



NFL long terme
études préliminaires

SNCF Réseau
DR Rhône Alpes Auvergne

Rapport final

Faisabilité d'une gare souterraine à 4 tubes réalisés au tunnelier

Identification

	Projet	Numéro	Version	Pages
Identification	FERFRA1003	RG159989	B	49

	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
Nom	Ghyslain Le Bihan Benjamin Narce	Pierre Marx Nicolas Bonvalet	François Digonnet
Fonction	Chargés d'études	Experts	Chef de Projet
Date	13/01/2016	13/01/2016	13/01/2016



Objet du document

Le présent rapport expose les possibilités de réalisation d’une gare souterraine dans la Part-Dieu par méthode mécanisée au Tunnelier (TBM : Tunneling Boring Machine)

Dans une première partie, le rapport présente un pré-dimensionnement de la solution envisagée et les différentes contraintes en surface ou en sous-sol pour son implantation.

Puis dans un second chapitre, les différentes configurations envisageables et leurs conditions d’implantations sont présentées ainsi qu’une analyse comparative pour mettre en évidence les avantages et inconvénients de chaque solution pour retenir la solution apparaissant comme la plus pertinente.

Le troisième volet présente une description détaillée de ladite solution permettant de caractériser sa faisabilité d’un point de vue fonctionnel, technique et économique.

Indice	Établi par	Date	Objet de la modification
A	G. Le Bihan / B. Narce	04/12/2015	Création du document
B	G. Le Bihan / B. Narce	13/01/2016	Prise en compte des remarques SNCF Réseau



Sommaire

1	Objet du document	5
2	Recensement des principales contraintes et hypothèses d’étude	6
2.1	Hypothèses fonctionnelles ferroviaires	6
2.2	Contexte géologique et hydrogéologique – méthodes constructives	7
2.2.1	Synthèse de l’analyse géotechnique	7
2.2.2	Généralités sur les techniques constructives adaptées au contexte.....	7
2.3	Hypothèses sur les zones de quais et pré-dimensionnements en découlant	9
2.3.1	Longueur utile.....	9
2.3.2	Largeur utile des quais.....	9
2.3.3	TBM en zone de quai	9
2.3.4	Pré-dimensionnement des ouvrages d’entonnement.....	10
2.3.5	Aires de chantier à proximité des ouvrages d’entonnement	11
2.4	Contraintes physiques et d’insertion	12
2.4.1	Contraintes en surface	12
2.4.2	Contraintes souterraines	13
2.4.3	Voiries.....	14
2.4.4	Transports en commun	14
2.5	Configuration et accessibilité de la gare	15
2.5.1	Critique de la configuration initiale pressentie	15
2.5.2	Nouvelle configuration proposée.....	16
2.5.3	Besoins liés aux locaux techniques.....	18
2.5.4	Aires de chantier dans la zone de la gare	18
2.6	Synthèse des hypothèses et pré-dimensionnement de l’objet « gare 4 TBM »	19
3	Présentation des localisations possibles pour la gare	20
4	Analyse de faisabilité de la solution proposée	22
4.1	Description générale	22
4.1.1	Localisation des ouvrages d’entonnement.....	22
4.1.2	Implantation géométrique de la zone de la gare	23
4.1.3	Emergences dans la zone de la gare.....	25
4.1.4	Galeries d’interconnexion	26
4.2	Etudes fonctionnelles et flux.....	27
4.2.1	Hypothèse de fréquentation	27
4.2.2	Dimensionnement des surfaces de quais.....	27
4.2.3	Dimensionnement des circulations verticales.....	29
4.2.4	Synthèse du dimensionnement des circulations verticales.....	32
4.2.5	Dimensionnement des circulations horizontales	32
4.2.6	Evacuation incendie.....	35



4.2.7	Temps de cheminement depuis les quais.....	37
4.3	Tunnels et raccordements	39
4.3.1	Longueurs des Tunnels et des aménagements souterrains	39
4.3.2	Raccordement Nord	39
4.3.3	Raccordement Sud.....	39
4.4	Installations de chantier en zone de gare	40
4.5	Equipements en tunnel.....	40
4.5.1	Equipements du tunnel	40
4.5.2	Equipements ferroviaires	40
4.6	Impact hydrogéologique des ouvrages	40
4.7	Gestion des déblais	41
4.8	Réseaux	41
4.9	Ordonnancement des travaux et planning de réalisation.....	41
4.9.1	Planning des travaux de génie civil.....	41
4.9.2	Planning de réalisation de l’opération.....	43
4.10	Chiffrage.....	43
4.10.1	Périmètre.....	43
4.10.2	Analyse des risques identifiés et des sommes à valoir	43
4.10.3	Méthode.....	46
4.10.4	Coût global du scénario C.....	46
5	Conclusion	48
6	Annexes.....	49



1 Objet du document

Dans le cadre des études de faisabilité du NFL long terme réalisées en 2014/2015, un collège d’experts a été réuni pour opérer une analyse critique des études en cours, et formuler, le cas échéant, des pistes alternatives novatrices pour la réalisation d’une gare souterraine à la Part-Dieu.

Ce travail d’analyse a été formalisé en mars 2015 et concluait que le scénario de réalisation de gare souterraine en méthode conventionnelle, tel que décrit dans le rapport RG140370-C d’octobre 2014, présentait des risques et des difficultés importantes, notamment en termes de tassements en surface et vis-à-vis du risque de débouillage lors de l’excavation de la cavité.

Le collège d’expert a évoqué et développé les bases d’une solution alternative : un scénario de réalisation de gare souterraine par méthode d’excavation mécanisée. En parallèle, Egis, à la demande de SNCF Réseau, a recherché puis présenté les contours d’un autre scénario : une excavation de la gare en Tranchée Couverte.

Le scénario de réalisation de la gare en TC sera détaillé dans un rapport dédié. L’objet du présent rapport est d’explorer la faisabilité du scénario de gare souterraine par méthode mécanisée (ce scénario sera appelé « scénario 4 TBM » dans le reste du rapport) en considérant :

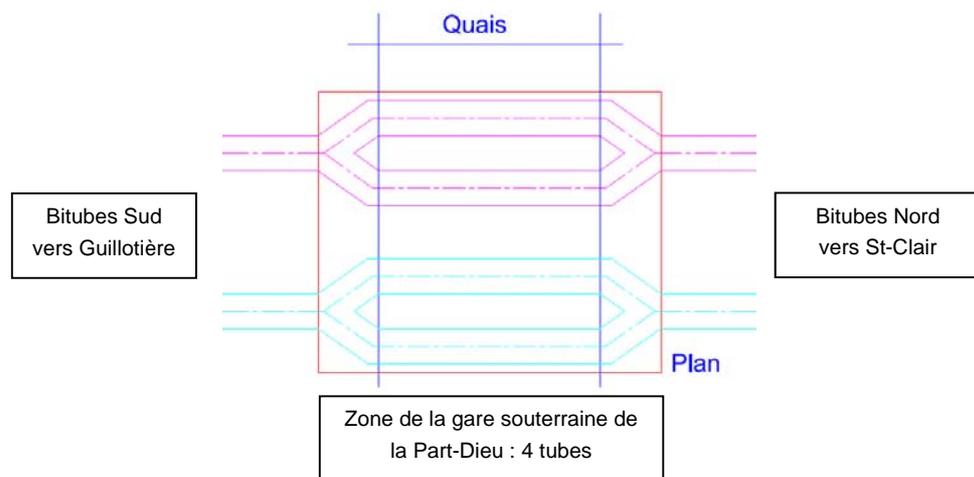
- Les sections Nord et Sud identiques à celle du scénario B4 excavées au TBM en configuration bitubes ;
- La zone de la gare excavée au moyen d’un ou plusieurs TBM de grand diamètre permettant d’implanter dans chaque tube une voie et un quai soit 4 tubes au total dans la zone de la gare ;
- Une distribution des flux et un accès à ces quais par une interconnexion des 4 tubes ;
- La nécessité de connecter fonctionnellement la gare souterraine à la place basse du PEM Part-Dieu.

2 Recensement des principales contraintes et hypothèses d’étude

2.1 Hypothèses fonctionnelles ferroviaires

Comme détaillé dans le rapport NG140078-C d’octobre 2014, la configuration bitubes au Nord et Sud de la gare implique la séparation totale des flux sans possibilité de basculer d’une voie à l’autre dans le tunnel puis en zone de gare.

Figure 1 : schéma fonctionnel de distribution des voies pour le scénario étudié (4TBM)



Fonctionnellement, le scénario 4 TBM et le scénario TC sont équivalents et compatibles avec le scénario B4 (ainsi que ses deux possibilités de connexion au Sud dans le secteur de la Guillotière).

Dans les bitubes, comportant chacun une voie, et pré-dimensionnés à $\varnothing 9,60\text{m}$ de diamètre extérieur (cf RG140370-C d’octobre 2014), la vitesse de référence est de 120 km/h, hors zone de restriction due à des contraintes géométriques (cf traversée du Rhône).

Les débranchements de voies pour passer d’une configuration bitubes à une configuration 4 tubes (en gare) sont circulés à 60 km/h en voie déviée ; Il est important de préciser que les études géométriques de tous les scénarios, y compris ce scénario 4 TBM, considèrent des appareils de voie tg 0.085 R475 en voie déviée compatibles avec cette même vitesse de 60 km/h.



2.2 Contexte géologique et hydrogéologique – méthodes constructives

Le contexte géotechnique et hydrogéologique de Lyon est décrit en détail dans le rapport du scénario B (RG140370-C) et expertisé dans le rapport BG de mars 2015.

2.2.1 Synthèse de l’analyse géotechnique

En synthèse, sur le secteur de Part-Dieu, il peut être considéré que les terrains meubles sont présents sur une hauteur comprise entre 20 et 25m (remblais et alluvions fluviales), les alluvions baignant dans la nappe dès 7m de profondeur et constituant un horizon à forte perméabilité. Au-delà et sur au moins 30m de profondeur, on retrouve des terrains molassiques à faible perméabilité, au faciès et consistance hétérogènes tantôt sableux, graveleux, argileux avec horizons grésifiés.

Ainsi, pour la totalité de l’étude, il sera considéré, dans la zone de la Part-Dieu :

- Une cote Terrain Naturel à 170m NGF
- Une cote à 173m NGF pour les quais existants de la gare de la Part-Dieu
- Une cote à 166,70m NGF pour la dalle de circulation du Bâtiment Voyageur de la gare et les 2 parvis coté Villette et côté Béraudier
- Un toit de nappe à 163m NGF
- Un toit de la molasse à la cote 146m NGF

2.2.2 Généralités sur les techniques constructives adaptées au contexte

2.2.2.1 Excavation depuis la surface

Parmi les techniques de soutènement et d’excavation depuis la surface, la plupart des techniques peuvent être envisagées à condition d’assurer une étanchéité correcte de l’ouvrage réalisé, notamment dans l’horizon très perméable des alluvions.

Compte tenu du retour d’expérience des ouvrages réalisés en région lyonnaise, la paroi moulée semble être la technique la plus adaptée au contexte, y compris pour des profondeurs de soutènement importantes ancrées dans la molasse et supérieures à 25m. Bien entendu, plus la profondeur d’excavation est importante, moins les retours d’expérience sont nombreux, et plus les difficultés apparaissent :

- contrôle plus difficile de la verticalité du soutènement ;
- recours à des équipements de chantier plus lourds et coûteux : notamment dans la molasse pour les faciès rocheux où les équipements simples (benne preneuse) ne seront plus suffisants ;
- logistique de chantier plus complexe ;



2.2.2.2 Excavation mécanisée

Pour les excavations mécanisées au tunnelier, les études précédentes et les retours d'expériences des opérations réalisées sur Lyon et son agglomération privilégient le recours à un type de tunnelier à pression de boue (TBM Slurry Pressure Balance SPB). En effet, ce type de tunnelier est adapté aux deux conditions géotechniques rappelées ci-avant : alluvions perméables et molasses peu perméables, sous nappe.

Ce choix technique, au niveau faisabilité, n'a pas d'impact majeur sur le calage altimétrique du projet, même si globalement, il est toujours préférable de limiter les linéaires d'excavation en front mixte, c'est-à-dire, à l'interface entre chaque couche géologique (dans ce cas présent à l'interface alluvions/molasses). A ce niveau d'études, dans la continuité du travail déjà réalisé, les grands principes suivants peuvent être rappelés :

- Conserver une couverture minimale de 1,5 diamètre par rapport à la surface autant que possible ;
- Conserver un espacement entre tubes d'un diamètre ;
- Veiller à préserver 10m entre le tube excavé au tunnelier et la position connue des fondations ou des ouvrages souterrains les plus proches : pieux de fondations, fiche de parois moulées, etc.

Cependant, ces valeurs peuvent, au cas par cas, être réduites en considérant, par exemple, le recours à des traitements de terrains qui devront être dimensionnés lors des études ultérieures puis des dispositions particulières en phase chantier : contrôle, auscultations, et surveillance spécifique.

2.2.2.3 Excavation conventionnelle

Pour les excavations en méthode conventionnelle, les études précédentes et le rapport d'expertise BG de mars 2015 soulignent les préconisations suivantes :

- Limiter au maximum les excavations en méthode traditionnelle dans les horizons alluvionnaires compte tenu de la perméabilité de la nappe et des charges hydrauliques rencontrées : leur faisabilité n'est cependant pas remise en cause pour de faibles volumes à excaver et pour des portées raisonnables mais leur réalisation devra nécessairement s'accompagner de techniques contraignantes (délais, matériel) et coûteuses en traitement de terrain (injections, jet grouting), ou congélation.
- Privilégier les excavations en méthode traditionnelle plus importantes (en volume et en portée) dans les horizons molassiques avec une couverture suffisante sous le toit de la molasse (l'hypothèse de 10m avait été retenue dans le rapport du scénario B RG140370-C). Les risques seront mieux maîtrisés, même si les éléments suivants doivent être particulièrement contrôlés avec cette méthode :
 - Les tassements et leurs conséquences sur les ouvrages en surface,
 - Le risque de débouillage en cours d'excavation (au passage de chenaux mal cimentés) et ses conséquences : fontis en surface, déséquilibre des fondations ou des ouvrages souterrains existants.

2.3 Hypothèses sur les zones de quais et pré-dimensionnements en décollant

2.3.1 Longueur utile

La longueur utile des quais est fixée à 330m. Comme expliqué dans le rapport NG140078-C, cette configuration de gare permet une exploitation avec tout type de matériel ferroviaire réalisant les services régionaux, jusqu’à 4 UM. Par contre, la gare n’est pas compatible avec les services assurés par TGV UM2 (2 rames accolées soit 400m de longueur).

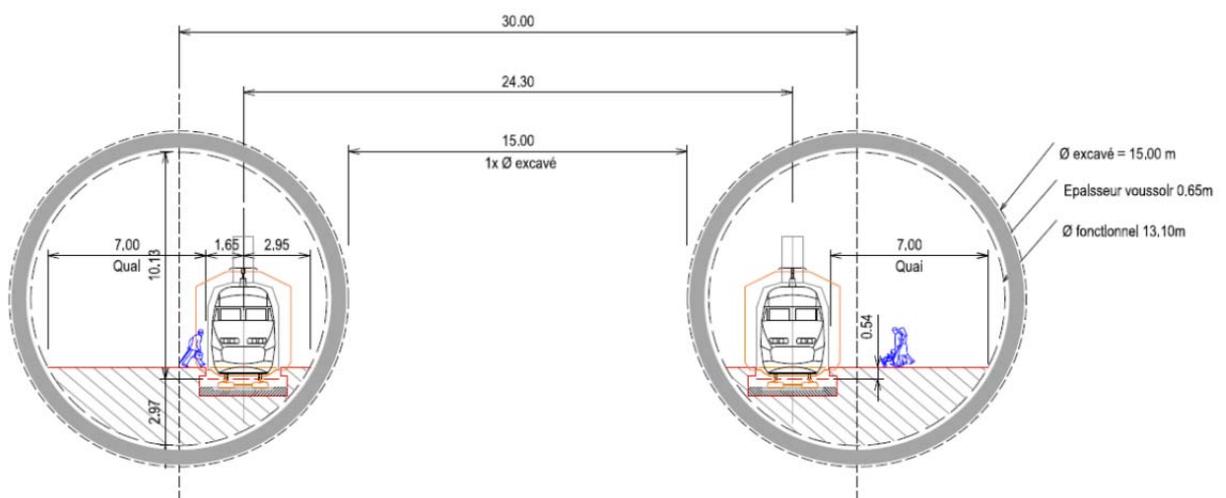
2.3.2 Largeur utile des quais

La largeur utile cible considérée au niveau des quais est de 7m : il s’agit de la valeur moyenne considérée par AREP dans ses études de flux sur la gare de la Part-Dieu correspondant à un niveau de service compris entre le niveau C et le niveau D sur l’échelle de Fruin à partir des hypothèses de fréquentation de l’étude SETEC projetées en 2080.

2.3.3 TBM en zone de quai

Comme évoqué dans le rapport d’expertise BG de mars 2015, le scénario sous-entend d’implanter dans chaque tube de la zone de gare, un quai et une voie à quai. Considérant les hypothèses précédentes et une épaisseur de voussoirs de 65cm pour un tunnel de grande taille excavé mécaniquement, l’ordre de grandeur de 15 m de diamètre approché dans le dossier BG apparaît cohérent.

Figure 2 : Coupe type justifiant le pré-dimensionnement d’un tube en zone de gare



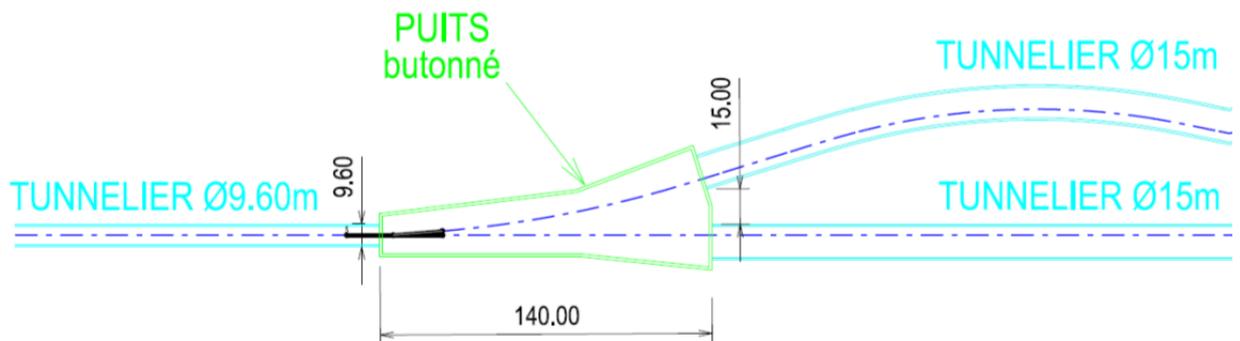
2.3.4 Pré-dimensionnement des ouvrages d’entonnement

Le principe du scénario 4 TBM avec une arrivée bitubes de part et d’autre de la zone de la gare implique la réalisation de 4 ouvrages d’entonnements qui permettront l’amenée/repli des tunneliers (2 tubes $\varnothing 15\text{m}$ et 1 tube $\varnothing 9,60\text{m}$).

Considérant la géométrie de l’appareil de voies utilisé (tg 0.085 R475 en voie déviée circulée à 60 km/h), l’ouvrage d’entonnement adopte une forme proche de celle du trapèze avec les dimensions suivantes :

- Une longueur comprise entre 125m et 175m (hauteur du trapèze) ;
- Une largeur de 15m (petite base) et 50m (grande base)

Figure 3 : Géométrie de l’ouvrage d’entonnement



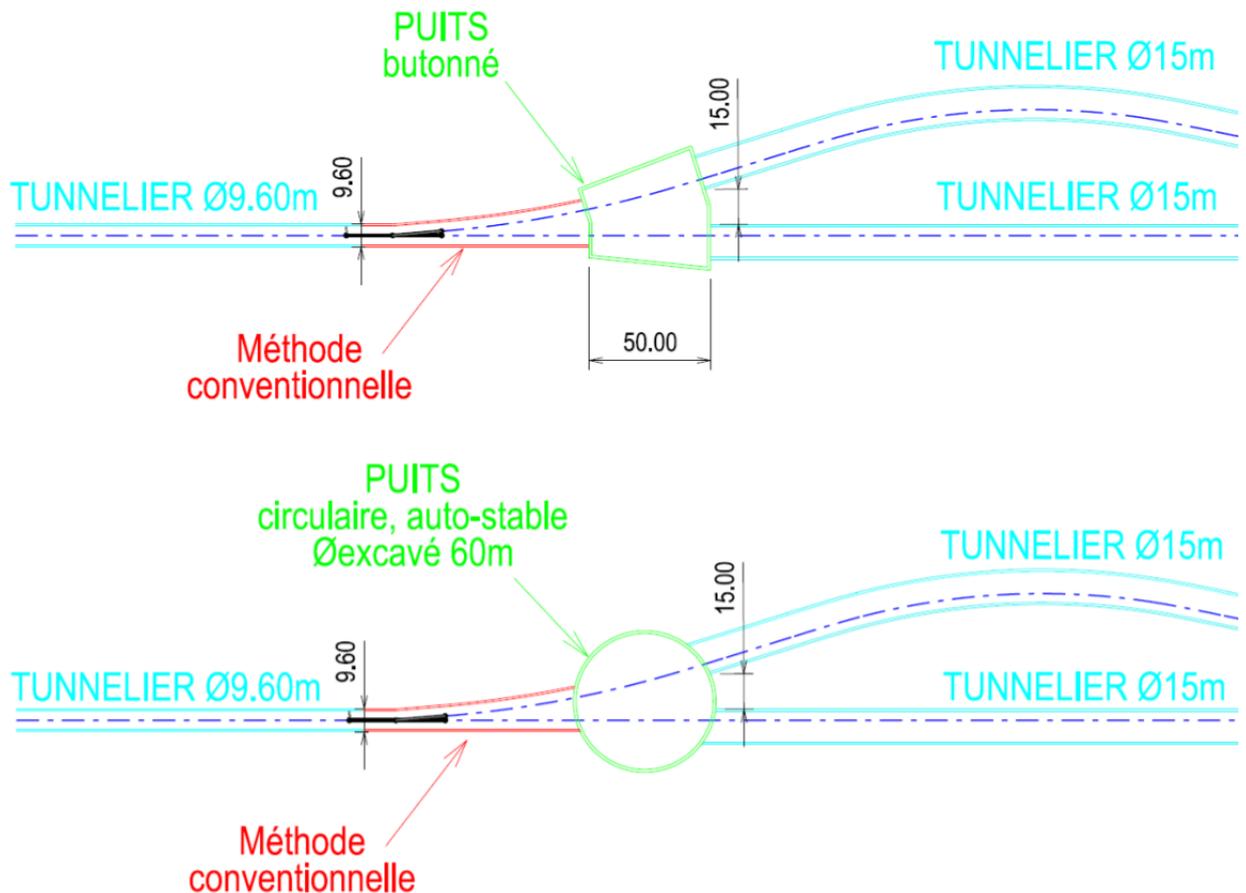
Les dimensions de cet ouvrage sont bien supérieures au pré-dimensionnement évoqué par le collège d’experts dans le rapport BG de mars 2015 : un puits de 50m de diamètre avait été évoqué. Une telle contrainte d’émergence dans le cadre d’une implantation en contexte urbain paraît difficilement envisageable et remet en cause la faisabilité de la solution.

Il est donc proposé, pour le reste de l’étude, de considérer un ouvrage d’entonnement composé :

- D’une partie excavée depuis la surface qui aura la fonction de puits d’amenée/repli des TBM (une machine $\varnothing 9,60\text{m}$ et deux machines $\varnothing 15\text{m}$) ;
- D’une partie excavée en méthode conventionnelle depuis le fond du puits pour connecter ce-même puits au tunnel excavé mécaniquement au TBM $\varnothing 9,60\text{m}$

Cette configuration n’est envisageable qu’à une profondeur suffisante, en excluant la faisabilité d’une excavation en méthode conventionnelle dans l’horizon alluvionnaire. Il sera donc considéré pour le reste de l’étude que le plan de roulement, dans l’ouvrage d’entonnement, devra être calé à la cote 125m NGF dans l’horizon molassique de façon à conserver une clé de voute de l’ouvrage tradi aux alentours de la cote 135m NGF soit avec environ 10m de couverture jusqu’au toit de la molasse ; cette hypothèse est équivalente à celle développée lors de l’étude de la gare souterraine excavée en méthode conventionnelle (RG140370-C).

Figure 4 : Géométrie du puits d’amenée/repli des TBM ; 2 possibilités



Ainsi, pour l’émergence du puits d’amenée/repli des tunneliers dans la zone d’entonnement, il sera considéré une emprise minimale de 2000 m².

2.3.5 Aires de chantier à proximité des ouvrages d’entonnement

Comme expliqué dans le rapport BG de mars 2015, la plupart des équipements et des installations lourdes nécessaires pour les excavations des TBM type Slurry seront localisées à Saint-Clair et à Guillotière et non à proximité des ouvrages d’entonnement de façon à limiter les surfaces de ces aires de chantier et les nuisances dues aux circulations des engins en centre-ville.

Cependant, il faudra considérer à minima, en plus de la surface du puits d’amenée/repli (minimum 2000 m², cf justification ci-avant), une aire de chantier pour assembler/stocker les éléments du bouclier puis ceux du back-up des tunneliers :

- Stocker les éléments de la roue de coupe et les souder + atelier nécessaire : 400 m²
- Stocker les éléments du bouclier avant, de l’entraînement et de la jupe : 150 m²
- L’espace pour implanter la grue mobile en bord de puits : 500m²
- Une réserve de 450m² supplémentaires pour les accès et pistes, les bungalows et l’implantation des clôtures.

Il sera donc considéré pour le reste de l’étude une surface minimale nécessaire de 3500m² (2000m² de puits + 1500m² d’emprises de chantier) pour implanter chaque puits d’améné/repli des TBM ϕ 15m.

2.4 Contraintes physiques et d’insertion

2.4.1 Contraintes en surface

Les contraintes en surface sont primordiales pour déterminer l’implantation des émergences du futur aménagement.

Dans la zone de la gare, les contraintes reportées sur l’image suivante intègrent le bâti actuel et le bâti futur envisagé dans le cadre du projet de rénovation urbaine du quartier de la Part-Dieu, à horizon 2030.

Figure 5: Illustration de l’environnement bâti de la Part-Dieu envisagé à long terme (source : l’AUC)



Au-delà du bâti, il est important de rappeler que le faisceau de voies existant de la gare constitue également une contrainte importante pour l’implantation de l’aménagement et de ses émergences. Pour la gare elle-même, le projet PEM Part-Dieu gare ouverte comprend à l’horizon 2020 :

- La création de la voie L ;
- La création de nouveaux accès aux quais depuis l’avenue Pompidou ;



- L’aménagement de galeries au Sud et à l’Est de la gare et la réorganisation partielle du hall de la gare ;
- La création d’une place basse et d’un parking sous-terrain sous la place Béraudier.

A plus long terme, il est prévu :

- La création d’une gare routière côté Vilette, le long des voies : cette gare pourrait se retrouver sous les voies M et N en cas d’extension de la gare ce qui pourrait nécessiter la reprise de certains aménagements prévus côté Vilette : le parking vélo situé au Nord de l’avenue Pompidou, le parking loueur (voitures) situé entre l’avenue Pompidou et la rue Paul Bert.
- La création de « cubes » de service côté Vilette.
- La réorganisation du Bâtiment Voyageur de la gare avec une libération des espaces commerciaux (billetterie SNCF et commerces divers) pour la circulation des voyageurs.

Hors zone de la Part-Dieu, notamment pour les émergences des excavations des entonnements, les projets d’aménagement futurs connus sont pris en compte, ainsi que le bâti existant.

2.4.2 Contraintes souterraines

Le recensement des contraintes souterraines dans la zone de la Part-Dieu a déjà été réalisé dans les différentes études Egis puis dans le rapport BG de mars 2015.

Les contraintes souterraines identifiées sont: les sous-sols des immeubles, les parkings souterrains, les lignes de métro, les immeubles de grande hauteur (IGH) et leurs fondations profondes.

Plus précisément, sur le secteur de la Part-Dieu, où se concentrent la plupart des difficultés, les contraintes suivantes sont identifiées :

- Les parkings souterrains côté Vilette et le futur parking Béraudier lié au projet d’aménagement gare ouverte de la Part-Dieu,
- Le Métro B.
- Les IGH existants : tour oxygène notamment
- Les bâtiments fraîchement livrés ou en passe de l’être : Archives Départementales, Equinox, Sky56
- Les IGH futurs prévus dans le cadre du projet d’aménagement urbain de la Part-Dieu (cf image ci-avant) et notamment le complexe Lafayette-Vilette.

Il est important de préciser que :

- La plupart des fiches des parois moulées des ouvrages souterrains existants de profondeur significative (par exemple, le parking souterrain côté Vilette et ses 4 niveaux de sous-sols) sont ancrées dans la molasse sur seulement quelques mètres : dans la plupart des cas, il peut être considéré que la cote de la fiche hydraulique ne va pas au-delà de 143m NGF.
- Pour certains ouvrages souterrains particuliers, et notamment la plupart des IGH construits sur Lyon, d’après les informations connues, aucune construction actuelle ne présente de fondations ou de fiche de paroi moulée au-delà de la cote 135m NGF, c’est-à-dire, une profondeur d’environ 30m par rapport à la surface.

2.4.3 Voiries

Dans le secteur de la Part-Dieu, les principales voiries structurantes sont :

- Le cours Lafayette
- La rue Bonnel
- L’avenue Pompidou
- La rue Paul Bert
- La rue de la Vilette côté est de la gare
- Le boulevard Vivier Merle

2.4.4 Transports en commun

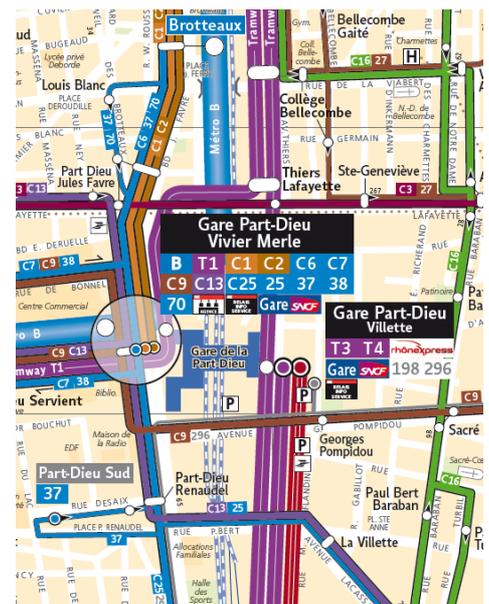
Le métro B se situe à l’ouest de la gare ferroviaire actuelle. Il passe sous le bd Jules Favre

Plusieurs lignes de tramway convergent vers la gare Part-Dieu :

- T1 qui emprunte l’avenue Thiers, le cours Lafayette puis le bd Jules Favre ;
- T4 qui emprunte l’avenue Thiers puis la rue de la Vilette ;
- T3 et Rhônexpress sur la rue de la Vilette

Le pôle d’échange bus côté Vivier Merle regroupe de nombreuses lignes.

Figure 6: Transport en commun, secteur Part-Dieu



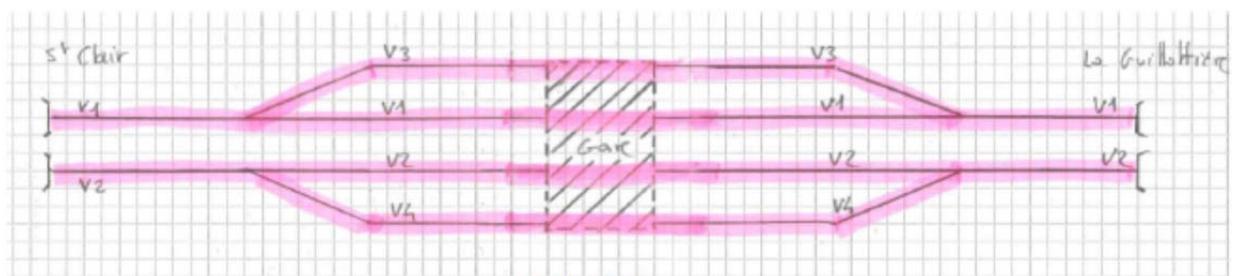
2.5 Configuration et accessibilité de la gare

Au-delà de l’hypothèse déjà présentée pour la zone de la gare avec 4 tubes $\varnothing 15\text{m}$ comprenant une voie et un quai de 7m de largeur utile chacun, l’accessibilité voyageurs et la localisation des accès constituent un entrant important pour le choix d’implantation de la gare.

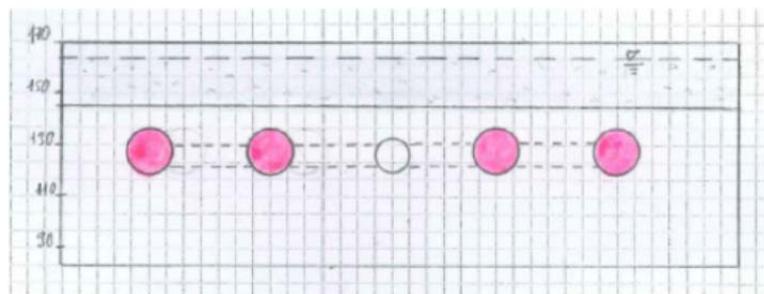
2.5.1 Critique de la configuration initiale pressentie

Dans le rapport BG de mars 2015, la configuration suivante est présentée, elle correspond à la variante 2 : **Gare à 4 tubes ferroviaires parallèles** :

Figure 7: Illustration du principe de distribution de la gare 4 TBM selon le rapport BG de mars 2015



Situation de principe



Section transversale de principe

Chaque tube est composé d’une voie et d’un quai, ils sont reliés à la sortie par une galerie d’échange voyageur centrale. Des rameaux assurent la liaison entre les tubes ferroviaires et la galerie d’échange.

Cette configuration horizontale pose a priori le problème de traversée des voies « centrales » à niveau (pour accéder à la V3, il faut franchir la voie 1). On comprend dans la deuxième solution présentée par BG variante 1 « solution monotube double voies » comment est résolu ce problème, avec une configuration de voies à mi-niveau des tubes. Cependant cette dénivellation pose d’autres contraintes majeures sur les cheminements des usagers ferroviaires :



- 1 seul ascenseur positionné à chaque extrémité obligeant les personnes à mobilité réduite sortant du train de cheminer au niveau supérieur jusqu’à une extrémité.
- Une largeur de quai en dessous des préconisations : moins de 7 m y compris les largeurs des circulations verticales soit environ 5 m au droit des escaliers mécaniques ou environ 4,10 m de largeur utile en ôtant la bande d’éveil à la vigilance 0,90 m (voire 2,10 m si l’on retient une batterie de deux escaliers mécaniques comme le laisse supposer le rapport). Dans ce cas, même un diamètre extérieur de tunnel de 17 m ne suffirait pas !
- Enfin, cette configuration conduit à des cheminements très contraints pour accéder aux quais, selon notre compréhension du schéma proposé, les voyageurs descendent dans une galerie centrale, cheminent dans des galeries perpendiculaire aux tubes « voies + quais », puis dans le niveau inférieur des tubes pour enfin remonter vers le niveau supérieur des tubes pour accéder aux quais.

Cette configuration apparaît peu viable dans la mesure où :

- elle fait intervenir une technologie d’escaliers mécaniques circulaires atypiques en contexte souterrain et avec des enjeux forts de disponibilité (maintenance mal maîtrisée)
- elle conduit à un allongement des parcours pour les personnes à mobilité réduite
- elle génère des quais étroits et donc moins capacitaires.

2.5.2 Nouvelle configuration proposée

Une organisation moins atypique de la gare a été proposée. Celle-ci consiste à irriguer les tunnels deux à deux au moyen d’un dispositif symétrique de rameaux permettant de rabattre les flux sur deux galeries souterraines de liaison.

2.5.2.1 Accès voyageurs

Une solution pour pallier le problème de desserte des 4 quais dans la variante 2 de BG est de proposer des galeries de correspondance à un niveau supérieur par rapport aux tubes « quai + voie ». Dans cette nouvelle configuration, les 4 tubes sont sur un même niveau avec des galeries de correspondance à un niveau supérieur. Ces galeries sont ensuite reliées aux puits verticaux de sortie. Le schéma en plan et en coupe présente la configuration proposée.

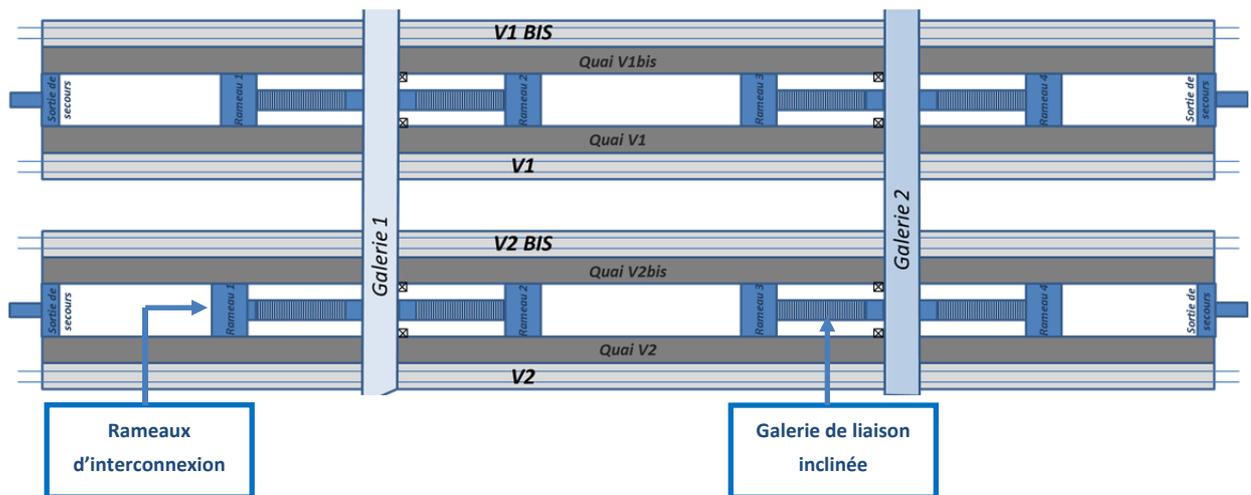


Figure 8 : schéma en plan de la configuration 4 tubes proposée

2.5.2.2 Calage altimétrique de la gare

La technique d’excavation de la gare par mode mécanisé implique une contrainte vis-à-vis des avoisinants souterrains pour limiter les surpressions et les déformations de terrains à proximité des ouvrages existants et limiter, dès lors des dommages structurels : une distance de 10m minimum entre l’excavation mécanisée et l’ouvrage existant doit être conservée.

En considérant un toit de molasse à la cote 146m NGF et la plupart des fiches des ouvrages souterrains existants faiblement ancrées dans cet horizon, le calage de la clé des tunneliers peut être extrapolée à 135m NGF. Sur cette base, le plan de roulement dans la zone de la gare sera proche de la cote 125m NGF.

Il peut être constaté que le niveau altimétrique de la gare 4 TBM est équivalent à celui de la gare en méthode conventionnelle décrite dans le rapport RG140370-C. De la même manière que décrit dans le rapport, l’excavation en méthode conventionnelle des galeries d’accès se fait dans la partie supérieure de l’horizon molassique avec un risque important de rencontrer les alluvions mais ce risque est considéré comme acceptable au regard de la taille réduite et des volumes d’ouvrages à excaver.

2.5.2.3 Principes d’évacuation et désenfumage

La configuration expliquée ci-avant est très proche, fonctionnellement parlant, de la configuration de gare souterraine à 4 voies excavée par méthode conventionnelle (en caverne) et qui avait été analysée par AREP : voir document de synthèse de mars 2015 sur les interfaces NFL Long Terme / PEM tranches 1 et 2.

En termes d’évacuation et de désenfumage, les principales hypothèses retenues pour cette analyse sont maintenues :



- Considérer la galerie/salle d'échange comme un volume hors sinistre, c'est-à-dire équipé de deux possibilités de dégagement vers l'extérieur et avec possibilité de mise en surpression en cas de sinistre ;
- Evacuer les quais vers une zone hors sinistre en moins de 10 minutes ;
- Désenfumer mécaniquement les quais indépendamment du système de désenfumage du tunnel, en considérant des trémies d'évacuation des fumées / insufflation en bout de quai rejoignant une usine de ventilation puis un édicule en émergence.

En considérant un taux de ventilation de 15 volumes/heure (cf calcul AREP) au niveau quais, la section de la gaine de ventilation nécessaire pour un tube $\varnothing 15\text{m}$ (abritant un quai) est de 26 m^2 . Ainsi, rien que pour les besoins de ventilation des quais, il est nécessaire de prévoir :

- L'équivalent de 2 gaines à chaque extrémité de station (soit 4 gaines au total) de section équivalente à $\varnothing 4\text{m}$ chacune ;
- Un besoin d'environ 800 m^2 de locaux techniques pour abriter les usines de ventilation avant extraction des fumées par les édicules.

2.5.3 Besoins liés aux locaux techniques

Au-delà des besoins explicités pour le désenfumage/ventilation de la gare auxquels il faudra ajouter les besoins pour le désenfumage du tunnel, le cas échéant, d'autres locaux techniques sont nécessaires pour le bon fonctionnement de la gare :

- Pour les Sous-systèmes liés au système de transport : Telecom, signalisation, courant de traction
- Pour les sous-systèmes d'exploitation/sécurité : locaux spéciaux pour les pompiers (premiers secours, salle d'attente PMR, etc.) ; locaux d'exploitation SNCF : billetterie, nettoyage, etc.
- Pour les sous-systèmes liés au fonctionnement de la station : courants faibles ; éclairage ; escaliers mécaniques, ascenseurs et autres équipements électromécaniques ; climatisation éventuelle ou ventilation de confort ; plomberie et réseaux d'incendie.

Tous ces locaux techniques devront être implantés dans la conception fonctionnelle de la future gare souterraine. Les surfaces en jeu sont importantes et pourront conduire à des excavations complémentaires, notamment depuis la surface (type tranchée couverte) d'où un impact supplémentaire en phase travaux sur l'espace de la gare existante et son exploitation.

2.5.4 Aires de chantier dans la zone de la gare

Pour les excavations des puits (depuis la surface) puis des galeries en méthode conventionnelle, des aires de chantier seront nécessaires à proximité des puits verticaux. Comme détaillé dans le rapport du scénario B (RG140370-C), les besoins suivants seront considérés :



- Une aire principale d'installation de chantier de 10 000 m² à proximité du puits principal;
- Une emprise de l'ordre de 2 000 m² au droit de l'émergence de chaque puits de chantier.

2.6 Synthèse des hypothèses et pré-dimensionnement de l'objet « gare 4 TBM »

La configuration fonctionnelle de la gare est, in fine, relativement proche de la configuration déjà étudiée pour la double gare excavée en méthode conventionnelle (cf RG140370-C) avec les compléments du rapport d'analyse AREP de mars 2015. En effet, l'objet est composé de plusieurs sous-ensembles :

- les ouvrages principaux excavés au TBM Ø 15m qui recevront chacun un quai et une voie à quai : 4 tubes au total ; Hors zone de quai, les tubes doivent être connectés deux à deux par des rameaux pour des raisons de sécurité et d'évacuation des passagers ;
- les ouvrages d'entonnements (4 au total, 2 au Nord et 2 au Sud) constitués, comme analysé ci-avant, d'un puits excavé depuis la surface et d'une galerie excavée conventionnellement ;
- des ouvrages excavés en méthode conventionnelle dans la zone de gare : les galeries transversales d'accès (2 galeries), les galeries de liaison inclinées (8 mini-descenderies) et les rameaux d'interconnexion (8 au total) ; Les deux galeries transversales étant connectées sur au moins deux émergences verticales (2 puits d'accès voyageurs) ;
- les puits et les galeries annexes nécessaires en bout de quai pour satisfaire aux contraintes d'évacuation et de désenfumage abritant des sorties de secours et des gaines de ventilation (4 émergences minimum au total, soit une en chaque bout de quai) ;
- la galerie de connexion de la gare souterraine à la future place basse côté Charles Béraudier.
- d'éventuels puits et galeries de chantier complémentaires, nécessaires en phase travaux...

Ce pré-dimensionnement de l'objet gare appelle deux commentaires qui n'avaient pas été complètement appréhendés dans le précédent rapport BG de mars 2015 :

- la difficulté d'implanter les émergences, notamment pour les 4 ouvrages d'entonnements.
- un nombre relativement important d'ouvrages à réaliser en méthode conventionnelle : galeries de connexion, rameaux d'interconnexion entre tubes, la partie des ouvrages d'entonnements excavée en conventionnel ; soit un volume et des linéaires à excaver non négligeables qui avaient été sous-estimés dans la première approche.

3 Présentation des localisations possibles pour la gare

Indépendamment de la localisation des 4 puits/ouvrages d’entonnement, la solution 4 TBM en zone de gare équivaut à un « faisceau souterrain » d’environ 100m de large par 350m de longueur. Son implantation pourrait être envisagée :

- Côté Vivier-Merle (1)
- Sous le plateau de voies existant (2)
- Coté Villette à proximité des voies (3)
- Côté Villette sous la place de Francfort (4)

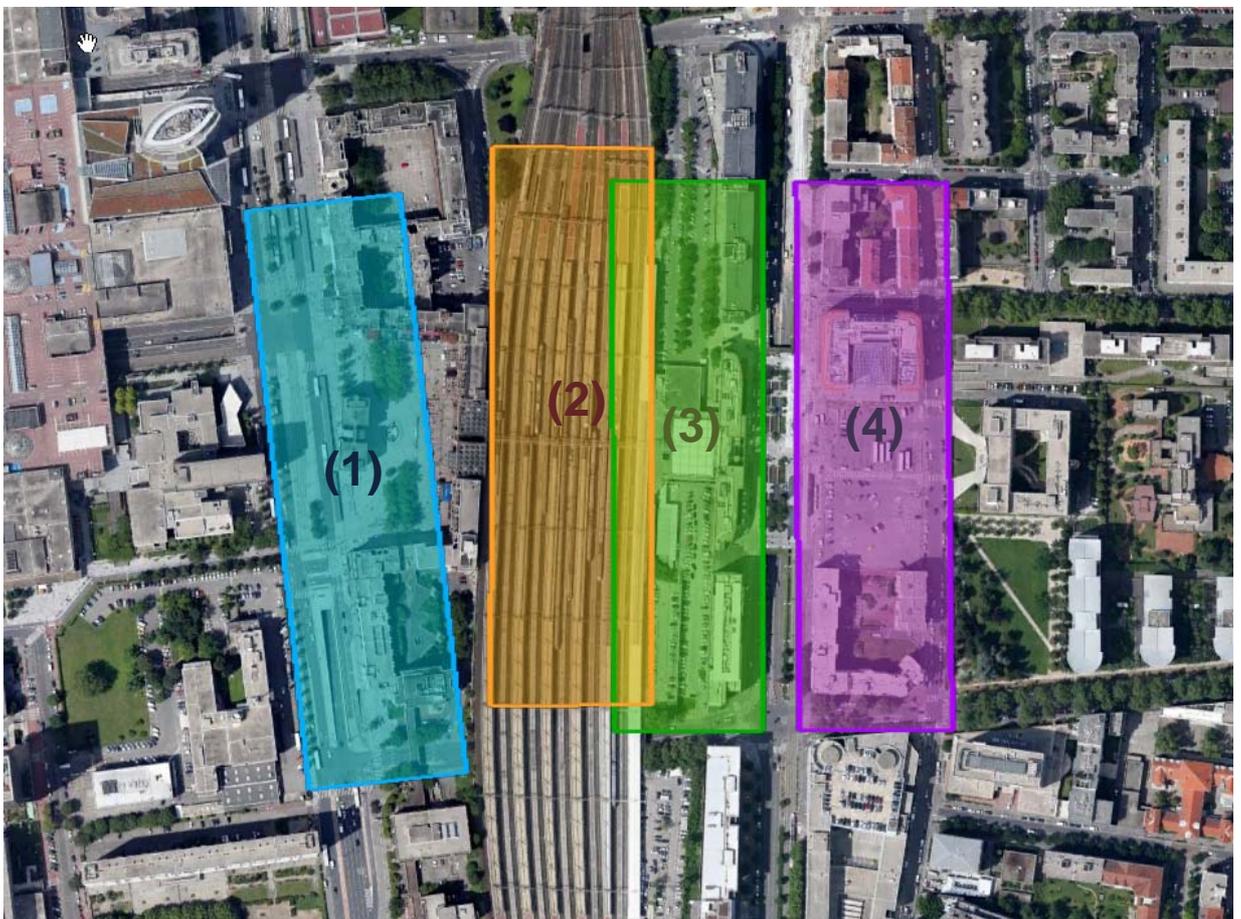


Figure 9 : Implantation possible de la gare 4 tubes

L’implantation (1) côté Vivier-Merle sous la place Charles Béraudier a déjà été présentée et analysée dans de nombreux rapports précédents. Comme rappelé dans le CR des CGP du 08/07/2015, cette option n’est pas faisable pour l’implantation d’une gare souterraine du fait des contraintes urbaines dans le secteur : nombreux IGH, impossibilité de créer des émergences du fait de la sensibilité foncière, etc. Considérant le nombre d’émergences nécessaires et la nature des travaux (galeries, puits) à réaliser pour la gare 4 TBM (voir description



ci-avant), la même analyse peut être reconduite et permet d’écarter cette hypothèse pour l’implantation de la gare 4TBM.

Pour les mêmes raisons, l’implantation (2) sous le plateau de voies actuelles, ne peut être jugée plus crédible pour la gare 4 TBM que celles déjà étudiées. Ainsi, la même conclusion que celle du CR des CGP du 08/07/2015 est formulée : variante écartée.

Seules les implantations (3) et (4) côté Vilette, sont ainsi jugées crédibles. L’implantation (3), qui avait été écartée lors de l’étude de la gare souterraine en méthode conventionnelle paraît cette fois réalisable avec la méthode 4 TBM:

- Les emprises nécessaires aux émergences apparaissent comme suffisantes au Nord comme au Sud du BV existant ;
- Le principal risque de non maîtrise des tassements, évoqué comme rédhibitoire sous les voies existantes, apparaît désormais comme suffisamment maîtrisable par la technique constructive mécanisée pour l’excavation de la gare.

Considérant que l’implantation (3) est plus favorable pour une distribution des flux passagers, notamment avec la gare existante et plus proche de l’accès côté Vivier-Merle, il a été proposé de détailler la faisabilité de cette solution dans le prochain chapitre.

4 Analyse de faisabilité de la solution proposée

4.1 Description générale

4.1.1 Localisation des ouvrages d’entonnement

Comme représenté sur les images ci-dessous, l’implantation des 4 ouvrages d’entonnements (zone d’implantation de l’appareil de voies et puits d’amenée/repli permettant de passer d’un tube $\varnothing 9,60\text{m}$ à 2 tubes $\varnothing 15\text{m}$) a été localisée aux endroits présélectionnés par BG dans son premier rapport :



Figure 10 : Implantation des émergences des deux ouvrages d’entonnement au Nord de la Part-Dieu côté Saint-Clair



Figure 11 : Implantation des émergences des deux ouvrages d’entonnement au Sud de la Part-Dieu côté Guillotière

4.1.2 Implantation géométrique de la zone de la gare

Par ailleurs, comme expliqué dans le paragraphe précédent, la zone de la gare, c’est-à-dire la zone des 4 tubes équipés des quais de 330m de longueur, est implantée côté Vilette, à proximité immédiate du plateau de voies existant. Page suivante, une vue en plan et une coupe en travers représente :

- la localisation de la gare par rapport aux voies existantes et aux deux parvis côté Vilette et Vivier-Merle.
- La profondeur de la gare avec des tubes entre les cotes 120 NGF et 135 NGF pour un z rail/quais à environ 125 NGF (soit -42m sous le radier du BV existant) et un niveau des galeries transversales permettant de distribuer les quais à environ 140 NGF (soit environ 6m sous le toit estimé de la molasse).

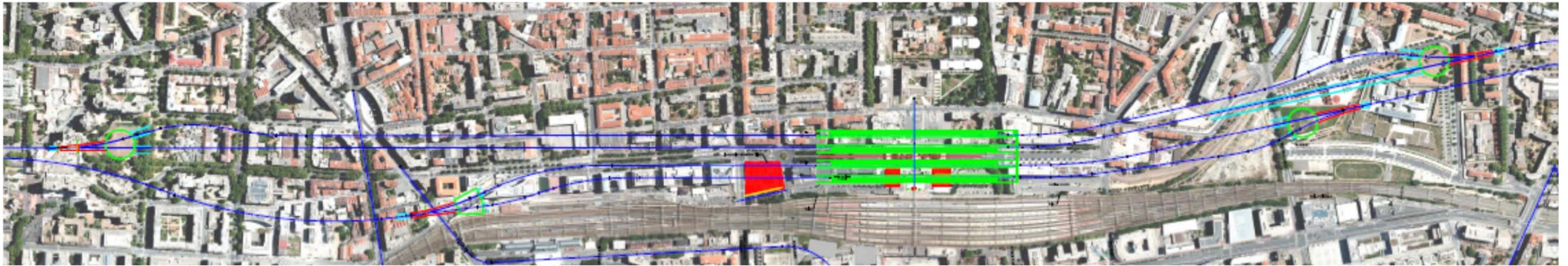


Figure 12 : Vue en plan générale de la solution 4 TBM étudiée

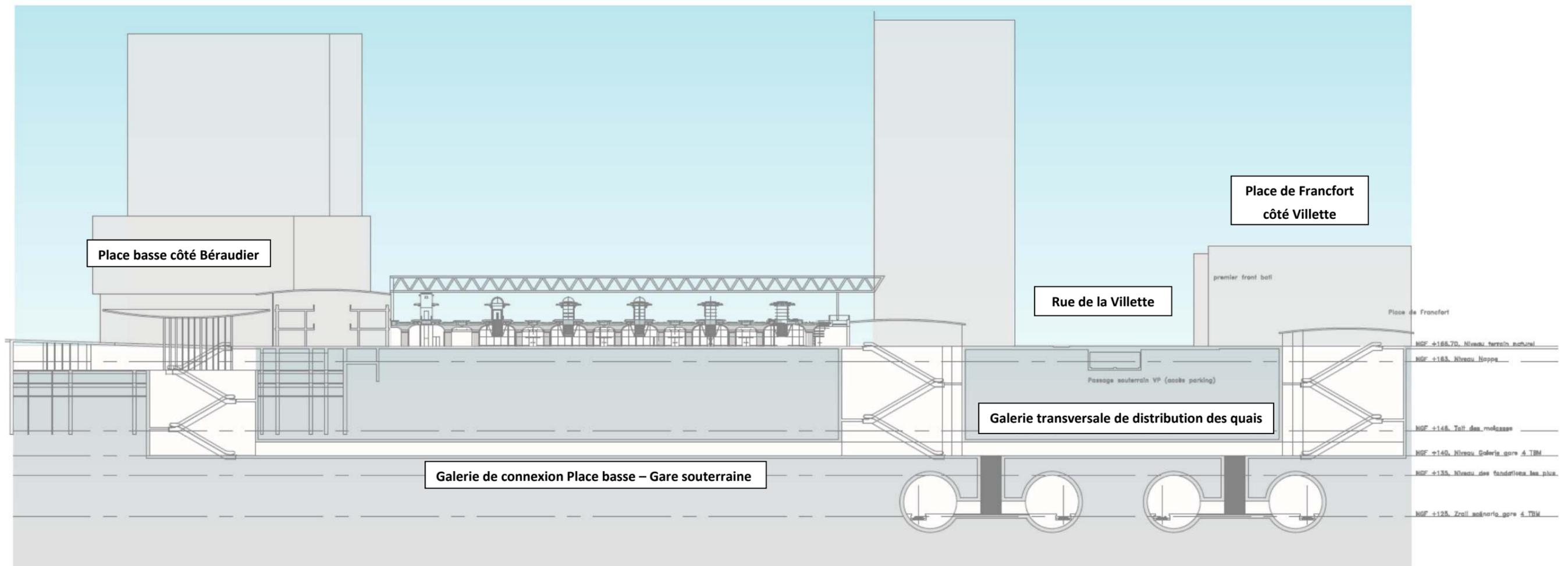


Figure 13 : coupe schématique de la solution 4 TBM étudiée dans la zone de la gare

Comme expliqué dans le paragraphe sur les techniques constructives, seule une excavation par méthode conventionnelle est possible pour les galeries de distribution des quais. Dans ce cas, les galeries ne peuvent être excavées que dans l’horizon molassique et il n’y a pas d’alternatives au calage altimétrique présenté.

Enfin, comme demandé par SNCF Réseau, il a été étudié et représenté sur la coupe une connexion transversale entre la gare souterraine et la place basse du projet gare ouverte du PEM Part-Dieu. Cette connexion est assurée par une galerie excavée en méthode conventionnelle dans l’horizon molassique permettant de rejoindre le puits de la place basse depuis la galerie de distribution des quais.

4.1.3 Emergences dans la zone de la gare

Pour l’accès à la gare souterraine 4 TBM, comme représenté sur le schéma suivant, la distribution des flux s’organise à partir de 4 puits interconnectés par un réseau de galeries à la cote 140 NGF:

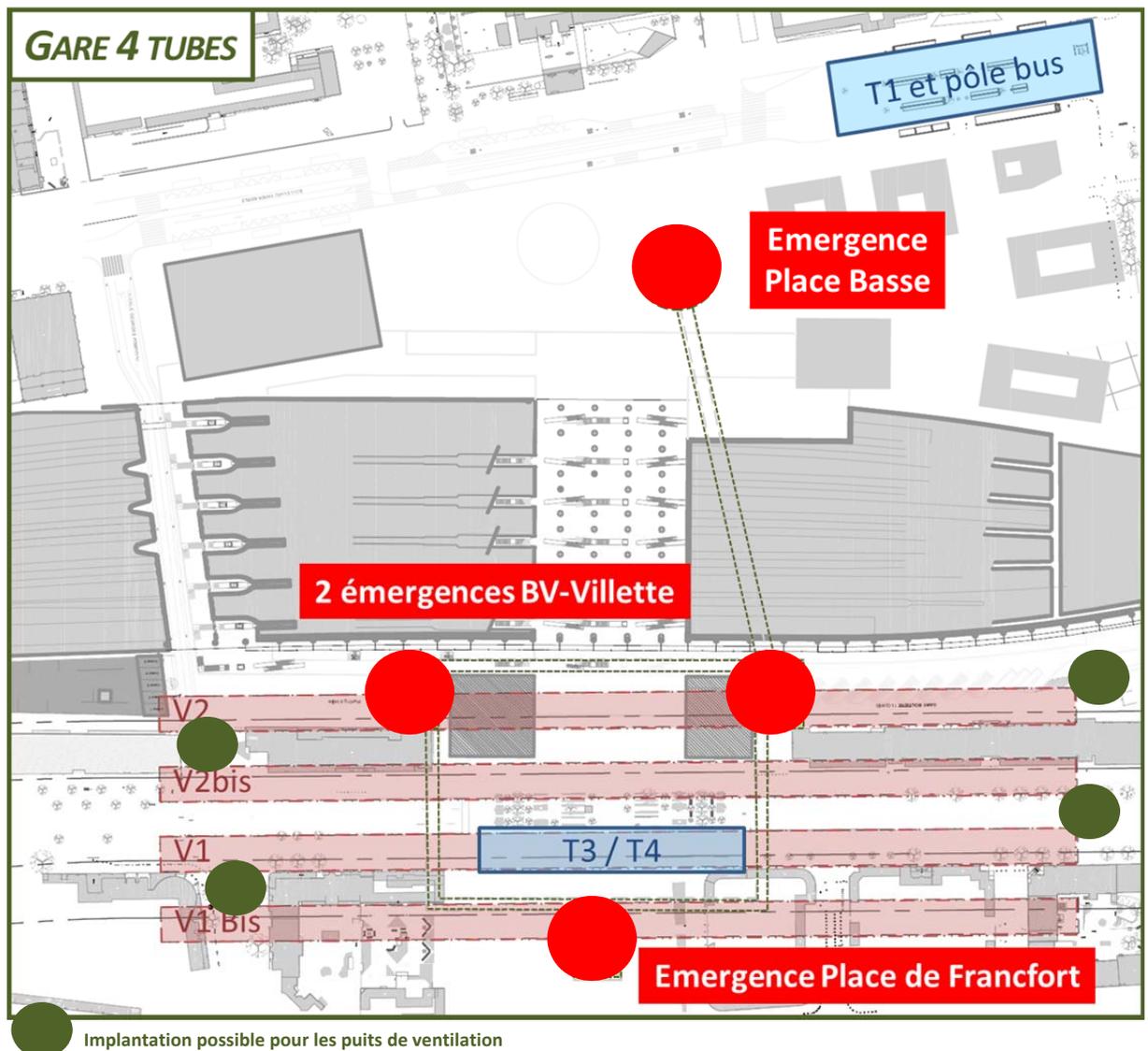


Figure 14 : Implantation des émergences et des galeries de connexion de la gare souterraine 4 TBM

Ces 4 puits peuvent être, à ce stade des études, préfigurés de forme circulaire (dans ce cas, ils seront auto-stables), leur excavation étant assurée depuis la surface à l’abri de soutènements en parois moulées: dans ce cas, la taille de ces puits est estimée à \varnothing 20m avec un radier à la même cote que les galeries d’interconnexion (140 NGF) donc une profondeur de fiche qui approcherait les 40m (127 NGF).

De plus, comme indiqué dans le paragraphe de pré-dimensionnement de « l’objet » gare, 2 puits supplémentaires seront nécessaires à chaque extrémité de la zone de quai pour la ventilation et l’évacuation des passagers en zone de gare. La taille de ces puits est estimée à \varnothing 15m ; leur radier correspondant à la cote des quais de la gare, soit 125 NGF, la profondeur des fiches de paroi moulée dépasserait les 55m (cote 110 NGF).

4.1.4 Galeries d’interconnexion

Les galeries, calées à la cote 140 NGF, sont excavées par méthode conventionnelle dans l’horizon molassique. Les détails techniques sur la méthode constructive sont données dans le rapport RG 140370-C du scénario B. Pour rappel, ci-dessous, un croquis de la section des galeries d’interconnexion ; le dimensionnement de leur largeur est précisé dans le paragraphe des études de flux.

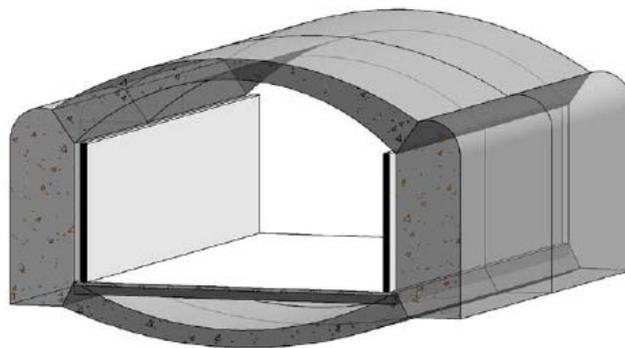


Figure 15 : Galerie de liaison horizontale



4.2 Etudes fonctionnelles et flux

4.2.1 Hypothèse de fréquentation

Le dimensionnement des circulations est réalisé selon les mêmes hypothèses que l’étude de faisabilité NFL long terme, à savoir réalisé à l’horizon 2080, soit 40 ans après la réalisation de la gare souterraine de la Part-Dieu, les flux correspondent à la période de pointe du matin.

Sur les voies paires, qui accueilleront les trains en provenance du sud, les fréquentations seront de :

- 1635 voyageurs pour le train le plus chargé en provenance de Grenoble,
- et 635 voyageurs pour le train en provenance de Saint-Etienne.

Sur les voies impaires, qui accueilleront les trains en provenance du nord, les fréquentations seront de :

- 830 voyageurs dans le train « périurbain » le plus chargé en provenance d’Ambérieu,
- et 1 340 voyageurs dans le train « intercity » en provenance d’Annecy/Genève.

Nota : ces fréquentations sont définies sur la base de l’étude SETEC à l’horizon 2050 et projeté en 2080 en considérant une croissance annuelle de 1%.

En complément, il est pris comme hypothèse que 10% des voyageurs en descentes des trains sont en montées sur les trains des voies de circulation opposées (par exemple, 83 voyageurs descendants de la V1 niveau -2 seront des voyageurs montants dans le train de la V2 niveau -1).

Le tableau suivant synthétise les fréquentations par quai :

Tableau 1 : Fréquentation par quai

	Montants	Descendants	Provenance
V1	165	830	Ambérieu
V1bis	65	1 340	Annecy/Genève
V2	85	1 635	Grenoble
V2bis	135	635	St-Etienne

4.2.2 Dimensionnement des surfaces de quais

Deux calculs sont réalisés :

- Dans un premier temps, la largeur de quai nécessaire pour atteindre un objectif de niveau de service D selon l’échelle de Fruin,



- Puis dans un second temps, le niveau de service atteint avec la largeur maximale de quai en fonction des contraintes du site.

La largeur des quais est définie à partir des flux de voyageur sur chacun des quais, en distinguant :

- les flux de voyageurs en situation de circulation horizontale, correspondant aux voyageurs descendant du train ;
- les flux de voyageurs en situation de stationnement, correspondant aux voyageurs en attente sur le quai de monter dans le train.

La largeur des quais est définie sur la base du quai le plus dimensionnant, les quatre quais présentent ainsi des caractéristiques identiques.

Le niveau de service D correspond aux densités suivantes :

	Densité en stationnement (voy./m2)	Densité en circulation (voy./m2)
D	3,3	1,0

Le tableau suivant présente la définition de la surface de chacun des quais permettant d’atteindre un niveau de service D :

Tableau 2 : dimensionnement théorique de la surface des quais

Niveau de service D	Flux en stationnement	Flux en circulation	Surface utile nécessaire (m ²)		
			Pour le stationnement	Pour les circulations	TOTAL
V1	165	830	50	830	880
V1bis	65	1 340	20	1 340	1 360
V2	85	1 635	25	1 635	1 660
V2bis	135	685	25	685	710
Quai dimensionnant	-	-	50	1 635	1 660

Le quai dimensionnant est le quai de la voie V2 correspondant au train en provenance de Grenoble, la surface nécessaire pour atteindre l’objectif d’un niveau de service D est de 1 660 m² de quai, le double de la surface nécessaire pour les autres quais.

Tableau 3 : dimensionnement théorique de la largeur de quai

	Surface utile nécessaire (m ²)	Largeur utile (m)	Largeur quai y.c zone de stationnement à risque
Quai dimensionnant	1 660	5,03	5,93

Pour une surface de quai rectangulaire, la largeur du quai résultant de la surface calculée est ainsi de l’ordre de 5,93 m y compris la zone de stationnement à risque de 0,90 m.

A titre indicatif, une largeur de 8,20m (y compris zone de stationnement à risque de 0,90m) serait nécessaire pour atteindre un niveau de service C.

La surface utile résultante pour un quai de 7 m de largeur soit une largeur utile de 6.1m est de l’ordre 2 010 m² par quai. **Cette surface permet d’atteindre un niveau de service D**, il manque 385 m² pour atteindre le niveau C.

4.2.3 Dimensionnement des circulations verticales

Les accès aux quais sont dimensionnés selon les recommandations du référentiel **RFN-IG-TR 01 C-02-n°001 du 24-03-2014** : Sécurité du public dans les points d’arrêt à la traversée des voies et sur les quais.

Le référentiel précise les temps d’attente admissibles aux abords des accès de quais en mode nominal (trémies d’escalier, sorties directes...) de façon à éviter que les usagers n’empruntent des passages illicites (traversée des voies à niveau).

Le temps d’attente maximale admissible dépend de l’environnement du quai, le référentiel donne deux conditions selon si la localisation du quai est :

- en zone denses : 2 minutes
- dans les autres cas : 3 minutes

Le référentiel indique également les ratios de flux voyageurs par minute, en fonction de la largeur des accès (en personnes par mètre utile par minute) :

Tableau 4 : Débit des circulations

Personnes par mètres et par minutes	Banlieue IDF	Autres cas
Escalier fixe à la descente	60,0	40,0
Escalier fixe à la montée	50,0	40,0
Escalier mécanique à la descente	100,0	60,0
Escalier mécanique à la montée	80,0	50,0
Circulation horizontale	70,0	40,0

Dans le cas présent, il est retenu l’hypothèse d’un dimensionnement selon l’environnement « autres cas », c’est-à-dire avec un temps d’attente maximal de 3 minutes. Un test est également réalisé pour un environnement « Banlieue IDF » : ce cas est moins dimensionnant (cf débit plus importants).

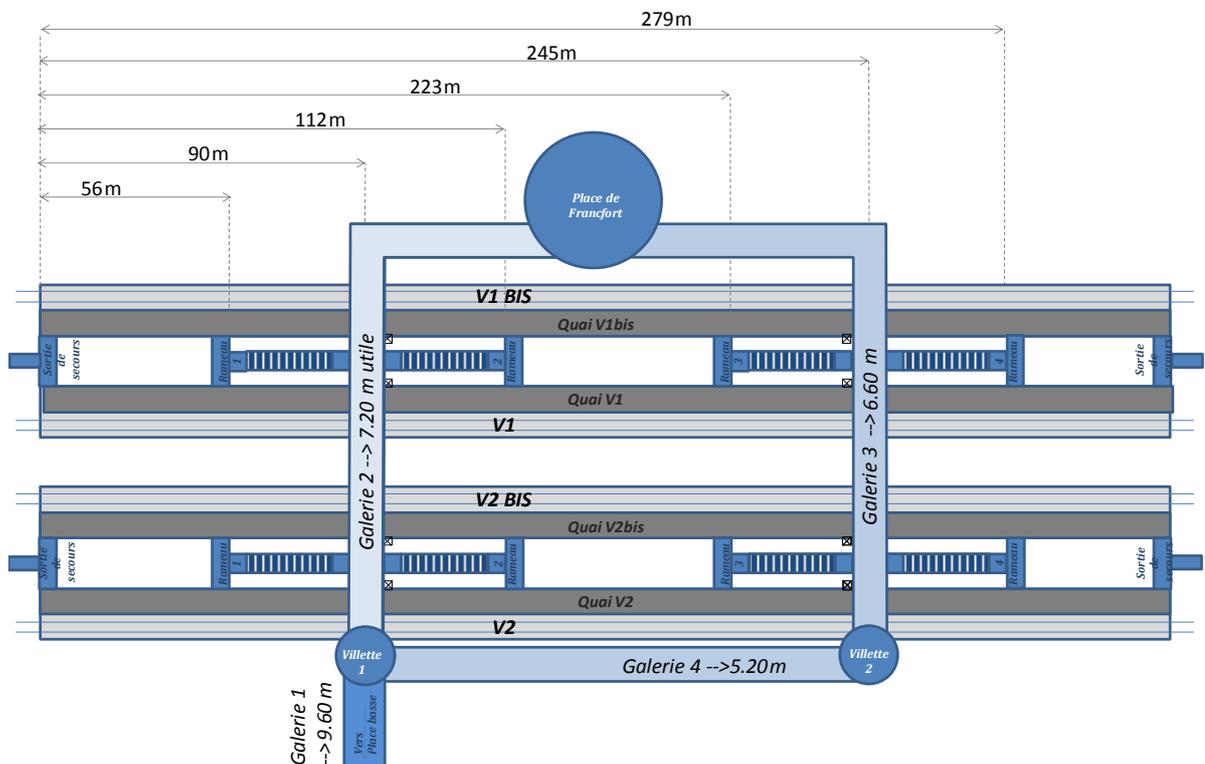
Les circulations verticales sont dimensionnées sur la base des éléments de flux et des hypothèses de dimensionnement des ouvrages. Le dimensionnement est réalisé par quai avec une mutualisation des circulations par paire de voies.

Il est réalisé de manière itérative pour obtenir la configuration répondant :

- Aux spécificités fonctionnelles : quai centraux de 330 m, 2 niveaux de quais superposés,
- A un temps d’attente maximale de 3 minutes devant chacune des circulations verticales.

La configuration qui permet de répondre aux besoins de l’exploitation est de 2 galeries avec deux rameaux par galerie.

Figure 5 : Principe schématique d’implantation des circulations verticales



Le dimensionnement est réalisé pour chaque niveau au moment où le quai accueille le plus grand nombre de voyageurs, c’est-à-dire lorsque le train le plus chargé est en gare : Grenoble pour les voies paires et Annecy/Genève pour les voies impaires. Il est retenu que le train sur la voie limitrophe arrive 2 minutes plus tard (hypothèse maximaliste) pour contrôler que le dimensionnement fonctionne également avec l’arrivée du deuxième train.

Il est pris comme hypothèse une symétrie des circulations verticales entre les voies impaires et les voies paires.



Pour les voies paires, la configuration répondant à l’exigence d’un temps d’attente de 3 minutes nécessite 4 points d’accès répartis sur le quai de la manière suivante :

Tableau 6 : voies paires - dimensionnement et positionnement des circulations verticales

Flux descendant du train	Accès				Total	
	1	2	3	4		
Positionnement / quai	56	112	223	279		
Attractivité flux descendants	581	581	581	581	2323	voy
Nb d'EM flux contraires	-	1	1	-	2	
Nb d'EM flux sortants	2	1	1	2	6	
Largeur d'EF	1.6	1.6	1.6	1.6	6.4	
Contre-flux	oui	non	non	oui		
Capacité par accès / min	140	114	114	140	508	voy/min
Capacité contre-flux / min	24	60	60	24	168	
Temps d'attente max						
Temps d'attente maxi (s)	92	126	127	95	127	s
Temps de sortie max						
Temps sortie quai	254	315	314	252	315	s
Queue maxi par accès						
Queue maxi	214	240	241	221	241	voy
Surface utilisée (2 voy/m²)						
Surface utilisée (2 voy/m ²)	107	120	120	111		m ²
Longueur de quai utilisée						
Longueur de quai utilisée	18	20	20	18		ml

Selon cette configuration, le temps d’attente maximal est de moins de 80 secondes soit 1,20 minutes.

Pour les voies impaires, la configuration précédente permet de répondre à l’exigence d’un temps d’attente de 3 minutes :

Tableau 7 : Voies impaires - dimensionnement et positionnement des circulations verticales

Flux descendant du train	Accès				Total	
	1	2	3	4		
Positionnement / quai	56	112	223	279		
Attractivité flux descendants	543	543	543	543	2172	voy
Nb d'EM flux contraires	-	1	1	-	2	
Nb d'EM flux sortants	2	1	1	2	6	
Largeur d'EF utile	1.6	1.6	1.6	1.6	6	
Contre-flux	oui	non	non	oui		
Capacité par accès / min	140	114	114	140	508	voy/min
Capacité contre-flux / min	24	60	60	24	168	
Temps d'attente max						
Temps d'attente maxi	69	96	96	72	96	s
Temps de sortie max						
Temps sortie quai	219	208	204	219	219	s
Queue maxi par accès						
Queue maxi	161	182	182	168	182	voy
Surface utilisée (2 voy/m ²)	80	91	91	84		m ²
Longueur de quai utilisée	13	15	15	14		ml

Selon cette configuration, le temps d’attente maximal est de l’ordre de 100 secondes soit moins de 2 minutes.

Depuis les galeries, le dimensionnement des circulations verticales n’est soumis à aucune contrainte réglementaire en exploitation nominale. Cet espace est moins sollicité que les espaces au niveau des quais car les flux se sont déjà répartis en cheminant depuis les niveaux inférieurs. De ce fait, les flux de voyageurs au niveau des circulations verticales seront mieux répartis dans le temps avec des pics de demande plus faibles. En conséquence, un dimensionnement réduit est proposé, avec 8 escaliers mécaniques montants.

4.2.4 Synthèse du dimensionnement des circulations verticales

Le tableau suivant synthétise le besoin en circulations verticales pour les trois niveaux :

Tableau 8 : Synthèse du dimensionnement des circulations verticales

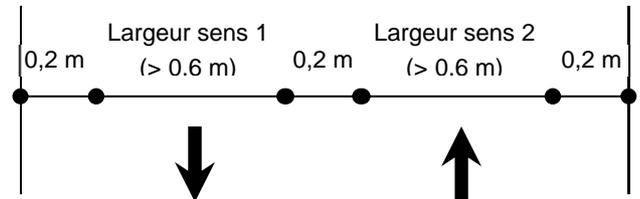
	Escaliers mécaniques sens contraire	Escaliers mécaniques sortants du quai	Escaliers fixes (mètres)
Niveau quai vers niveau échange : voies impaires	2	6	6.4
Niveau quai vers niveau échange : voies paires	2	6	6.4

4.2.5 Dimensionnement des circulations horizontales

Le dimensionnement des circulations horizontales est réalisé sur la base des flux voyageurs précédents en considérant une arrivée simultanée d’un train sur les voies paires et d’un train sur les voies impaires et d’un débit

de 60 voy/min/m¹. Le calcul est effectué pour la largeur des deux sens de circulation, à laquelle sont ajoutés 3 × 0,2 m pour les effets de bords :

Figure 16 : Schéma de principe pour le dimensionnement des circulations horizontales



La largeur minimale est donc de 1,80 m correspondant à 2 unités de passages et aux effets de bords.

Les flux entrants et sortants sont répartis de la façon suivante :

- 2/3 vers la place basse (reconstitué à partir des données Gares & Connexions 2012 d’hypothèse de répartition aux accès : 55% Vivier Merle, 20% Villette et 25 % Pompidou)
- 1/3 vers l’est réparti entre Villette (2/3) et la Place de Francfort (1/3)

Les trois galeries sont étudiées avec un sous détail selon la position dans la galerie :

- Galerie 1 : entre le puit de sortie nord de Villette jusqu’à la place basse,
- Galerie 2 :
 - Entre puit de sortie nord de Villette et les trémies de circulation verticales des voies paires,
 - Entre les trémies de circulation verticales des voies paires et les trémies de circulation verticales des voies impaires,
 - Entre les trémies de circulation verticales des voies impaires et la Place de Francfort.
- Galerie 3 :
 - Entre puit de sortie sud de Villette et les trémies de circulation verticales des voies paires,
 - Entre les trémies de circulation verticales des voies paires et les trémies de circulation verticales des voies impaires,

1 Ce débit est déterminé à partir de plusieurs données de comptage : capteurs laser MOBILABO sur le quai CD et caméras sur le quai IJ réalisés dans le cadre des « Pré-études fonctionnelles d’amélioration des phénomènes d’affluence des voyageurs sur les quais de Lyon Part-Dieu ». Ce débit reflète ainsi les comportements des usagers de la gare de la Part-Dieu,



– Entre les trémies de circulation verticales des voies impaires et la Place de Francfort.

- Galerie 4 : entre les puits de sortie nord et sud de Vilette.

Les tableaux suivants présentent la largeur utile nécessaire aux différents tronçons des galeries :

	Galerie 1 entre Vilette et place Basse	Galerie 2		
		Entre Vilette et trémie Voies paires	Entre trémie Voies paires et trémies voies impaires	Entre trémies voies impaires et Place de Francfort
Débit par mn vers l'est	60	70	55	40
Débit par mn vers l'ouest	486	323	170	5
Largeur utile théorique	9.60	7.20	4.40	1.40
Largeur utile pratique	9.60	7.20	4.40	1.80

	Galerie 3			Galerie 4
	Entre Vilette 2 et trémies voies paires	Entre trémie Voies paires et trémies voies impaires	Entre trémies voies impaires et Place de Francfort	Entre Vilette 1 et Vilette 2
Débit par mn vers l'est	10	25	41	0
Débit par mn vers l'ouest	325	172	5	244
Largeur utile théorique	6.20	3.80	1.40	4.60
Largeur utile pratique	6.60	4.00	1.80	5.20

Le calcul montre le besoin d'une largeur minimale de :

- 9,60 m pour la galerie 1,
- 7,20 m pour la galerie 2,
- 6,60 m pour la galerie 3,
- Et 5,20 m pour la galerie 4.

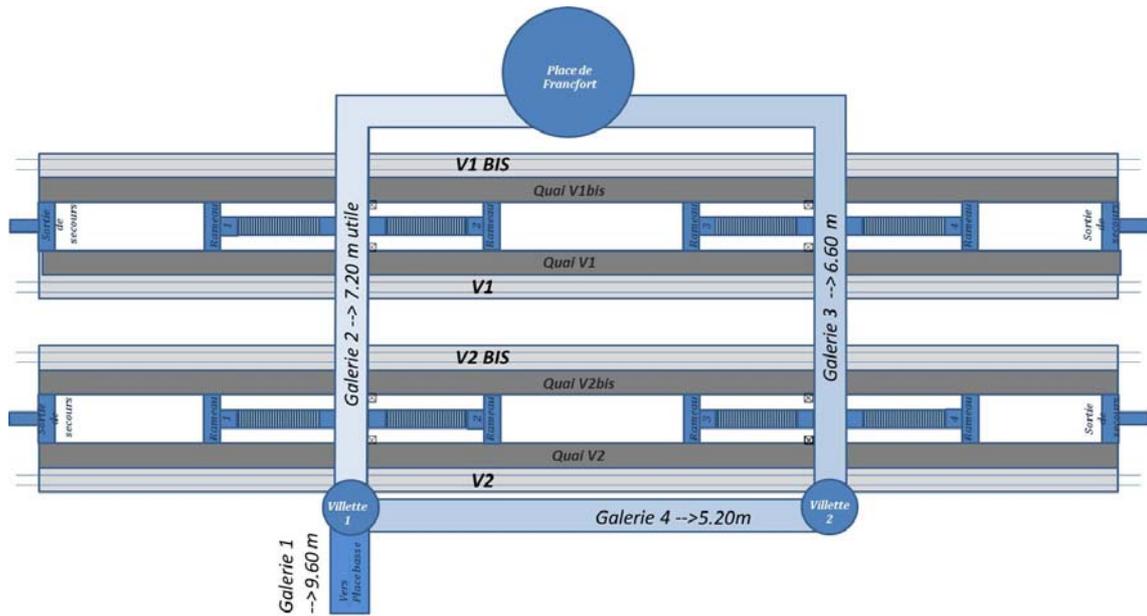


Figure 17 : Dimensionnement des galeries de communications

4.2.6 Evacuation incendie

Il est enfin vérifié que la configuration établie sous le critère d’exploitation répond également aux besoins d’évacuation incendie, c’est-à-dire à la réglementation en vigueur dans les Etablissements recevant du Public (ERP) du type GA : « GA 23 - Dimensions des dégagements » apportant les préconisations en matière de sécurité contre les risques incendies et risques de paniques dans les gares.

Cet article définit les débits et vitesses de circulations en cas d’évacuation :

Tableau 9 : Débit des circulations en évacuation (GA 23)

DÉGAGEMENTS	Régional ou national	Urbain ou périurbain
	DÉBITS en voyageurs par minute	
Couloirs et trottoirs roulants	60	100
Escaliers fixes :		
— à la montée	40	60
— à la descente	50	75
Escaliers mécaniques :		
— escaliers en fonctionnement :		120
. 1 file de voyageurs	90	
. 2 files de voyageurs	120	
— escaliers à l'arrêt :		
. 1 file de voyageurs :		
— à la montée	30	50
— à la descente	40	60
. 2 files de voyageurs :		
— à la montée	40	
— à la descente	50	
Passages contrôlés manuellement	50	60
Passages contrôlés automatiquement après déverrouillage		
— passages tripodes	25	30
— passages ouverts	50	60
Portes	50	60
Vitesse de circulation en palier (horizontale)	1	1,4
Vitesse de circulation en escalier	0,4	0,6

En gras, les hypothèses utilisées dans le cadre de l'étude.

Il est ainsi retenu que l'ensemble des escaliers mécaniques sont à l'arrêt et que certains sont totalement inaccessibles.

Selon l'article GA 3, l'évacuation du public vers une zone hors sinistre doit être réalisée en moins de 10 minutes. Dans le cas de la gare du NFL, la zone hors sinistre considérée est le parvis de la gare (air libre), il s'agit ainsi du cas le plus dimensionnant (il aurait pu être retenu une zone hors sinistre au niveau de la mezzanine).

La réglementation interdit des zones de cul de sac supérieures à 20 m. En complément aux circulations verticales définies précédemment, une sortie de secours est donc ajoutée à chaque extrémité du quai afin de supprimer toute zone de « cul de sac ».

Le flux à évacuer est déterminé en considérant un train (le plus capacitaire) entrant en gare rempli à 100% auquel s’ajoutent des voyageurs en attente sur le quai correspondant à 25% de la capacité de ce train. Il est retenu que le train le plus capacitaire est un Régio 2N de 110 m en UM3 d’une capacité de 1 500 places assises et autant de place debout (on retiendra seulement le tiers de la capacité debout), **soit 2500 voyageurs à évacuer.**

Le calcul est réalisé en considérant les galeries comme des zones hors sinistres.

Le tableau suivant montre que le dimensionnement des circulations répond bien aux exigences réglementaires en matière d’évacuation : temps d’évacuation de la gare inférieur à 10 min.

	Galerie considéré comme zone hors sinistre
Capacité assise du train dimensionnant	1500
Capacité debout du train dimensionnant	500
Voyageurs en attente sur le quai	500
Flux à évacuer	2500
Nombre d'EM Hors service	2
Nombre d'EM à l'arrêt résultant	6
Largeur escaliers de secours	2.8
Largeur d'EF (y.c escalier de secours)	7.2
Largeur de rampe	0.0
Capacité évacuation par minute	580
Temps d'évacuation du niveau (minutes)	4.31
Distance de circulation horizontale sur le quai (mètres)	83
Distance de circulation horizontale sur la galerie (mètres)	0
Temps de circulation horizontale (minutes)	1.38
Dénivelé entre le quai et la salle d'échanges (mètres)	12.45
Temps de circulation verticale (minutes)	0.52
Temps total de mise hors sinistre (minutes)	6.20

< 10mn OK

4.2.7 Temps de cheminement depuis les quais

Les temps de cheminement sont réalisés depuis les quais vers les principaux points d’attractivité du secteur Part-Dieu :

- La Place Basse,
- Rue de la Villette,
- Hall de la gare (au droit des Accès au quai E/F)
- Et vers les principaux arrêts TC (métro B, Tram T3/T4 et tram T1)

Ces temps de cheminement sont définis sur la base de cheminements fluides à partir du quai (environ le centre du quai pour refléter d’une distance moyenne pour l’ensemble des voyageurs). Ils sont la moyenne des temps depuis les quais V1bis et V2bis.

Les temps de cheminements suivants ne tiennent pas compte des temps d’attente sur le quai présenté précédemment.

Les hypothèses de vitesse de cheminement sont issues des études AREP : « Analyse de l’implantation du NFL long terme » à savoir :

- 1.2 m/s pour les cheminements horizontaux correspondant à une vitesse de déplacement moyenne entre des usagers habitués et occasionnels.
- 0.4 m/s pour cheminements verticaux.

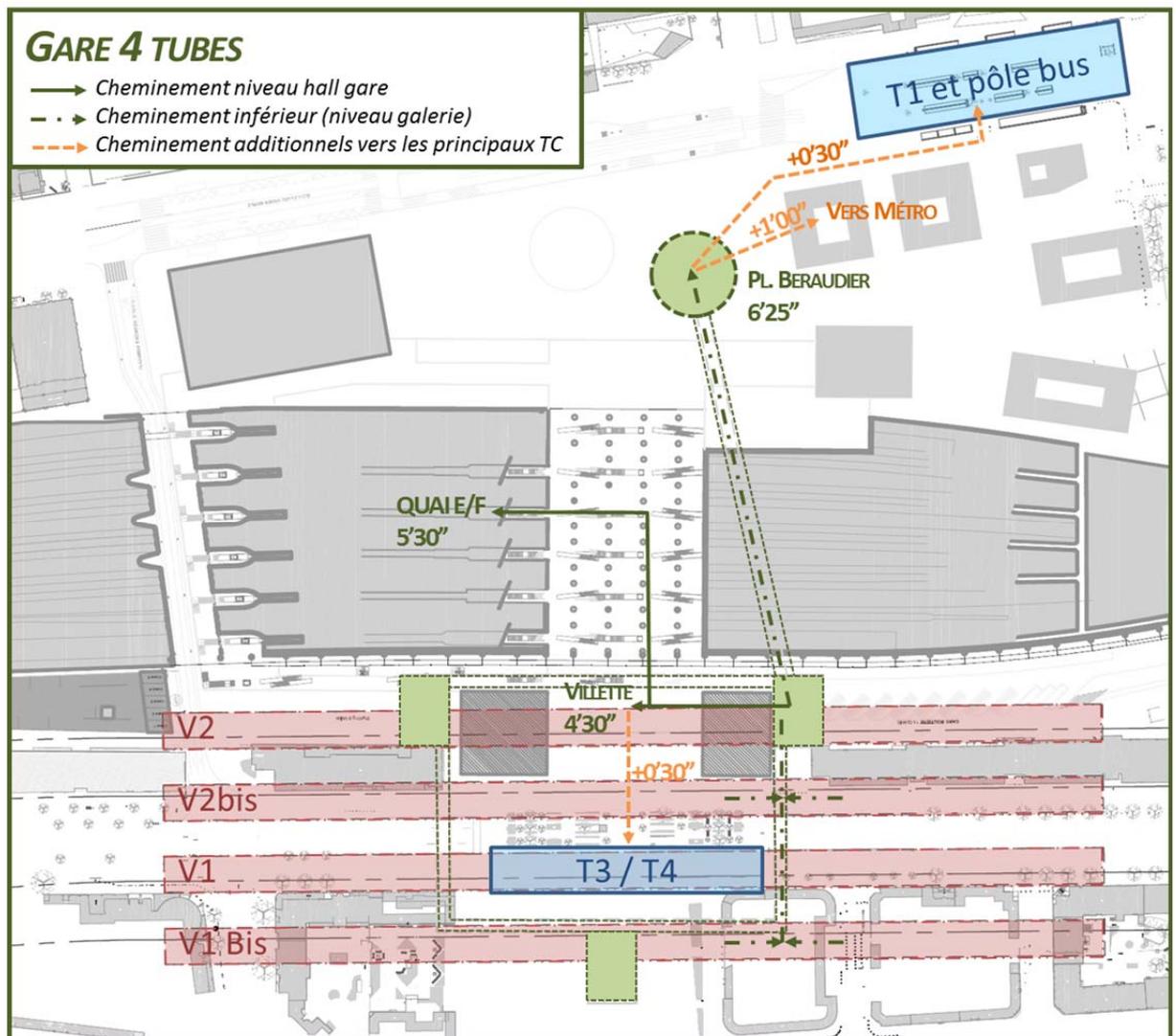


Figure 18 : temps de cheminement moyen à partir des quais V1bis et V2bis

4.3 Tunnels et raccordements

4.3.1 Longueurs des Tunnels et des aménagements souterrains

Longueur réglementaire tunnel y.c. gare	Longueur tunnel foré au tunnelier \varnothing 9,60m	Ouvrages entonnoir	Longueur tunnel foré au tunnelier \varnothing 15m	tranchée couverte	Longueur tranchée ouverte
V1 : 8,41 km V2 : 8,64 km	V1 : 4,28 km V2 : 5,62 km	4 ouvrages de 170m de longueur	V2 : 1,65 km V2b : 1,65 km V1 : 2,70 km V1b : 2,70 km	Saint-Clair : 0,53 km Guillotièrre : V1 : 0,56 km V2 : 0,5 km	Saint-Clair : 0.15 km Guillotièrre : V1 : 0,25 km V2 : 0,25 km

Figure 19 : Longueur des différentes sections d’ouvrages pour le scénario de gare 4 TBM

4.3.1.1 Section des tunnels bitubes

La section des tunnels hors zone de gare est \varnothing 9,60m (cf rapport RG140370-C d’octobre 2014). En zone de gare, la section des tunnels est \varnothing 15m (cf chapitre 2).

4.3.1.2 Rameaux inter-tubes

Les puits nécessaires à la réalisation des 4 ouvrages d’entonnoir seront utilisés pour la ventilation et dans le schéma d’évacuation des passagers en cas d’incident dans les tunnels. Dans la zone de gare, le nombre de puits et d’émergences ont été listés dans le pré-dimensionnement du chapitre 2.

Comme expliqué dans le rapport du scénario B, des rameaux interconnectant les tubes 2 à 2 sont nécessaires tous les 500m. Ils permettent également d’assurer l’évacuation des passagers selon les exigences des normes de sécurité en vigueur. Cela représente, au total, 18 interconnexions, que ce soit hors gare ou en zone de gare.

Les caractéristiques des rameaux interconnectant les tubes \varnothing 15m sont identiques à ceux des tubes \varnothing 9,60m qui sont présentées dans le rapport du scénario B : leur section d’excavation représente environ 36m² (6*6) ; excavation en méthode conventionnelle.

4.3.2 Raccordement Nord

Le raccordement est identique à celui du scénario B pour la solution bitube.

4.3.3 Raccordement Sud

Le tunnel étant bitube, le raccordement est identique à la solution présentant des émergences dissociées avec un raccordement dans la configuration B4 sur les voies de la PLM (cf RG 140940-C).

4.4 Installations de chantier en zone de gare

La réalisation des parois moulées et des terrassements nécessaires pour les émergences (puits circulaires localisés sur la figure 14) dans la zone de la gare appelle le plus de logistique et le plus de besoins en installations de chantier. Ces installations sont fonctions du nombre d'ateliers de réalisation de paroi moulée, de la présence ou non d'un stock tampon de déblais, de la concomitance des travaux de terrassement avec ceux de parois moulées et de l'organisation des flux de chantier. A ce stade, une estimation est proposée :

- Usine de fabrication et de traitement des boues : 250m² (1 atelier de forage, ép. 1.5m) ;
- Aire de préfabrication et d'assemblage des armatures des PM : 450m² (long. des PM > 40m) ;
- Dépôt / atelier d'entretien et de maintenance des engins : 200m² ;
- Base vie et bureau pour le personnel : 250m² au sol ;
- Aire de stockage des déblais : 250m² (500m³);
- Aire de stockage et d'assemblage des butons : 50m² ;
- Station de pompage et poste électrique : 50m².

Pour chaque puits en zone de gare (cf localisation figure 14), une installation comprise entre 1 500 et 2 000m² est nécessaire. Au cas par cas et en fonction des emprises disponibles, elles seront augmentées ou réduites avec pour conséquence une variation des cadences de réalisation.

Il est rappelé qu'une installation de chantier de l'ordre de 3 500 m² a été pré-dimensionnée au droit des 4 autres puits d'amenée/repli des TBM Ø 15m dans les zones d'entonnement (cf chapitre 2).

4.5 Equipements en tunnel

4.5.1 Equipements du tunnel

Les équipements des tunnels Ø 9,60m et Ø 15m sont identiques à ceux envisagés dans le scénario B en configuration bitubes.

4.5.2 Equipements ferroviaires

Les équipements ferroviaires sont identiques à ceux décrits dans le rapport du scénario B.

4.6 Impact hydrogéologique des ouvrages

Dans le cadre du projet NFL-LT, de nombreuses études hydrogéologiques spécifiques, impliquant l'exploitation d'un modèle numérique, ont été réalisées; Dans toutes les configurations testées, ces études ont conclu, qu'en raison de la forte transmissivité de la nappe, l'impact des projets souterrains du NFL sur les circulations hydrogéologiques était faible et qu'il n'était pas nécessaire de prévoir des mesures particulières. La configuration de la gare 4 TBM étant potentiellement plus favorable que d'autres solutions testées (comme la configuration TC par exemple), il n'est pas envisagé d'adopter des mesures particulières sur ce thème.



4.7 Gestion des déblais

Le creusement du projet depuis Saint-Clair jusqu'à Guillotière représente un volume total de matériaux excavés de 3,9 millions de m³ (avec foisonnement de 1,4) ce qui représente un volume supérieur de 10% à celui du scénario gare TC. Hormis les matériaux relatifs au creusement des puits et des galeries sur Part-Dieu et ceux issus du creusement des puits aux entonnements, qui seront stockés sur les aires de chantier définies ci-avant, la quasi-totalité des matériaux de marinage des tunnels sera stockée puis évacuée à partir des sites de chantier de Saint-Clair et Guillotière. Ainsi, les impacts dus à la circulation de chantier en centre-ville jusqu'au secteur de la Part-Dieu seront plus limités pour ce scénario.

4.8 Réseaux

Les impacts potentiels sur les réseaux coïncident avec les émergences décrites dans ce rapport : les 4 puits d'entonnement et les émergences dans la zone de la gare. Ces impacts devraient donc rester ponctuels et limités. Ils seront à évaluer au cours des études ultérieures.

4.9 Ordonnancement des travaux et planning de réalisation

4.9.1 Planning des travaux de génie civil

Le même principe de phasage des travaux que celui du scénario B est proposé. Depuis les puits de démarrage installés côté Saint-Clair et Guillotière, les tunneliers \varnothing 9,60m foreraient en direction de la Part-Dieu. Une fois arrivés à chaque ouvrage d'entonnement, les tunneliers seraient démontés et ramenés à leurs points de départ pour réaliser le second tube.

En parallèle, à partir de ces mêmes ouvrages d'entonnement, les 2 tunneliers \varnothing 15m de la gare, commenceraient à forer jusqu'à l'autre puits situé dans l'autre ouvrage d'entonnement. Chaque machine serait également démontée puis ramenée à son point de départ pour réaliser les 3^{ème} et 4^{ème} tubes.

La zone de la gare pourrait être légèrement anticipée par rapport à la finalisation des 4 tubes \varnothing 15m avec l'excavation des différents puits (3 pour l'accès voyageurs et entre 2 et 4 pour la ventilation/désenfumage) puis celle des galeries d'interconnexion entre ces puits. Par contre, pour les rameaux d'interconnexion en zone de gare, il serait nécessaire d'avoir des tubes complètement finalisés avant de débiter l'excavation. Dans la zone de la gare, les travaux s'effectuent en site urbain dense, avec du bâti d'habitation, de service et de nombreuses infrastructures de transport. Pour ce scénario, il est important de noter que les volumes de matériaux dans la zone de la Part-Dieu (acheminement et évacuation) se limiteraient aux travaux de parois moulées (pour l'excavation des puits) et aux travaux d'excavation des galeries et rameaux en conventionnel, et qu'ils ne concerneraient pas le marinage des tunnels.

La réalisation de la gare 4 TBM est sur le chemin critique pour le génie civil. 9 ans de travaux minimum seront nécessaires pour la réalisation du NFL, dans le cas du scénario C :

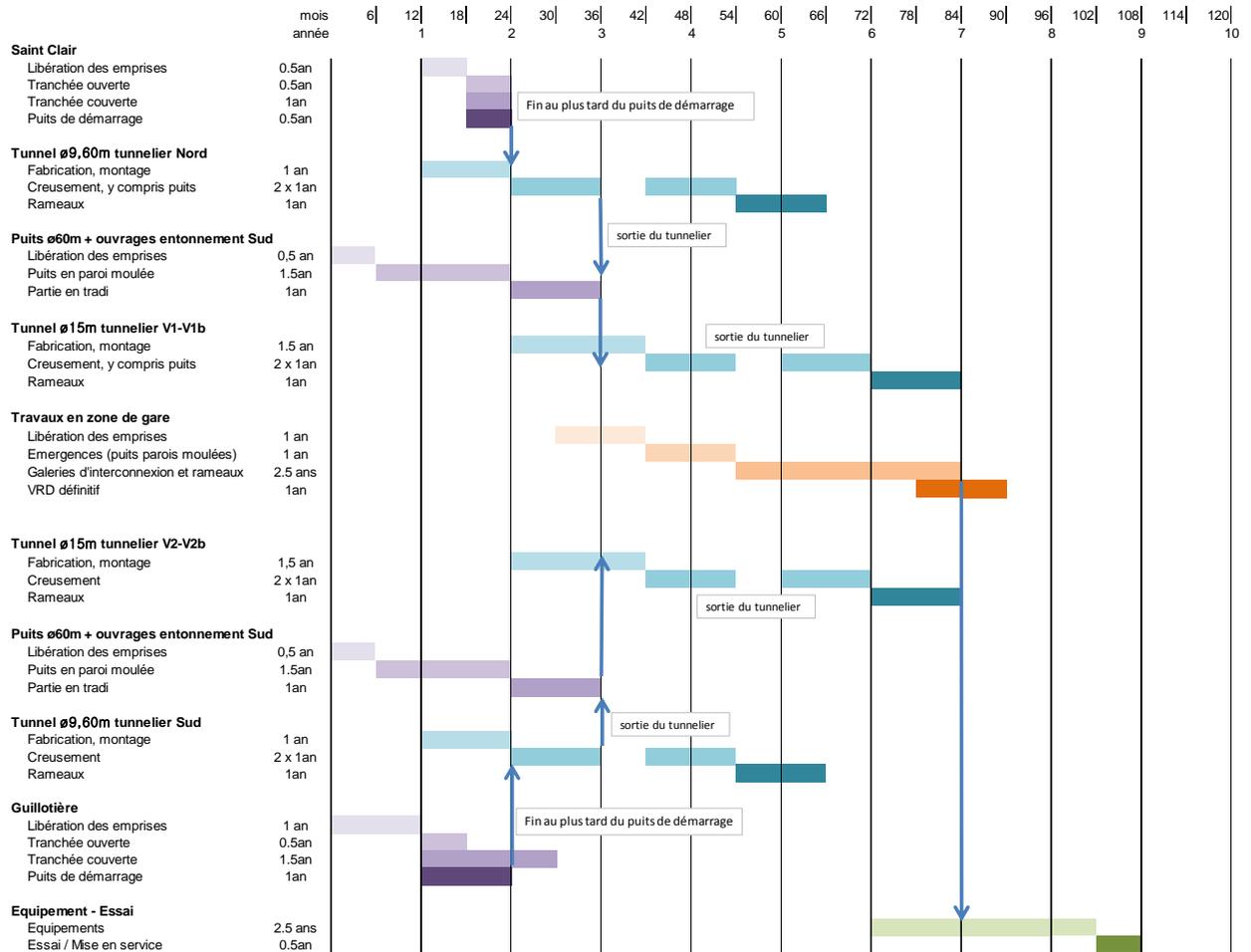


Figure 20 : Planning prévisionnel pour le scénario de gare 4 TBM

Le planning a été obtenu avec les hypothèses suivantes :

- 1 poste par jour pour limiter les nuisances
- 2 ateliers par poste : PM, terrassements, structure et remblai de couverture
- Tunnelier : 200/250 ml par mois ;
- Cadences tranchées couvertes :
 - PM : 40m² / atelier ;
 - Pré-terrassement + murette guide : 120m²/poste ;
 - Installation de chantier : 300m² / poste ;
 - Terrassement + butonnage : 400m³ / atelier ;
 - Structure GC, y c. élévation : 40m² / atelier ;
 - Remblai : 1000 m³ / atelier ;



- Traitement des franchissements : 25 m² / atelier.

4.9.2 Planning de réalisation de l’opération

Comme pour le scénario gare en TC, après le débat public, il faut envisager à minima :

- 8 ans d’études et procédures
- 12 ans de travaux (1 ans d’études d’exécution, 9 ans de génie civil et 2 ans d’équipements ferroviaires et essais)

4.10 Chiffrage

4.10.1 Périmètre

L’estimation ne prend pas en compte les éventuelles pertes de recettes liées à la perturbation de l’exploitation de la gare et de ses commerces, ni les pertes liées aux perturbations de l’exploitation des transports en commun.

4.10.2 Analyse des risques identifiés et des sommes à valoir

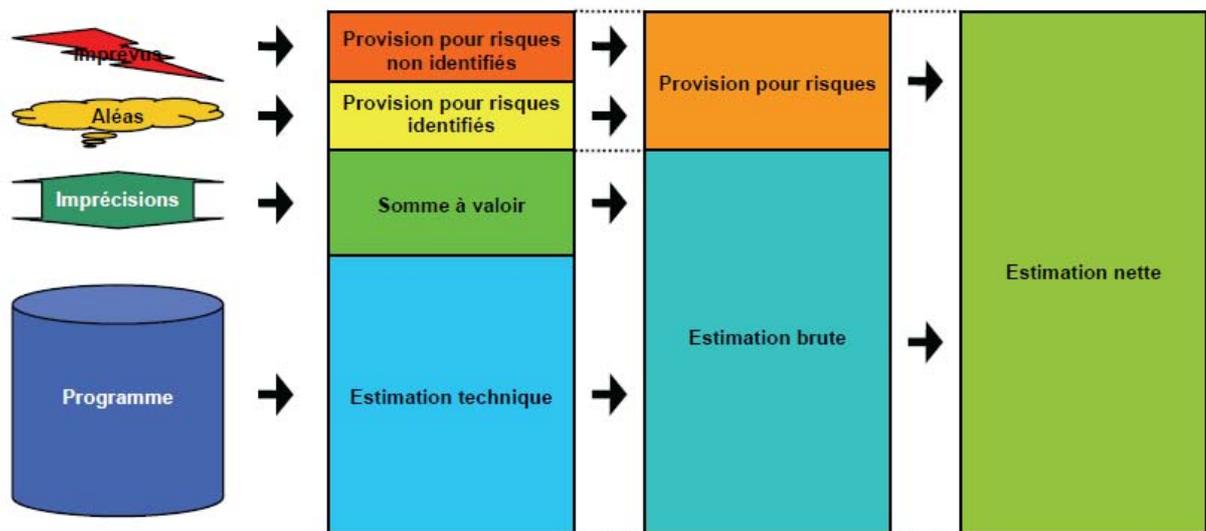
L’estimation est réalisée sur la base des composantes suivantes :

- Estimation technique ;
- Somme à valoir ;
- Provision pour risques identifiés ;
- Provision pour risques non identifiés.

Au final, l’estimation proposée est la somme de ces composantes calculé comme suit :

$$C_0 = (\sum Q_i \times Pu_i + SAV_i) \times (1 + \%PRI) \times (1 + \%PRNI)$$

Figure 21 – Composantes de l’estimation



4.10.2.1 Somme à valoir

Quelle que soit la méthodologie mise en œuvre pour l’estimation du coût technique, celle-ci demeurera affectée d’imprécisions pendant les phases d’études, qu’il convient de quantifier. Ainsi, le Manuel de maîtrise des risques de RFF définit la SAV par : « *La Somme à valoir est représentative de la précision des études. Elle est déterminée poste par poste, elle est donc incluse dans le budget de l’opération* ».

La SAV couvre donc l’imprécision sur les coûts et les quantités et toute imprécision sur les coûts pouvant être réduite par des études ultérieures. Le taux global de SAV dépend du niveau de précision des études.

Pour les tunnels, on considère que les gabarits pris en considération sont des majorants et que les quantités sont donc majorées. De ce fait, une SAV de 10% uniquement est prise en compte pour les tunnels.

Pour la gare, compte tenu de sa complexité, l’estimation de volumes et des prix unitaires reste relativement imprécise à ce stade. Un taux de 15% de SAV est donc retenu.

Pour les travaux d’équipement, un taux de 30% est retenu. Ce taux est élevé car l’estimation des équipements est réalisée de manière sommaire dans la mesure où le coût du génie civil est très prépondérant.

Pour les équipements de la gare, la SAV de certains postes dont les quantités et les prix unitaires sont bien maîtrisés (circulations verticales, voiries) des taux de SAV réduits sont retenus.

4.10.2.2 Provision pour risques

Au fil de son avancement, le projet aura à faire face à des aléas et des imprévus, favorables ou défavorables, générateurs de surcoûts ou facteurs d’économies. Pour être immune à des événements défavorables, le budget initial de l’opération doit donc intégrer des provisions financières destinées à couvrir ces risques.

La construction de la gare concentre le niveau de risque le plus important, avec des risques habituels inhérents aux méthodes de constructions et des risques exceptionnels générés par le creusement d’un ouvrage souterrain hors normes dans le contexte lyonnais et à proximité voire sous des ouvrages ferroviaires exploités.

Au niveau de la faisabilité, l’analyse de risque a pour objectif de faire un premier recensement des risques du projet pour servir de justification à la provision pour risque proposée.

Risque	Principaux impacts potentiels	Niveau de risque
Risques géotechniques		
Tassements imprévus associés à la réalisation des infrastructures souterraines, des tranchées ou des remblais importants.	Domage sur ouvrages. Impact sur l’exploitation ferroviaire, routière ou TC. Arrêt des travaux	Faible pour les linéaires excavés en tunnel mécanisé (Ø9,60m ou Ø15m). Limité, pour la gare souterraine, aux excavations en conventionnel à proximité du plateau de voies (du fait de leur réalisation dans l’horizon molassique)
Présence de blocs dans les alluvions et de zones indurées dans les molasses	Ralentissement des travaux de paroi moulée et de terrassement	Faible pour le tunnel. Limité, pour la gare souterraine, aux excavations des puits. Moyen, pour l’excavation des ouvrages d’entonnement
Pour les tunnels, les risques d’instabilité du front de taille par défaut de maintien de la pression de confinement et par avarie sur la tête de coupe. Ce risque est accru en cas de front mixte.	Ralentissement des travaux. Adaptation des méthodes travaux. Tassement excessif / fontis.	Faible car creusement majoritairement dans les molasses. Mais risque accru du fait d’utiliser des tunneliers de grand diamètre Ø15m.
Risques hydrogéologique		
Stabilité des ouvrages (tunnel et gare).	Difficulté de conception des ouvrages.	Fort, surtout pour les excavations en conventionnel dans la zone de la gare et pour les ouvrages d’entonnements.
Effet barrage	Domage sur ouvrages environnants (inondations, tassements).	Faible
Risques liés aux ouvrages environnants		
Découverte de tirants. Profondeur des fiches des parois moulées existantes plus importantes qu’escompté.	Ralentissement du chantier. Mesure spécifique (reprises en sous-œuvre).	Faible à moyen : recensement des contraintes à mettre à jour et à fiabiliser...
Autres risques		



Présence de terre polluée dans le périmètre de la gare réalisée en tranchée couverte	Ralentissement de l’avancement du chantier et augmentation des coûts pour la dépollution.	Tunnel : non applicable Gare : moyen (ancienne station d’essence par exemple)
Acceptabilité des nuisances en phase chantier : bruits, mouvements de camions.	Ralentissement des cadences, logistique perturbée.	Fort, surtout pour l’excavation des ouvrages d’entonnement
Gare : contrainte d’exploitation de la gare impliquant des phasages temporaires	Ralentissement des cadences, logistique perturbée	Moyen

Cette première analyse montre que les risques et incertitudes identifiés restent nombreux, dans la zone de la gare, mais aussi (et surtout), pour les ouvrages d’entonnement, même si ces risques sont largement réduits par rapport à une gare réalisée en méthode conventionnelle.

Compte tenu des montants du projet, les provisions pour risques représentent des montants très importants mais qui se justifient par les coûts que pourront engendrer l’arrêt du chantier pendant des périodes importantes (coûts d’immobilisation des hommes et du matériel).

Du fait d’un niveau global de risque qui pourrait s’estimer mieux contrôlé (par l’utilisation de moyen mécanisés plus importants pour les excavations), une provisions pour risque de 15% (au lieu de 20% pour la solution de gare en TC) est proposée.

4.10.3 Méthode

Voir rapport scénario B

4.10.4 Coût global du scénario C

Les coûts du projet sont présentés dans le tableau ci-après.

Le coût du génie civil de la gare (seule) s’élève à 213 M€ y.c. SAV. Il est faible par rapport à la solution de gare réalisée en méthode conventionnelle (1 144 M€ y.c. SAV) et même par rapport à la gare TC (560 M€ y.c SAV). Cependant, à ce coût attractif doivent s’ajouter les coûts de réalisation des 4 ouvrages d’entonnements (puits Ø60m + partie en conventionnel) qui s’élèvent à 360 M€ y.c. SAV et le surcoût de la sur-excavation au TBM Ø15m (en effet, pour une zone de gare de 330m de quais soit $4 \times 330 = 1320\text{m}$, il est nécessaire de surexcaver en Ø15m sur un linéaire cumulé de 8,7km) : 1 431 M€ y.c. SAV contre 832 M€ dans la solution TC.

Tableau 10 – Coûts des scénarios, M€ c.e. 2013

variante	Gare	Estimation brute	Provision pour risque	Estimation nette
Tunnel bitube	Gare en tranchée couverte	2 825	424	3 249



Le détail de l’estimation brute est indiqué ci-dessous :

• EALE :	10 M€	Rappel solution TC : 10 M€
• Vracc Guillotière :	28 M€	Rappel solution TC : 28 M€
• Racc Nord :	162 M€	Rappel solution TC : 162 M€
• Racc Sud B4 :	459 M€	Rappel solution TC : 459 M€
• Tunnels au TBM Ø 9,60m :	648 M€	Rappel solution TC : 832 M€
• Tunnels au TBM Ø 15m :	783 M€	Rappel solution TC : 0 M€
• Ouvrages d’entonnement (puits+conventionnel):	360 M€	Rappel solution TC : 0 M€
• Gare (GC, galeries, accès, équipements):	375 M€	Rappel solution TC : 889 M€
TOTAL Estimation brute - Scénario C avec GARE 4 TBM	2 825 M€	Rappel solution TC : 2 380M€
Provision pour Risques	424 M€	Rappel solution TC : 476 M€
TOTAL Estimation yc PR - Scénario C avec GARE 4 TBM	3 249 M€	Rappel solution TC : 2 857M€

Il est précisé que l’estimation initiale de la solution par le collège d’experts dans le rapport BG de mars 2015 faisait état d’une estimation de l’ordre de 2,5 Md€. La différence peut s’expliquer parce que cette estimation :

- Correspondait à une solution avec seulement 2 tubes au TBM (et gare avec quais décalés) compatible avec un scénario C monotube entre St Clair et Guillotière ; dans la solution étudiée (et chiffrée) ici, il s’agit bien d’une gare à 4 tubes et d’une arrivée en bi-tubes depuis St Clair / Guillotière.
- Ne comprenait pas d’estimation des ouvrages d’entonnements (puits+conventionnel) qui étaient comptabilisés « seulement » comme des puits de grand diamètre Ø 50m.



5 Conclusion

La présente étude montre que la réalisation la réalisation d’une gare souterraine à partir de l’excavation mécanisée de 4 tunneliers est possible.

Par rapport à une gare réalisée en méthode conventionnelle, la meilleure maîtrise des risques de tassements est indéniable, du fait du recours à la méthode mécanisée. En revanche, l’insertion de la solution est difficile car, aux émergences dans la zone de la gare de la Part-Dieu, s’ajoutent celles des 4 ouvrages d’entonnements (puits Ø 60m) en centre-ville.

Par rapport à une gare réalisée en tranchée couverte, la solution 4 TBM ne présente pas d’avantages significatifs, hormis celui de limiter le volume des travaux dans l’environnement direct du quartier Part-Dieu. A contrario, les inconvénients de la solution 4 TBM par rapport à la solution TC sont :

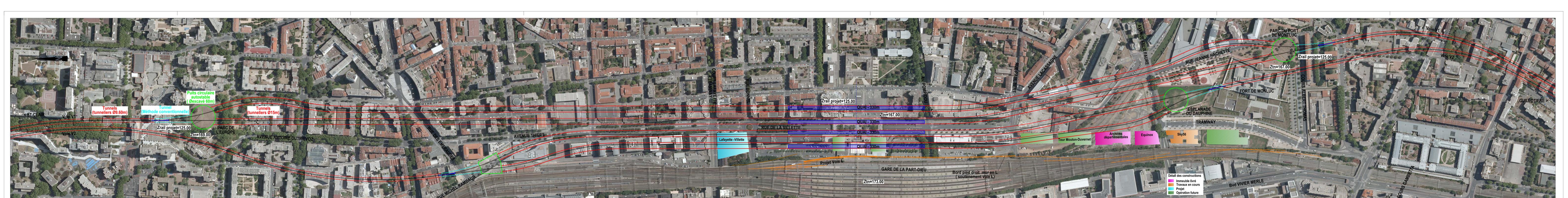
- un coût supérieur : 400 M€ supplémentaires soit +15% environ pour l’ensemble du scénario ;
- des difficultés d’insertion pour les 4 ouvrages d’entonnement dont l’implantation est localisée dans des zones de centre-ville, également très densément urbanisées.

Il ne parait donc pas opportun de poursuivre plus en avant les études de ce type de solutions. La solution en tranchée couverte apparait bien comme la solution la plus crédible, techniquement et économiquement pour le scénario souterrain.



6 Annexes

Vue en plan de la solution 4 TBM – St Clair - Guillotière



NOEUD FERROVIAIRE LYONNAIS
 SECTEUR PART-DIEU
 PRINCIPE 4 TUNNELS - GARE PROFONDE



DATE	INDICE	MODIFICATIONS	Etabli	Contrôlé	Vérifié
04/12/2015	0	Etablissement du document	H. Carayon	F. Digonnet	F. Digonnet