en palier et en alignement droit.

Les accélérations moyennes ( $\gamma$  moy) en partant de l'arrêt sont :

$\gamma$  moy =  $V/t$  avec  $t$  = temps mis à partir de l'ordre de traction pour atteindre la vitesse  $V$ .

Vitesse à atteindre $V$ (km/h)	Accélération moyenne ( $m/s^2$ )
40	1
60	0,9
70	0,8
100	0,65

L'accélération résiduelle à 100 km/h est  $\geq 0,1 m/s^2$ .

L'accélération instantanée est de  $1,3 m/s^2$ .

La décélération normale de service est indépendante de la tension de la ligne. La décélération de service instantanée est modulable par l'agent de conduite entre 0 et une valeur maximale garantie de  $1,3 m/s^2$  depuis la vitesse maximale jusqu'à l'arrêt.

La décélération moyenne d'urgence entre la vitesse maximale et l'arrêt est de  $3m/s^2$  (avec application de l'ensemble des types de freins disponibles).

La décélération garantie avec le frein de sécurité doit être au minimum de  $1 m/s^2$ .

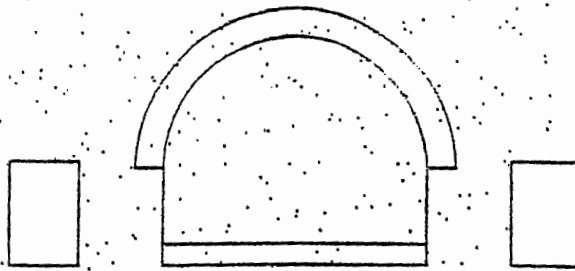
*Nota : Pour le calcul du temps de parcours entre Évangile et BFM, les hypothèses suivantes ont été prises en compte :*

- vitesse maximale limitée à 70 km/h (réduction des nuisances sonores),
- valeurs d'accélération : voir tableau ci-dessus,
- valeur de décélération égale à  $1 m/s^2$ .

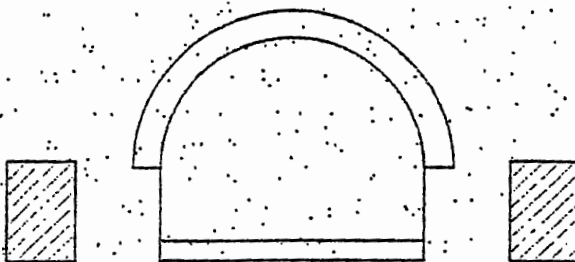
# ANNEXE 6 – PRINCIPE DE PHASAGE DES TRAVAUX DE RÉALISATION DES STATIONS EN TUNNEL

PRINCIPE DE PHASAGE DES TRAVAUX DE  
REALISATION DES STATIONS EN TUNNEL

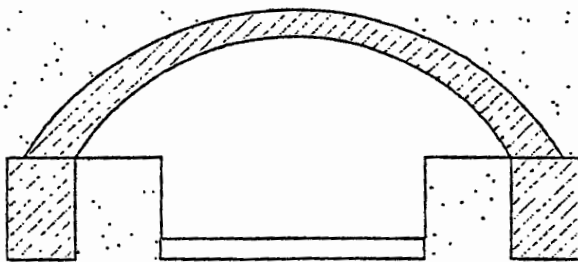
ANNEXE 6



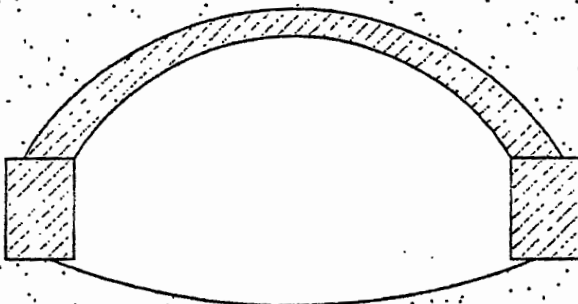
Excavation des galeries latérales



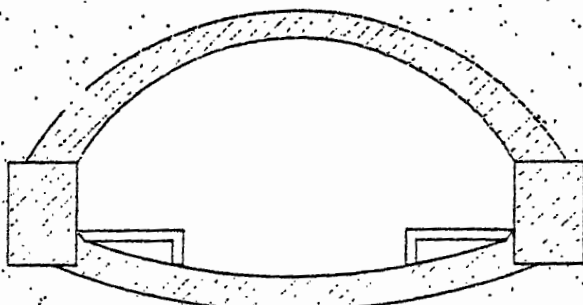
Bétonnage des galeries latérales



réalisation de la voûte



Terrassement



réalisation du radier