

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

Réseau Ferré de France
DR Rhône Alpes Auvergne

Rapport final

Analyse d'un scénario souterrain avec une gare souterraine réalisée en tranchée couverte

Identification

	Projet	Numéro	Version	Pages
Identification	3670	RG140940	C	70

	Établi par	Vérfié par	Approuvé par
Nom	Ghyslain Le Bihan Benjamin Narce	Pierre Marx	Nicolas Clerc
Fonction	Chargés d'études	Expert ouvrage	Chef de Projet
Date	08/06/2015	08/06/2015	08/06/2015



Objet du document

Ce rapport vise à présenter les possibilités de réalisation d’un scénario d’aménagement avec une gare à l’est de la Part – Dieu qui serait réalisée en tranchée couverte.

Il est rappelé dans une première partie, les différentes contraintes en surface ou en sous-sol pour l’implantation de la gare en tranchée couverte.

Puis dans un second chapitre, il est présenté les différentes configurations de gares envisageables et leurs conditions d’implantations. Enfin, une analyse comparative est réalisée pour mettre en évidence les avantages et inconvénients de chaque solution afin de retenir deux solutions pertinentes.

Enfin, les solutions préférentielles font l’objet d’une étude approfondie : étude fonctionnelle, étude de flux, analyse de la faisabilité technique et coûts.

Indice	Établi par	Date	Objet de la modification
A	Nicolas CLERC	19/02/2015	Création du document
B	Nicolas CLERC	04/03/2015	Prise en compte des remarques de RFF
C	Nicolas CLERC	08/06/2015	Prise en compte des remarques des partenaires



Sommaire

1	Présentation générale du tracé et des variantes.....	5
2	Contraintes et localisation possible de la gare réalisée en tranchée couverte.....	6
2.1	Contraintes techniques liées aux tunnels	6
2.2	Contraintes géologique et hydrogéologique et principes de réalisation de la boîte gare	6
2.3	Contraintes physiques et d’insertion	7
2.3.1	Contraintes bâti	7
2.3.2	Contraintes souterraines	7
2.3.3	Voiries.....	8
2.3.4	Transports en commun	8
2.3.5	Ouvrages du PEM Part-Dieu	9
2.4	Localisation possible	9
3	Analyse comparative des configurations possibles pour la gare	11
3.1	Présentation des solutions.....	11
3.1.1	Solution 1 : gare à 2 voies à plat.....	11
3.1.2	Solution 2 : 4 voies à niveau avec des quais centraux.....	12
3.1.3	Solution 3 : 2 niveaux (2 sens par niveau)	14
3.1.4	Solution 4 : 2 niveaux quais centraux.....	16
3.1.5	Solution 5 : 2 niveaux quais latéraux.....	18
3.2	Synthèse comparative.....	21
4	Analyse d’une variante de raccordement en tranchée couverte au sud de la gare Part-Dieu	23
4.1	Principe	23
4.2	Contraintes.....	24
4.3	Analyse de la solution	26
4.3.1	Profondeur de la gare.....	26
4.3.2	Raccordement sud.....	26
4.3.3	Conclusion	27
5	Etudes fonctionnelles et flux.....	28
5.1	Dimensionnement de la gare	28
5.1.1	Hypothèse de fréquentation	28
5.1.2	Dimensionnement des surfaces de quais	29
5.1.3	Dimensionnement des circulations verticales.....	30
5.1.4	Synthèse du dimensionnement des circulations verticales.....	33
5.1.5	Evacuation incendie.....	34
5.2	Conception de la gare	36
6	Etude de la solution retenue	39



6.1	Tunnels.....	39
6.1.1	Tunnel bitube	39
6.1.2	Raccordement Nord	41
6.1.3	Raccordement Sud.....	41
6.2	Caractéristiques de la boite gare	42
6.2.1	Volumes et dimensions	42
6.2.2	Pré-dimensionnement des structures	44
6.2.3	Problématique de stabilité	45
6.3	Méthode constructive de la gare en tranchée couverte.....	46
6.3.1	Principe général.....	46
6.3.2	Mesure vis-à-vis de l’environnement bâti et ferroviaire	51
6.3.3	Cas particulier d’une réalisation en top / down	52
6.3.4	Installations de chantier	54
6.4	Equipements du tunnel et de la gare	55
6.4.1	Equipements du tunnel et gare	55
6.4.2	Equipements ferroviaires	56
6.5	Impact hydrogéologique des ouvrages	56
6.6	Gestion des déblais et des eaux d’exhaure.....	57
6.6.1	Déblais	57
6.6.2	Gestion des eaux d’exhaure	57
6.7	Réseaux	58
6.7.1	Energie.....	58
6.7.2	Assainissement	58
6.7.3	AEP.....	58
6.7.1	Autres	59
6.8	Ordonnancement des travaux et planning de réalisation	59
6.8.1	Planning des travaux de génie civil.....	59
6.8.2	Planning de réalisation	63
6.9	Chiffrage.....	64
6.9.1	Périmètre.....	64
6.9.2	Analyse des risques identifiés et des sommes à valoir.....	64
6.9.3	Méthode.....	67
6.9.4	Coût global du scénario C.....	67
7	Conclusion	69
7.1	Comparaison de la gare en tranchée couverte avec les solutions de gares en méthode conventionnelle.....	69
7.2	Points à approfondir dans la suite des études	69
8	Annexes.....	70



1 Présentation générale du tracé et des variantes

La solution envisagée consiste à réaliser une infrastructure souterraine de St Clair à Guillotière dont la gare souterraine est réalisée en tranchée couverte.

Les ouvrages envisagés sont les suivants :

- Section nord : un tunnel de St Clair à la Part-Dieu. Les deux voies du tunnel se raccordent aux voies de la ligne d'Ambérieu à St Clair. Cette section est identique à celle des scénarios B0 et B4.
- Une gare souterraine à 4 voies réalisée en tranchée couverte à la Part-Dieu.
- Section sud : trois solutions ont été envisagées :
 - La réalisation d'un tunnel se raccordant à Guillotière comme dans le scénario B0
 - La réalisation d'un tunnel se raccordant à Guillotière comme dans le scénario B4
 - La réalisation d'une infrastructure en tranchée couverte se raccordant aux voies actuelles au niveau de la Manufacture des Tabacs. De la Manufacture à Guillotière, deux nouvelles voies sont réalisées comme dans le scénario A.

Fonctionnellement les deux premières solutions sont identiques aux scénarios B0 ou B4 déjà étudiés.

La troisième solution technique est très similaire au scénario A : l'infrastructure nouvelle étant dissociée de l'infrastructure existante au niveau de Part-Dieu, elle offrirait plus de voie en gare de Part-Dieu pour la gestion des circulations mais moins de possibilité de gestion des circulations (changement d'itinéraires).

Les sections nord et sud ayant été étudiées en détail dans le cadre des scénarios B, elles ne sont pas détaillées à nouveau dans le présent rapport. **L'étude se concentre donc sur la problématique de la gare.**



2 Contraintes et localisation possible de la gare réalisée en tranchée couverte

2.1 Contraintes techniques liées aux tunnels

Côté nord, la nouvelle infrastructure est réalisée en tunnel, selon deux configurations a priori possibles : monotube ou bitube. La réalisation des tunnels impose les contraintes suivantes :

- Epaisseur de couverture de 1,5 diamètre soit un niveau du rail à 21,2 m pour un tunnel bitube et 26,8 m pour un tunnel monotube. Exceptionnellement une couverture de 1 diamètre peut être envisagée soit 16,4 m et 20,5 m respectivement.
- Distance entre les 2 tubes (cas bitube) : 1 diamètre soit 9,6 m

Côté sud, l'infrastructure peut être réalisée en tunnel, mais une solution en tranchée couverte est également examinée.

2.2 Contraintes géologique et hydrogéologique et principes de réalisation de la boîte gare

Le contexte géotechnique et hydrogéologique de Lyon est décrit en détail dans le rapport du scénario B.

Compte tenu de la profondeur de l'ouvrage (selon les scénarios entre -30 m à -40 m), le creusement sera réalisé dans les matériaux alluvionnaires (alluvions modernes) puis dans les molasses. Dans le secteur de la Part-Dieu, le niveau moyen de la nappe est situé à 163 m NGF soit environ 3 m sous le niveau du terrain naturel (parvis de la gare à 166 m NGF). La réalisation d'une tranchée couverte dans ce secteur se fait donc très largement sous le niveau de la nappe.

La méthode proposée de creusement à l'abri d'une enceinte étanche en parois moulées est bien adaptée à ce contexte : Les matériaux alluvionnaires sont excavés à la pelle mécanique et l'eau pompée au fur et à mesure du creusement. Cette méthode a été utilisée pour la construction de la quasi-totalité des stations et sections du métro de Lyon. Par rapport à la méthode de creusement en conventionnelle, elle ne nécessite aucun traitement de terrain et permet l'utilisation de machines à rendement important pour le creusement (pelles mécaniques). Elle est donc beaucoup plus économique pour un même volume excavé.

2.3 Contraintes physiques et d'insertion

Les différentes contraintes d'insertion de la boîte gare listées ci-dessous sont présentées sur la carte de synthèse suivante et jointe en annexe.

2.3.1 Contraintes bâti

Les contraintes du bâti intègre le bâti actuel et le bâti futur envisagé dans le cadre du projet Part-Dieu. Un certain nombre d'immeubles envisagés dans le cadre du projet urbain de la Part-Dieu sont des immeubles de grande hauteur (IGH) qui posséderont nécessairement des fondations profondes. Ces fondations constituent un obstacle pour les tunneliers.



Figure 1: Illustration de l'environnement bâti de la Part-Dieu envisagé à long terme (source : l'AUC)

2.3.2 Contraintes souterraines

Les contraintes souterraines identifiées sont les suivantes :

- Sous-sol des immeubles du secteur : il s'agit notamment du parking présent sous les immeubles de l'alignement côté Vilette et des immeubles de grande hauteur envisagés dans le cadre du projet Part-Dieu,
- Parkings souterrain : parking Vilette et futur parking Béraudier,
- Métro B.

2.3.3 Voiries

Les principales voiries structurantes du secteur sont :

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

2.3.4 Transports en commun

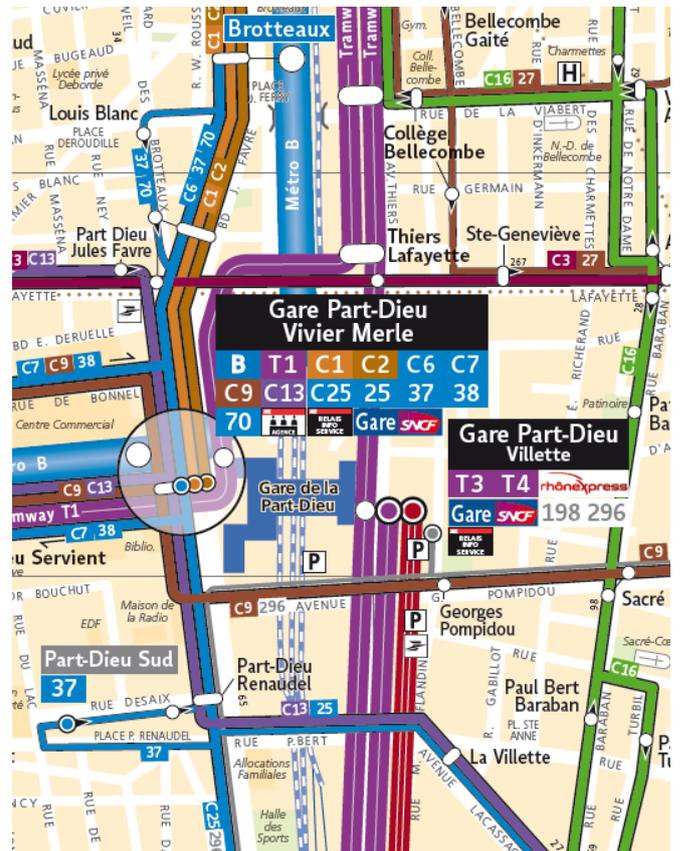
Le métro B se situe à l’ouest de la gare ferroviaire actuelle. Il passe sous le bd Jules Favre

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 Villette ;
- T3 et Rhônexpress sur la rue de la Villette

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

Figure 2: Transport en commun, secteur Part-Dieu

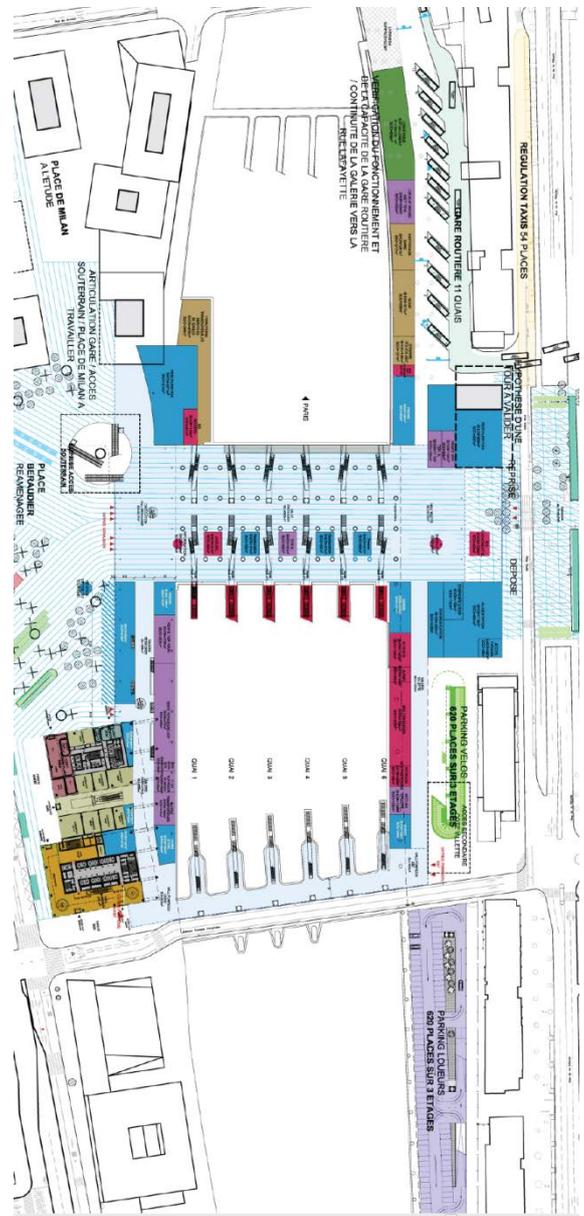


2.3.5 Ouvrages du PEM Part-Dieu

Le projet du Pôle d'Echange Multimodal de la Part-Dieu prévoit la réalisation de nouvelles installations côté est de la gare :

- Une gare routière et des locaux techniques au nord-est,
- Deux « cubes de services » de part et d'autres de l'entrée du hall voyageur côté est,
- Deux galeries pour les voyageurs de part et d'autre de la gare entre le hall voyageur et la rue de Pompidou,
- Une station vélo côté est au nord de Pompidou,
- Un parking silo côté est au sud de Pompidou.

Figure 3 : Eléments du projet PEM Part-Dieu



2.4 Localisation possible

L'analyse des contraintes montre que la solution de moindre impact urbain pour réaliser une gare à l'abri d'une enceinte en parois moulées est de l'implanter à l'est de la gare de la Part-Dieu entre la voie L et le premier front du bâti. Cet espace est long d'1km environ sur environ 28 m de largeur.

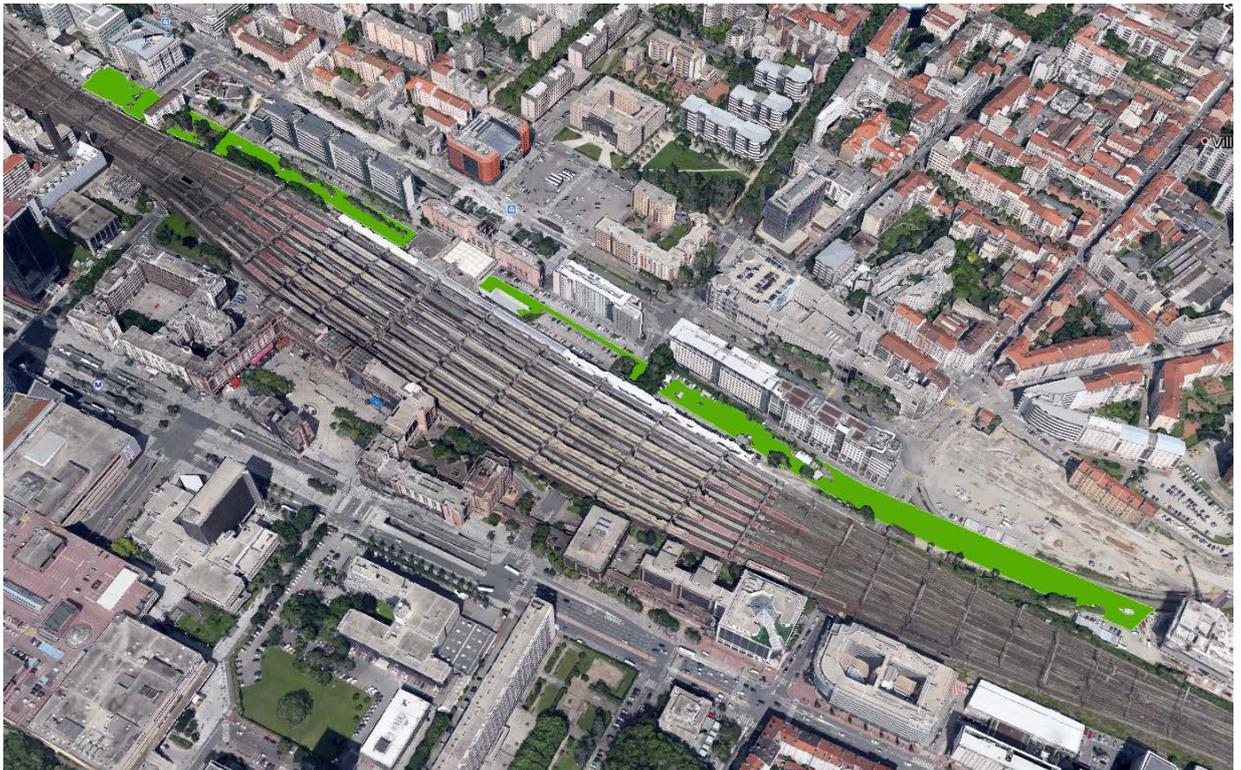
Cet emplacement n'est néanmoins pas exempt de contraintes, qui nécessiteront des méthodes de réalisation adaptées :

- Présence du mur de soutènement des voies ferrées et le parking SNCF situé au niveau des voies au nord du cours Lafayette

- Bâtiments situés au nord du cours Lafayette (bâtiment TLM actuel) ;
- Franchissement des voiries et site propre tramway/bus sur le cours Lafayette (tramway T1, trolleybus C3), la rue de Bonnel, l'avenue G. Pompidou, la rue Paul Bert.
- Présence du futur bâtiment « Lafayette-Vilette » qui n'est pas encore réalisé mais en en projet ;
- Installations du PEM : gare routière, cubes de service, vélo station, galerie de service, parking silo ;
- Immeubles situés au sud de la rue Paul Bert si ceux-ci ont été réalisés. Dans les réflexions actuelles sur le projet Part-Dieu, la réalisation de ces bâtiments n'est envisagée qu'à très long terme ;

Il convient de noter qu'après les travaux, l'espace situé à l'aplomb de la gare peut être restitué pour réaliser des ouvrages du même type que ceux démolis en phase travaux.

Figure 4: Emplacement disponible



3 Analyse comparative des configurations possibles pour la gare

3.1 Présentation des solutions

5 solutions sont étudiées sur la base de coupes types :

- 2 coupes avec des voies sur un seul niveau,
- 3 coupes avec des voies sur deux niveaux.

Nota : Les coupes suivantes sont des coupes types représentées avec :

- Des quais de 7 m de largeur,
- Une unité de circulation verticale par quai, c’est-à-dire un escalier mécanique ou un escalier fixe.

3.1.1 Solution 1 : gare à 2 voies à plat

Cette solution ne répond pas aux besoins fonctionnels de 4 voies à quais.

L’arrivée dans la boîte est réalisée en tunnel bitube de façon à proposer un seul quai central. Le quai est desservi par deux unités de circulation verticale.

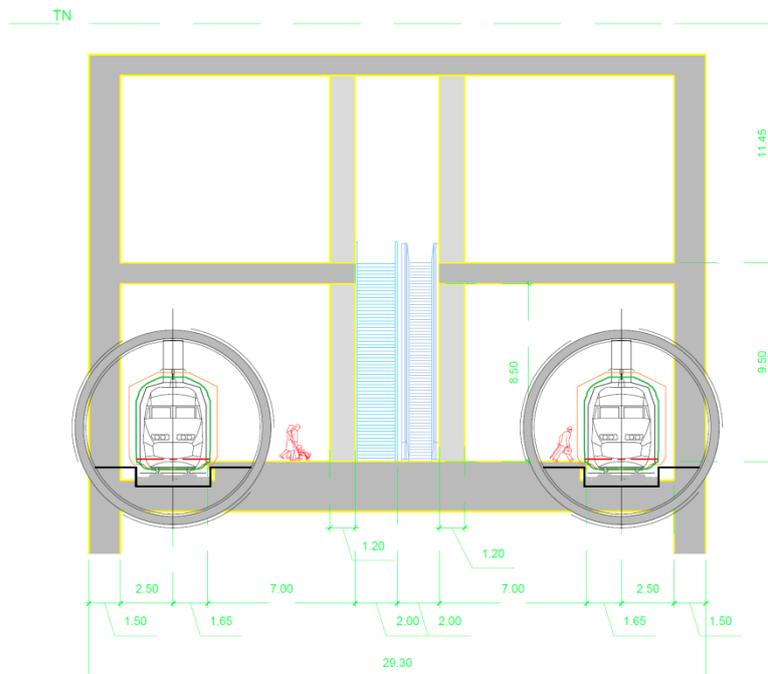


Figure 5 : Solution 1 - Coupe 2 voies en plan

Une variante avec un tunnel monotube consisterait à réaliser deux quais latéraux au lieu d’un quai central.

3.1.2 Solution 2 : 4 voies à niveau avec des quais centraux

Dans cette solution, l’arrivée dans la boîte se fait avec un tunnel monotube ou bitube. Chaque quai est desservi par deux unités de circulation verticale. L’arrivée en monotube présente l’inconvénient d’être plus profond que les tunnels bitubes pour respecter le diamètre et demi d’épaisseur de couverture. Le niveau du quai est ainsi situé à -27m.

Figure 6 : Solution 2 - Coupe

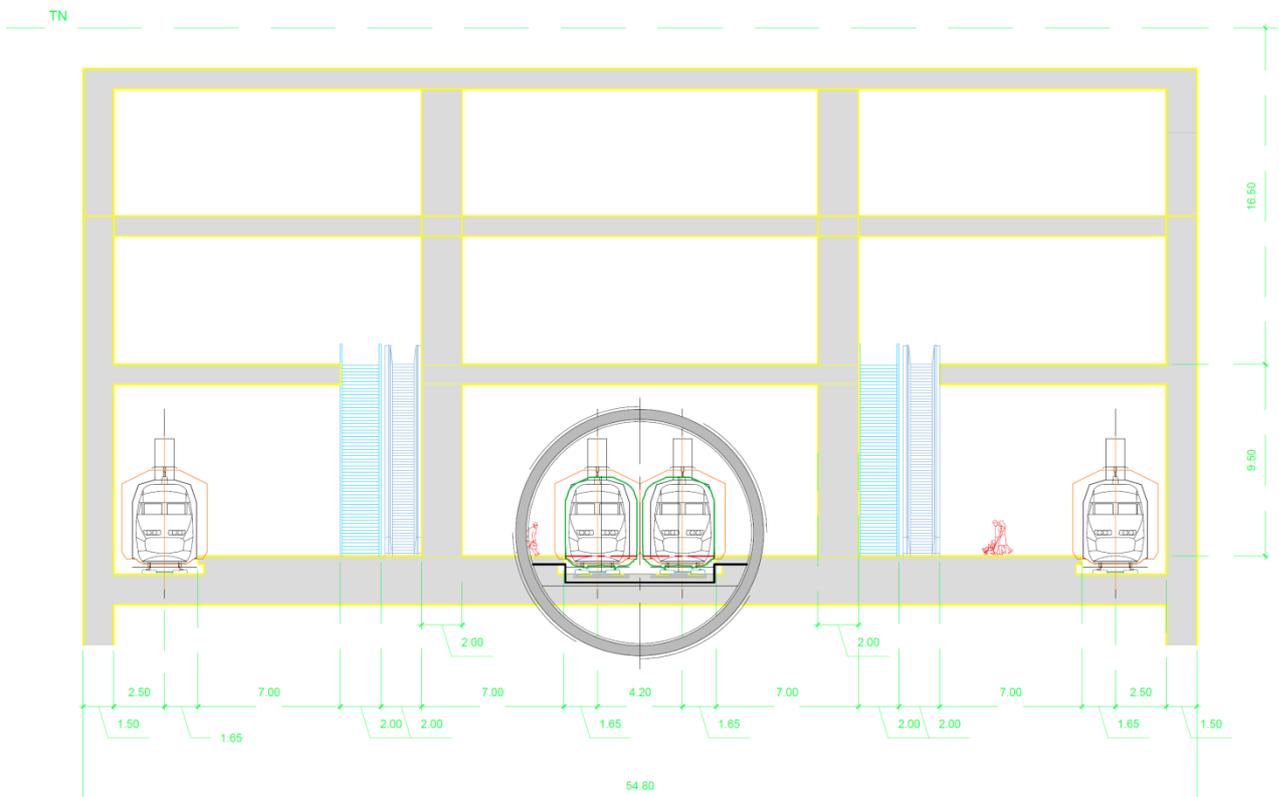
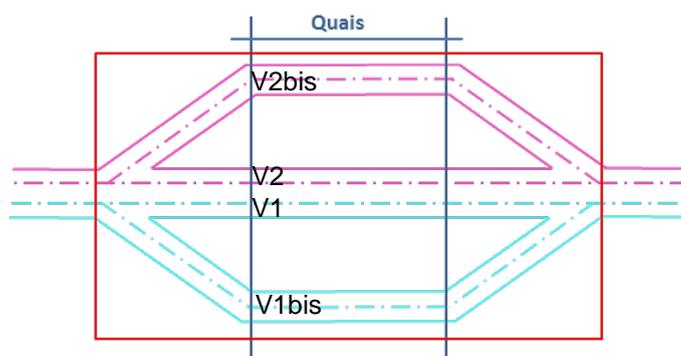


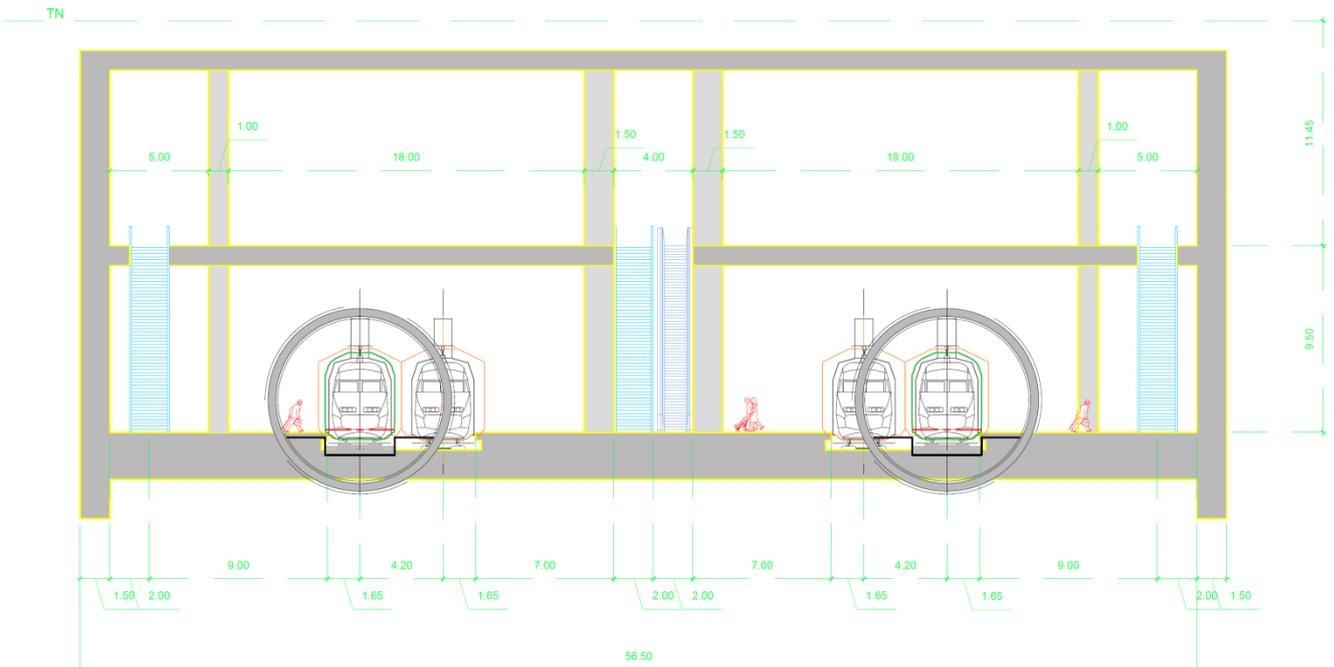
Figure 7 : Solution 2 - schéma en plan de circulation dans la boîte gare



Le schéma ci-contre illustre les circulations ferroviaires à l’intérieur de la boîte gare. Chacune des voies du monotube se divise dans la boîte pour desservir la voie bis.

La coupe suivante présente une variante de la solution précédente, avec une arrivée dans la boîte en bitube, cette solution permet de limiter la longueur de la boîte mais également la hauteur du quai (-21m contre -27m en monotube). En revanche, dans cette variante, la boîte est plus large.

Figure 8 : Solution 2 bis - 4 voies en plan avec 1 quai central et 2 latéraux



Ces deux coupes fonctionnellement intéressantes par leur niveau unique (quais à environ -21 m ou -27 m du terrain naturel) sont en revanche très larges, elles ne s’insèrent pas dans l’emprise disponible.

L’insertion de ces deux boîtes ne peut se faire sans impacter l’ensemble du bâti à l’est de la gare ou la voie L à l’ouest.

Pour ne pas impacter ces éléments, il serait nécessaire de réduire la largeur de la boîte d’environ 25m ce qui conduirait à des quais de 0,75 m de large ! Ceci est évidemment inacceptable.

Tableau 1 : Solution 2 et 2 bis - synthèse

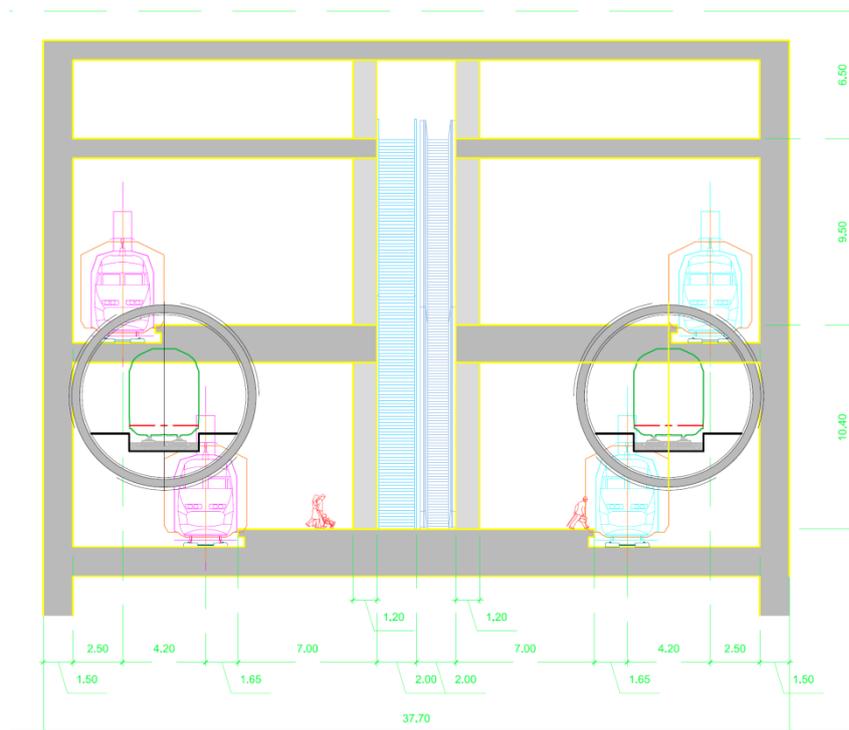
2 SOLUTIONS	Soit impact bâti (ensemble du bâti)	Soit réduction des quais (25 m de largeur à gagner) → Quai de 0,75m de largeur
Voyageur	Niveau unique à -27 m du TN	Quais de 0,75 m de largeur → Fonctionnellement pas acceptable
Contraintes	Ensemble du bâti → pas acceptable	

3.1.3 Solution 3 : 2 niveaux (2 sens par niveau)

La coupe suivante est une solution en bitube avec 2 niveaux. Les quais sont centraux ce qui permet de mutualiser les circulations verticales, les correspondances entre les quatre quais sont ainsi facilitées.

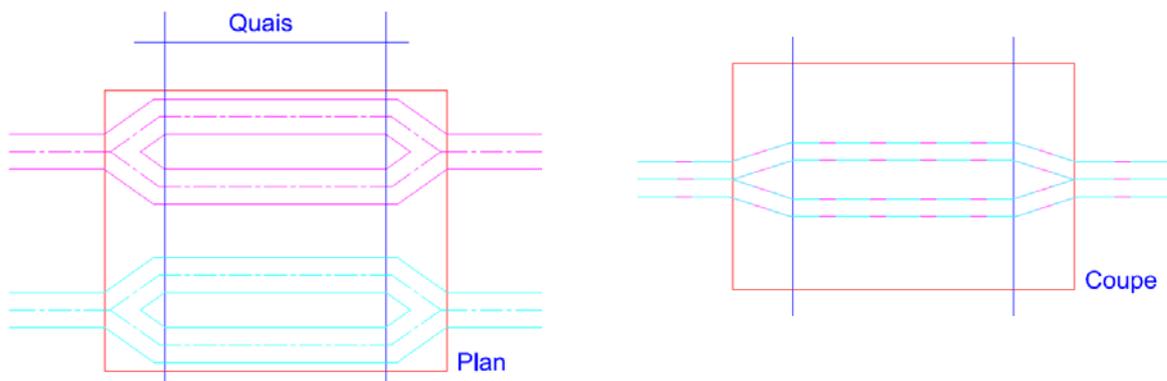
Le niveau du quai haut est plus haut que les quais des solutions en plan (-16m), le quai bas est à -26 m environ par rapport au niveau du terrain naturel.

Figure 9 : Solution 3 - 2 niveaux (2 sens de circulation par niveau)



Dans cette solution, les voies se divisent dans le sens vertical, ce qui conduit à avoir des voies de sens contraire sur chaque niveau.

Figure 10 : Solution 3 - schéma (en plan et profil) de division des voies dans la boîte

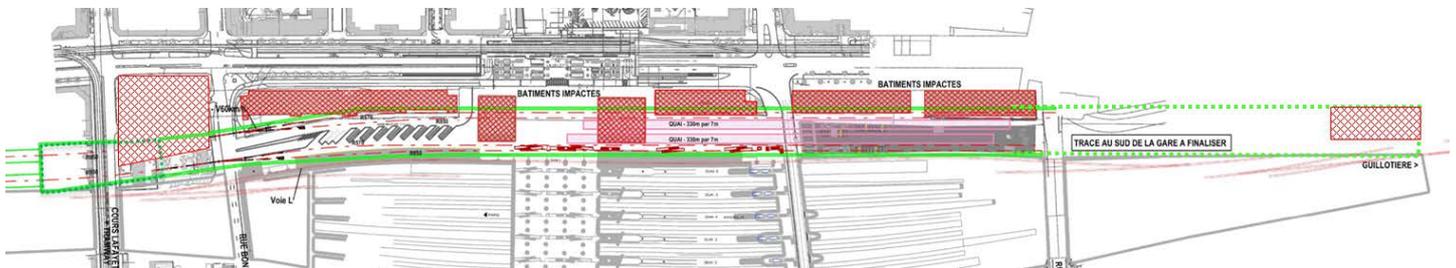


Le plan suivant présente l’insertion de la boîte gare. Le tracé en plan et en profil contraint à avoir une boîte longue, la distance entre le début de la boîte et les quais est de l’ordre de 400 mètres.

Cette solution impacte côté nord le futur bâtiment à l’angle de Lafayette/Villette et le cours Lafayette et côté sud, l’immeuble des archives.

Pour ne pas impacter le bâti côté Villette (en dehors des deux « cubes de services » situés de part et d’autre de l’entrée Villette), il serait nécessaire de gagner environ 8 m en largeur de boîte, avec pour résultat une largeur de 3 mètres pour les quais du second niveau.

Figure 11 : Solution 3 - insertion de la boîte gare avec interprétation de l’impact côté sud



Le tableau synthétise les avantages et inconvénients de la solution 3.

Tableau 2: Solution 3 - synthèse

Voyageur	2 Niveaux : -16m et -26m Quais centraux
Contraintes	Boîte longue : 1 000m (400m jusqu’au quai) -> impact bâti Lafayette/Villette + au sud (Archives) Boîte large : 37,70m Soit impact de l’ensemble du bâti Soit réduction des quais (8m de largeur à gagner) → quai niveau bas de 3m de largeur

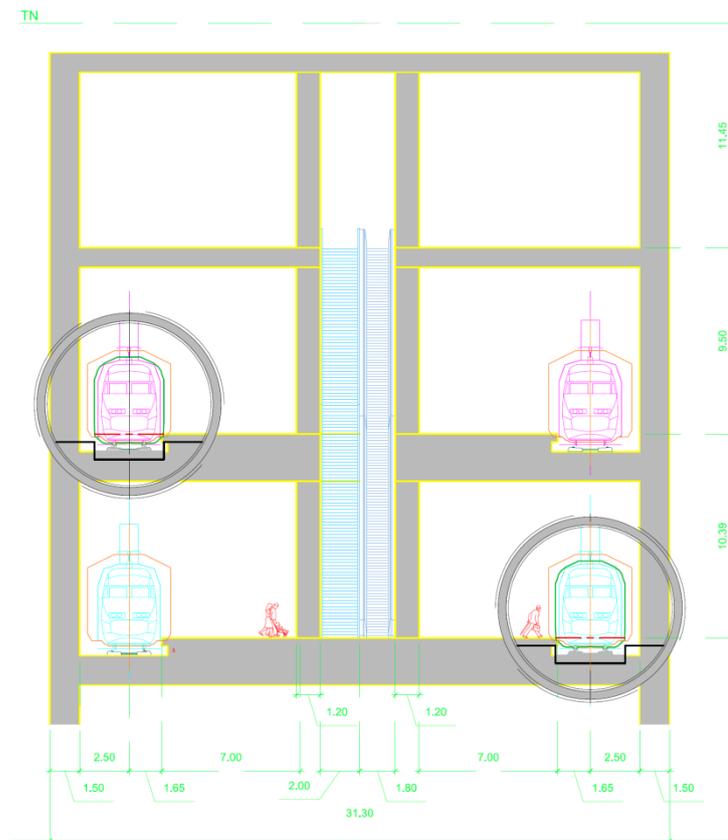
3.1.4 Solution 4 : 2 niveaux quais centraux

La solution 4 est une solution avec une arrivée nord en tunnel bitube dans une boîte gare sur deux niveaux. Chaque tube alimente un niveau.

Les quais sont centraux ce qui permet de mutualiser les circulations verticales et de faciliter les correspondances entre quais.

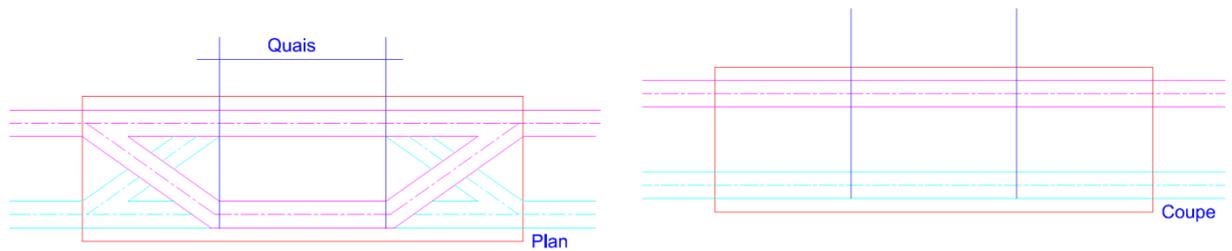
Le niveau du quai haut est de -21m, le quai bas est à - 31 m environ par rapport au niveau du terrain naturel.

Figure 12 : Solution 4 - Coupe



Chaque tube alimente un niveau, les voies se divisent en plan dans la boîte gare pour desservir chaque quai.

Figure 13 : Solution 4 - schéma (en plan et profil) de division des voies dans la boîte



Le plan suivant présente l'insertion de la boîte gare de la solution 4. Le tracé en plan et en profil contraint à avoir, comme dans la solution précédente, une boîte longue. La distance entre le début de la boîte et les quais est de l'ordre de 400 mètres.

Cette solution impacte côté nord le futur bâtiment à l'angle de Lafayette/Villette et le cours Lafayette.

Pour ne pas impacter le bâti côté Villette (en dehors des deux « cubes de services » situés de part et d'autre de l'entrée Villette), il serait nécessaire de gagner environ 2,7 m en largeur de boîte, réduisant ainsi la largeur des quais à 5,65 mètres.

Figure 14 : Solution 4 - insertion de la boîte gare



Le tableau synthétise les avantages et inconvénients de la solution 4.

Tableau 3 : Solution 4 - Synthèse

Voyageur	2 Niveaux : -21m et -31m Changement de voies à quai aisé
Contraintes	Boîte longue : 1 000m (400m jusqu'au quai) Largeur 31,5m : réduction des quais (de l'ordre de 2,5m de largeur à gagner) → quai de 5,65m de largeur

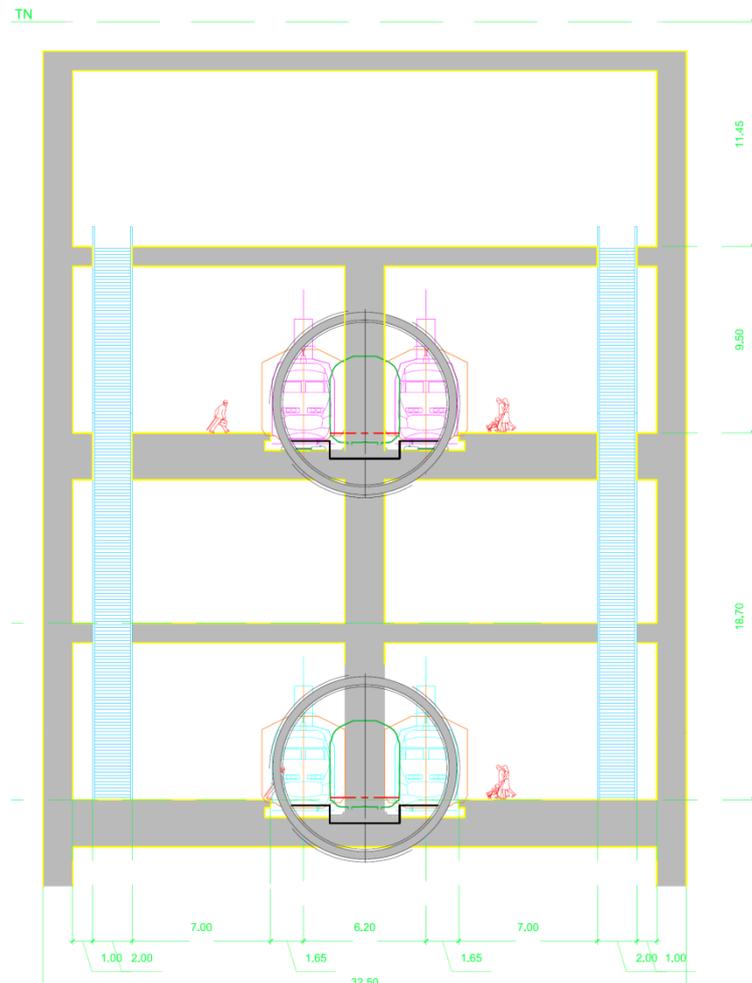
3.1.5 Solution 5 : 2 niveaux quais latéraux

Cette dernière solution est également proposée avec une arrivée en tunnel bitube dans la boîte gare. Les tubes sont alignés verticalement ce qui nécessite une distance en hauteur d'un diamètre entre les deux tubes en entrée de boîte.

Les contraintes de tracé ne permettent pas de d'introduire des pentes/rampes dans la boîte pour limiter l'écart entre le niveau -1 et -2 sans allonger la boîte. On a donc un niveau -2 très profond par rapport aux autres solutions de l'ordre de -40m. Le niveau -1 est identique à la solution 4, à -21 m de profondeur.

Cette solution possède deux quais latéraux, de ce fait, la réalisation d'une correspondance nécessite d'emprunter les circulations verticales.

Figure 15 : Solution 5 : 2 niveaux quais latéraux



Chaque tube alimente un niveau, les voies se divisent en plan dans la boîte gare pour desservir chaque quai.

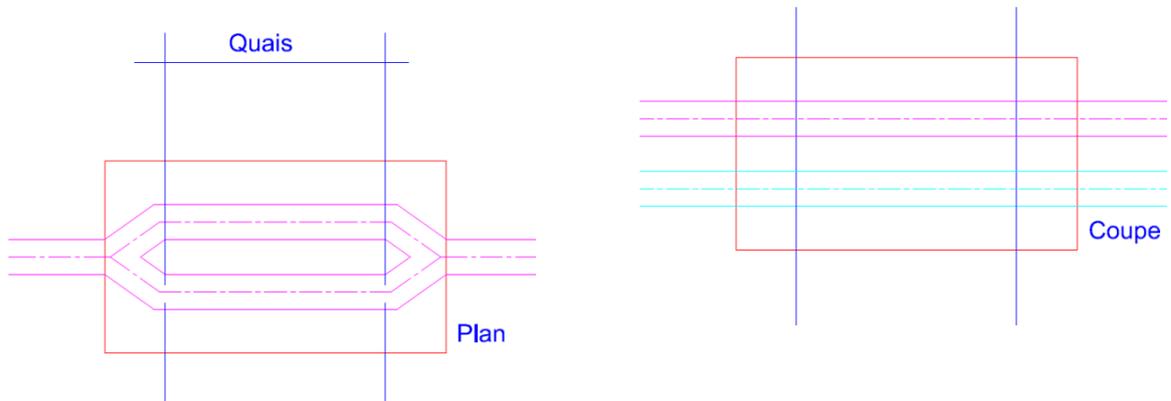


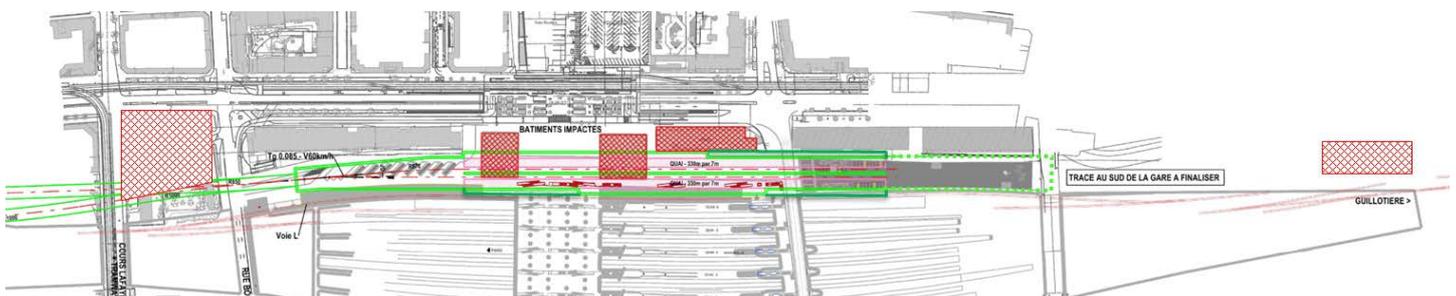
Figure 16 : Solution 5 - schéma (en plan et coupe) de division des voies dans la boîte

Le plan suivant présente l’insertion de la boîte gare de la solution 5. Le tracé en plan et en profil permet d’obtenir une boîte courte, avec une distance de l’ordre de 130 m entre le début de la boîte et les quais.

Cette boîte courte présente l’avantage de ne pas impacter le futur bâtiment à l’angle de Lafayette/Villette, le cours Lafayette et côté sud, l’immeuble des archives.

En revanche, pour ne pas impacter le bâti côté Villette (en dehors des deux « cubes de services » situés de part et d’autre de l’entrée Villette), il serait nécessaire comme pour la solution 4 de gagner environ 3,7 m en largeur de boîte, réduisant ainsi la largeur des quais à 5,15 mètres.

Figure 17: Solution 5 - insertion de la boîte gare avec interprétation de l’impact côté sud





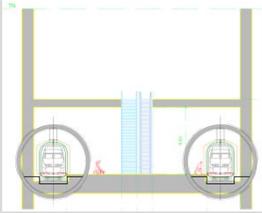
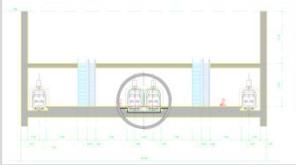
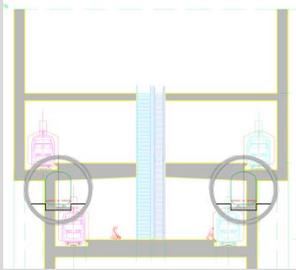
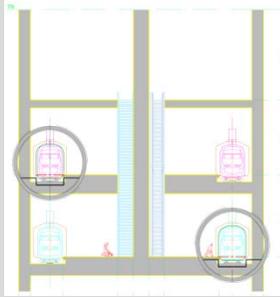
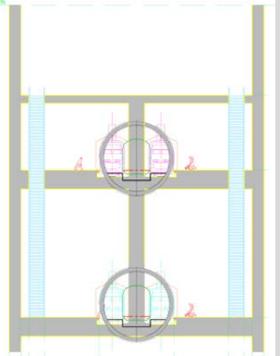
Le tableau synthétise les avantages et inconvénients de la solution 5.

Tableau 4 : Solution 5 - Synthèse

Voyageur	2 Niveaux : -21m et -40m Changement de voie moins pratique
Contraintes	Boite Courte : 600 m (130m jusqu'au quai) Largeur 32,5m : réduction des quais (de l'ordre de 3,7m de largeur à gagner) → quai de 5,15m de largeur



3.2 Synthèse comparative

	Solution 1 gare à 2 voies à plat	Solution 2 et 2bis gare à 4 voies à plat	Solution 3 2 niveaux (2 sens de circulation par niveau)	Solution 4 2 niveaux (quais centraux)	Solution 5 2 niveaux (quais latéraux)
					
Voyageur	Ne Répond pas aux besoins de 4 voies	Niveau unique à -27 m du TN	2 Niveaux : -16m et -26m	2 Niveaux : -21m et -31m Changement de voies à quai aisé	2 Niveaux : -21m et -40m Changement de voie moins pratique
Contraintes		Impact sur l'ensemble du bâti	Boite longue : 1 000 m (300m jusqu'au quai) Boite large : 37,40m Impact de l'ensemble du bâti ou réduction des quais (8,6m de largeur à gagner) → quai niveau bas de 3m de largeur	Boite longue : 1 000m (400m jusqu'au quai) Boite moyenne : 31,50m Impact de l'ensemble du bâti Ou réduction des quais (2,7m de largeur à gagner) → quai de 5,65m de largeur	Boite courte : 600 m (130m jusqu'au quai). Pas d'impact au nord de Lafayette Boite moyenne : 32,50m Impact de l'ensemble du bâti Ou réduction des quais (3,7m de largeur à gagner) → quai de 5,15m de largeur
	NON RETENUE	NON RETENUE	NON RETENUE	RETENUE	Variante possible non étudiée en détail



Le tableau de synthèse précédent montre que les **solutions 4 et 5** sont les plus intéressantes. Tout en répondant aux besoins fonctionnels, elles engendrent des impacts plus limités que les autres solutions sur le bâti.

Du point de vue du voyageur, la solution 4 apparaît préférable, du fait de la moindre profondeur des quais et de par l'avantage qu'apporte le quai central dans les correspondances entre les quais. Cette solution est étudiée en détail dans les chapitres qui suivent.

En termes d'impact sur l'environnement urbain, la solution 5 apparaît plus intéressante, en effet, sa boîte courte permet de ne pas impacter le futur bâtiment à l'angle de Lafayette/Villette et le cours Lafayette. Elle n'est pas étudiée en détail à ce stade mais pourra être développée ultérieurement.

4 Analyse d’une variante de raccordement en tranchée couverte au sud de la gare Part-Dieu

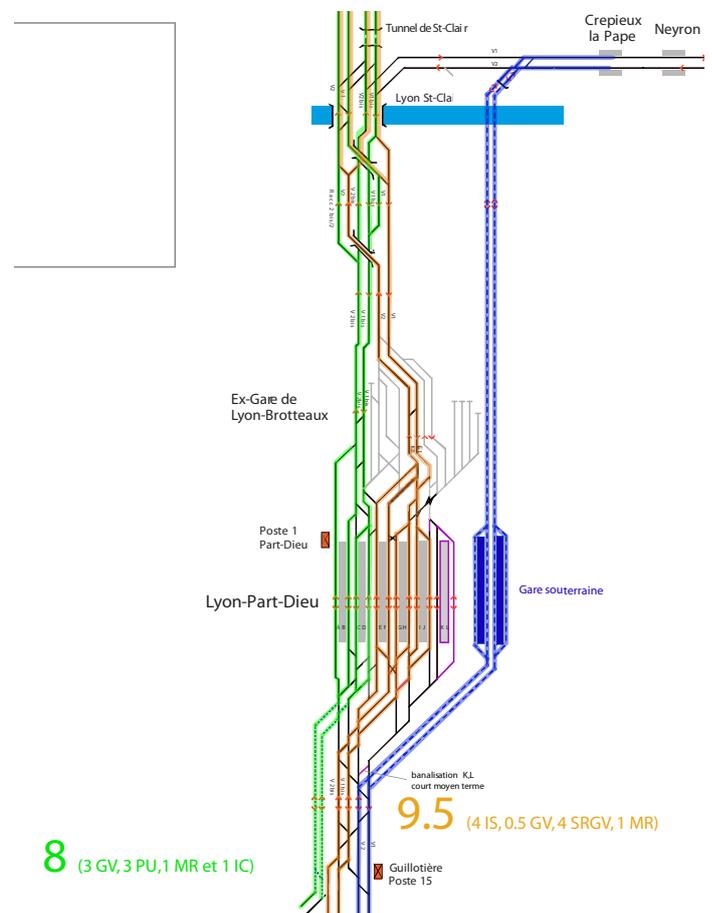
4.1 Principe

Cette solution cherche à prolonger l’infrastructure au sud de la gare en tranchée couverte. Elle présenterait l’avantage de limiter les longueurs de tunnel à réaliser et de s’éviter le raccordement très complexe à Guillotière. Une économie potentielle de l’ordre de 300M€ est attendue. Fonctionnellement, le principe est alors très proche de celui du scénario A :

- Les deux voies venant de la gare souterraine se raccordent sur les voies 1 et 2 au niveau de la Manufacture des tabacs.
- Deux autres voies de débranchent des voies 1bis et 2 bis comme dans le scénario A.

La problématique concerne alors le raccordement possible sur les voies 1 et 2 puisque le débranchement des voies 1 bis et 2 bis correspond à l’infrastructure nouvelle étudiée pour le scénario A : insertion en élargissement de la tranchée ou en tranchée couverte sous le boulevard des Tchécoslovaques.

Figure 18: Schéma fonctionnel de la solution avec raccordement en tranchée couverte





4.2 Contraintes

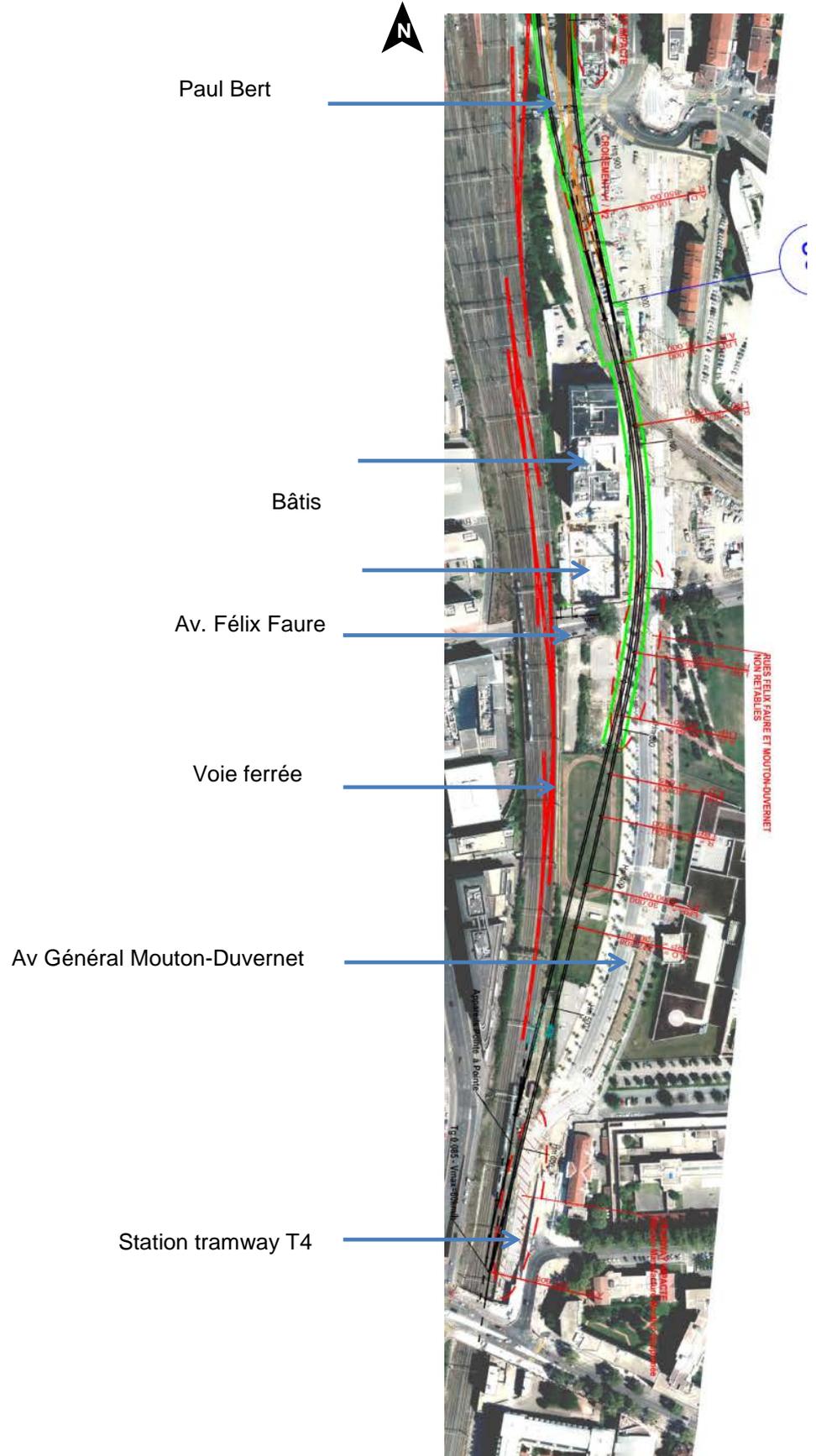
Les contraintes physiques identifiées sont :

- La présence de bâtiments de bureaux : archives départementales notamment ;
- La proximité des voies ferrées exploitées ;
- La ligne de tramway T4 ;
- Le franchissement de boulevards routiers : Paul Bert, Félix Faure, Général Mouton-Duvernet ;
- La présence d'équipements ferroviaires et notamment d'un poste électrique (poste de sous-sectionnement et de mise en parallèle de la manufacture des Tabacs).

Du point de vue du tracé, les contraintes de profil en long sont très fortes, les points remarquables étant :

- Le raccordement sur les voies existantes : point d'altimétrie fixe
- Le passage sous l'avenue Félix Faure qui nécessite une hauteur de 8 m environ entre le terrain naturel et le niveau du rail.
- Le raccordement aux voies de la gare, la profondeur des voies de la gare étant contraint par les épaisseurs de couvertures des tunnels côté nord.

Figure 19: Contraintes d'insertion du raccordement en tranchée couverte



4.3 Analyse de la solution

4.3.1 Profondeur de la gare

Dans la configuration de gare n°4, le niveau du rail se situe à 32 m sous le terrain naturel. La distance entre l'extrémité sud des quais et le point de raccordement aux voies existantes est de 700 m environ.

Dans ces conditions, il n'est pas possible de réaliser ce raccordement en respectant les contraintes de tracé de 35mm/m pour le profil en long. **Il est nécessaire de relever le niveau de la gare.**

Deux solutions à combiner peuvent être mises en œuvre pour atteindre un relèvement du niveau de la gare de 10 m :

- Limiter les épaisseurs de couverture des tunnels côté nord, en réalisant des traitements de terrain. Ceci permet de relever le niveau des tunnels et donc de la boîte gare.
- Allonger la boîte côté nord pour permettre de remonter le niveau des voies en amont de la boîte gare. Dans la pratique, cela se traduit par l'insertion d'une section en tranchée couverte en prolongement de chaque tunnel avant d'entrée dans la boîte gare.

Ceci a plusieurs conséquences :

- Les impacts côtés nord sont plus importants du fait de la réalisation d'une section en tranchée couverte,
- Il est impossible de réaliser une salle d'échange pour la gare (mezzanine). Cette salle d'échange a une utilité pour l'acheminement des flux voyageurs.

4.3.2 Raccordement sud

Le tracé envisagé est réalisé sous la rue du Général Mouton Duvernet, ceci permet :

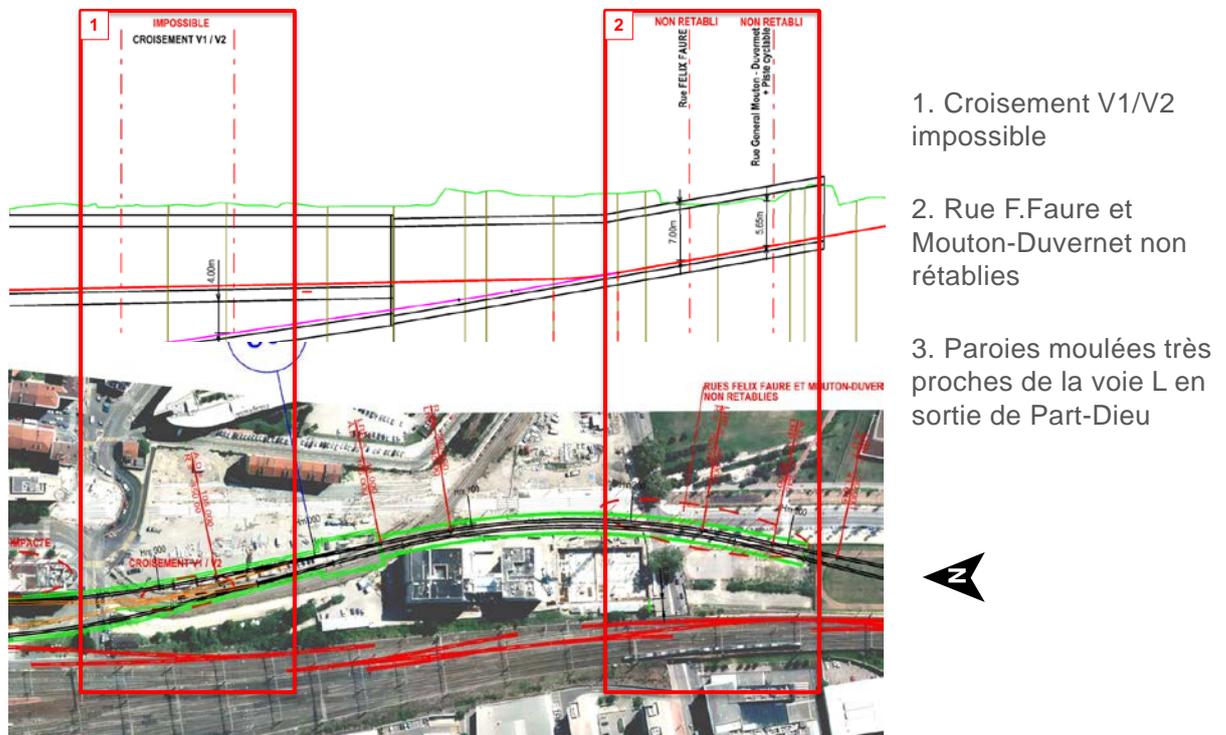
- de se dégager des contraintes du bâti situé le long des voies ;
- de se dégager des contraintes de stabilité des voies existantes.

La réalisation du tracé met en avant les contraintes suivantes :

- La recherche d'un point de raccordement le plus au sud possible pour limiter les contraintes de profil en long conduit à un impact très important sur la ligne de tramway T4 et la station Manufacture des tabacs. Il est nécessaire de modifier le tracé du tramway en le décalant vers l'est pour libérer une emprise. Ceci impacte alors la rue Mouton Duvernet (coupure complète), voire le bâti adjacent si on souhaite maintenir la circulation routière.
- Le passage sous la rue Félix Faure et sous la rue Mouton Duvernet ne peut se faire avec les hauteurs souhaitées. Il faudrait envisager de décaler la rue Mouton Duvernet et la ligne de tramway T4 plus à l'est. Il faudrait également envisager localement un gabarit électrique réduit en hauteur.

- La réalisation du croisement des voies 1 et 2 est impossible car la voie 2 n’est pas suffisamment profonde au moment où elle doit croiser la voie 1 avant l’entrée en gare.

Figure 20: Problèmes de tracé pour la sortie en tranchée couverte



1. Croisement V1/V2 impossible
2. Rue F.Faure et Mouton-Duvernet non rétablies
3. Paroies moulées très proches de la voie L en sortie de Part-Dieu

4.3.3 Conclusion

Sans remettre en cause les limites de valeur maximale de profil en long du référentiel technique actuel (35mm /m), le cumule des problématiques identifiées conduit à rejeter cette solution à ce stade des études. Bien que prometteuse (économie potentielle de l’ordre de 300M€), elle s’avère in fine difficile à réaliser du fait :

- de la nécessité de relever le niveau de la gare ce qui conduit à des impacts supplémentaires au nord et à supprimer la salle d’échange ;
- des impacts sur les boulevards routiers et sur le tramway T4 au sud.

Il faudrait envisager des pentes de 45mm/m pour rendre viable cette solution.

5 Etudes fonctionnelles et flux

5.1 Dimensionnement de la gare

5.1.1 Hypothèse de fréquentation

Le dimensionnement des circulations est 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 le quai 1, qui accueillera les trains en provenance du sud (voie paire), les fréquentations seront de :

- 1636 voyageurs pour le train le plus chargé en provenance de Grenoble,
- et 636 voyageurs pour le train en provenance de Saint-Etienne.

Sur le quai 2, qui accueillera les trains en provenance du sud (voie impaire), les fréquentations seront de :

- 830 voyageurs dans le train « périurbain » le plus chargé en provenance d’Ambérieu,
- et 1 342 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 :

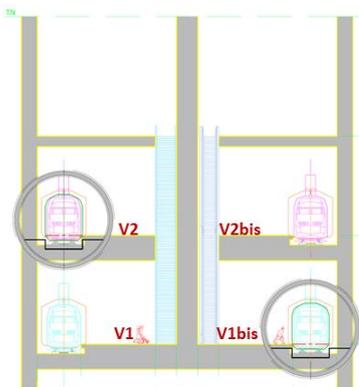


Tableau 5 : Fréquentation par quai

	Montants	Descendants	Provenance
V1	165	830	Ambérieu
V1bis	65	1 342	Annecy/Genève
V2	83	1 636	Grenoble
V2bis	134	687	St-Etienne

5.1.2 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 de quai maximale possible en fonction des contraintes du site.

5.1.2.1 Définition de la largeur avec un niveau de service D

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./m ²)	Densité en circulation (voy./m ²)
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 6 : 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	1 342	20	1 342	1 362
V2	83	1 636	25	1 636	1 661
V2bis	134	687	23	687	710
Quai dimensionnant	-	-	50	1 636	1 661

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 1 661 m² de quai, le double de la surface nécessaire pour les autres quais.

Tableau 7 : 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	1 661	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.

5.1.2.2 Définition du niveau de service en fonction de la surface disponible

La surface utile résultante des contraintes d'insertion est de l'ordre 1 900 m² par quai obtenue à partir d'une largeur de quai utile de 5,95 m (5,65 m de largeur quai plus 1,2 m de largeur au niveau des piles moins 0,90 m de largeur de la zone de stationnement à risque) et en ôtant une surface de l'ordre de 90 m² correspondant aux piles de soutènement centrale (environ 80 piles de 1,2m de diamètre). Voir dossier de plan annexé.

Cette surface permet d'atteindre un niveau de service D

5.1.3 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 8 : 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.

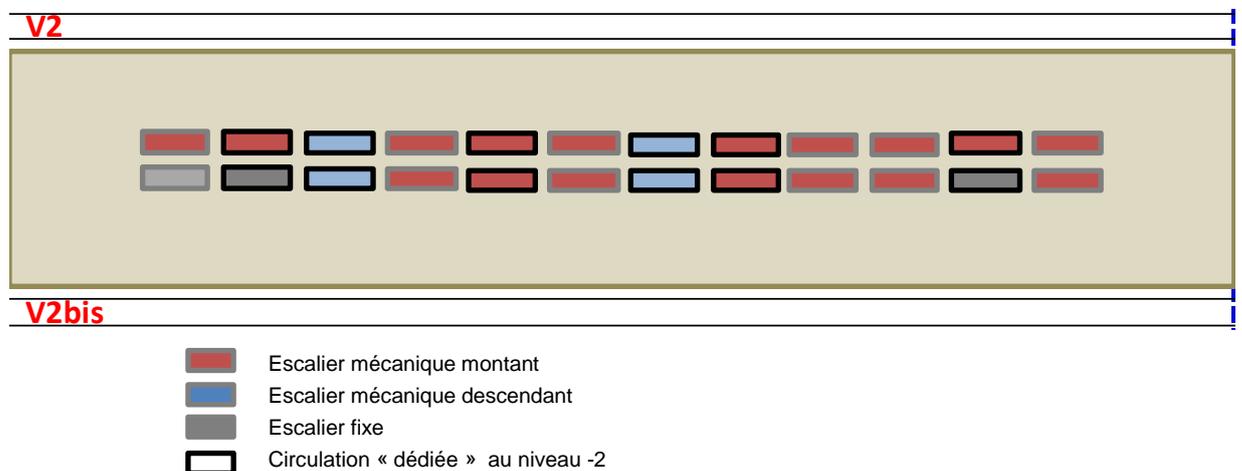
Sur la base des éléments de flux et des hypothèses de dimensionnement des ouvrages, les circulations verticales sont définies. Le dimensionnement est réalisé par niveau en retenant l’hypothèse qu’il n’y a pas de mutualisation des circulations au niveau -1, c’est-à-dire que les usagers du niveau -1 ont des circulations distinctes de celles des usagers du niveau -2, car 2 trains pourraient arriver au même moment.

Le dimensionnement 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 de la gare permet d’insérer 12 zones de 2 circulations verticales. Le niveau -1 est ainsi dimensionné selon cette limite d’implantation de l’ensemble des circulations verticales vers la sortie mais également des circulations verticales pour desservir le niveau -2.

Tableau 9 : Principe d’implantation des circulations verticales pour le niveau -1





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 le niveau -1 et Ambérieu pour le niveau -2.

Pour le niveau -1, la configuration répondant à l'exigence d'un temps d'attente de 3 minutes nécessite 6 points d'accès répartis sur le quai de la manière suivante :

Tableau 10 : Niveau -1 - dimensionnement et positionnement des circulations verticales

Flux descendant du train	Accès						Total
	1	2	3	4	5	6	
Positionnement / quai	30	102	150	222	246	294	
Attractivité flux descendants	341	273	341	205	205	273	1636
Nombre d'EM	1	2	2	2	2	1	10
Largeur d'EF	2					2	4
Capacité par accès / min	106	100	100	100	100	106	612
Temps d'attente (s)	122	95	131	61	62	85	131
Temps sortie quai (s)	199	167	212	129	130	159	212
Queue maxi (voy)	215	158	218	102	104	150	218

Selon cette configuration, le temps d'attente maximal est de moins de 131 secondes soit moins de 3 minutes.

Pour le niveau -2, 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 11 : Niveau -2 - dimensionnement et positionnement des circulations verticales

Flux descendant du train	Accès						Total
	1	2	3	4			
Positionnement / quai	84	156	228	300			
Attractivité flux descendants	503	280	280	280			1342
Nombre d'EM	1	2	2	1			6
Largeur d'EF	2			2			4
Capacité par accès / min	106	100	100	106	0	0	412
							Temps d'attente max
Temps d'attente	178	104	104	95			178
							Temps de sortie max
Temps sortie quai	292	172	171	165			292
							Queue maxi par accès
Queue maxi	315	174	174	169			315

Selon cette configuration, le temps d'attente maximal est de moins de 178 secondes soit légèrement moins de 3 minutes.

Pour la mezzanine, 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 plus la mezzanine n'est pas un simple espace de circulation, mais il propose également des services, notamment des commerces. 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.

5.1.4 Synthèse du dimensionnement des circulations verticales

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

Tableau 12 : Synthèse du dimensionnement des circulations verticales

	Escaliers mécaniques montants	Escaliers méca. descendants	Escaliers fixes (mètres)
Mezzanine	8	6	8,0
Niveau -1	16 (dont 6 venant du -2 et 10 pour cet étage)	4	8,0 (dont 4 m venant du -2 et 4m pour cet étage)
Niveau -2	6	4	4,0

5.1.5 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 vitesse de circulations en cas d’évacuation :

Tableau 13 : 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 supérieure 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 utilisant le nombre de circulation verticales le plus contraignant, en l'occurrence, les circulations du niveau mezzanine :

- Du -2 au -1 il y a 10 escalators, dont on retient 8 à l'arrêt et 2 hors service. Il y a 2500 personnes à évacuer.
- Du -1 à la mezzanine, il y a 20 escalators, dont on retient 18 à l'arrêt et 2 hors services, soit 9 escalators. Il y a 5000 personnes à évacuer, donc 9 escalators pour chaque flux de 2500 personnes.
- De la mezzanine à la surface il y a 14 escalators, dont on retient 12 à l'arrêt et 2 hors service. Il y a 5000 personnes à évacuer.

Pour le calcul on retient donc deux flux de 2500 personnes arrivant du -1 et du -2 et chaque flux disposant de 6 escalators à l'arrêt et 7,6m d'escaliers fixe pour s'évacuer.

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.

	Evacuation niveau -1	Evacuation niveau -2
Flux à évacuer	2500	2500
Nombre d'EM Hors service	1	1
Nombre d'EM à l'arrêt résultant	6	6
Largeur d'EF	4,0	4,0
Largeur escaliers de secours	3,6	3,6
Capacité évacuation par minute	484	484
Temps d'évacuation du niveau (minutes)	5,17	5,17
Distance de circulation horizontale (mètres)	110	110
Temps de circulation horizontale (minutes)	1,83	1,83
Niveau du quai (mètres)	-20,95	-31,35
Temps de circulation verticale (minutes)	0,87	1,31
Temps total de mise hors sinistre (minutes)	7,87	8,30

5.2 Conception de la gare

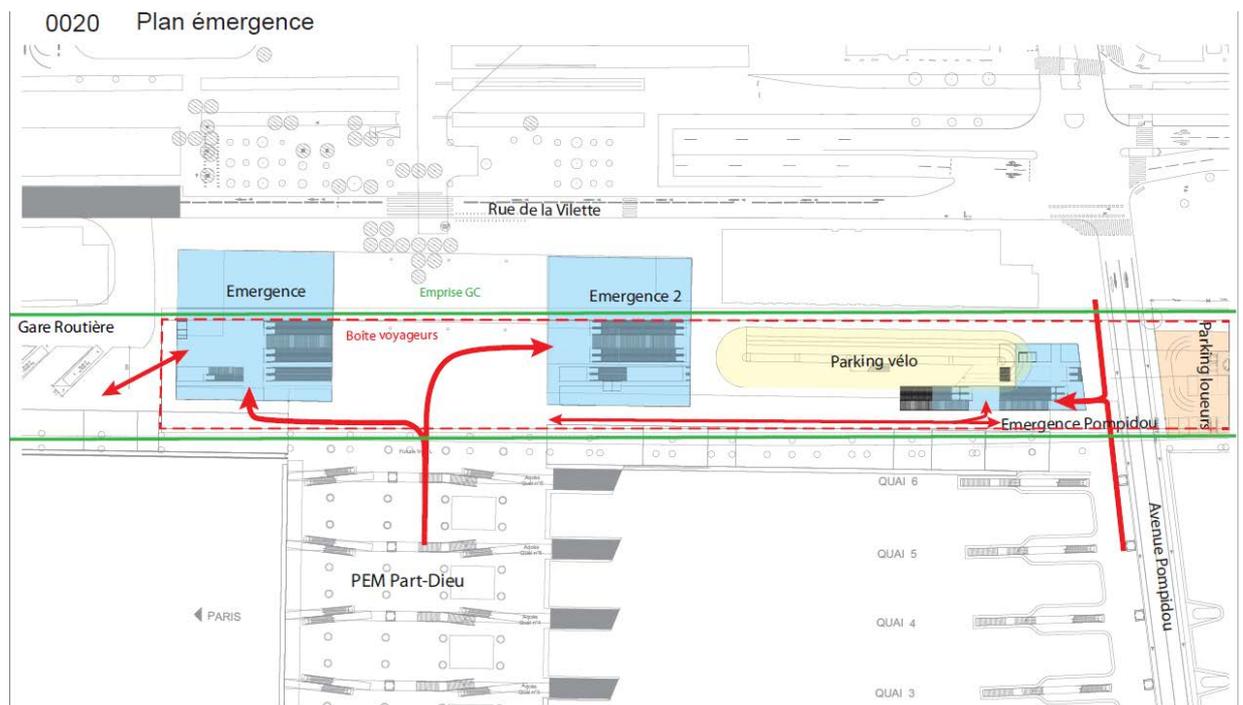
Compte tenu de l’occupation du sol, il est proposé de concentrer les émergences de la gare souterraine en des points stratégiques pour les circulations et échanges voyageurs :

- au nord du hall voyageurs, en relation avec le hall et la gare routière
- au sud du hall voyageurs,
- au nord de l’accès Pompidou.

Les voyageurs arrivent des niveaux quais de manière répartie dans la mezzanine, qui permet de concentrer et d’orienter les flux vers ces trois émergences.

Dans la conception proposée, le nombre d’escalator entre la mezzanine et la surface est réduit par rapport au nombre d’escalators arrivant des niveaux quais. On considère en effet que les premières circulations verticales puis la mezzanine jouent un rôle tampon et permettent d’étaler le pic de demande arrivant sur le dernier niveau.

Figure 21: Vue en plan des émergences



Dans la gare, compte tenu du nombre d’escaliers et d’escalators à positionner l’organisation des cheminements vers la mezzanine est délicate. Si l’on tient compte :

- de la nécessité de laisser suffisamment de dégagement en pied et en tête de ces escaliers,
- de la nécessité de répartir les escaliers à chaque étage pour réduire les temps d’attentes des voyageurs,

Alors, il n’est pas possible d’organiser les escaliers des niveaux -2 et -1 de manières symétrique : tous les escaliers doivent être orientés dans le même sens.

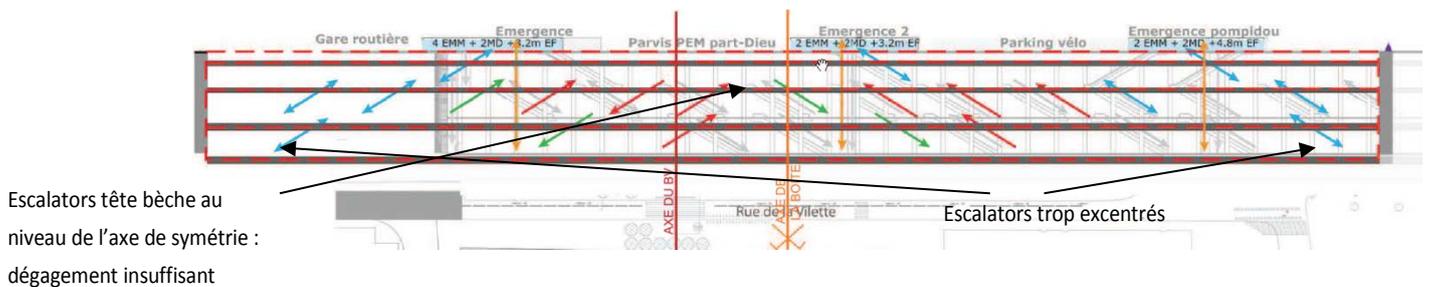
La conception proposée permet de dégager environ 16 m en pied et en tête de chaque escalier / escalators ; 8 m dans le cas où les escalators s'enchaînent.

En plus des escalators et escaliers, il est proposés des escaliers de secours à chaque extrémité de gare (4 m de largeur de chaque côté) pour éviter les culs de sac et des ascenseurs pour répondre aux exigences PMR : 2 à chaque extrémités et 2 au tiers des quais soit 8 au total. Le nombre d'ascenseurs n'est pas spécifié par la réglementation, celui-ci vise à limiter les longueurs de cheminement.

Figure 22: Vue en élévation



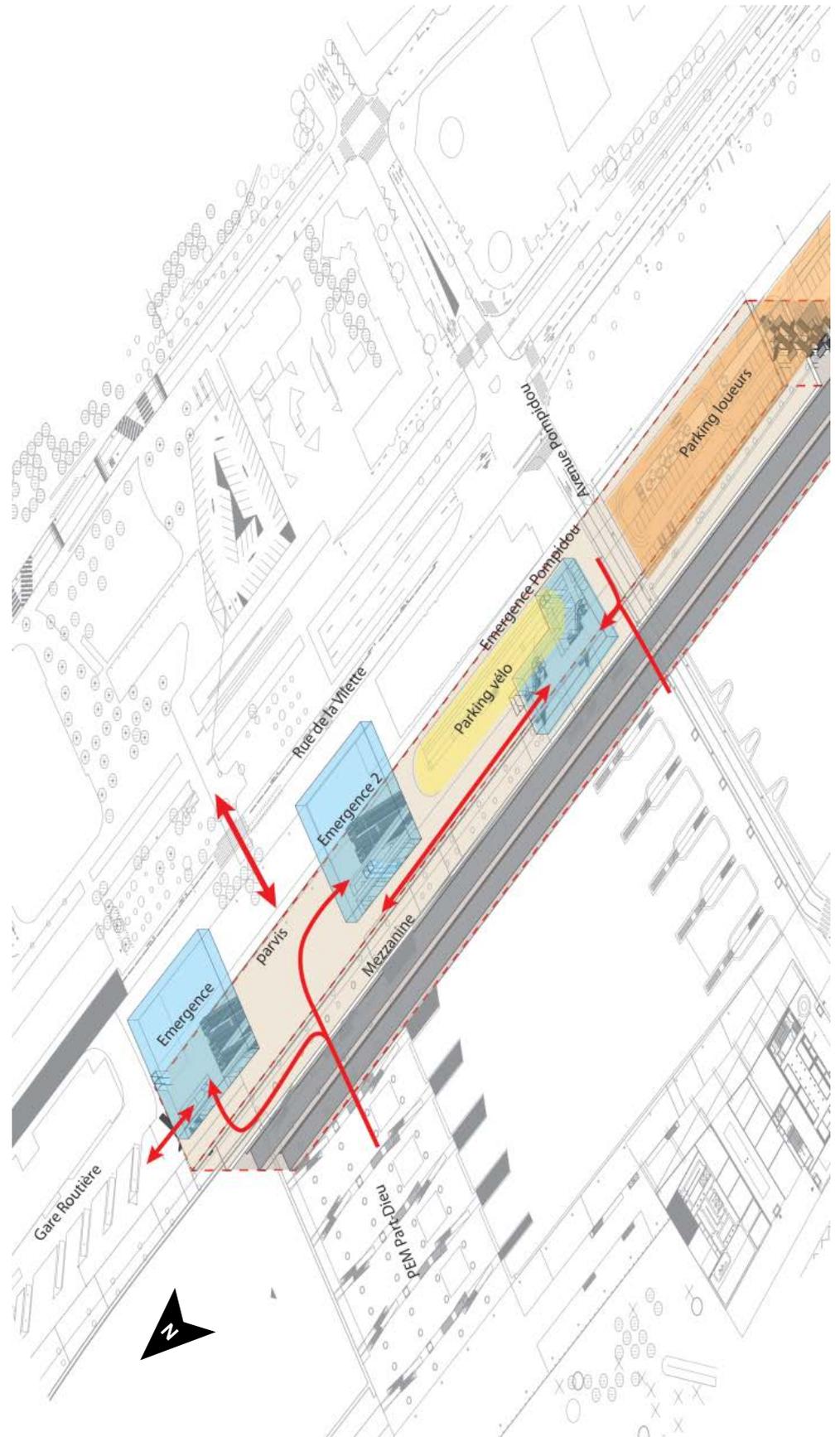
Figure 23 : Problématique d'organisation des escalators dans une configuration symétrique



Escalators tête bèche au niveau de l'axe de symétrie : dégagement insuffisant

Escalators trop excentrés

Figure 24 : Axonométrie de la solution proposée



6 Etude de la solution retenue

La solution retenue consiste donc à réaliser une gare en tranchée couverte encadrée au nord et au sud par deux sections en tunnel. **Les tunnels sont des ouvrages bitubes pour permettre le raccordement des voies 1 et 2 à la boîte gare à deux altimétries différentes.**

6.1 Tunnels

6.1.1 Tunnel bitube

La longueur des ouvrages est présentée ci-dessous pour une sortie sud dans la configuration B4.

Longueur règlementaire tunnel y.c. gare	Boîte gare	Longueur tunnel foré au tunnelier	tranchée couverte	Longueur tranchée ouverte
V1 : 8,41 km V2 : 8,64 km	0,92 km	V1 : 6,4 km V2 : 6,7 km	Saint-Clair : 0,53 km Guillotière : V1 : 0,56 km V2 : 0,5 km	Saint-Clair : 0,15 km Guillotière : V1 : 0,25 km V2 : 0,25 km

6.1.1.1 Section d'un tunnel bitube

La section est identique à celle du scénario B.

6.1.1.2 Rameaux inter-tubes

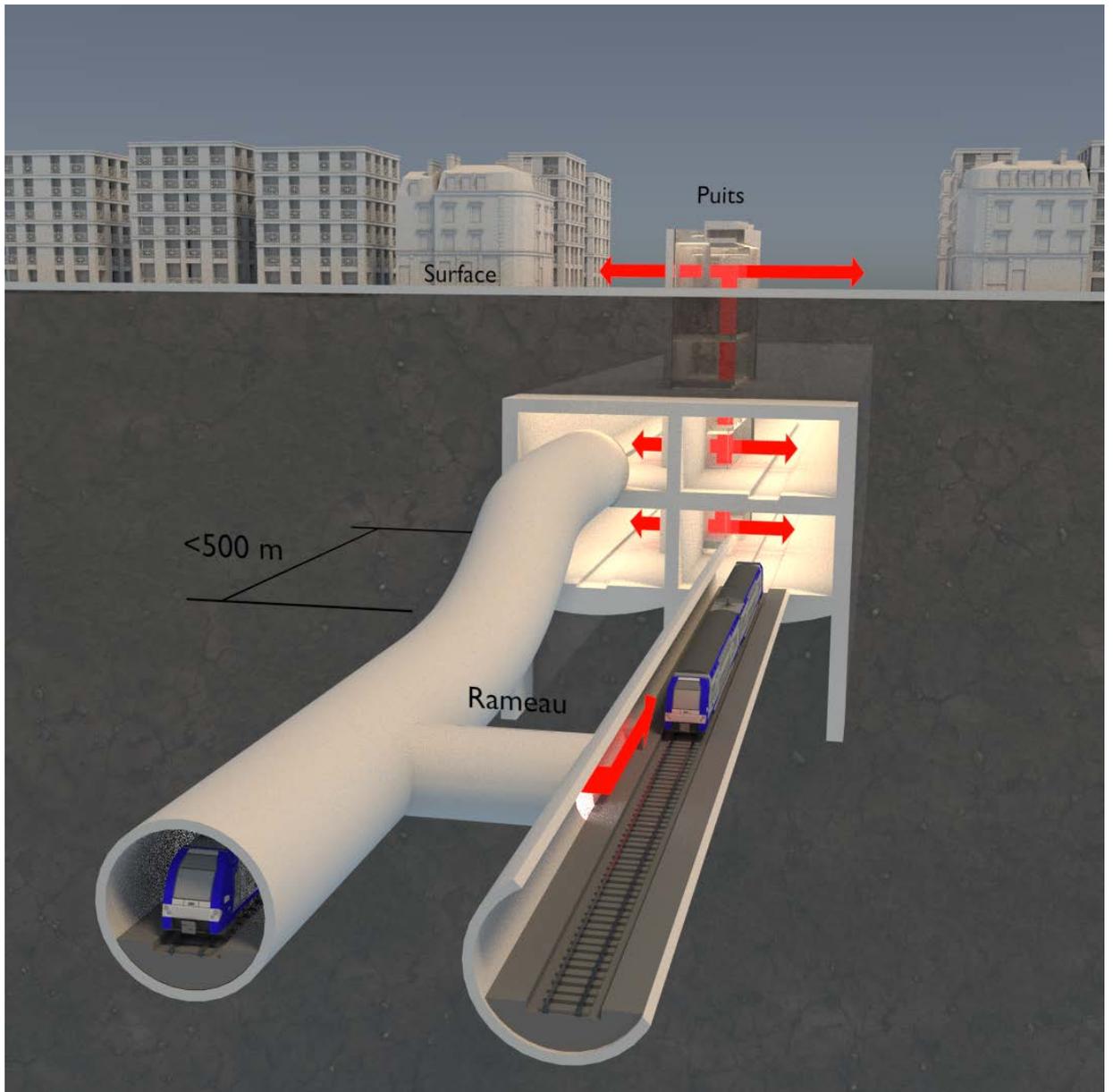
Les caractéristiques des rameaux sont présentées dans le rapport du scénario B.

Pour ce scénario, les deux tubes se décalent dans le sens vertical (en z) avant de se raccorder à la boîte gare. Ce décalage, se fait sur 400m environ avec une pente de 35 mm/m.

Ensuite, il faut encore 300m environ dans la boîte gare avant le début du quai pour le débranchement des voies bis.

Un puits de sécurité sera réalisé dès l'entrée dans la boîte gare, ce qui permettra d'éviter de positionner un rameau dans la partie où les deux tubes ne sont pas à la même altitude. Ce puits ne génère pas d'impact supplémentaire à celui de la réalisation de la boîte gare.

Figure 25 : Croquis de principe de positionnement des issues de secours en amont et en aval de la gare.

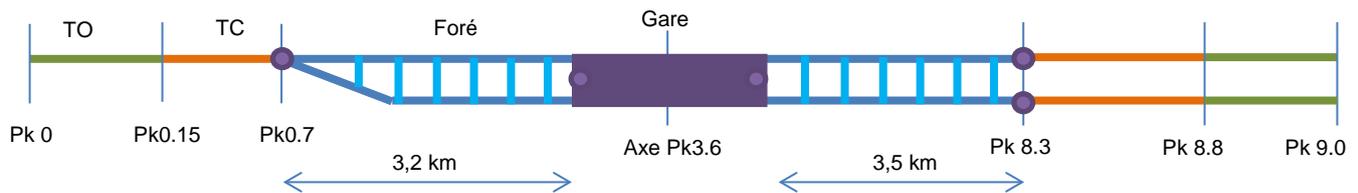


Le nombre de rameau est alors :

- Côté Nord 6 rameaux devront être créés.
- Côté Sud, 6 rameaux devront être créés.

On compte les puits d'accès des secours :

- Côté nord au démarrage des tunnels forés
- Au niveau nord du cours Lafayette, au raccordement des tunnels forés dans la boîte gare ;
- Au sud de la rue Paul Bert, au raccordement des tunnels forés dans la boîte gare.



6.1.2 Raccordement Nord

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

6.1.3 Raccordement Sud

Le tunnel étant bitube, la solution envisagée est celle des émergences dissociées avec un raccordement dans la configuration B4 sur les voies de la PLM. Cette solution conduit à sortir des emprises ferroviaires. Un tracé optimisé de ce raccordement est présenté en annexe de ce rapport, visant à limiter l'impact sur le bâti.

Un raccordement dans une configuration B0, c'est-à-dire sur les voies « Racc » est envisageable. Cette solution sera toutefois plus impactante pour l'exploitation ferroviaire que la solution présentée dans le rapport du scénario B car celle-ci est basée sur un ouvrage monotube. Avec un ouvrage bitube, l'emprise nécessaire pour l'émergence des deux tunnels est plus large et impactera temporairement (pendant la durée de réalisation de la tête de tunnel) les tiroirs B et C du technicentre de Guillotière.

Figure 26 : Pour mémoire : tracé de la sortie B0



6.2 Caractéristiques de la boîte gare

6.2.1 Volumes et dimensions

En plan, la géométrie de l'enceinte de la gare n'est pas un rectangle parfait, elle comporte des surlargeurs aux extrémités pour permettre le raccordement des tunnels et le ripage ou la sortie des tunneliers.

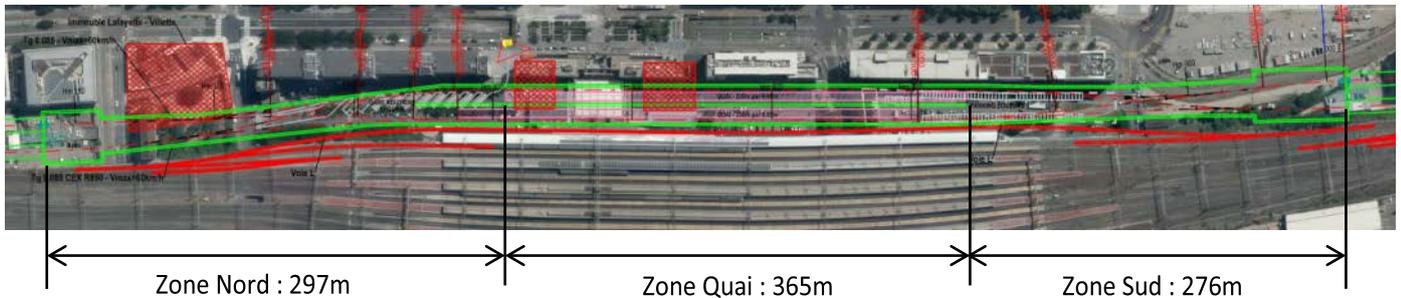
Côté nord, elle s'oriente légèrement à l'ouest pour éviter l'impact sur le parking souterrain situé sous les immeubles de la rue de la Villette. Côté sud, la boîte a été implantée en alignement, ce qui induit un passage des tunnels sous les bâtiments situés plus au sud (archive départementales et bâtiment de bureaux). Sur la base de données précises sur les fondations de ces bâtiments, les études ultérieures devront déterminer s'il est effectivement possible de passer en dessous ou bien s'il faut infléchir le tracé vers l'ouest pour éviter ces bâtiments.

Côté est, du fait des contraintes de proximité du bâti et des parkings souterrains, on envisage à ce stade un positionnement des parois moulées avec 2 m de recul par rapport au bâti existant. Côté ouest, les parois sont également réalisées à 2 m des fondations de la voie L. En fonction de ces valeurs de recul par rapport au bâti et à la voie L, la largeur extérieure maximale de la boîte est de 29,4 m dans sa partie centrale.

La boîte gare englobe la zone de quai ainsi que les zones de dédoublement des voies dans chaque sens de circulation. L'étude de tracé montre que ses dimensions utiles sont alors de 938 m de long, 25,8 m de large (cote intérieure) pour une altitude du rail le plus profond à 31,3 m par rapport au TN. La mezzanine possède une hauteur sous plafond de 5 m environ. Les étages des quais ont des hauteurs plus importantes : 8 m et 9 m qui pourront être réduites par des lits de boutons pour limiter les déformations des parois.

Fonctionnellement, la gare souterraine comprend donc :

- 2 longueurs dédiées au dédoublement des voies et à la sortie des tunneliers, de part et d'autre des quais, 297m pour la partie Nord et 276m pour la partie Sud ;
- La zone de quai, au centre et dont la longueur est d'environ 365m.



Pour le profil en travers, le principe d'une gare à 2 niveaux et à quais centraux a été retenu (cf. §3.2).

Dans la zone de quai, la gare comprend trois niveaux sous la couverture, de haut en bas :

- Un niveau mezzanine, dont l'altitude est placée de manière à libérer suffisamment d'espace par rapport au niveau inférieur tout en assurant le butonnage des parois de l'enceinte. Le niveau du plancher est alors fixé à 11 m sous le terrain naturel.
- Un premier niveau de quai : ce niveau correspond au sens de circulation pair, auquel sont associés les flux voyageurs les plus importants. Tout en cherchant à l'implanter au moins profond, l'altimétrie des voies est fixée par la hauteur de couverture nécessaire au tunnel foré au tunnelier (1.5Ø) se raccordant à ce niveau : cette altimétrie est de 21 m sous le terrain naturel.
- Un second niveau de quai qui correspond au sens de circulation impair. Dans la mesure où la distance horizontale entre les deux tunnels forés au point d'entrée dans la boîte est suffisamment large, la hauteur de ce niveau n'est pas contrainte par des questions techniques, au niveau des quais. L'altitude de ce niveau est alors fixée de manière à laisser suffisamment d'espace entre le niveau des voies et la sous-face de la dalle du niveau -1 afin de respecter le gabarit électrique, de loger les équipements nécessaires et d'offrir un espace suffisamment grand pour limiter le sentiment de confinement pour les voyageurs. Le niveau du rail est alors fixé à 31.3 m sous le terrain naturel soit 10 m en dessous du premier niveau de quai.

On obtient donc une boîte avec 2 dalles intermédiaires, créant verticalement des portées libres pour les parois moulées entre appuis d'environ 10m. Ces portées sont relativement grandes et risquent d'induire des déformations importantes. Pour les réduire, il pourra être nécessaire de positionner des lits de butons intermédiaires, réduisant les hauteurs libres mais laissant la possibilité d'installer les équipements nécessaires sous les dalles (câblage, gaines de ventilations...).

En dehors de la zone de quai, le niveau mezzanine n'est pas nécessaire pour les circulations voyageurs. Il peut être utilisé pour d'autres fonctions (parking, locaux techniques) mais il sera également intéressant de supprimer ce niveau au profit d'un remblayage ayant deux fonctions :

- Assurer la stabilité de la boîte vis-à-vis de la poussée d'Archimède (effet poids, cf paragraphe suivant) ;

- Assurer la transparence hydraulique de la boîte, en démolissant partiellement la partie haute des parois moulées et en laissant la nappe circuler librement sur les 10 m supérieurs.

6.2.2 Pré-dimensionnement des structures

A ce stade des études, le pré-dimensionnement est réalisé sur la base d’approches simplifiées avec l’objectif d’estimer les dimensions de la gare et donc les quantités pour le chiffrage.

Il est considéré un fond de fouille à environ 33,5 m sous le TN, soit à plus de 13,0m sous le toit supposé des molasses (148NGF) et une pression d’eau régnant sous le radier d’environ 30m.

La boîte est réalisée en parois moulées, seul type de soutènement adapté au contexte environnemental (bâtis, voies ferrées,...), hydrogéologique et géologique du site, avec les caractéristiques les suivantes :

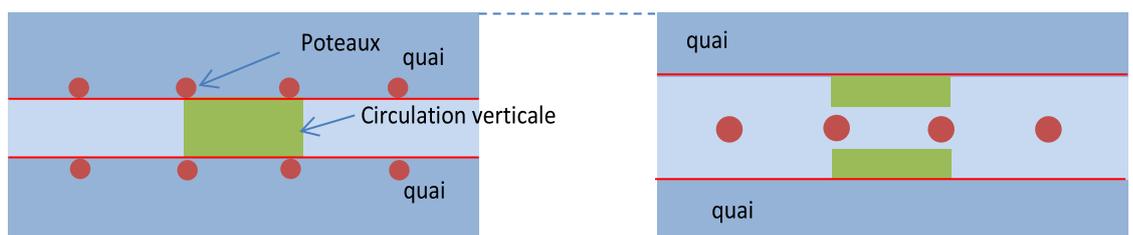
- 1,5 m d’épaisseur à laquelle il faut ajouter 30 cm de largeur de tolérance verticale pour calculer l’emprise globale de la structure ;
- 48,5 m de hauteur réalisée, avec par hypothèse 15 m de fiche mécanique. Les parois moulées sont donc profondément ancrées dans les molasses ce qui permet de limiter les venues d’eau lors du creusement (rôle de fiche hydraulique) et d’assurer la stabilité de la fouille pendant les terrassements.

Les parois moulées assurent également le rôle de revêtement définitif.

Les dalles intermédiaires fonctionnent comme des diaphragmes butonnant. De par leur largeur importante et les charges ferroviaires lourdes qu’elles supportent un point d’appui intermédiaire est nécessaire sur toute la longueur de la boîte.

La zone de quai comporte l’ensemble des escalators, des ascenseurs et des installations dédiés aux voyageurs. Elle intègre également dans ses espaces les organes de sécurité, de ventilation et de distribution des réseaux divers. L’architecture structurelle retenue consiste à prévoir 2 rangées de poteaux, centrées sur l’axe longitudinal de la gare. Cette option comprime au maximum les largeurs nécessaires aux circulations verticales et ainsi elle permet d’élargir au maximum les quais. Une seule file de poteau aurait en effet conduit à séparer les escaliers fixes et les escalators, ainsi qu’à des épaisseurs de poteau plus importantes. En définitive, il en résulterait une consommation plus importante des surfaces de quai et donc un élargissement de la gare incompatible avec l’occupation du sol en surface.

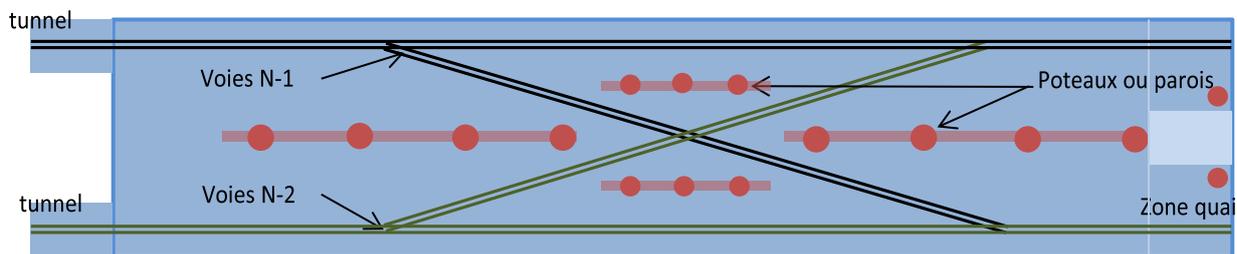
Figure 27 : Croquis comparatifs des solutions d’appuis des dalles



Les poteaux de part et d'autre des circulations verticales ont un diamètre de 1,2m et sont espacés longitudinalement de 8 m.

En dehors des zones de quais, les équipements sont plus limités. Il est néanmoins prévu de réaliser des issues de secours aux deux extrémités de la boîte gare. Les appuis intermédiaires peuvent alors être positionnés plus librement en laissant la place pour le dédoublement des voies. Les appuis peuvent être des poteaux ou des parois moulées.

Figure 28 : Croquis des solutions d'appuis des dalles hors zone des quais



Pour équilibrer les sous-pressions hydrostatiques et limiter la profondeur des terrassements, le radier sera composé de 2 contre-voûtes latérales. Elles seront ancrées sur un massif en béton armé créé au centre de la gare à l'aplomb des poteaux. Une importante partie du volume du radier est dédiée au lestage de la gare contre la flottabilité par du béton non armé.

En première approche, les dalles et le radier présentent les caractéristiques suivantes :

- Dalle de couverture : épaisseur 1,5m ;
- Dalle mezzanine 1 : épaisseur 1,5 m ;
- Dalle mezzanine 2 avec les quais et les voies : épaisseur 1,5 m ;
- Radier : hauteur maximale de 3,5 m.

6.2.3 Problématique de stabilité

La gare souterraine doit être conçue de manière à équilibrer la poussée d'Archimède avec un coefficient de sécurité. Conformément aux règles de l'art, le poids des équipements, des voies et du 2nd œuvre, ainsi bien sûr que des charges d'exploitation (trains, voyageurs...) n'est pas considéré, car leur poids est négligeable et incertain par rapport à celui de la structure. Seuls les éléments de structures et le poids des remblais sont pris en compte.

La non-flottabilité est un enjeu fort de la gare en tranchée couverte qui a été pris en compte dès cette phase de faisabilité. Pour contrebalancer cette poussée, deux solutions sont envisageables :

- Lester la boîte pour que son poids la rende autostable ;
- Réaliser un radier drainant et pomper l'eau en permanence pour réduire la pression et limiter la poussée.



Les solutions en radier drainant ne sont à ce stade pas envisagées en raison de la surface importante de la gare et des contraintes de maintenance.

Le choix classique est fait d'assurer cet équilibre en massifiant les quantités de béton et par une hauteur de remblai amenant l'équilibre. En plus du béton des quais, des dalles intermédiaires et du radier, une première estimation montre qu'il est nécessaire de prévoir un remblai de couverture de 5,0 m au-dessus de la dalle de couverture. Cette configuration n'a aucun impact visuel en surface et est réalisée en réduisant la hauteur sous plafond de la mezzanine.

Les phases ultérieures d'étude pourront optimiser les volumes de béton en considérant l'apport du frottement entre les parois moulées et le terrain ou en adoptant un béton de remplissage à haute densité (3 à 4 tonnes/m³). Une grande vigilance doit cependant être conservée car la caractérisation du frottement et de son existence pendant toute la durée de la vie de l'ouvrage est difficile à obtenir et à prouver.

Dans le cas d'une réalisation en travaillant sous dalle (top / down), il est nécessaire de réaliser une dalle quasiment au niveau du terrain naturel de manière à pouvoir travailler ensuite à l'abri de cette dalle (voir paragraphe ci-après). Pour ces secteurs, pour assurer la non flottabilité, une dalle complémentaire à 5 m du TN doit être réalisée et recevoir le remblai. Il y a dans ce cas, une succession dalle, remblai, dalle.

6.3 Méthode constructive de la gare en tranchée couverte

6.3.1 Principe général

L'enceinte de la gare sera réalisée selon le phasage classique suivant :

1. Libération des emprises, installation de chantier (La réalisation des parois moulées nécessite la disponibilité du foncier pour positionner les équipements et engins nécessaires aux travaux : haveuses, pelles mécaniques, grues mobiles et usine de fabrication et traitement des boues bentonitiques), pré-terrassement, réalisation de puits de pompage et réalisation des murettes guide ;
2. Réalisation des parois moulées à la benne ou à la haveuse avec mise en œuvre de la boue, des armatures et du bétonnage ;
3. Réalisation des parois intermédiaires et des poteaux qui serviront d'appui intermédiaire vertical pour les soutènements transversaux ;
4. Terrassement par passe avec la mise en œuvre des soutènements transversaux provisoires ou définitifs et le rabotage des parois moulées ;
5. Drainage et pompage à l'avancement du terrassement.

Le soutènement transversal provisoire et définitif est crucial et pèse lourd dans le coût et la conduite des travaux. Le soutènement provisoire est assuré par des butons du fait de la présence des ouvrages souterrains adjacents qui proscrit le recours à des tirants. Les gammes de déformées autorisables pour les parois moulées ne sont pas classiques et sont très restrictives du fait de la présence d'ouvrages sensibles aux tassements : ouvrages ferroviaires, IGH.... De plus, avec une portée de paroi à paroi supérieure à 20.0 m, un appui intermédiaire vertical

doit être réalisé pour s’affranchir des problématiques de flambage des butons qui pourraient induire des sections trop importantes. Le butonnage définitif est quant à lui obtenu par les dalles et le radier.

La phase de creusement et de construction de la boite gare est réalisée selon deux modes ou une combinaison des 2 modes :

- soit à ciel ouvert : les dalles sont réalisées après la réalisation des terrassements en partant du fond de fouille et en remontant (bottom / up) ;
- soit sous couverture d’une dalle : après réalisation des parois moulées la dalle de couverture est réalisée permettant ainsi de restituer rapidement la surface tout en réalisant les terrassements sous la dalle. Les dalles intermédiaires peuvent également être réalisées au fur et à mesure du creusement, du haut vers le bas (top / down).

Figure 29: Méthode de réalisation d’une paroi moulée

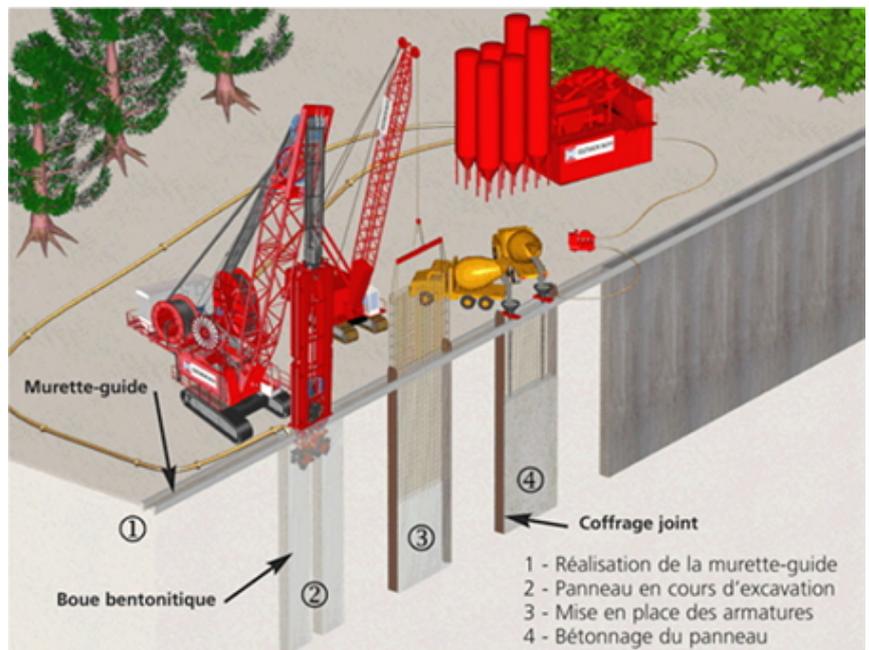


Figure 30: Réalisation d'une paroi moulée à proximité d'un bâtiment (source : SYTRAL, parking relais Lyon Mermoz)

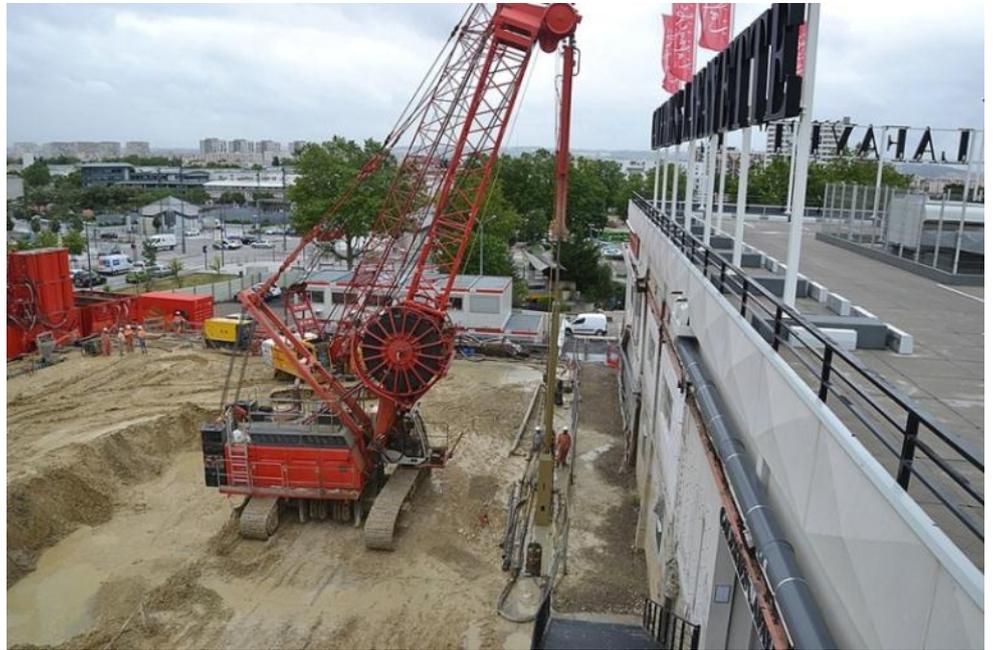


Figure 31 : réalisation des parois moulées de la Tour Oxygène, source : Solétanche-Bachy



Une méthode consistant à réaliser les parois moulées à partir de deux tunnels latéraux réalisés au micro tunnelier pourrait être envisagée si l’on souhaite éviter tout impact en surface. Ce type de technique a été mise en œuvre sur certains chantiers extrêmement contraints, notamment à Bruxelles (tunnel Schuman-Josaphat) ou pour la gare de Zurich. Cette méthode est très spécifique, beaucoup plus coûteuse et n’est pas envisagée ici à ce stade des études.

Figure 32 : Croquis structurel de la gare de Zurich et d’une section du tunnel Schuman-Josaphat de Bruxelles

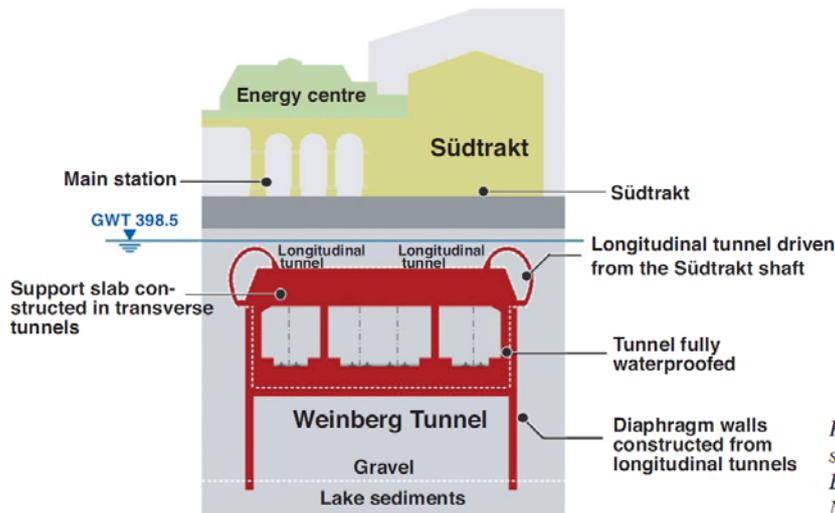


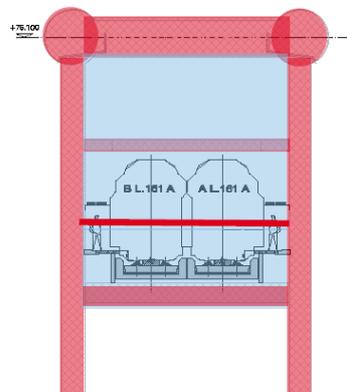
Fig. 2. Section through the central supports
Bild 2. Querschnitt im Bereich mit Mittelabstützungen



III. Le chantier Schuman – Josaphat.



Tunnel sous l’avenue Plasky :



1. Forage et fonçage de tuyaux métalliques de 3 mètres de diamètre.
2. Réalisation des parois verticales.
3. Fonçage de tuyaux en béton de 2 mètres de dia. entre les tuyaux métalliques.
4. Bétonnage de la boîte.
5. Creusement en stross.
6. Réalisation de la dalle intermédiaire et du radier.

Pour réaliser les 940m de la gare en un temps raisonnable - une partie de la gare doit par exemple être prête pour la sortie des tunneliers - plusieurs chantiers seront ouverts en parallèle. La gare est découpée dans sa longueur en plusieurs chantiers indépendants pour lesquels les réflexions intègrent les sujétions liées aux flux d'amenée et d'évacuation des matériaux, pompage de la nappe et aux impacts urbains pendant les travaux.

Chaque chantier élémentaire sera délimité par une paroi transversale étanche afin de limiter les volumes de pompage de la nappe.

Les futurs poteaux ou voiles seront préfondés ou réalisés également en paroi moulée aux dimensions nominales ou réduites. L'intérêt majeur du recours à des préfondés est d'utiliser les poteaux ou voiles comme point d'appui des ouvrages provisoires de butonnage ou des ouvrages définitifs (comme évoqué dans le chapitre précédent). Dans le cas d'un mode de réalisation en top/down, les poteaux et voiles sont directement raccordés aux dalles.

Figure 33 : réalisation des pieux de la Tour Incity, source : Tour Incity, Solétanche-Bachy



6.3.2 Mesure vis-à-vis de l'environnement bâti et ferroviaire

Côté est, du fait des contraintes de proximité du bâti et des parkings souterrains, il a été retenu à ce stade un positionnement des parois avec 2 m de recul par rapport au bâti. En effet, aucun élément sur les fondations des bâtiments et des parkings n'est disponible à ce stade des études.

Côté ouest, les parois sont également réalisées à 2 m des fondations de la voie L, c'est-à-dire à 3,9 m de l'axe des voies exploitées. Dans ces conditions, il faut envisager d'interrompre la circulation sur la voie L pendant les travaux (12 mois cumulé environ) :

- du fait des manœuvres de grues à proximité de la voie (IN 0033).
- du fait du risque de déstabilisation des fondations de l'ouvrage supportant la voie L.

Le recours à des engins de forage au gabarit réduit (ne dépassant pas le niveau du plan de roulement de la voie L) et la mise en place de procédures d'exécution spécifiques pourront permettre de réduire, les interruptions d'exploitation de la voie L.

Figure 34: Engins de paroi moulée à gabarit réduit



Figure 35: Réalisation de paroi moulée sous caténares d'alimentation des voies SNCF

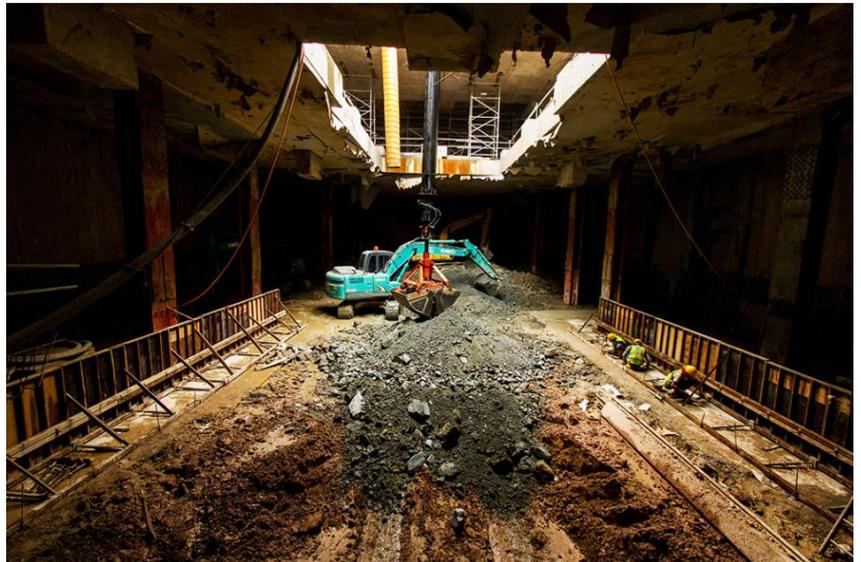


6.3.3 Cas particulier d'une réalisation en top / down

Dans cette configuration, une partie de la dalle de couverture est réalisée au plus tôt suivant la méthode type « top down » afin de libérer les emprises de surface. Dans cette méthode, la dalle de couverture est coulée en place avant l'excavation, après la réalisation des parois moulées. L'excavation est réalisée dans un second temps sous la dalle de couverture. Les dalles intermédiaires sont réalisées au fur et à mesure du creusement (du haut vers le bas). Enfin, le radier sera coulé en place.

Du fait de la profondeur de la gare et de son découpage longitudinal en plusieurs chantiers, les arrivées d'eau depuis le fond de fouille seront très limitées.

Figure 36 : Creusement d'une station en « top down », métro de Kuala Lumpur



Les secteurs traités en top / down seront fonction des besoins de l'avancement du chantier ou de restitution des espaces publics. Les parties en top & down concerneront à minima :

- Le cours Lafayette dont la largeur est d'environ 20,0m. Le cours est emprunté par le tramway T1, le trolleybus C3 et 2 voies de circulation routière ;
- La rue de Bonnel dont la largeur est d'environ 18m. Elle est franchie par 4 voies de circulation ;
- Le parvis de la gare sur une bande d'environ 100m. Cette longueur doit permettre de rétablir convenablement les circulations piétonnes ;
- L'avenue Georges Pompidou dont la largeur est d'environ 25m. A l'horizon de réalisation du projet, la voie aura été réaménagée pour la création des « accès Pompidou ». Les 5 voies de circulation routière actuelles auront été réduites à 2 voies de bus selon les projets en cours aujourd'hui.

- La rue Paul Bert dont la largeur est d'environ 16m. Elle est franchie par 3 voies de circulation.

Pour chaque secteur, le nombre de voie circulée sera réduit temporairement pendant les travaux de réalisation des parois moulées et de la dalle supérieure : Le principe consiste à diviser le secteur en deux : les travaux se font sur les voies interrompues tandis que le trafic est concentré sur les voies restantes. Les travaux et le trafic sont ensuite permutés pour terminer le tronçon.

Pour le cours Lafayette, on pourra envisager une déviation provisoire du tramway T1 si l'on souhaite limiter au maximum l'interruption d'exploitation. D'autres options pourront être envisagées comme un creusement en souterrain après injection ou congélation.

6.3.4 Installations de chantier

La réalisation des parois moulées et des terrassements 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 : 500m² (2 ateliers 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 : 500m² au sol ;
- Aire de stockage des déblais : 500m² (1000m³);
- Aire de stockage et d'assemblage des butons : 100m²
- Station de pompage et poste électrique : 100m²

Figure 37 : Creusement d'une station en « top down », métro de Kuala Lumpur



Une installation comprise entre 2 000 et 2 500m² 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.

A ce stade des études, il semble envisageable de prévoir que les installations seront implantées sur l’emprise des secteurs en cours de travaux. Elles seront déplacées au fur et à mesure de l’avancement des travaux. Le cas échéant, certaines installations (parking du personnel, base travaux) pourront être positionnées

Figure 38 : Espace disponible pour des installations de chantier en dehors des zones de travaux



6.4 Equipements du tunnel et de la gare

6.4.1 Equipements du tunnel et gare

Les équipements des tunnels sont identiques à ceux envisagés dans le scénario B.

L’implantation d’une gare ferroviaire en souterrain nécessite des équipements assurant la qualité aérothermique de l’ouvrage. Ceci comprend :

- une ventilation dite hygiénique permettant d’assurer à tout moment un environnement sain aux usagers comme au personnel ;
- un ensemble assurant le confort aérothermique qui comprend les vitesses d’air dans l’ouvrage mais aussi les températures de celle-ci ;
- un système d’extraction des fumées en cas d’incendie.

Chacun de ces dispositifs implique des échanges avec le milieu extérieur. Les études ultérieures s’attacheront à préciser les besoins de manière à préciser les réservations à prévoir pour les connections de ces dispositifs avec la surface : gaines de ventilation.

La gare nécessitera des installations similaires à celles décrites dans le scénario B pour la ventilation et le désenfumage. Toutefois, dans le cas présent, aucun espace à l'intérieur de la gare n'est considéré comme zone hors sinistre. L'évacuation de la gare se fait jusqu'à la surface.

6.4.2 Equipements ferroviaires

Les équipements ferroviaires sont identiques au scénario B

6.5 Impact hydrogéologique des ouvrages

L'impact hydrogéologique de l'ouvrage a été analysé grâce au modèle hydrogéologique réalisé pour les études NFL. Le modèle a été détaillé au niveau de la gare Part-Dieu en prenant notamment en compte les puits de rejets des eaux issues du radier drainant du parking Villette.

Pour l'essentiel, les résultats obtenus indiquent que :

- Cette variante a bien un impact sur les écoulements souterrains mais dans des proportions très limitées tant en amplitude qu'en portée ;
- Cet impact est influencé par la proximité du parking souterrain de la gare Part-Dieu et par les puits de rejet associés au parking (au Nord et au Sud) et de puits géothermiques (SNC Villette-Pompidou) situés en amont du projet. En définitive seule la moitié Sud du projet génère un impact significatif ($> \pm 20$ cm) ;
- Les variations du niveau de nappe sont partout inférieures au seuil de déclenchement de mesures considéré à ce stade des études (soit +/- 0.9 m dans le cas présent)

Ces résultats à première vue surprenants au regard de la grande dimension de l'ouvrage (950 m) et de son orientation défavorable (perpendiculaire à l'écoulement) tiennent essentiellement à la très forte transmissivité de la nappe alluviale dans ce secteur.

Dans ces conditions, il ne semble donc pas nécessaire d'envisager de dispositions constructives particulières pour éviter, réduire ou compenser l'impact hydrogéologique de cette variante.

Si ce projet venait à être retenu, il conviendrait néanmoins d'approfondir les reconnaissances par un inventaire aussi complet que possible des puits existant au droit et à proximité immédiate de l'enceinte. L'inventaire actuel n'est peut-être pas exhaustif même s'il a été réalisé en intégrant l'ensemble des données disponibles à sa date de réalisation.

6.6 Gestion des déblais et des eaux d'exhaure

6.6.1 Déblais

Le creusement de la gare représente un volume total de déblais de l'ordre de **1,4 million de m³** (volume foisonné, c'est-à-dire après extraction). Soit plus que le volume de la gare creusée en méthode conventionnelle dans le scénario B. Avec les tunnels, le volume total des matériaux excavé atteint 3,3 millions de m³.

Ces matériaux seront à mettre en dépôt. Le site de dépôt devra se situer à proximité de Lyon pour limiter les coûts de transport. Le transport pourra se faire en partie par le mode ferré, surtout pour les matériaux issus des tunnels, qui sont stockés temporairement aux émergences à proximité des voies ferrées.

Pour la gare souterraine, la majeure partie des matériaux devra être transportée par la route depuis la Part-Dieu, ce qui engendrera des nuisances importantes pour les riverains. La possibilité d'évacuer les déblais de la gare souterraine depuis Part-Dieu par le mode ferroviaire ne semble pas envisageable compte tenu des contraintes que cela générerait : stockage tampon à proximité des voies, voies ferroviaires dédiées, consommation de capacité ferroviaire...

Les possibilités de réemploi de ces matériaux seront fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques et géotechniques.

Tableau 14 – Volumes de matériaux

Tunnel (rameaux, puits, tranchée)	Gare	Total	Total foisonné (coef 1,4)
1 500 000	1 000 000	2 500 000	3 500 000

6.6.2 Gestion des eaux d'exhaure

En phase travaux

Les parois moulées de l'ouvrage étant profondément ancrées dans les molasses, les arrivées d'eau depuis le fond de fouille seront très limitées. Lors des terrassements, l'eau piégée entre les parois moulées devra néanmoins être pompée et évacuée.

En phase définitive

L'ouvrage descend à environ 25 m sous le niveau de la nappe. La charge d'eau sera donc très importante, avec un risque de flottabilité de l'ouvrage. Pour assurer sa stabilité, il a été retenu une structure poids plutôt qu'un radier drainant qui imposerait un pompage permanent. Il n'y aura donc pas de venue d'eau en phase définitive, hormis les éventuelles infiltrations provenant des parois moulées.

6.7 Réseaux

Dans le cas du scénario C, l'ensemble des réseaux au niveau de la boîte gare en tranchée couverte devra être dévié. Des déviations de réseau peuvent également être nécessaires au niveau des puits et dans les zones d'entrée en terre. En section courante, le tunnel est suffisamment profond pour ne pas intercepter de réseaux.

A ce stade des études, l'identification des réseaux à dévier se concentre sur les réseaux d'importance majeure. Leur identification se fait sur la base des données fournies par le Grand Lyon et sur les servitudes d'utilité publiques du PLU (sur le secteur du Grand Lyon). Pour les zones en dehors du périmètre du Grand Lyon, les informations sont issues des cartes IGN ainsi que de visites sur site.

6.7.1 Energie

6.7.1.1 Electricité

- Sur le cours Lafayette, la ligne aérienne du Tramway T1 et du trolley C3,
- Au sud de Part-Dieu, la ligne de trolley de C13 passe sous le Pra de la rue Paul Bert.

6.7.1.2 Gazoducs et oléoducs

- Aucune servitude d'utilité publique identifiée

6.7.2 Assainissement

PK	Type de conduite	Informations
507.1	126B	Radier à -2.5m. Au niveau du croisement avec le cours Lafayette
507.1	T180*2	Radier à -2.5m. Au niveau du croisement avec le cours Lafayette
507.7	44A	Radier à -3m. Au niveau du croisement avec l'avenue Georges Pompidou
507.9	T210	Radier à -2.5m. Au niveau du croisement avec la rue Paul Bert.
508.2	T210	Radier à -2m. Au niveau du croisement avec l'avenue Félix Faure

6.7.3 AEP

PK	Diamètre	Informations
507.15	200 – 250	Sous le Pra Cours Lafayette
507.25	250	Sous le Pra Rue de Bonnel
507.7	400	Sous le Pra Avenue Georges Pompidou

507.9	250	Sous le Pra Rue de Paul Bert
508.2	1000 - 200	Sous le Pra Avenue Felix Faure

6.7.1 Autres

A notre connaissance, le parking souterrain de la gare côté Vilette comporte plusieurs puits drainant pour l'évacuation des eaux d'exhaure du parking. Le nombre, la localisation et les caractéristiques de ces puits doivent être demandées au Grand Lyon ou à Lyon Parc Auto. Elles n'ont pu être obtenues à ce stade des études.

6.8 Ordonnancement des travaux et planning de réalisation

6.8.1 Planning des travaux de génie civil

Le même principe de phasage des travaux que celui du scénario B est retenu. Depuis les puits de démarrage installés côté Saint-Clair et Guillotière, les tunnels foreront en direction de la gare souterraine. Une fois arrivé à la gare, le tunnelier est démonté et ramené à son point de départ pour réaliser le second tube.

Avec une gare réalisée à ciel ouvert, il est toujours intéressant de se poser la question d'un ripage des tunneliers pour continuer le creusement, plutôt qu'un démontage et un redémarrage depuis le point d'origine. Pour le NFL, les tunneliers foreraient depuis Saint Clair, franchiraient la gare et creuseraient jusqu'à un puits de sortie à Guillotière. L'impact sur les installations ferroviaire côté Guillotière serait bien moindre en termes d'occupation d'emprise et donc avantageux. De plus, une seule installation de chantier au tunnelier serait nécessaire.

Cependant, cela imposerait que les structures de la gare soient suffisamment développées pour installer les berceaux de ripage, et ce, en considérant pour le NFL que les tunneliers arrivent sur la gare sur 2 altitudes différentes. Le radier mais surtout la dalle doivent être achevés sur toute la longueur, notamment pour installer les bâtis de poussée. Les flux de chantier des tunneliers transiteraient pour cette configuration par l'enceinte de la gare et impacteraient donc son avancement.

A ce stade de l'étude, le principe d'un creusement depuis Saint Clair et depuis Guillotière, en direction de la gare est donc conservé comme dans le scénario B. Les travaux de la gare, et même dans une configuration en tranchée couverte, resteront très certainement sur le chemin critique et devraient s'étaler sur plusieurs années.

La gare sert dans ce cas de puits de sortie du tunnelier. Seules les extrémités de la gare devront être réalisées avant leur arrivée à ce niveau.

Pour ce qui concerne la gare, les travaux s'effectuent en site urbain dense, avec du bâti d'habitation, de service et de nombreuses infrastructures de transport. Peu d'emprises sont ou seront disponibles au moment des travaux, sans prévoir une libération conséquente des espaces et un impact significatif sur les circulations.

Aucune alternative au transport routier pour l’acheminement et l’évacuation des matériaux ne se dégage après analyse du site.

La recherche d’un compromis entre la furtivité du chantier et la durée des travaux passe par le découpage de la gare en plusieurs secteurs au regard de la capacité du réseau routier à assurer les flux de chantier. Il s’agit d’organiser les travaux de telle manière que les impacts et nuisances restent acceptables.

Sur les 940 m de long de la gare, les axes routiers utilisables sont positionnés aux extrémités de la gare, avec au nord le cours Lafayette et la rue de Bonnel et au sud la rue Paul Bert. Devant la gare Part Dieu, les circulations piétonnes en échange avec les bus et tramway ainsi que le parking souterrain sous la rue de Villette n’autorisent pas l’implantation d’installations de chantier ni de flux de chantier important, sauf à stopper l’exploitation du réseau de transport.

La présence du réseau routier et la nécessité d’assurer la sortie des tunneliers militent pour commencer les travaux de la gare par ses extrémités nord et sud.

A la fin des travaux de chacun de ces tronçons ou après un avancement suffisant, le chantier s’étend ou se déporte sur le centre de la gare. Les ouvrages achevés aux extrémités assurent ou facilitent les travaux, en assurant les flux de matériaux pour les ouvrages centraux de la gare.

Figure 39 : Découpage en zones de chantier (première phase : les 2 extrémités)

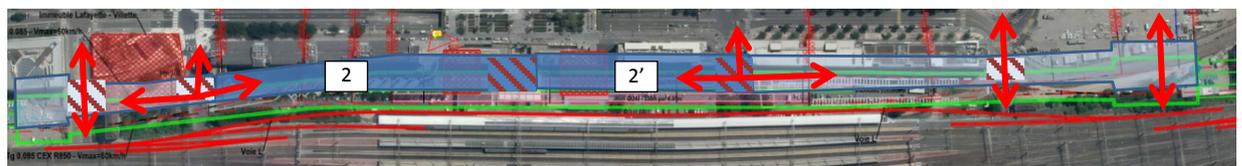


↔ Points d’accès chantier

▨ Zone en top-down

■ Secteurs travaux

Figure 40: Découpage en zones de chantier (deuxième phase : zones centrales)



Ainsi, la construction de la gare se fait par 2 demi-longueurs, chacune composée de 2 zones dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Moitié Nord :
 1. Zone Nord : 150m. Cette zone utilise le cours Lafayette et la rue de Bonnel pour les flux de chantier. Les franchissements de ces rues sont réalisés en top/down ;

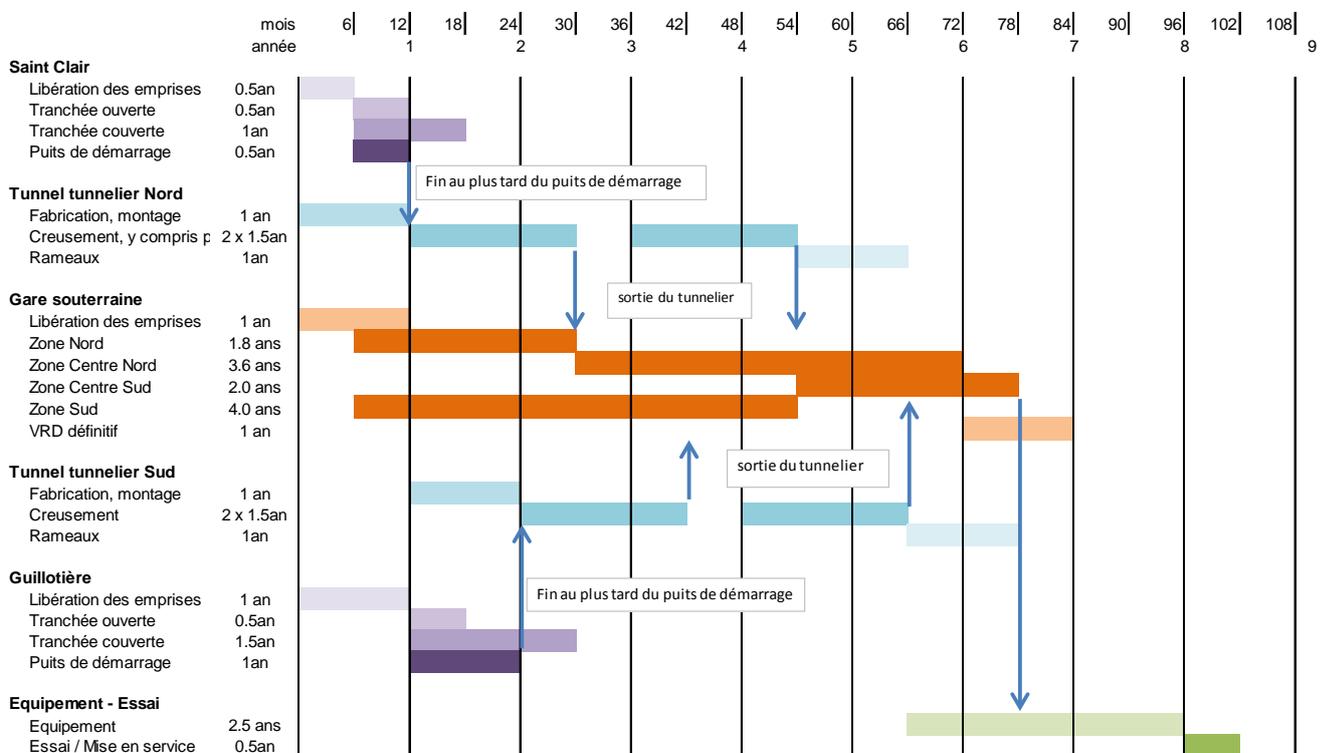
2. Zone Centre Nord : 280m. Celle-ci utilise la zone nord et la rue de Bonnel pour les flux de chantier. Elle inclut une bande 100m de long, centrée sur la gare part Dieu, réalisée en top/down pour rétablir la circulation piéton ;

- Moitié Sud :

2'. Zone Centre Sud : 165m. Elle est enclavée entre le parvis de la gare Part Dieu et l’avenue Pompidou, qu’elle englobe et qui est réalisée en top/down ;

1'. Zone Sud : 345m. C’est la plus longue, car elle bénéficie d’espaces moins contraints au Sud et de la rue Paul Bert qui sera réalisée en top/down.

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



Le planning a été obtenu avec les hypothèses suivantes :

- 1 poste par jour pour limiter les nuisances
- 2 ateliers par poste : PM, terrassement, 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.



6.8.2 Planning de réalisation

Après le débat public (envisagé en 2015), il faut envisager :

- 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)

Tâche	Début	Durée	Fin	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9	N+10	N+11	N+12	N+13	N+14	N+15	N+16	N+17	N+18	N+19	N+20	N+21	N+22	N+23	
Total	0	256	256																									
Principales procédures post débat public	0	95	95																									
Débat public	0	24	24																									
Enquête Publique / Etude d'impact / Concertation des services et Enquête parcellaire + MECDU	42	30	72																									
Consultation de l'ABF	83	12	95																									
Procédures relatives à la police de l'eau	77	18	95																									
CNPN	69	26	95																									
Etudes	24	96	120																									
Etude préliminaire	24	12	36																									
Avant Projet	36	24	60																									
Projet (GC & EF)	72	24	96																									
ACT (DCE + mise au point des marchés)	96	24	120																									
Etudes et travaux	114	142	256																									
Etude d'exécution GC et EF	114	16	130																									
GC - Bitube	130	102	232																									
EF + essai	232	24	256																									

Préambule :
 Ce planning présente les principales procédures les plus importantes. Dans la suite des études, l'analyse des procédures devra être affinée (archéologie préventive, défrichement, bilans environnementaux post travaux, etc...).
 Ce planning est fait sur la base du cadre réglementaire actuel qui est susceptible d'évoluer.
 Ces procédures nécessitent des études spécifiques environnementales à anticiper par le MOA.

6.9 Chiffrage

6.9.1 Périmètre

L’estimation prend en compte la démolition et reconstruction des ouvrages du PEM et les reprises sur les voiries et lignes électriques du tramway et de C3. En revanche, elle 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.

6.9.2 Analyse des risques identifiés et des sommes à valoir

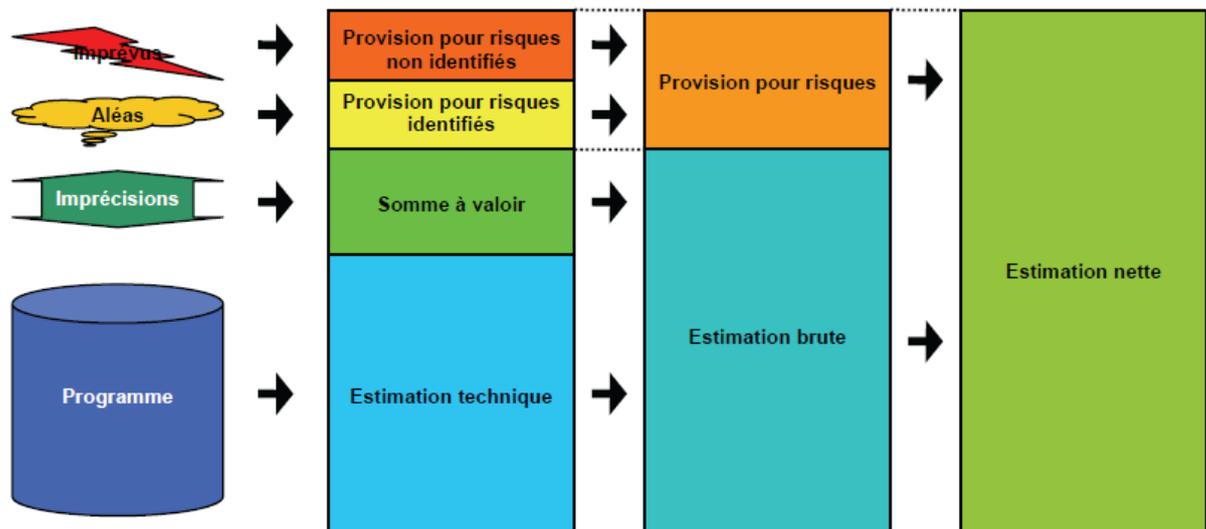
L’estimation est réalisée sur la base des composantes suivantes :

- 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 :

$$C_0 = (\sum Q_i \times P_{u_i} + SAV_i) \times (1 + \%PRI) \times (1 + \%PRNI)$$

Figure 41 – Composantes de l’estimation



6.9.2.1 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 du fait de la problématique de maîtrise des tassements et de la non flottabilité. 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.

6.9.2.2 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 et de ses entonnements 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 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 le tunnel. Moyen pour la gare souterraine, avec un risque de dommage sur les ouvrages avoisinants : voie L et bâti côté Vilette.
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. Moyen pour la gare souterraine
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.
Risques hydrogéologique		
Stabilité des ouvrages (tunnel et gare).	Difficulté de conception des ouvrages.	Fort
Effet barrage	Domage sur ouvrages environnants (inondations, tassements).	Modérés, selon résultat des études hydrogéologiques
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 pour les tunnels : bâtiment des archives départementales. Moyen pour la gare.
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
Gare : contrainte d'exploitation de la gare impliquant des phasages temporaires	Ralentissement des cadences, logistique perturbée	Fort

Cette première analyse montre que les risques et incertitudes identifiés restent nombreux, tout particulièrement pour la gare 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).

Les provisions pour suivantes sont adoptées :

- 20% est retenue pour le tunnel et les équipements
- Gare : 20%.

6.9.3 Méthode

Voir rapport scénario B

6.9.4 Coût global du scénario C

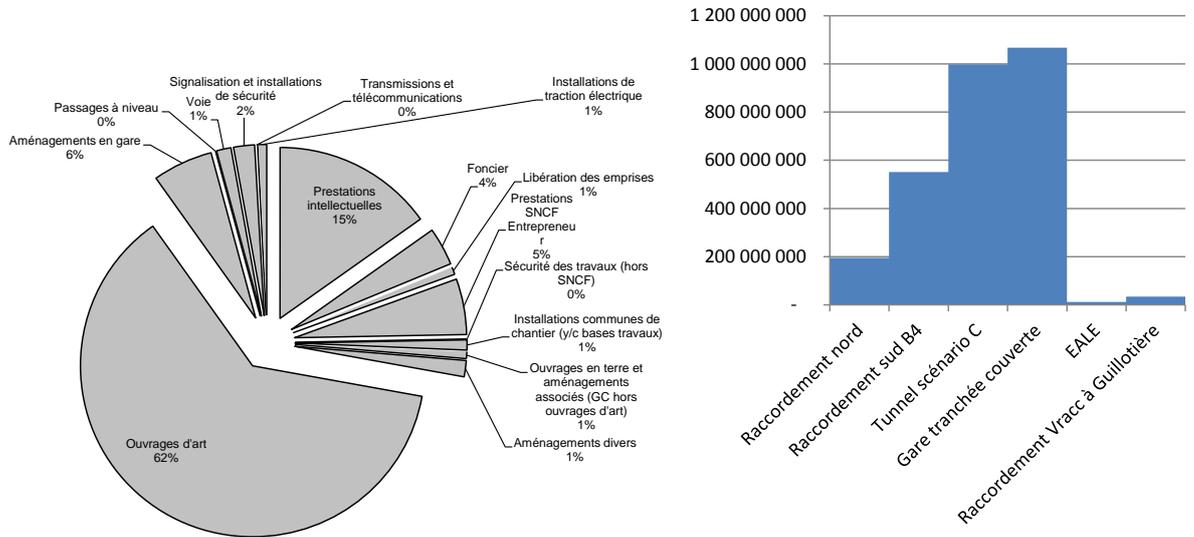
Les coûts du projet sont présentés dans le tableau ci-après. Les tableaux de coût au format « arc en ciel » sont fournis en annexe.

Le coût du génie civil de la gare est largement réduit par rapport à la solution de gare réalisée en méthode conventionnelle : 560 M€ (y.c SAV) contre 1 144 M€ (y.c. SAV). Ceci s'explique par la méthode de réalisation, qui est techniquement beaucoup mieux adaptée au contexte géologique et hydrogéologique du secteur : elle ne nécessite aucun traitement de terrain et permet l'utilisation de machines à rendement important pour le creusement (pelles mécaniques). Le ratio de 2 sur le coût entre les deux méthodes n'a donc rien de surprenant dans le contexte de Part-Dieu avec une nappe située à 3 m sous la surface et des terrains alluvionnaires.

Tableau 15 – Coûts des scénarios, M€ c.e. 2013

variante	Gare	Estimation brute	Provision pour risque	Estimation nette
Tunnel bitube	Gare en tranchée couverte	2 380	476	2 857

Figure 42 – Répartition des coûts par nature de travaux et élément fonctionnel





7 Conclusion

7.1 Comparaison de la gare en tranchée couverte avec les solutions de gares en méthode conventionnelle

La présente étude montre que la réalisation d'une gare souterraine en tranchée couverte dans le secteur de la Part-Dieu est possible à condition que cette gare soit réalisée sur plusieurs niveaux.

Par rapport à une gare réalisée en méthode conventionnelle, les avantages sont nombreux :

- Des méthodes de réalisation mieux maîtrisées avec moins d'incertitudes. En particulier, le creusement à l'abri d'une enceinte en parois moulées permet de s'affranchir des traitements des terrains (molasses) sous forte charge hydraulique.
- Une réduction des risques de tassements non maîtrisés. Les tassements sont inévitables, quelle que soit la méthode utilisée, néanmoins, la réalisation des parois moulées, avec un boutonnage important permet de limiter les risques.
- Un prix réduit, grâce à des méthodes de creusement plus simple et à meilleur rendement.
- Des volumes voyageurs plus importants

Les inconvénients existent également :

- des perturbations plus importantes en phase chantier : emprises chantier et bruit notamment ;
- des accès possibles uniquement du côté Vilette.

7.2 Points à approfondir dans la suite des études

Il convient surtout d'obtenir des données d'entrées complémentaires :

- Réaliser le recensement détaillé des réseaux, et notamment les puits de rejet des eaux issues du radier drainant du parking Part-Dieu. Il est nécessaire d'obtenir les plans de ces ouvrages pour étudier les conditions de leur dévoiement.
- Obtenir des données précises sur les bâtiments existant et notamment leurs parties souterraines pour vérifier les conditions de stabilité et la sensibilité aux tassements.
- Réaliser des sondages géotechniques permettant d'obtenir les caractéristiques des sols dans le secteur.



8 Annexes

Rapport d'analyse hydrogéologique

Détail des estimations

Carte des contraintes

PG140983A Plan de la gare, sortie sud en tunnel

PG140984A Plan de la gare, sortie sud en tranchée couverte

Coupe de la gare au niveau des quais

Coupe de la gare au niveau des entonnements

NG140950E Dimensionnement de la gare scénario C

PG140973B Dossier de plan de conception architecturale

Principe de réalisation méthode « bottom-up »

Principe de réalisation méthode « top-down »

Synoptique du scénario

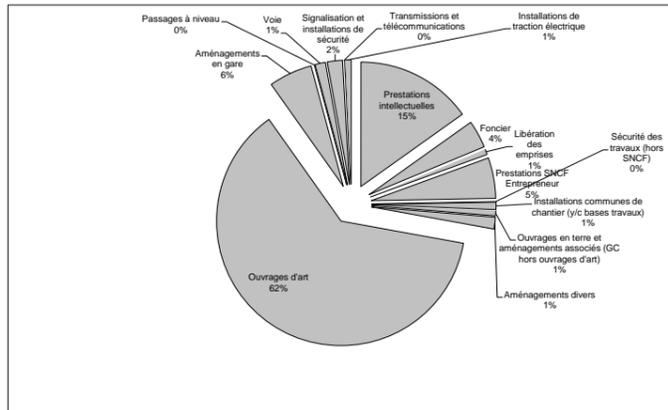
Projet : NFL - St Clair Guillotière
Phase : Faisabilité
C.E. : 06/2013

Numéro Spire : <Identifiant RFF>
Compte d'imputation : <F/X/R ...>
Date de l'estimation : 17/02/2015

Niveaux	Intitulé	Unité d'œuvre		Indice	Taux de SAV	Total		Raccordement nord			Raccordement sud B4			Tunnel scénario C			Gare tranchée couverte			EALÉ			Raccordement Vrac à Guillotière			
		EP	Objet			Coût brut	Dont SAV	Quant/taux	Coût brut	Dont SAV	Quant/taux	Coût brut	Dont SAV	Quant/taux	Coût brut	Dont SAV	Quant/taux	Coût brut	Dont SAV	Quant/taux	Coût brut	Dont SAV	Quant/taux	Coût brut	Dont SAV	
1	Prestations intellectuelles	f	forfait	ING	26%	360 683 346	74 222 476	27.5%	27 772 124	6 576 912	26.7%	68 300 951	16 137 418	17.8%	125 563 073	21 723 670	18.5%	131 012 825	27 205 852	33.5%	1 933 161	759 656	40.1%	6 101 213	1 818 969	
1	Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)	f	forfait	ING	28%	106 416 357	23 264 757	5.5%	7 404 947	1 838 292	5.5%	18 660 419	4 655 517	5.5%	38 825 065	7 193 978	5.6%	39 839 041	8 989 338	5.5%	456 092	192 522	5.5%	1 230 793	395 111	
2	Maîtrise d'œuvre	f	forfait	ING	30%	199 386 934	45 968 623	12.5%	16 693 184	4 404 621	11.9%	40 397 297	10 641 607	9.3%	65 861 489	12 631 827	10.0%	70 812 980	16 365 532	15.7%	1 303 113	551 319	28.4%	4 318 870	1 373 717	
3	Acquisition de données	f	forfait	ING	10%	36 586 704	3 326 064	2.4%	2 449 328	222 666	2.4%	6 162 157	560 196	2.0%	13 917 679	1 265 244	1.9%	13 573 869	1 233 988	2.0%	115 971	10 543	2.4%	367 700	33 427	
4	Mission GID	f	forfait	ING	10%	18 293 352	1 663 032	1.2%	1 224 664	111 333	1.2%	3 081 078	280 098	1.0%	6 958 839	632 622	1.0%	6 786 935	616 994	1.0%	57 985	5 271	1.2%	183 850	16 714	
2	Foncier	f	emprise foncière	-	30%	85 160 275	19 596 813	-	1	19 863	1 338	1	51 359 060	11 842 889	1	118 553	6 046	1	33 658 238	7 746 297	1	964	51	1	3 596	192
2	Acquisitions foncières	f	emprise foncière	-	30%	13 095 440	3 022 025	-	1	1 746	403	1	13 093 694	3 021 622	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Amenagements foncières	f	emprise foncière	TP01	30%	71 753 719	16 574 788	-	1	38 213 719	8 818 551	-	-	-	-	-	1	33 540 000	7 740 000	-	-	-	-	-	-	-
2	Occupations temporaires et dommages travaux	f	forfait	-	6%	311 116	16 238	-	1	18 118	936	1	51 647	2 717	1	118 553	6 046	1	118 238	6 297	1	964	51	1	3 596	192
3	Libération des emprises	m²	emprise travaux	TP01	30%	16 911 844	3 902 733	-	1	969 657	223 813	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Déviation ou mesures de protection d'installations existantes	u	emprise travaux	TP01	30%	3 600 311	830 841	-	1	934 919	215 750	-	-	-	-	-	-	12	2 470 000	570 000	-	-	-	-	-	-
4	Prestations SNCF Entrepreneur	NS	voir quantités des niveaux inclus	NAT	32%	125 206 247	30 271 005	33%	32 847 608	7 677 027	32%	82 688 340	19 419 980	-	-	-	-	-	-	44%	2 516 860	1 022 964	47%	7 153 439	2 151 034	
5	Sécurité des travaux (hors SNCF)	f	forfait	ICHT-IME	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	Installations communes de chantier (y/c bases travaux)	f	forfait	TP01	29%	23 006 339	5 199 083	-	1	1 293 814	288 807	1	3 288 700	747 855	1	9 059 066	2 001 322	1	9 095 260	2 098 906	1	74 121	17 105	1	195 380	45 088
6	Ouvrages en terre et aménagements associés (GC hors ouvrages d'art)	f	emprise travaux	TP03	34%	15 683 076	4 016 244	-	1	1 635 933	377 523	1	11 725 868	3 103 042	1	989 918	228 443	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Installations de chantier pour les ouvrages en terre et les aménagements associés	f	forfait	TP01	30%	925 678	213 618	-	1	99 846	23 041	1	684 158	157 883	1	60 418	13 943	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Terrassements	f	emprise travaux	TP03	36%	11 368 722	3 020 624	-	1	1 017 900	234 900	1	9 400 782	2 566 484	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Assainissements (hors ouvrages hydrauliques)	m	linéaire de ligne	TP03	30%	3 330 436	768 562	-	1	518 188	119 582	1	1 640 928	378 676	1	929 500	214 500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Ouvrages hydrauliques	m	linéaire de ligne	TP02	30%	58 240	13 440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Ouvrages de soutènement	f	surface de parement	TP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	Amenagements divers	f	forfait	TP01	30%	36 690 871	8 467 124	-	1	3 255 035	751 162	1	3 691 835	851 962	1	29 744 000	6 864 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Ouvrages d'art	NS	voir quantités des niveaux inclus	TP02	13%	1 483 585 113	168 932 524	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	Ouvrages d'art courants (hors terrassements et blocs techniques)	m²	surface de tablier des OA courants	TP02	30%	7 194 511	1 660 272	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	Ouvrages d'art non courants (hors terrassements et blocs techniques)	m²	surface de tablier des OA non courants	TP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	Ouvrages souterrains	m	linéaire d'ouvrages souterrains	TP05a	13%	1 476 390 603	167 272 253	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	Amenagements en gare	NS	voir quantités des niveaux inclus	TP01	26%	134 202 000	27 382 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	Passages à niveau	u	nb de passages à niveau	TP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	Voie	m	linéaire de voie	VF2	30%	31 908 881	7 363 588	-	2 400	4 650 866	1 073 277	5 710	11 130 446	2 566 565	15 700	11 988 985	2 766 689	-	-	-	-	-	-	-	-	
13	Signalisation et installations de sécurité	NS	voir quantités des niveaux inclus	BT47	30%	46 718 918	10 781 289	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	Transmissions et télécommunications	NS	voir quantités des niveaux inclus	BT47	30%	2 707 038	624 701	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	Installations de traction électrique	m	linéaire de voie équipée	TP12	36%	18 222 523	4 870 563	-	2 400	1 141 161	263 345	5 710	3 212 712	741 385	15 700	6 324 725	1 459 552	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	Total	Estimation brute				2 389 686 471			162 427 392		459 940 351		831 591 904		889 017 255		10 226 712		3 700 897		28 482 857		34 179 429			
		Dont Somme à valoir				365 630 144			29 880 543		67 162 611		95 019 240		142 304 267		12 272 054		3 700 897		7 403 566					

PRI tunnel	12%	296 717 023	20%	15 656 560	20%	40 981 077	20%	128 020 200	20%	112 059 186	20%	-	20%	-
PRI autres	8%	179 420 272	20%	16 828 918	20%	50 806 993	20%	38 298 181	20%	65 744 265	20%	2 045 342	20%	5 696 571

Total	2 857 000 000	194 912 871	550 728 421	997 910 285	1 066 820 706	12 272 054	34 179 429
--------------	----------------------	--------------------	--------------------	--------------------	----------------------	-------------------	-------------------



Raccordement nord

Prestations intellectuelles	0,275468073	27 772 124 €	6 576 912 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)	0,073448706	7 404 947 €	1 838 292 €
Maîtrise d'œuvre	0,124887706	16 693 184 €	4 404 621 €
Acquisition de données	0,02429457	2 449 328 €	222 666 €
Mission GID	0,012147285	1 224 664 €	111 333 €
Foncier	1	19 863 €	1 338 €
Acquisitions foncières	1	1 746 €	403 €
Aménagements fonciers	0	0 €	0 €
Occupations temporaires et dommages tra	1	18 118 €	936 €
Libération des emprises		969 857 €	223 813 €
Déviations ou mesures de protection d'inst	1	934 919 €	215 750 €
Prestations SNCF Entrepreneur	0,325811141	32 847 608 €	7 677 027 €
Sécurité des travaux (hors SNCF)	0	0 €	0 €
Installations communes de chantier (y/c bases tra	1	1 293 814 €	288 807 €
Ouvrages en terre et aménagements associés (GC	1	1 635 933 €	377 523 €
Installations de chantier pour les ouvrages	1	99 846 €	23 041 €
Terrassements	1	1 017 900 €	234 900 €
Assainissements (hors ouvrages hydrauliqu	1	518 188 €	119 582 €
Ouvrages hydrauliques	0	0 €	0 €
Ouvrages de soutènement	0	0 €	0 €
Aménagements divers	1	3 255 035 €	751 162 €
Ouvrages d'art		78 282 800 €	10 210 800 €
Ouvrages d'art courants (hors terrassements et blocs technic		0 €	0 €
Ouvrages d'art non courants (hors terrassements et blocs te		0 €	0 €
Ouvrages souterrains		78 282 800 €	10 210 800 €
Aménagements en gare	0	0 €	0 €
Passages à niveau	0	0 €	0 €
Voie	2400	4 650 866 €	1 073 277 €
Signalisation et installations de sécurité	0	10 388 876 €	2 397 433 €
Transmissions et télécommunications	0	169 455 €	39 105 €
Installations de traction électrique	2400	1 141 161 €	263 345 €
Estimation brute		162 427 392 €	
<i>Dont Somme à valoir</i>			29 880 543 €

	Quantité	Unité	Commentaires	Estimation tech	SAV
Prestations intellectuelles				21 195 211 €	6 576 912 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)				5 566 656 €	1 838 292 €
Taux de maîtrise d'ouvrage	0,05	111333113,2	fft	5 566 656 €	1 838 292 €
Maîtrise d'œuvre				12 288 562 €	4 404 621 €
Libération des emprises	0,08	746043,7756	fft	59 684 €	25 664 €
Installations communes de c	0,12	1005006,371	fft	120 601 €	50 183 €
Ouvrages en terre et aména	0,08	1258410,282	fft	100 673 €	43 289 €
Aménagements divers	0,12	2503873,291	fft	300 465 €	129 200 €
Ouvrages d'art	0,08	68072000	fft	5 445 760 €	1 443 126 €
Voie	0,12	3577589,481	fft	429 311 €	184 604 €
Signalisation et installations	0,24	7991442,731	fft	1 917 946 €	824 717 €
Transmissions et télécommu	0,12	130349,7528	fft	15 642 €	6 726 €
Installations de traction élec	0,14	877816,4122	fft	122 894 €	52 845 €
SNCF E	0,15	25170581,09	0 €	3 775 587 €	1 644 268 €
Acquisition de données				2 226 662 €	222 666 €
Acquisition de données	0,02	111333113,2	fft	2 226 662 €	222 666 €
Mission GID				1 113 331 €	111 333 €
Mission GID	0,01	111333113,2	fft	1 113 331 €	111 333 €
Foncier				18 525 €	1 338 €
Acquisitions foncières				1 343 €	403 €
Acquisitions foncières				1 343 €	403 €
Rural non con	1,119119119	1200	m ²	1 343 €	403 €
Occupations temporaires et dommages travaux				17 182 €	936 €

Libération des emprises				746 044 €	223 813 €		
Déviations ou mesures de protection d'installations existantes				719 168 €	215 750 €		
Dégagement des emprises				26 876 €	8 063 €		
	Déboisement	2,23963188	12000 m ²	26 876 €	8 063 €		
Déviations ou mesures de protections de réseaux				719 168 €	215 750 €		
	Réseaux cour	125,2514129	1200 ml de ligne	150 302 €	45 091 €		
	Réseaux exceptionnels			568 866 €	170 660 €		
		568866,4976	1 unité	568 866 €	170 660 €		
Prestations SNCF Entrepreneur				25 170 581 €	7 677 027 €		
Libération des emprises				0,1	746043,7756 fft	74 604 €	32 080 €
Installations communes de c				0,1	1005006,371 fft	100 501 €	41 819 €
Ouvrages en terre et aména				0,28	1258410,282 fft	352 355 €	151 513 €
Ouvrages d'art				0,28	68072000 fft	19 060 160 €	5 050 942 €
Voie				0,35	3577589,481 fft	1 252 156 €	538 427 €
Signalisation et installations				0,49	7991442,731 fft	3 915 807 €	1 683 797 €
Transmissions et télécommu				0,49	130349,7528 fft	63 871 €	27 465 €
Installations de traction élec				0,4	877816,4122 fft	351 127 €	150 984 €
Installations communes de chantier (y/c bases travaux)						1 005 006 €	288 807 €
Ouvrages en terre et aménagements associés (GC hors ouvrages d'art)						1 258 410 €	377 523 €
Installations de chantier pour les ouvrages en terre et les aménagements associés						76 804 €	23 041 €
	Installations de chantier pou	0,065	1 fft			76 804 €	23 041 €
Terrassements						783 000 €	234 900 €
	Plate-forme	783	1000 ml de VU	avant la tranchée		783 000 €	234 900 €
Assainissements (hors ouvrages hydrauliques)						398 606 €	119 582 €
Assainissement : drainage longitudinal et bassins						398 606 €	119 582 €
	Fossés, collec	332,1715818	1200 ml de ligne			398 606 €	119 582 €
Aménagements divers						2 503 873 €	751 162 €
Aménagements environnementaux						2 400 000 €	720 000 €
	Paysagement	2000	1200 ml	Sécurité		2 400 000 €	720 000 €
	Chaussées	129,8416142	800 m ²	aire de sécu		103 873 €	31 162 €
Ouvrages d'art						68 072 000 €	10 210 800 €
Ouvrages souterrains						68 072 000 €	10 210 800 €
	Ouvrages souterrains					68 072 000 €	10 210 800 €
	Tranchée cou	100105,8824	680 ml			68 072 000 €	10 210 800 €
Voie						3 577 589 €	1 073 277 €
Voie courante				564,8148148	2400 ml	1 355 556 €	406 667 €
Installations de chantier / b				0,04	1 fft	54 222 €	16 267 €
Appareils de voie				170000	u	2 084 434 €	625 330 €
	tg 0,05 V=100	347405,7217	6 u			2 084 434 €	625 330 €
Installations de chantier / b				0,04	1 fft	83 377 €	25 013 €
Signalisation et installations de sécurité						7 991 443 €	2 397 433 €
Espacement BAL + KVB				218586,5572	4 canton	874 346 €	262 304 €
Objet : aiguille enclenchée				273734,4809	26 objet	7 117 097 €	2 135 129 €
Modif télécommande				70000	26 #N/A	1 820 000 €	546 000 €
Transmissions et télécommunications						130 350 €	39 105 €
Radio-sol train GSM-R				54,312397	1200 ml de ligne	65 175 €	19 552 €
Réseau fibre optique + cuivr				54,312397	1200 ml de ligne	65 175 €	19 552 €
Installations de traction électrique						877 816 €	263 345 €
Caténaires						715 116 €	214 535 €
	Fondations +	264,4526136	2400 ml			634 686 €	190 406 €
	Plus valeur poi	33,51240721	2400 ml			80 430 €	24 129 €
Installations de chantier / b				0,04	fft	28 605 €	8 581 €
Caténaires						134 096 €	40 229 €
	Equipement d	44697,80574	2 u			89 396 €	26 819 €
	Equipement d	22350,05434	2 u			44 700 €	13 410 €

Raccordement sud B4

Prestations intellectuelles	0,266524082	68 300 951 €	16 137 418 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)	0,072816716	18 660 419 €	4 655 517 €
Maîtrise d'œuvre	0,119182265	40 397 297 €	10 641 607 €
Acquisition de données	0,024045978	6 162 157 €	560 196 €
Mission GID	0,012022989	3 081 078 €	280 098 €
Foncier	1	51 359 060 €	11 842 889 €
Acquisitions foncières	1	13 093 694 €	3 021 622 €
Aménagements fonciers	1	38 213 719 €	8 818 551 €
Occupations temporaires et dommages tra	1	51 647 €	2 717 €
Libération des emprises		326 411 €	75 326 €
Déviations ou mesures de protection d'inst	0	195 392 €	45 091 €
Prestations SNCF Entrepreneur	0,322666574	82 688 340 €	19 419 980 €
Sécurité des travaux (hors SNCF)	0	0 €	0 €
Installations communes de chantier (y/c bases tra	1	3 288 700 €	747 855 €
Ouvrages en terre et aménagements associés (GC	1	11 725 868 €	3 103 042 €
Installations de chantier pour les ouvrages	1	684 158 €	157 883 €
Terrassements	1	9 400 782 €	2 566 484 €
Assainissements (hors ouvrages hydrauliqu	1	1 640 928 €	378 676 €
Ouvrages hydrauliques	0	0 €	0 €
Ouvrages de soutènement	0	0 €	0 €
Aménagements divers	1	3 691 835 €	851 962 €
Ouvrages d'art		204 905 386 €	27 448 647 €
Ouvrages d'art courants (hors terrassements et blocs technic		7 194 511 €	1 660 272 €
Ouvrages d'art non courants (hors terrassements et blocs te		0 €	0 €
Ouvrages souterrains		197 710 875 €	25 788 375 €
Aménagements en gare	0	0 €	0 €
Passages à niveau	0	0 €	0 €
Voie	5710	11 130 446 €	2 568 565 €
Signalisation et installations de sécurité	0	17 871 473 €	4 124 186 €
Transmissions et télécommunications	0	439 170 €	101 347 €
Installations de traction électrique	5710	3 212 712 €	741 395 €
Estimation brute		458 940 351 €	
<i>Dont Somme à valoir</i>			87 162 611 €

	Quantité	Unité	Commentaires	Estimation tech	SAV
Prestations intellectuelles				52 163 533 €	16 137 418 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)				14 004 902 €	4 655 517 €
Taux de maîtrise d'ouvrage	0,05	280098036,1	fft	14 004 902 €	4 655 517 €
Maîtrise d'œuvre				29 755 690 €	10 641 607 €
Libération des emprises	0,08	251085,1301	fft	20 087 €	8 637 €
Installations communes de c	0,12	2540844,404	fft	304 901 €	129 207 €
Ouvrages en terre et aména	0,08	8622825,322	fft	689 826 €	342 050 €
Aménagements divers	0,12	2839873,291	fft	340 785 €	146 537 €
Ouvrages d'art	0,08	177456739	fft	14 196 539 €	3 835 135 €
Voie	0,12	8561881,871	fft	1 027 426 €	441 793 €
Signalisation et installations	0,24	13747287,17	fft	3 299 349 €	1 418 720 €
Transmissions et télécommu	0,12	337823,1093	fft	40 539 €	17 432 €
Installations de traction élec	0,14	2471316,592	fft	345 984 €	148 773 €
SNCF E	0,15	63268360,28	0 €	9 490 254 €	4 153 322 €
Acquisition de données				5 601 961 €	560 196 €
Acquisition de données	0,02	280098036,1	fft	5 601 961 €	560 196 €
Mission GID				2 800 980 €	280 098 €
Mission GID	0,01	280098036,1	fft	2 800 980 €	280 098 €
Foncier				39 516 170 €	11 842 889 €
Acquisitions foncières				10 072 072 €	3 021 622 €
Acquisitions foncières				10 072 072 €	3 021 622 €
Périurbain / U 223,8238238	45000	m ²	surface le long d	10 072 072 €	3 021 622 €
Aménagements fonciers				29 395 168 €	8 818 551 €
Acquisition et démolition bâti				29 395 168 €	8 818 551 €
habitation	2799,53985	10500 m ² d'habitation	3 immeubles de	29 395 168 €	8 818 551 €
Occupations temporaires et dommages travaux				48 930 €	2 717 €

Libération des emprises				251 085 €	75 326 €
Déviations ou mesures de protection d'installations existantes				150 302 €	45 091 €
Dégagement des emprises				100 783 €	30 235 €
Déboisement 2,23963188 45000 m ²				100 783 €	30 235 €
Déviations ou mesures de protections de réseaux				150 302 €	45 091 €
Réseaux cour: 125,2514129 1200 ml de ligne				150 302 €	45 091 €
Prestations SNCF Entrepreneur				63 268 360 €	19 419 980 €
Libération des emprises 0,1 251085,1301 fft				25 109 €	10 797 €
Installations communes de c 0,1 2540844,404 fft				254 084 €	107 673 €
Ouvrages en terre et aména 0,28 8622825,322 fft				2 414 391 €	1 197 176 €
Ouvrages d'art 0,28 177456739 fft				49 687 887 €	13 422 972 €
Voie 0,35 8561881,871 fft				2 996 659 €	1 288 563 €
Signalisation et installations 0,49 13747287,17 fft				6 736 171 €	2 896 553 €
Transmissions et télécommu 0,49 337823,1093 fft				165 533 €	71 179 €
Installations de traction élec 0,4 2471316,592 fft				988 527 €	425 066 €
Installations communes de chantier (y/c bases travaux)				2 540 844 €	747 855 €
Ouvrages en terre et aménagements associés (GC hors ouvrages d'art)				8 622 825 €	3 103 042 €
Installations de chantier pour les ouvrages en terre et les aménagements associés				526 276 €	157 883 €
Installations de chantier pou 0,065 fft				123 381 €	37 014 €
Terrassements				6 834 298 €	2 566 484 €
Plate-forme 783 2000 ml de VU voies Racc				1 566 000 €	469 800 €
Assainissements (hors ouvrages hydrauliques)				1 262 252 €	378 676 €
Assainissement : drainage longitudinal et bassins				332 172 €	99 651 €
Fossés, collect 332,1715818 1000 ml de ligne				332 172 €	99 651 €
Aménagements divers				2 839 873 €	851 962 €
Aménagements environnementaux				2 736 000 €	820 800 €
Paysagement 1600 1710 ml Sécurité				2 736 000 €	820 800 €
Chaussées 129,8416142 800 m ² aire de sécu				103 873 €	31 162 €
Ouvrages d'art				177 456 739 €	27 448 647 €
Ouvrages d'art courants (hors terrassements et blocs techniques)				5 534 239 €	1 660 272 €
Ouvrages d'art courant				5 534 239 €	1 660 272 €
pont rail et gr. 9279,40806 560 m ² On chiffre ici 2 O				5 196 469 €	1 558 941 €
Installations d 0,065 fft				337 770 €	101 331 €
Ouvrages souterrains				171 922 500 €	25 788 375 €
Ouvrages souterrains				171 922 500 €	25 788 375 €
Tranchée cou 100539,4737 1710 ml				171 922 500 €	25 788 375 €
Voie				8 561 882 €	2 568 565 €
Voie courante 564,8148148 1710 ml				965 833 €	289 750 €
RVB Renouvellement Voie 822,943293 2000 ml régé des voies 1:				1 645 887 €	493 766 €
Dépose voie 257,5555556 6320 ml voies 134 à 144 €				1 627 751 €	488 325 €
Dépose AdV 110287,5307 u				1 240 073 €	372 022 €
tg 0,13 V=30 48967,66363 13 u faisceau relais +				636 580 €	190 974 €
tg 0,11 V=40 71466,3199 2 u 758b +772b				142 933 €	42 880 €
tg 0,085 V=60 91318,07542 1 u 763 €				91 318 €	27 395 €
TJD 0,13 U50 80730,47248 4 u faisceau relais+7				322 922 €	96 877 €
TO 0,13 U50 46320,7629 1 u				46 321 €	13 896 €
Installations de chantier / b: 0,04 fft				219 182 €	65 755 €
Appareils de voie 170000 u				694 811 €	208 443 €
tg 0,05 V=10 347405,7217 2 u Appareils V1G+V				694 811 €	208 443 €
Installations de chantier / b: 0,04 fft				27 792 €	8 338 €
Signalisation et installations de sécurité				13 747 287 €	4 124 186 €
Espacement BAL + KVB 262303,8686 6 canton voie nouvelle + r				1 573 823 €	472 147 €
Objet : aiguille enclenchée 273734,4809 40 objet 2 aiguilles				10 949 379 €	3 284 814 €
Modif télécommande 70000 40 #N/A				2 800 000 €	840 000 €
Transmissions et télécommunications				337 823 €	101 347 €
Radio-sol train GSM-R 54,312397 1710 ml de ligne				92 874 €	27 862 €
Réseau fibre optique + cuivr 54,312397 1710 ml de ligne				92 874 €	27 862 €
Installations de traction électrique				2 471 317 €	741 395 €
Caténaires				1 038 425 €	311 528 €
Fondations + 264,4526136 3710 ml voies de sortie +				981 119 €	294 336 €
Plus value pot 33,51240721 1710 ml				57 306 €	17 192 €
Dépose totalité (poteaux + f 85 6320 ml				537 200 €	161 160 €
Installations de chantier / b: 0,04 fft				63 025 €	18 908 €
Caténaires				62 580 €	18 774 €
Equipement d 31290,07608 2 u				62 580 €	18 774 €

Tunnel scénario C

Prestations intellectuelles	0,177873983	125 563 073 €	21 723 670 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)	0,055	38 825 065 €	7 193 978 €
Maîtrise d'œuvre	0,093300086	65 861 489 €	12 631 827 €
Acquisition de données	0,019715931	13 917 679 €	1 265 244 €
Mission GID	0,009857966	6 958 839 €	632 622 €
Foncier	1	118 553 €	6 046 €
Acquisitions foncières	0	0 €	0 €
Aménagements fonciers	0	0 €	0 €
Occupations temporaires et dommages tra	1	118 553 €	6 046 €
Libération des emprises		0 €	0 €
Déviations ou mesures de protection d'inst	0	0 €	0 €
Prestations SNCF Entrepreneur	0	0 €	0 €
Sécurité des travaux (hors SNCF)	0	0 €	0 €
Installations communes de chantier (y/c bases tra	1	9 059 066 €	2 001 322 €
Ouvrages en terre et aménagements associés (GC	1	989 918 €	228 443 €
Installations de chantier pour les ouvrages	1	60 418 €	13 943 €
Terrassements	0	0 €	0 €
Assainissements (hors ouvrages hydrauliqu	1	929 500 €	214 500 €
Ouvrages hydrauliques	0	0 €	0 €
Ouvrages de soutènement	0	0 €	0 €
Aménagements divers	1	29 744 000 €	6 864 000 €
Ouvrages d'art		640 101 000 €	58 191 000 €
Ouvrages d'art courants (hors terrassements et blocs technic		0 €	0 €
Ouvrages d'art non courants (hors terrassements et blocs te		0 €	0 €
Ouvrages souterrains		640 101 000 €	58 191 000 €
Aménagements en gare	0	0 €	0 €
Passages à niveau	0	0 €	0 €
Voie	15700	11 988 985 €	2 766 689 €
Signalisation et installations de sécurité	0	5 683 250 €	1 311 519 €
Transmissions et télécommunications	0	2 019 335 €	466 000 €
Installations de traction électrique	15700	6 324 725 €	1 459 552 €
Estimation brute		831 591 904 €	
<i>Dont Somme à valoir</i>			95 018 240 €

	Quantité	Unité	Commentaires	Estimation tech	SAV
Prestations intellectuelles				103 839 403 €	21 723 670 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)				31 631 088 €	7 193 978 €
Taux de maîtrise d'ouvrage	0,05	632621754	fft	31 631 088 €	7 193 978 €
Maîtrise d'œuvre				53 229 663 €	12 631 827 €
Installations communes de c	0,12	7057744,128	fft	846 929 €	348 867 €
Ouvrages en terre et aména	0,08	761475	fft	60 918 €	26 195 €
Aménagements divers	0,12	22880000	fft	2 745 600 €	1 180 608 €
Ouvrages d'art	0,08	581910000	fft	46 552 800 €	9 776 088 €
Voie	0,12	9222296,296	fft	1 106 676 €	475 870 €
Signalisation et installations	0,24	4371731,143	fft	1 049 215 €	451 163 €
Transmissions et télécommu	0,12	1553334,554	fft	186 400 €	80 152 €
Installations de traction élec	0,14	4865172,86	fft	681 124 €	292 883 €
Acquisition de données				12 652 435 €	1 265 244 €
Acquisition de données	0,02	632621754	fft	12 652 435 €	1 265 244 €
Mission GID				6 326 218 €	632 622 €
Mission GID	0,01	632621754	fft	6 326 218 €	632 622 €
Foncier				112 507 €	6 046 €
Occupations temporaires et dommages travaux				112 507 €	6 046 €
Installations communes de chantier (y/c bases travaux)				7 057 744 €	2 001 322 €
Ouvrages en terre et aménagements associés (GC hors ouvrages d'art)				761 475 €	228 443 €
Installations de chantier pour les ouvrages en terre et les aménagements associés				46 475 €	13 943 €
Installations de chantier pou	0,065		fft	46 475 €	13 943 €
Assainissements (hors ouvrages hydrauliques)				715 000 €	214 500 €
Assainissement : drainage longitudinal et bassins				715 000 €	214 500 €
Fossés, collect	50	14300 ml de ligne		715 000 €	214 500 €

Aménagements divers				22 880 000 €	6 864 000 €
Aménagements environnementaux				22 880 000 €	6 864 000 €
	Paysagement	1600	14300 ml	22 880 000 €	6 864 000 €
Ouvrages d'art				581 910 000 €	58 191 000 €
Ouvrages souterrains				581 910 000 €	58 191 000 €
	Ouvrages souterrains			581 910 000 €	58 191 000 €
	Tunnel	40693,00699	14300 ml	581 910 000 €	58 191 000 €
Voie				9 222 296 €	2 766 689 €
	Voie courante	564,8148148	15700 ml	8 867 593 €	2 660 278 €
	Installations de chantier / bœ	0,04	fft	354 704 €	106 411 €
Signalisation et installations de sécurité				4 371 731 €	1 311 519 €
	Espacement BAL + KVB	218586,5572	20 canton	4 371 731 €	1 311 519 €
Transmissions et télécommunications				1 553 335 €	466 000 €
	Radio-sol train GSM-R	54,312397	14300 ml de ligne	776 667 €	233 000 €
	Réseau fibre optique + cuivr	54,312397	14300 ml de ligne	776 667 €	233 000 €
Installations de traction électrique				4 865 173 €	1 459 552 €
Caténaires				4 678 051 €	1 403 415 €
	Fondations +	264,4526136	15700 ml	4 151 906 €	1 245 572 €
	Plus value poi	33,51240721	15700 ml	526 145 €	157 843 €
	Installations de chantier / bœ	0,04	fft	187 122 €	56 137 €

Raccordement Vracc à Guillotière

Prestations intellectuelles	0,400746757	6 101 213 €	1 818 969 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)	0,080842314	1 230 793 €	395 111 €
Maîtrise d'œuvre	0,283676898	4 318 870 €	1 373 717 €
Acquisition de données	0,024151696	367 700 €	33 427 €
Mission GID	0,012075848	183 850 €	16 714 €
Foncier	1	3 596 €	192 €
Acquisitions foncières	0	0 €	0 €
Aménagements fonciers	0	0 €	0 €
Occupations temporaires et dommages tra	1	3 596 €	192 €
Libération des emprises		0 €	0 €
Déviations ou mesures de protection d'inst	0	0 €	0 €
Prestations SNCF Entrepreneur	0,469860252	7 153 439 €	2 151 034 €
Sécurité des travaux (hors SNCF)	0	0 €	0 €
Installations communes de chantier (y/c bases tra	1	195 380 €	45 088 €
Ouvrages en terre et aménagements associés (GC	1	1 331 357 €	307 236 €
Installations de chantier pour les ouvrages	1	81 257 €	18 752 €
Terrassements	1	950 040 €	219 240 €
Assainissements (hors ouvrages hydrauliqu	1	241 821 €	55 805 €
Ouvrages hydrauliques	1	58 240 €	13 440 €
Ouvrages de soutènement	0	0 €	0 €
Aménagements divers	0	0 €	0 €
Ouvrages d'art		0 €	0 €
Ouvrages d'art courants (hors terrassements et blocs technic		0 €	0 €
Ouvrages d'art non courants (hors terrassements et blocs te		0 €	0 €
Ouvrages souterrains		0 €	0 €
Aménagements en gare	0	0 €	0 €
Passages à niveau	0	0 €	0 €
Voie	800	3 184 287 €	734 836 €
Signalisation et installations de sécurité	0	8 708 407 €	2 009 632 €
Transmissions et télécommunications	0	79 079 €	18 249 €
Installations de traction électrique	800	1 726 099 €	398 331 €
Estimation brute		28 482 857 €	
<i>Dont Somme à valoir</i>			7 483 566 €

	Quantité	Unité	Commentaires	Estimation tech	SAV
Prestations intellectuelles				4 282 244 €	1 818 969 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)				835 682 €	395 111 €
Taux de maîtrise d'ouvrage	0,05	16713642,67	fft	835 682 €	395 111 €
Maîtrise d'œuvre				2 945 153 €	1 373 717 €
Installations communes de c	0,12	150292,2934	fft	18 035 €	7 755 €
Ouvrages en terre et aména	0,08	1024121,131	fft	81 930 €	35 230 €
Voie	0,12	2449451,878	fft	293 934 €	126 392 €
Signalisation et installations	0,24	6698774,337	fft	1 607 706 €	691 314 €
Transmissions et télécommu	0,12	60829,88464	fft	7 300 €	3 139 €
Installations de traction élec	0,14	1327768,413	fft	185 888 €	79 932 €
SNCF E	0,15	5002404,737	0 €	750 361 €	429 957 €
Acquisition de données				334 273 €	33 427 €
Acquisition de données	0,02	16713642,67	fft	334 273 €	33 427 €
Mission GID				167 136 €	16 714 €
Mission GID	0,01	16713642,67	fft	167 136 €	16 714 €
Foncier				3 405 €	192 €
Occupations temporaires et dommages travaux				3 405 €	192 €
Prestations SNCF Entrepreneur				5 002 405 €	2 151 034 €
Installations communes de c	0,1	150292,2934	fft	15 029 €	6 463 €
Ouvrages en terre et aména	0,28	1024121,131	fft	286 754 €	123 304 €
Voie	0,35	2449451,878	fft	857 308 €	368 643 €
Signalisation et installations	0,49	6698774,337	fft	3 282 399 €	1 411 432 €
Transmissions et télécommu	0,49	60829,88464	fft	29 807 €	12 817 €
Installations de traction élec	0,4	1327768,413	fft	531 107 €	228 376 €
Installations communes de chantier (y/c bases travaux)				150 292 €	45 088 €

Ouvrages en terre et aménagements associés (GC hors ouvrages d'art)				1 024 121 €	307 236 €
Installations de chantier pour les ouvrages en terre et les aménagements associés				62 505 €	18 752 €
Installations de chantier pou	0,065	fft		62 505 €	18 752 €
Terrassements				730 800 €	219 240 €
Plate-forme	913,5	800 ml de VU		730 800 €	219 240 €
Assainissements (hors ouvrages hydrauliques)				186 016 €	55 805 €
Assainissement : drainage longitudinal et bassins				186 016 €	55 805 €
Fossés, collect	465,0402145	400 ml de ligne		186 016 €	55 805 €
Ouvrages hydrauliques				44 800 €	13 440 €
Petits ouvrages hydrauliques de traversée				44 800 €	13 440 €
OH voie doubl	112	400 ml de ligne double		44 800 €	13 440 €
Voie				2 449 452 €	734 836 €
Voie courante	790,7407407	800 ml		632 593 €	189 778 €
Dépose voie	300,4814815	800 ml		240 385 €	72 116 €
Installations de chantier / bœ	0,04	fft		34 919 €	10 476 €
Appareils de voie	170000	u		1 482 264 €	444 679 €
tg 0,085 V=60	247044,0688	6 u		1 482 264 €	444 679 €
Installations de chantier / bœ	0,04	fft		59 291 €	17 787 €
Signalisation et installations de sécurité				6 698 774 €	2 009 632 €
Espacement BAL + KVB	306021,18	4 canton		1 224 085 €	367 225 €
Objet : aiguille enclenchée	273734,4809	20 objet	environ 20 signa	5 474 690 €	1 642 407 €
Modif télécommande	70000	20	#N/A	1 400 000 €	420 000 €
Transmissions et télécommunications				60 830 €	18 249 €
Réseau fibre optique + cuivr	76,0373558	800 ml de ligne		60 830 €	18 249 €
Installations de traction électrique				1 327 768 €	398 331 €
Caténaires				296 187 €	88 856 €
Fondations +	370,2336591	800 ml		296 187 €	88 856 €
Dépose totalité (poteaux + f	100	8000 ml		800 000 €	240 000 €
Installations de chantier / bœ	0,04	fft		43 847 €	13 154 €
Caténaires				187 734 €	56 320 €
Equipement d	62576,92804	2 u		125 154 €	37 546 €
Equipement d	31290,07608	2 u		62 580 €	18 774 €

Gare tranchée couverte

Prestations intellectuelles	0,184855602	131 012 825 €	27 205 852 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)	0,056211824	39 839 041 €	8 989 338 €
Maîtrise d'œuvre	0,099915227	70 812 980 €	16 365 532 €
Acquisition de données	0,019152367	13 573 869 €	1 233 988 €
Mission GID	0,009576184	6 786 935 €	616 994 €
Foncier	1	33 658 238 €	7 746 297 €
Acquisitions foncières	0	0 €	0 €
Aménagements fonciers	1	33 540 000 €	7 740 000 €
Occupations temporaires et dommages tra	1	118 238 €	6 297 €
Libération des emprises		15 615 576 €	3 603 594 €
Déviations ou mesures de protection d'inst	12	2 470 000 €	570 000 €
Prestations SNCF Entrepreneur	0	0 €	0 €
Sécurité des travaux (hors SNCF)	0	0 €	0 €
Installations communes de chantier (y/c bases tra	1	9 095 260 €	2 098 906 €
Ouvrages en terre et aménagements associés (GC	0	0 €	0 €
Installations de chantier pour les ouvrages	0	0 €	0 €
Terrassements	0	0 €	0 €
Assainissements (hors ouvrages hydrauliqu	0	0 €	0 €
Ouvrages hydrauliques	0	0 €	0 €
Ouvrages de soutènement	0	0 €	0 €
Aménagements divers	0	0 €	0 €
Ouvrages d'art		560 295 928 €	73 082 078 €
Ouvrages d'art courants (hors terrassements et blocs technic		0 €	0 €
Ouvrages d'art non courants (hors terrassements et blocs te		0 €	0 €
Ouvrages souterrains		560 295 928 €	73 082 078 €
Aménagements en gare	0	134 202 000 €	27 382 000 €
Passages à niveau	0	0 €	0 €
Voie	0	954 296 €	220 222 €
Signalisation et installations de sécurité	0	4 066 912 €	938 518 €
Transmissions et télécommunications	0	0 €	0 €
Installations de traction électrique	0	116 220 €	26 820 €
Estimation brute		889 017 255 €	
<i>Dont Somme à valoir</i>			142 304 287 €

	Quantité	Unité	Commentaires	Estimation tech	SAV
Prestations intellectuelles				103 806 973 €	27 205 852 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)				30 849 703 €	8 989 338 €
Taux de maîtrise d'ouvrage	0,05	616994053,2	fft	30 849 703 €	8 989 338 €
Maîtrise d'œuvre				54 447 448 €	16 365 532 €
Libération des emprises	0,08	12011981,59	fft	960 959 €	413 212 €
Installations communes de c	0,12	6996353,56	fft	839 562 €	361 012 €
Ouvrages d'art	0,08	487213850	fft	38 977 108 €	10 328 934 €
Aménagements en gare	0,12	106820000	fft	12 818 400 €	4 896 264 €
Voie	0,12	734073,8044	fft	88 089 €	37 878 €
Signalisation et installations	0,24	3128394,067	fft	750 815 €	322 850 €
Installations de traction élec	0,14	89400,21736	fft	12 516 €	5 382 €
Acquisition de données				12 339 881 €	1 233 988 €
Acquisition de données	0,02	616994053,2	fft	12 339 881 €	1 233 988 €
Mission GID				6 169 941 €	616 994 €
Mission GID	0,01	616994053,2	fft	6 169 941 €	616 994 €
Foncier				25 911 942 €	7 746 297 €
Aménagements fonciers				25 800 000 €	7 740 000 €
Acquisition et démolition bâti				25 800 000 €	7 740 000 €
bâti industriel	25800000	1 m ²	impact sur exista	25 800 000 €	7 740 000 €
Occupations temporaires et dommages travaux				111 942 €	6 297 €

Libération des emprises				12 011 982 €	3 603 594 €
Déviations ou mesures de protection d'installations existantes				1 900 000 €	570 000 €
Archéo	111981,594	1	fft	111 982 €	33 594 €
Déviations ou mesures de protections de réseaux				1 900 000 €	570 000 €
Réseaux courants				1 000 000 €	300 000 €
	100000	10	unité	1 000 000 €	300 000 €
Réseaux exceptionnels				900 000 €	270 000 €
	450000	2	unité	900 000 €	270 000 €
Aménagements provisoires				10 000 000 €	3 000 000 €
	10000000	1	fft	10 000 000 €	3 000 000 €
Installations communes de chantier (y/c bases travaux)				6 996 354 €	2 098 906 €
Ouvrages d'art				487 213 850 €	73 082 078 €
Ouvrages souterrains				487 213 850 €	73 082 078 €
Aménagements en gare				106 820 000 €	27 382 000 €
Bâtiment		1	m ²	voir fichier de ca	79 500 000 €
Traversées et accès					23 850 000 €
Ascenseur ext	200000	24	u	ascenceurs intér	4 800 000 €
Escalier méca	330000	44	u		14 520 000 €
Voirie + Parvis	200	40000	m ²		1 600 000 €
Voie				734 074 €	220 222 €
Appareils de voie				705 840 €	211 752 €
tg 0,085 V=60	176460,0491	4	u		705 840 €
Installations de chantier / bç				28 234 €	8 470 €
	0,04		fft		
Signalisation et installations de sécurité				3 128 394 €	938 518 €
Objet : aiguille enclenchée		195524,6292	16	objet	3 128 394 €
Installations de traction électrique				89 400 €	26 820 €
Caténaires				89 400 €	26 820 €
	Equipement d	22350,05434	4	u	89 400 €

EALÉ

Prestations intellectuelles	0,334704459	1 933 161 €	759 656 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)	0,078967078	456 092 €	192 522 €
Maîtrise d'œuvre	0,225618904	1 303 113 €	551 319 €
Acquisition de données	0,020078984	115 971 €	10 543 €
Mission GID	0,010039492	57 985 €	5 271 €
Foncier	1	964 €	51 €
Acquisitions foncières	0	0 €	0 €
Aménagements fonciers	0	0 €	0 €
Occupations temporaires et dommages tra	1	964 €	51 €
Libération des emprises		0 €	0 €
Déviations ou mesures de protection d'inst	0	0 €	0 €
Prestations SNCF Entrepreneur	0,435765054	2 516 860 €	1 022 964 €
Sécurité des travaux (hors SNCF)	0	0 €	0 €
Installations communes de chantier (y/c bases tra	1	74 121 €	17 105 €
Ouvrages en terre et aménagements associés (GC	0	0 €	0 €
Installations de chantier pour les ouvrages	0	0 €	0 €
Terrassements	0	0 €	0 €
Assainissements (hors ouvrages hydrauliqu	0	0 €	0 €
Ouvrages hydrauliques	0	0 €	0 €
Ouvrages de soutènement	0	0 €	0 €
Aménagements divers	0	0 €	0 €
Ouvrages d'art		0 €	0 €
Ouvrages d'art courants (hors terrassements et blocs technic		0 €	0 €
Ouvrages d'art non courants (hors terrassements et blocs te		0 €	0 €
Ouvrages souterrains		0 €	0 €
Aménagements en gare	0	0 €	0 €
Passages à niveau	0	0 €	0 €
Voie	0	0 €	0 €
Signalisation et installations de sécurité	0	0 €	0 €
Transmissions et télécommunications	0	0 €	0 €
Installations de traction électrique	0	5 701 606 €	1 981 121 €
Estimation brute		10 226 712 €	
<i>Dont Somme à valoir</i>			3 780 897 €

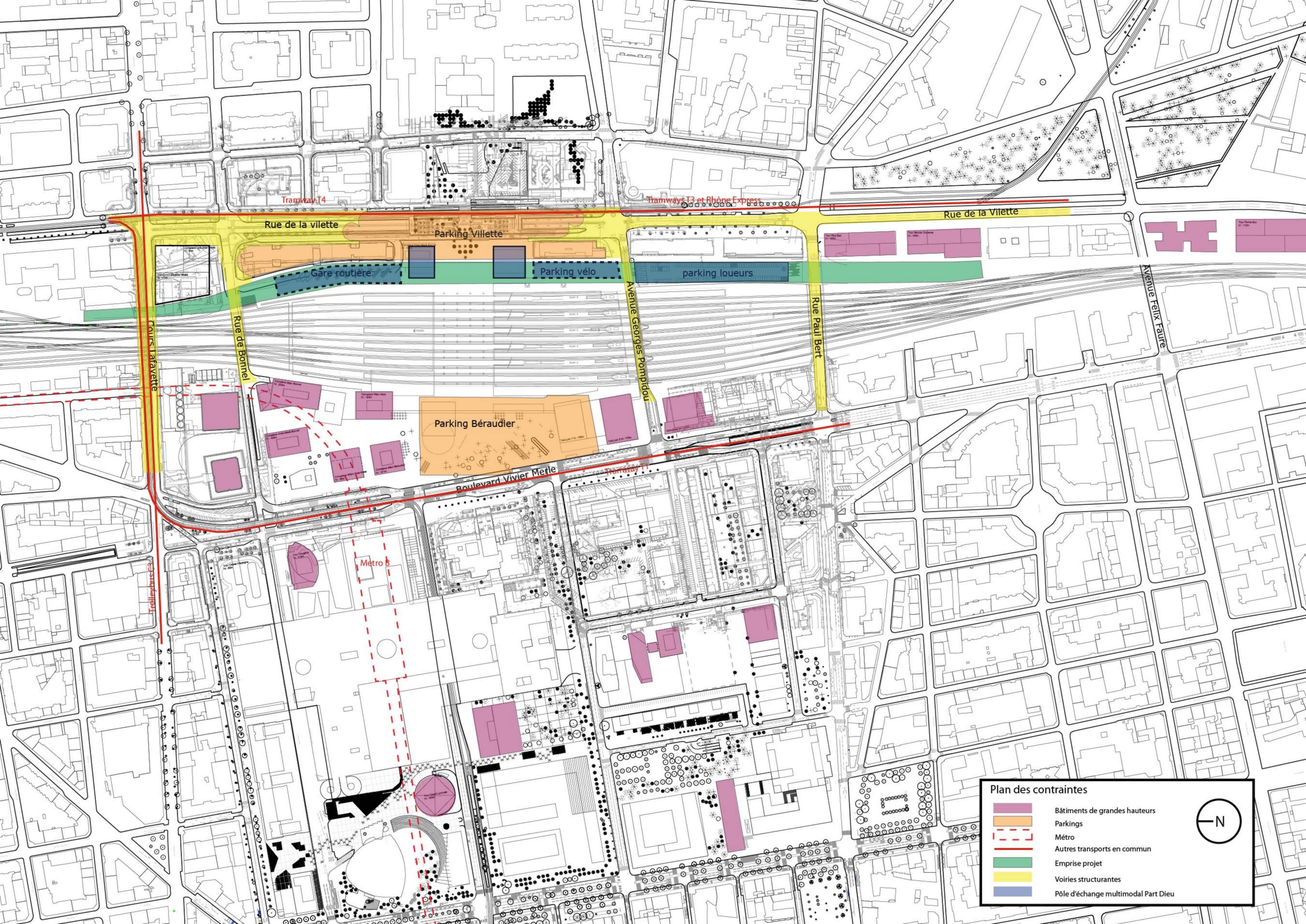
	Quantité	Unité	Commentaires	Estimation tech	SAV
Prestations intellectuelles				1 173 506 €	759 656 €
Maîtrise d'ouvrage (y/c SPS)				263 570 €	192 522 €
Taux de maîtrise d'ouvrage	0,05	5271396,678	fft	263 570 €	192 522 €
Maîtrise d'œuvre				751 794 €	551 319 €
Installations communes de c	0,12	57016,05862	fft	6 842 €	2 942 €
Installations de traction élec	0,14	3720485,009	fft	520 868 €	357 179 €
SNCF E	0,15	1493895,61	0 €	224 084 €	191 198 €
Acquisition de données				105 428 €	10 543 €
Acquisition de données	0,02	5271396,678	fft	105 428 €	10 543 €
Mission GID				52 714 €	5 271 €
Mission GID	0,01	5271396,678	fft	52 714 €	5 271 €
Foncier				912 €	51 €
Occupations temporaires et dommages travaux				912 €	51 €
Prestations SNCF Entrepreneur				1 493 896 €	1 022 964 €
Installations communes de c	0,1	57016,05862	fft	5 702 €	2 452 €
Installations de traction élec	0,4	3720485,009	fft	1 488 194 €	1 020 513 €
Installations communes de chantier (y/c bases travaux)				57 016 €	17 105 €
Installations de traction électrique				3 720 485 €	1 981 121 €
Central sous station (intégra	450082,1658	1	u	450 082 €	1 000 000 €
Sous-station 1500V	3270402,844	1	u	3 270 403 €	981 121 €

Sous détail d'estimation du génie civil de la gare souterraine

GEOMETRIE		puits Nord	entonnement Nord	zone quais	entonnement Sud	puits Sud
longueur intérieure L	m	43	254	365	208	68,00
largeur intérieure l	m	38	22	29	23	38,00
profondeur fond de fouille FF	m	33	33	33	33	33,00
profondeur nappe phréatique	m	3	3	3	3	3,00
épaisseur paroi moulée e	m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,50
paroi intermédiaire (grande largeur)	(0 ou 1)	1	1	0,15	1	1,00
épaisseur bouchon injecté	m	0	0	0	0	-
nombre de niveaux N	u	2	2	3	2	2,00

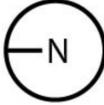
QUANTITE		puits Nord	entonnement Nord	zone quais	entonnement Sud	puits Sud	Qté totale	Prix unitaire	Total
soutènements type parois moulées contour boîte y compris butonnage	m3	12 096	40 176	57 168	33 696	15 696	158 832	1 300	206 481 600
soutènements type parois moulées supplémentaire	m3	3 096	18 288	3 942	14 976	4 896	45 198	1 000	45 198 000
soutènements plateforme SNCF	m3	903	0	0	0	0	903	1 300	1 173 900
bouchon étanche en fond de fouille	m2	1 634	5 588	10 585	4 784	2 584	25 175	-	-
excavation y compris évacuation et pompage	m3	53 922	184 404	349 305	157 872	85 272	830 775	60	49 846 500
structures béton armé dalles (béton, aciers, coffrages)	m3	10 207	28 913	70 656	24 687	13 100	147 562	900	132 805 800
structures béton armé butons (béton, aciers, coffrages)	m3	654	2 235	4 234	1 914	1 034	10 070	900	9 063 000
étanchéité	m2	8 862	30 225	48 361	25 512	12 487	125 445	100	12 544 450
remblai	m3	19 608	67 056	58 218	57 408	31 008	233 298	40	9 331 900
plus value pour travaux sous dalle	m3	0	29 040	66 990	15 180	0	111 210	150	16 681 500
béton rechargement	m3	4 300	9 144	13 140	7 488	6 800	40 872	100	4 087 200
Sous total									487 213 850

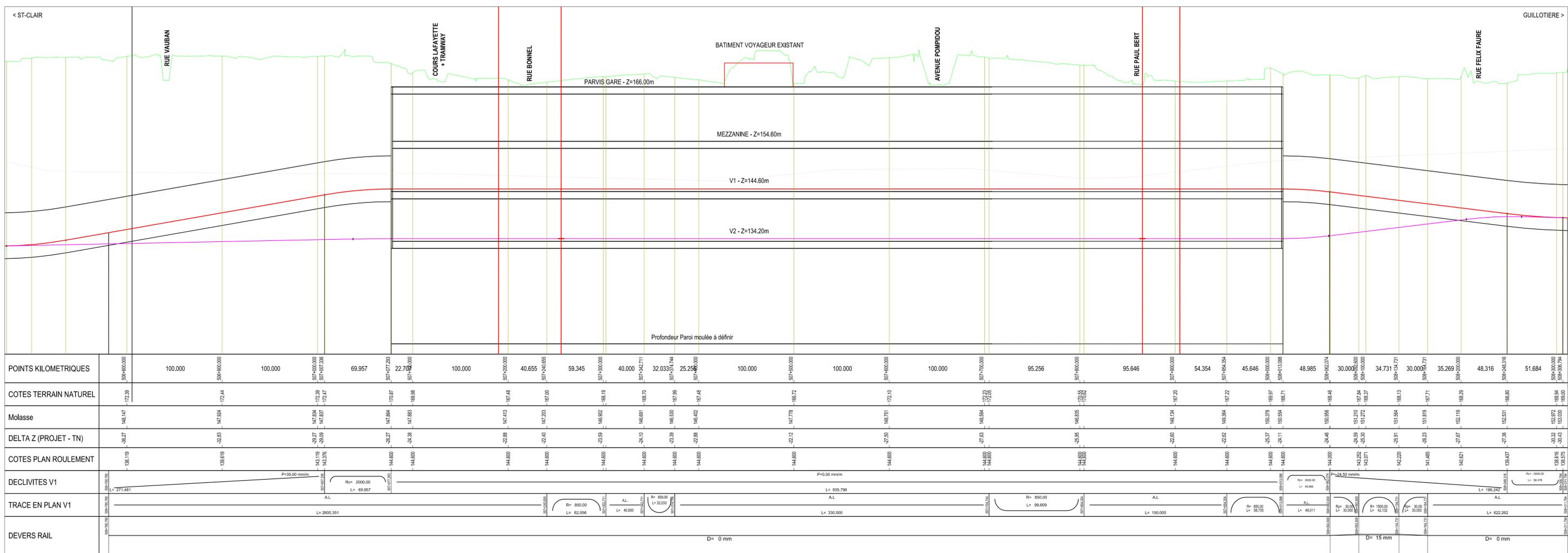
	Qté	PU	Total	SAV
Libération d'emprises et aménagement provisoires				
Réseaux	10	100000	1 000 000	
lignes électriques trolley et tram	2	450000	900 000	
Libération d'emprises et aménagements provisoires	1	10 000 000	10 000 000	
Sous total			11 900 000	30%
Génie civil				
Voir détail			487 213 850	15%
Bâtiment gare et émergences				
Quais	inclus dans le 2nd œuvre			
2nd œuvre (8500m²x3)	25500	3 000	76 500 000	30%
Emergences	3	1 000 000	3 000 000	30%
Circulations verticales				
Escalators	44	330 000	14 520 000	10%
Ascenceurs (unité / étage)	24	200 000	4 800 000	10%
Sous total			98 820 000	
Voirie et aménagements de surface				
Voiries et parvis	40000	200	8 000 000	
Sous total			8 000 000	20%
Impacts bâtiments de surface de la gare				
Villette nord				
Restructuration gare routière	1	2 000 000	2 000 000	
Démolition locaux + provisoire	1	1 000 000	1 000 000	
Construction locaux 1500m²	1500	3 000	4 500 000	
Sous total			7 500 000	
Patio Villette				
Démolition Cubes 800 m²	1	500 000	500 000	
Reconstruction Cubes 800 m²	800	3 000	2 400 000	
Sous total			2 900 000	
Villette sud				
Démolition locaux 2500m² + provisoire	1	1 500 000	1 500 000	
Reconstruction locaux 2500m²	2500	3 000	7 500 000	
Démolition parking silo 450 pl	1	1 000 000	1 000 000	
Reconstruction parking silo 450 pl	450	12 000	5 400 000	
Sous total			15 400 000	
Sous total			25 800 000	30%
Total gare			631 733 850	



Plan des contraintes

	Bâtiments de grandes hauteurs
	Parkings
	Métro
	Autres transports en commun
	Emprise projet
	Voiries structurantes
	Pôle d'échange multimodal Part Dieu





NOEUD FERROVIAIRE LYONNAIS
 SECTEUR PART-DIEU
 SCENARIO C - Variante 4
 Echelle 1/2000 - Format A1

DATE	INDICE	MODIFICATIONS	Etabli	Controlé	Vérifié
Nov 2014	0	Etablissement du document	DMA	BNA	NCL
Dec 2014	1	Ajout du Batiment Lafayette - Villette	DMA	BNA	NCL
Jan 2015	2	Conception Tracé Sud	DMA	BNA	NCL
Jan 2015	3	Version Finale	DMA	BNA	NCL

TN 166m NGF

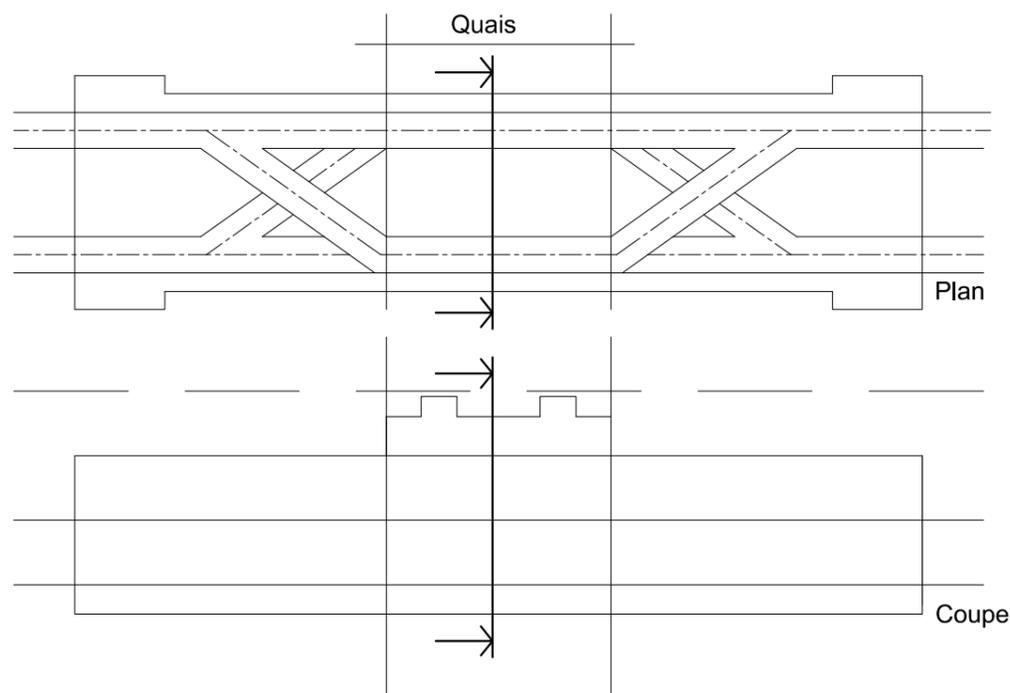
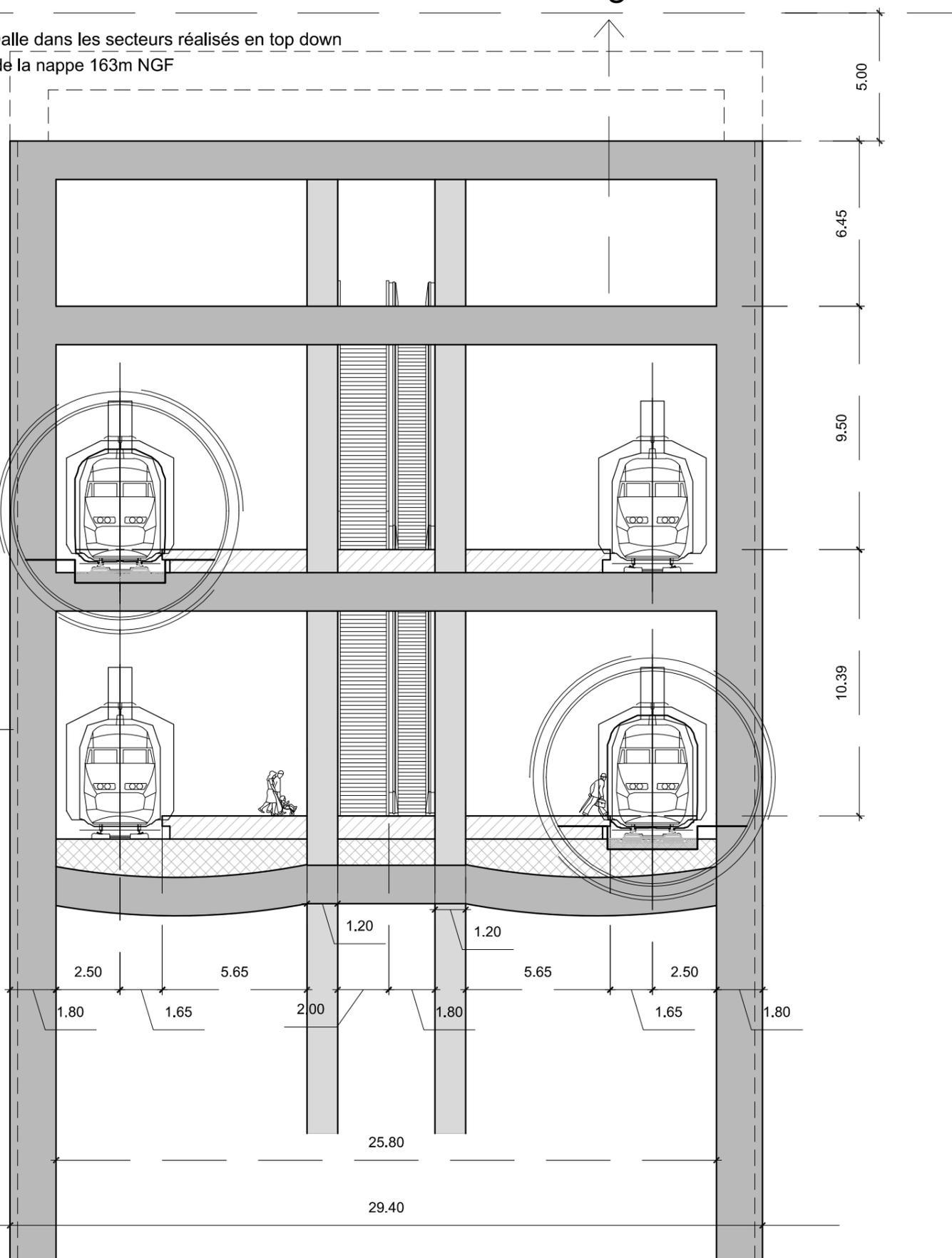
Emergence

Dalle dans les secteurs réalisés en top down

Niveau moyen de la nappe 163m NGF

Niveau moyen des molasses 148m NGF

Incertitude verticale des parois moulées



TN 166m NGF

Escaliers de secours

Dalle dans les secteurs réalisés en top down

Niveau moyen de la nappe 163m NGF

Niveau moyen des molasses 148m NGF

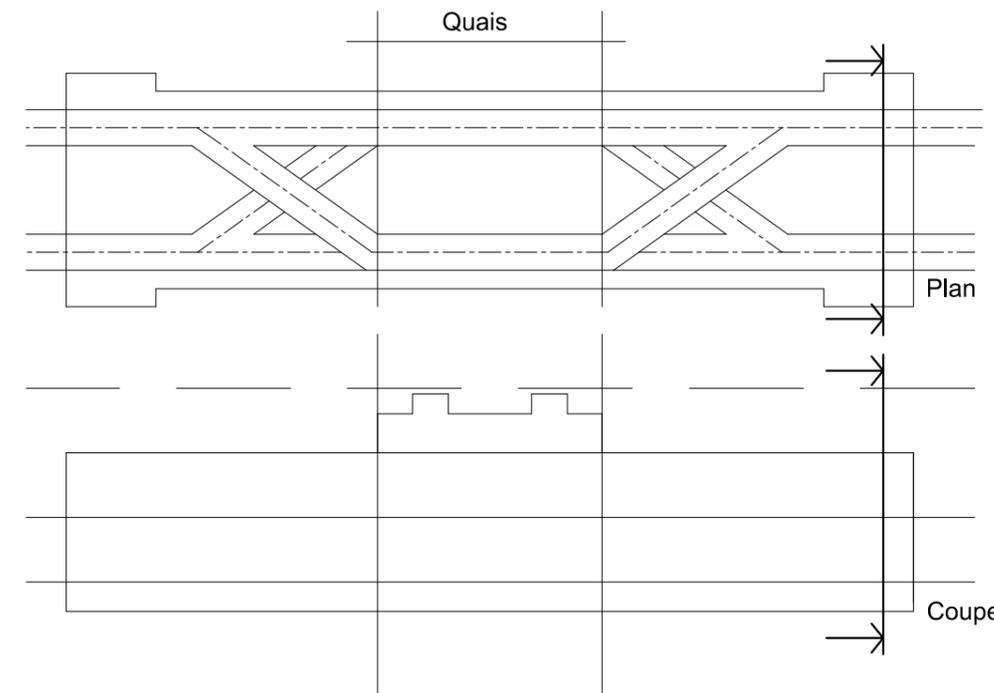
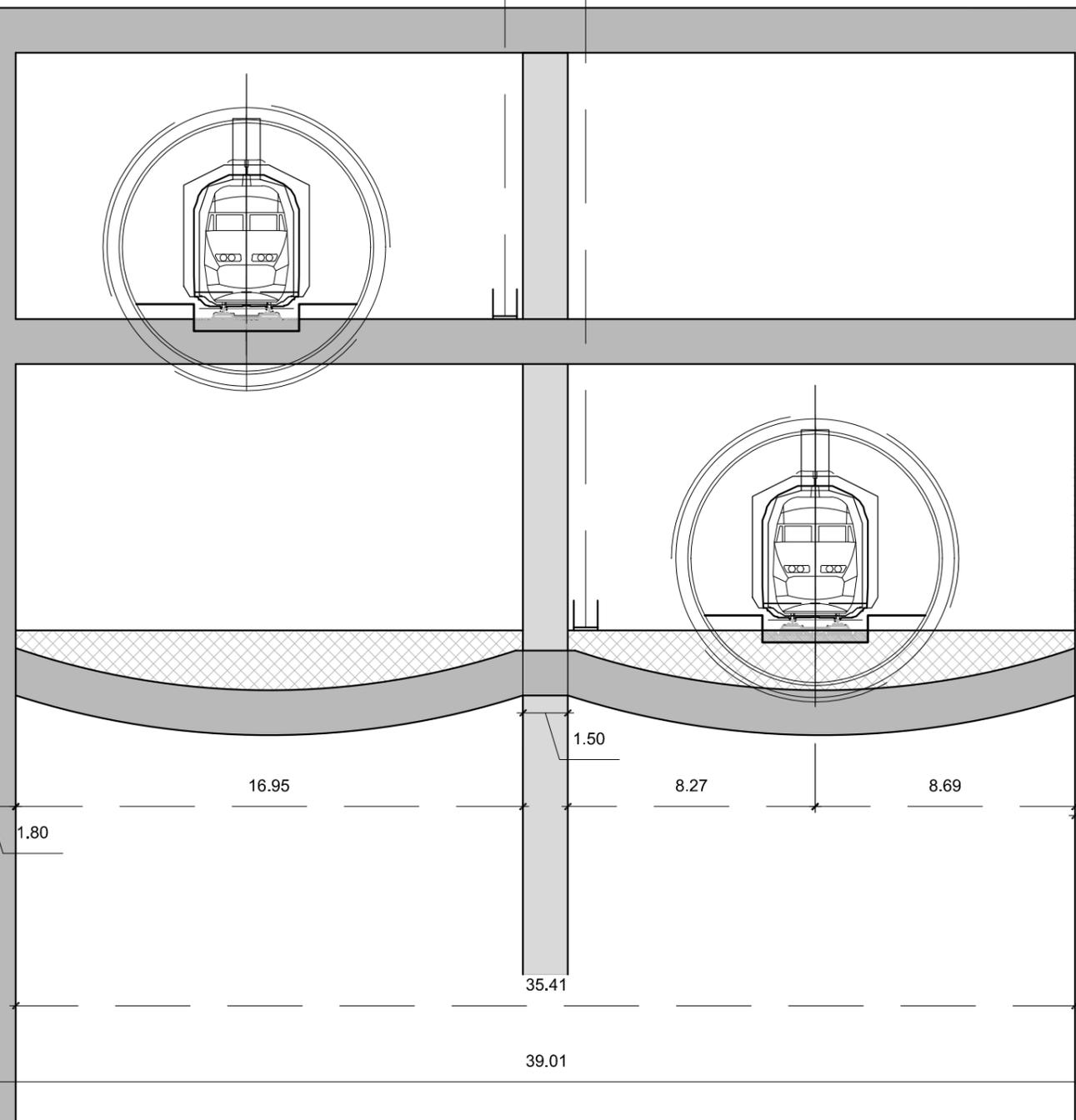
Partie à démolir pour la transparence hydraulique

11.45
10.40
10.40

Quais

Plan

Coupe



Utilitaire de Dimensionnement des Espaces Voyageurs

Nom du projet	NFL long terme - Scénario C - solution 4
Phase du projet	Etudes de faisabilité
Description de l'objet	Solution 4 : Quai central sur 2 niveaux

	Etabli par	Vérfié par	Approuvé par
prénom, nom	Benjamin Narce	Nicolas Bonnalet	Nicolas Clerc
fonction	Chargé d'études	Expert flux voyageurs	Chef de projet
date	05/03/2015	05/03/2015	05/03/2015

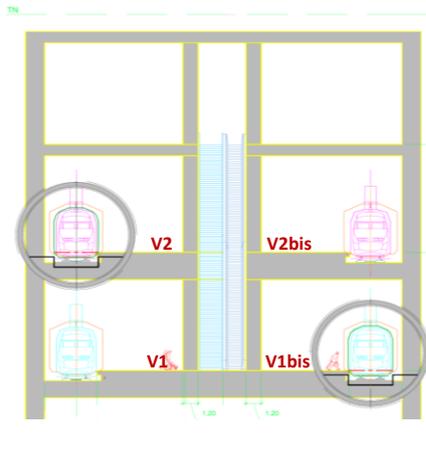
Historique des modifications

Indice	Etabli par	Date	Objet de la modification
A	Benjamin Narce	27/11/2014	Création du document
B	Benjamin Narce	09/12/2014	modification des hypothèses de flux
C	Nicolas Clerc	09/12/2014	Correction titres colonnes
D	Nicolas Clerc	12/12/2014	Utilisation environnement IdF ; pas de trains simultanés
E	Benjamin Narce	05/03/2015	modification des hypothèses de flux

A renseigner	
Calculs intermédiaires	
Résultats	

Schéma et caractéristiques fonctionnelles de l'objet étudié

Coupe Type :

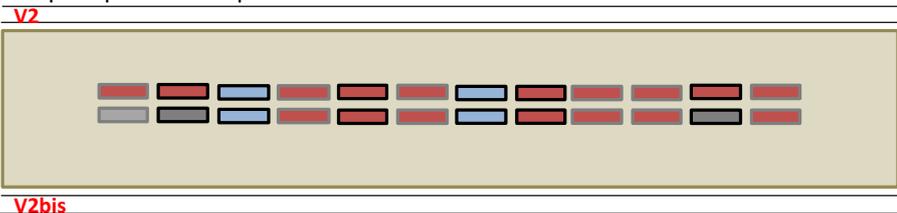


Nombre de niveau	2
Nombre de quai par niveau	2
Quai	Centraux
Longueur du quai (m)	330,0

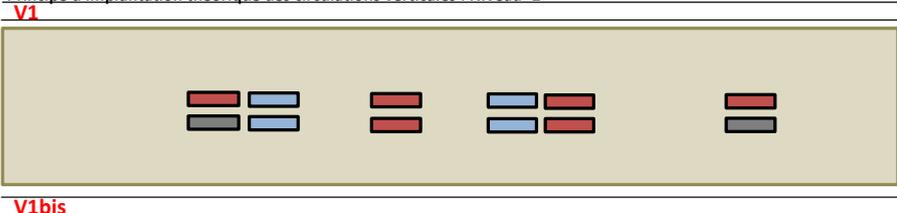
	Dénivelé (m)
Mezzanine	-11,45
Quai niveau pair (-1)	-20,95
Quai niveau impair (-2)	-31,35

Vitesse de circulation des trains	<150 km/h
Zone de stationnement à risque (m)	0,90

Principe d'implantation théorique des circulations verticales : Niveau -1



Principe d'implantation théorique des circulations verticales : Niveau -2



Hypothèses de flux

	Montants	Descendants
V1	165	830
V1bis	65	1342
V2	83	1636
V2bis	134	687

Commentaires

Horizon considéré 2080

- Sur le quai 1 : respectivement 1636 (Grenoble) et 636 (Saint-Etienne) voyageurs dans 2 trains successifs
- Sur le quai 2, succession d'un PU Ambérieu et d'un IC Annecy ou Genève, soit à l'horizon 2080 :
 - o 616 + 1% de croissance par an de 2050 à 2080 = 830 personnes dans le PU Ambérieu, soit en matériel roulant un Regio 2N UM2 ou UM3 court selon que les gens sont assis ou debout. On peut prendre l'hypothèse contraignante de la rame courte 164m, donc des gens concentrés sur 164 m de quais.
 - o 557 + 1% de croissance par an de 2050 à 2080 = 750 personnes dans l'IC Annecy/Genève, soit un Regio 2N UM2 moyen (2*94=188 m de long) (gens assis).
- Contrepointe = 10% du flux de pointe. Par simplification (majorante), on peut considérer que 10% des flux de descente des trains du quai 1 sont en montée sur les trains du quai 2 et inversement.

Dimensionnement de la largeur des quais

Calcul de la largeur de quai avec un objectif de niveau de service

Objectif de niveau de service (Fruin)		Densité en stationnement (voy./m2)	Densité en circulation (voy./m2)
	D	3,3	1,0

Niveau de service D	Flux en stationnement	Flux en circulation	Surface utile nécessaire (m²)		
			Pour le stationnement	Pour les circulations	TOTAL
V1	165	830	50	830	880
V1bis	65	1 342	20	1 342	1 362
V2	83	1 636	25	1 636	1 661
V2bis	134	687	41	687	728
Quai dimensionnant	-	-	50	1 636	1 661

Dimensionnement de la largeur du quai

Quai dimensionnant	Surface utile nécessaire	Largeur utile	Largeur quai y.c bande sécurité
	1 661	5,03	5,93

Contrecalcul du niveau de service en fonction de la surface de quai

Largeur de quai utile	5,75
Surface de quai (hors obstacles)	1 804

Niveau de service	A	B	C	D	E	F
Objectif : surface quai (m²)	5557	4165	2396	1661	835	556

Niveau de service (fruin)	V2	D
---------------------------	----	---

Surface manquante pour niveau C	592	m²
---------------------------------	-----	----

Dimensionnement en exploitation nominale selon RFN-IG-TR 01 C-02-n°001 du 24-03-2014

Hypothèse d'environnement	GL
---------------------------	----

Temps maximale d'attente hors cheminement (mn)	3	min
Escalier fixe à la descente	40	voy/min/m
Escalier fixe à la montée	40	voy/min/m
Escalier mécanique à la descente	60	voy/min/m
Escalier mécanique à la montée	50	voy/min/m
Unité de passage pour EF par sens(m)	0,6	m

La largeur des EF, retenue pour les flux montants, est réduite de 0,6m pour les contre-flux.

Niveau Pair (-1) vers Mezzanine

Nombre d'accès	6	accès aux quais (6 maxi)	Vitesse horizontale	1	m/s
----------------	---	--------------------------	---------------------	---	-----

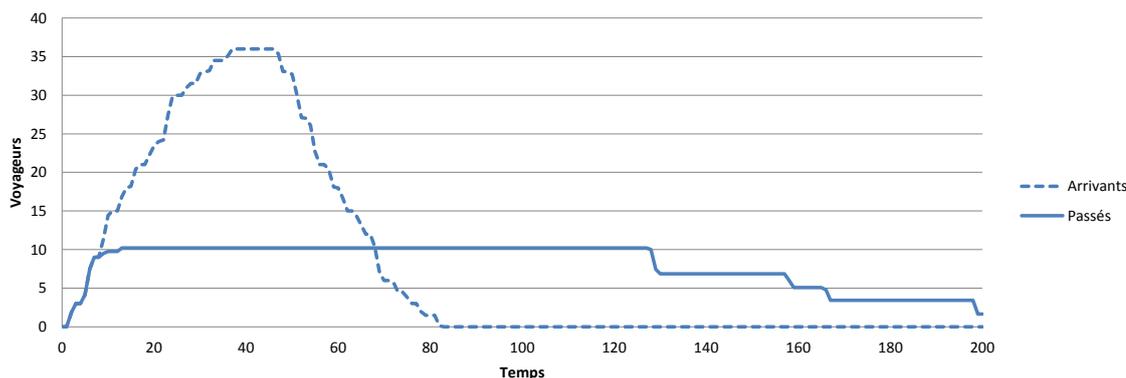
	V2		V2 bis	
Rappel flux maximal descendant	1636			
Positionnement TT (par rapport au début de quai)	0	m	85	m
Longueur MR	330	m	164	m
Nombre de porte sur le MR (24 maxi)	24	porte/MR	12	porte/MR
Distance moyenne entre porte	13,75	m	13,67	m
Débit / porte	1,5	voy/s	1,5	voy/s
Temps de descente du train	45	s	0	s

Flux descendant du train	Accès						Total	
	1	2	3	4	5	6		
Positionnement / quai	30	102	150	222	246	294		
Attractivité flux descendants	341	273	341	205	205	273	1636	voy
Nombre d'EM	1	2	2	2	2	1	10	
Largeur d'EF	2					2	4	
Capacité par accès / min	106	100	100	100	100	106	612	voy/min
Temps d'attente max								
Temps d'attente	122	95	131	61	62	85	131	s
Temps de sortie max								
Temps sortie quai	199	167	212	129	130	159	212	s
Queue maxi par accès								
Queue maxi	215	158	218	102	104	150	218	voy

Méthode de calcul

Le calcul prend en compte le nombre de porte de sortie du MR avec une répartition des portes sur chaque accès.

<= 3 mn OK

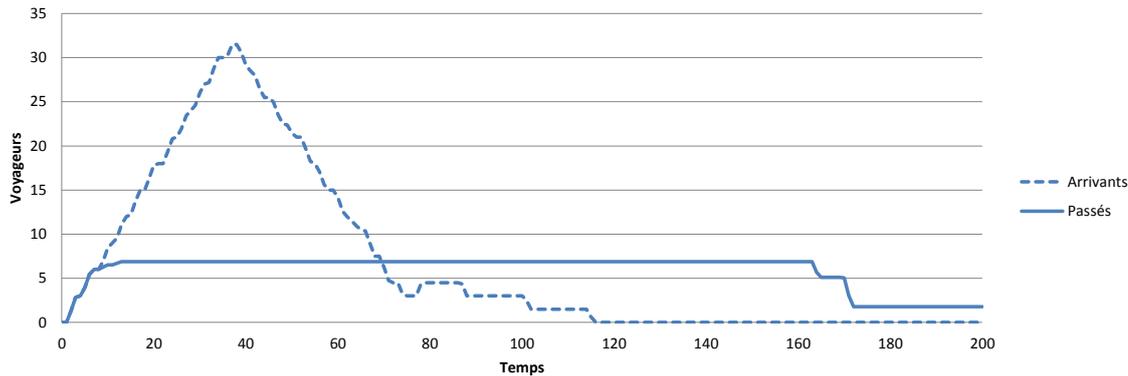


Niveau impair (-2) vers Mezzanine

Nombre d'accès accès aux quais (6 maxi) Vitesse horizontale m/s

	V1		V1 bis	
Rappel flux maximal descendant	1342			
Positionnement TT (par rapport au début de quai)	0	m	150	m
Longueur MR	330	m	164	m
Nombre de porte sur le MR	24	porte/MR	12	porte/MR
Distance moyenne entre porte	13,75	m	13,67	m
Débit / porte	1,5	voy/s	1,5	voy/s
Temps de descente du train	37	s	0	s

Flux descendant du train	Accès					Total	
	1	2	3	4			
Positionnement / quai	84	156	228	300			
Attractivité flux descendants	503	280	280	280		1342	voy
Nombre d'EM	1	2	2	1		6	
Largeur d'EF	2			2		4	
Capacité par accès / min	106	100	100	106	0	412	voy/min
Temps d'attente max							
Temps d'attente	178	104	104	95		178	s
Temps de sortie max							
Temps sortie quai	292	172	171	165		292	s
Queue maxi par accès							
Queue maxi	315	174	174	169		315	voy



Synthèse

	Escaliers mécaniques montants	Escaliers méca. descendants	Escaliers fixes (mètres)
Mezzanine	8	6	8,0
Niveau -1	16	4	8,0
Niveau -2	6	4	4,0

Dimensionnement en évacuation incendie selon réglementation ERP, arrêté du 24 décembre 2007, article GA 23

Hypothèse d'environnement

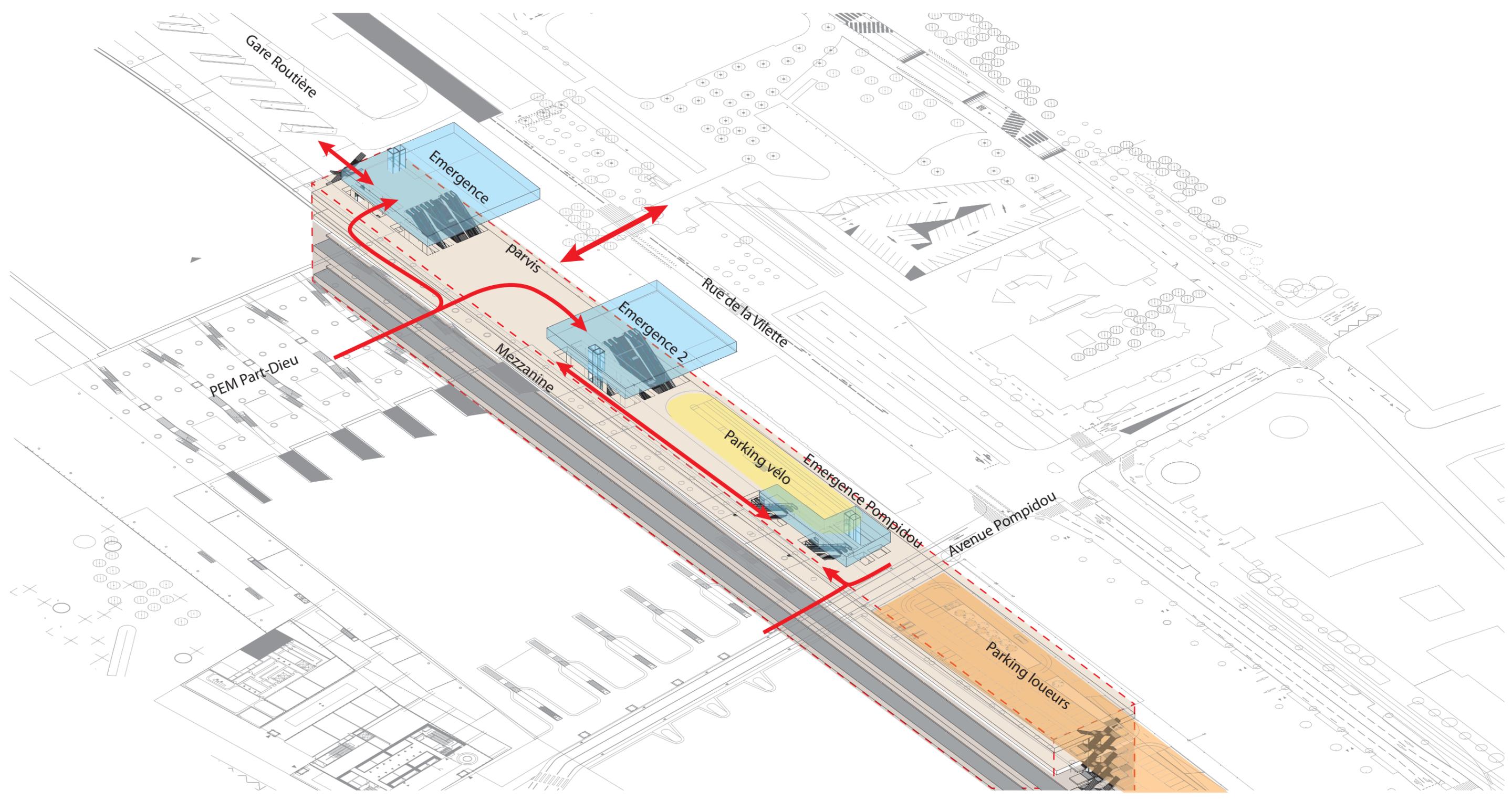
Méthode de calcul

Objectif de temps d'évacuation d'un quai (mn)	10	min
Escalier fixe à la montée	40	voy/min/m
Escalier fixe à la descente	50	voy/min/m
Escalier mécanique à l'arrêt à la montée	30	voy/min/m
Escalier mécanique à l'arrêt à la descente	40	voy/min/m
Vitesse de circulation en palier (horizontale)	1,0	m/s
Vitesse de circulation en escalier	0,4	m/s

On considère 2500 personnes à évacuer par niveau

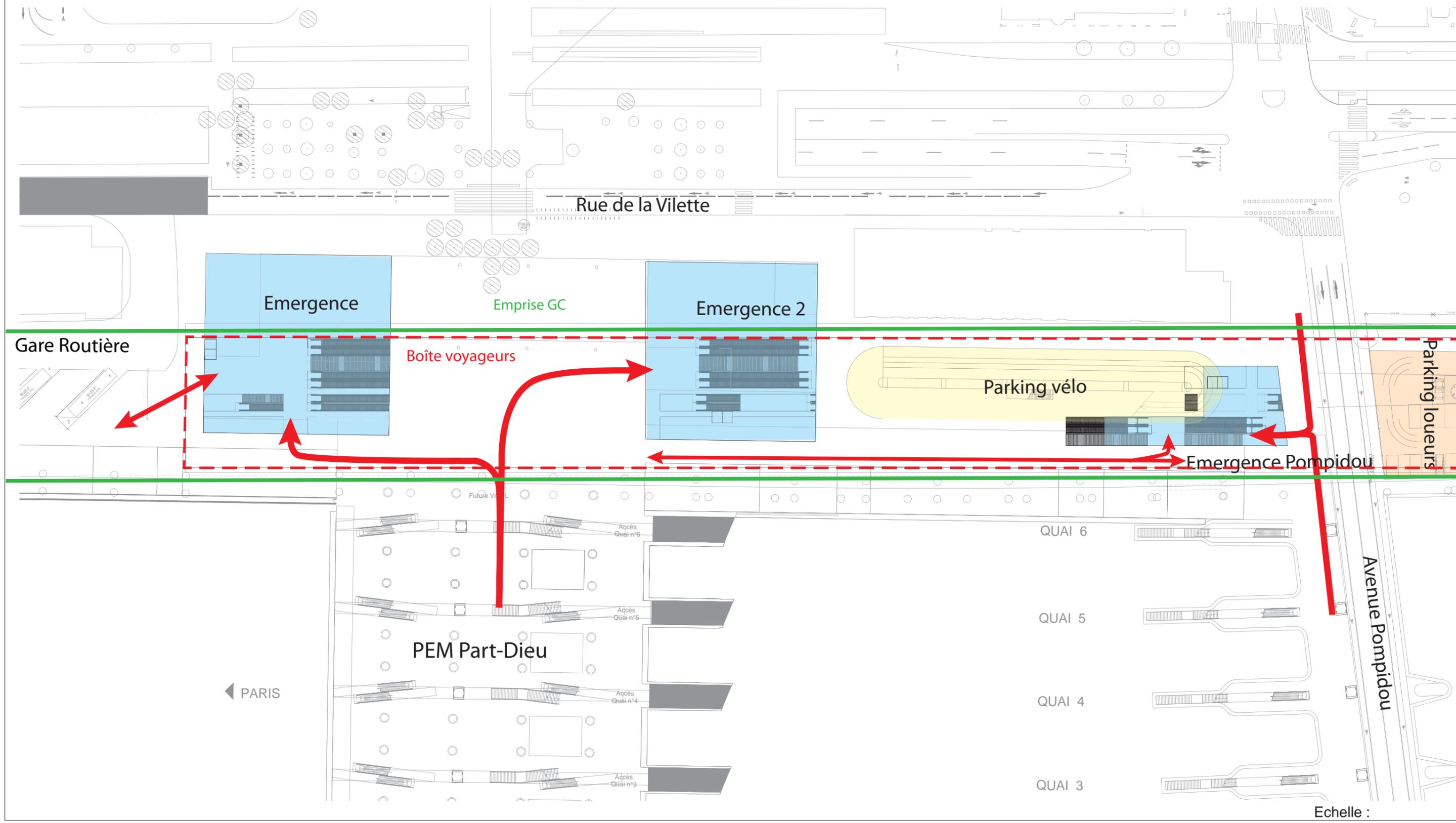
	Evacuation niveau -1	Evacuation niveau -2	
Flux à évacuer	2500	2500	
Nombre d'EM Hors service	1	0	
Nombre d'EM à l'arrêt résultant	6	7	Niveau Mezzanine dimensionnant
Largeur d'EF (y.c escalier de secours)	4,0	4,0	
Largeur escaliers de secours	3,6	3,6	
Capacité évacuation par minute	484	514	
Temps d'évacuation du niveau (minutes)	5,17	4,86	
Distance de circulation horizontale (mètres)	110	110	
Temps de circulation horizontale (minutes)	1,83	1,83	
Niveau du quai (mètres)	-20,95	-31,35	
Temps de circulation verticale (minutes)	0,87	1,31	
Temps total de mise hors sinistre (minutes)	7,87	8,00	

0010 Plan de masse

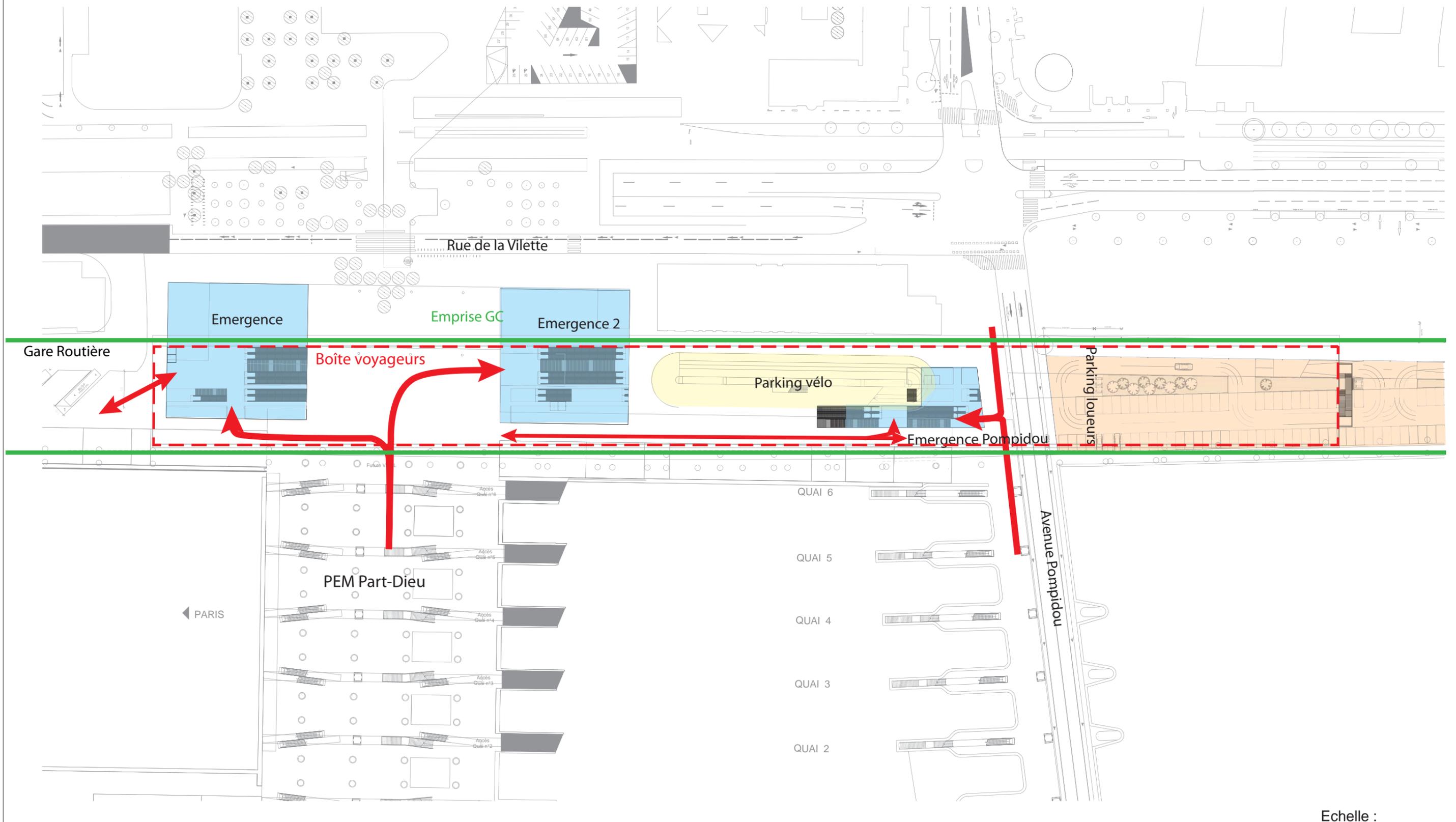


Echelle :

0020 Plan émergence

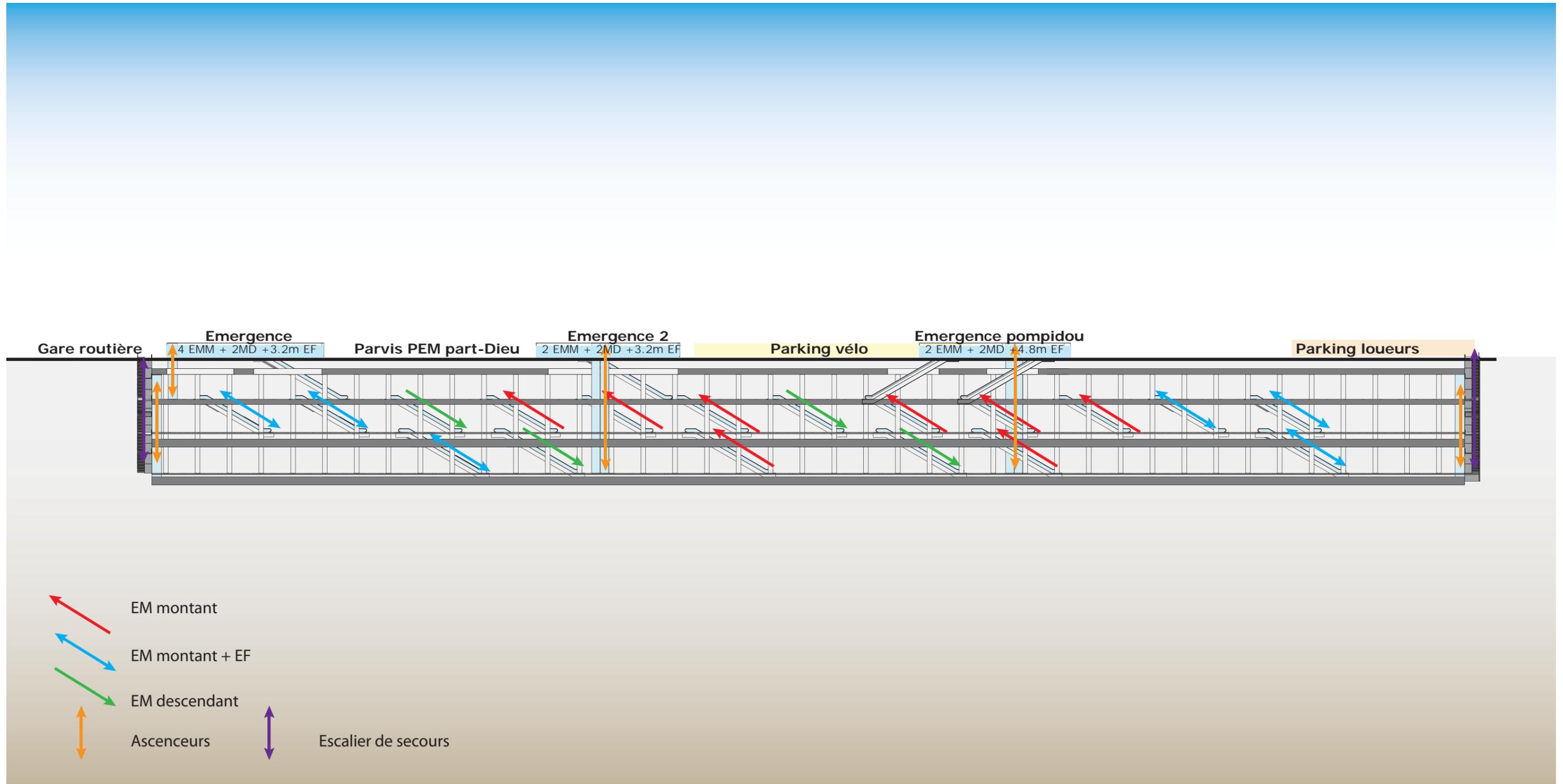


0021 Plan émergence 1000

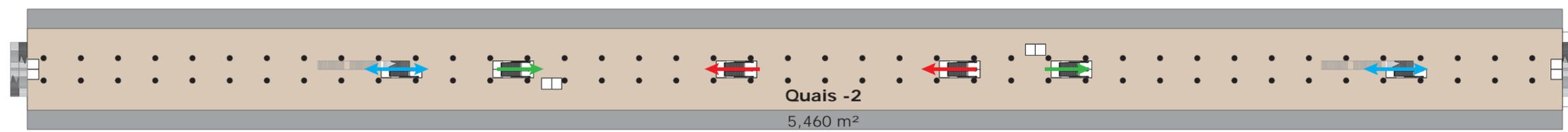
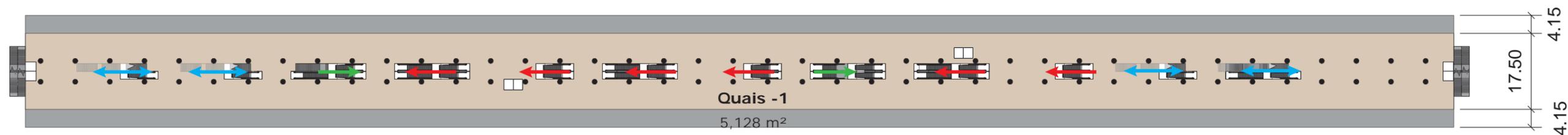
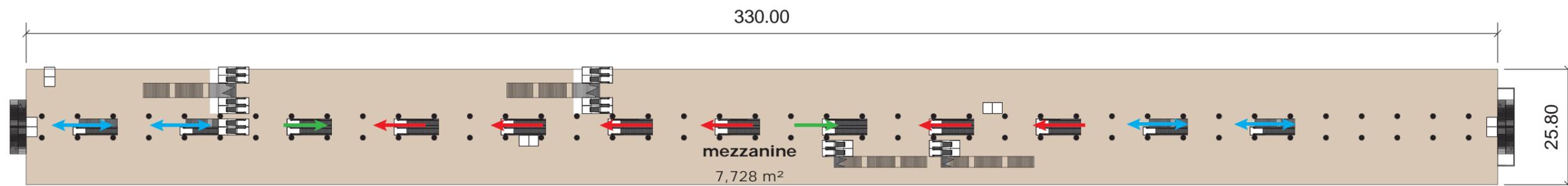


Echelle :

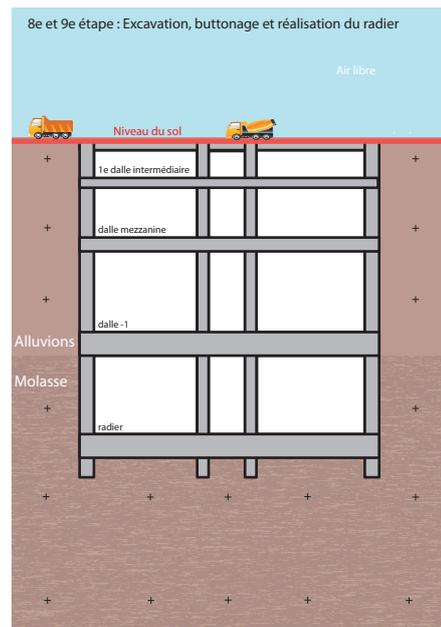
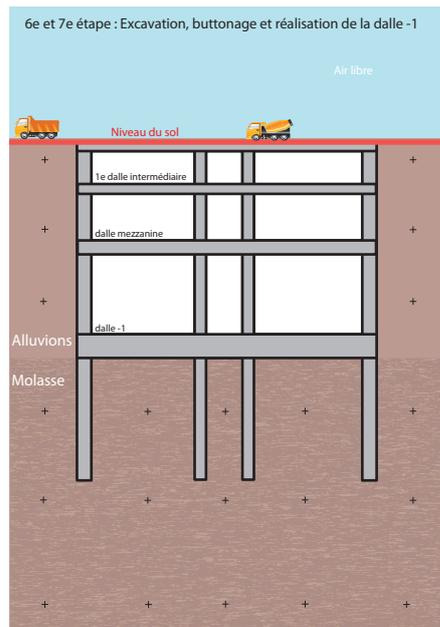
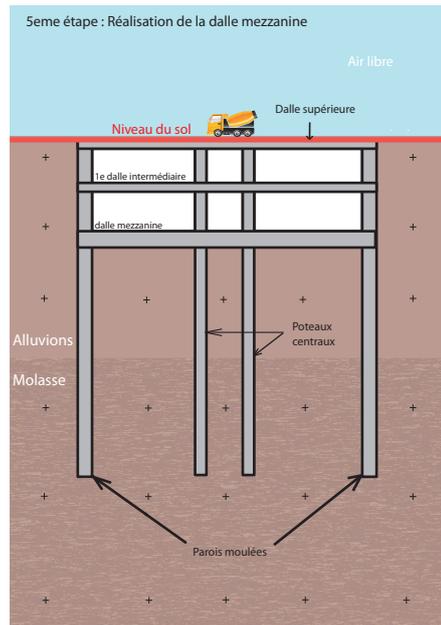
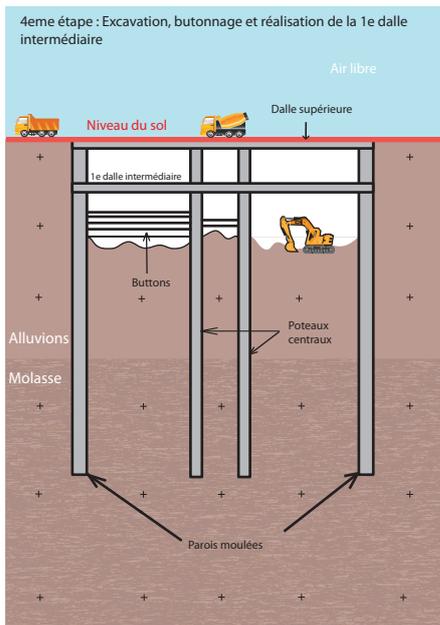
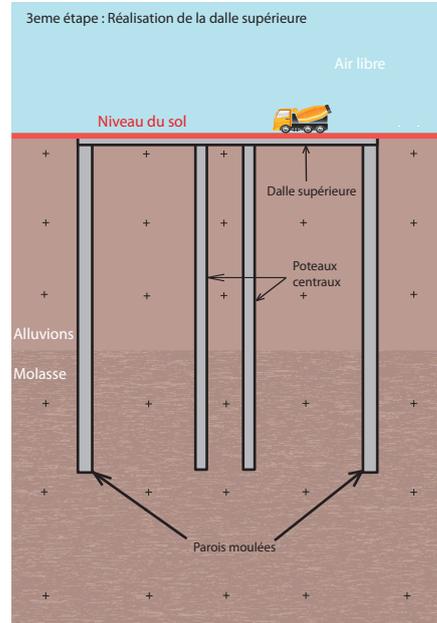
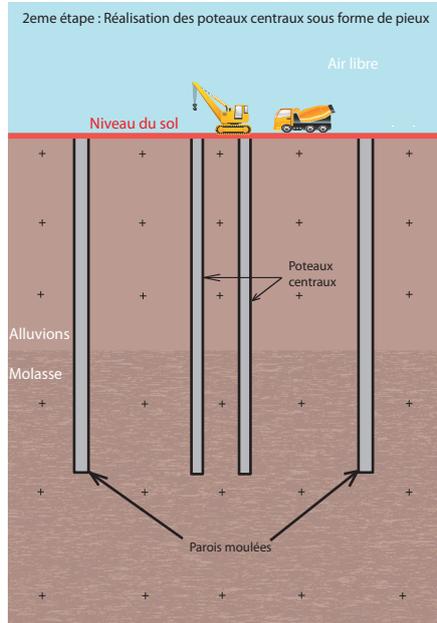
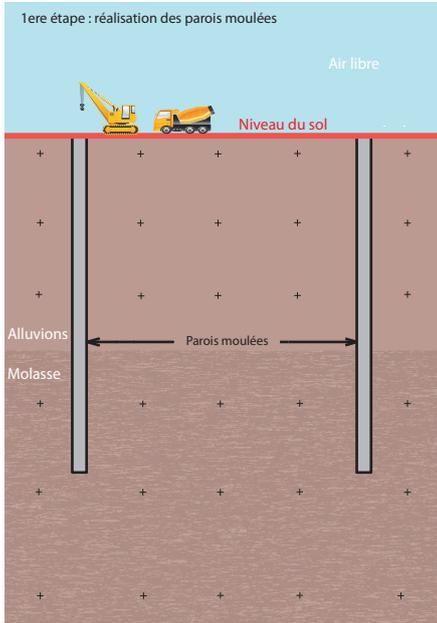
0100 Coupe longitudinale



0030 Plans



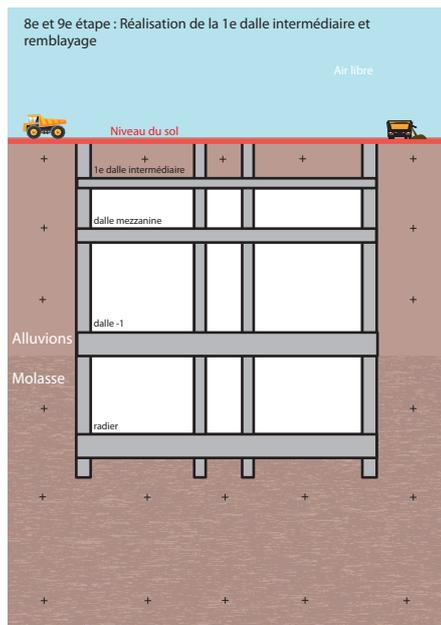
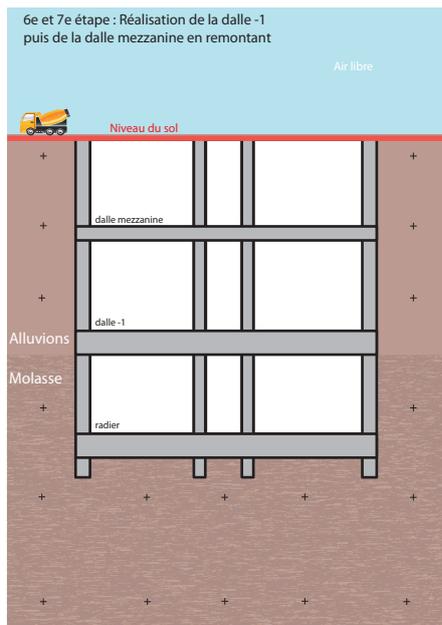
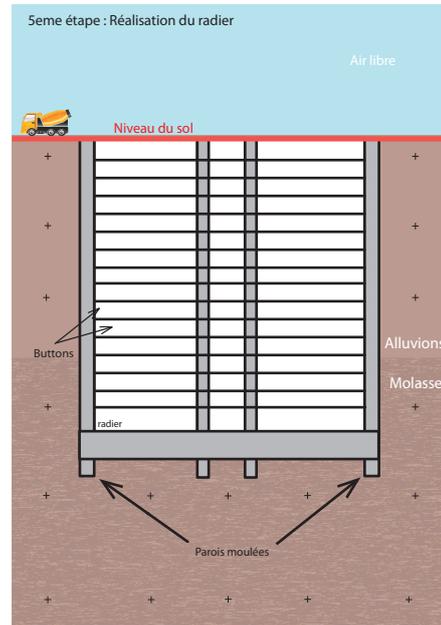
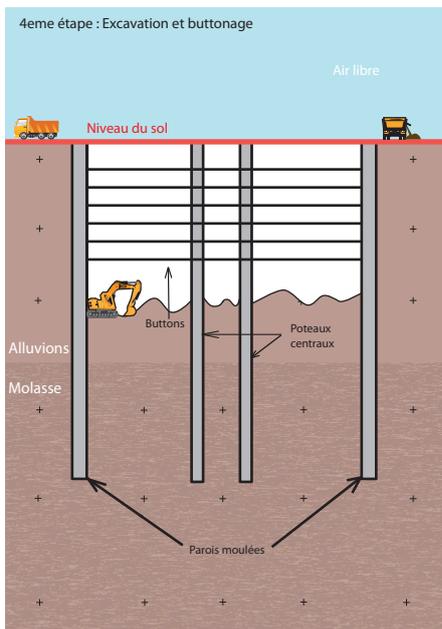
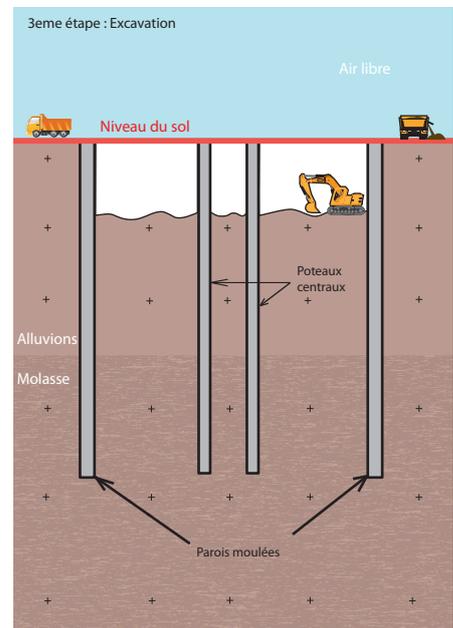
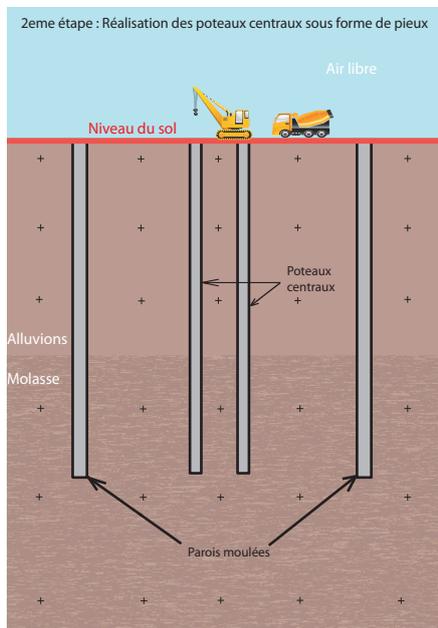
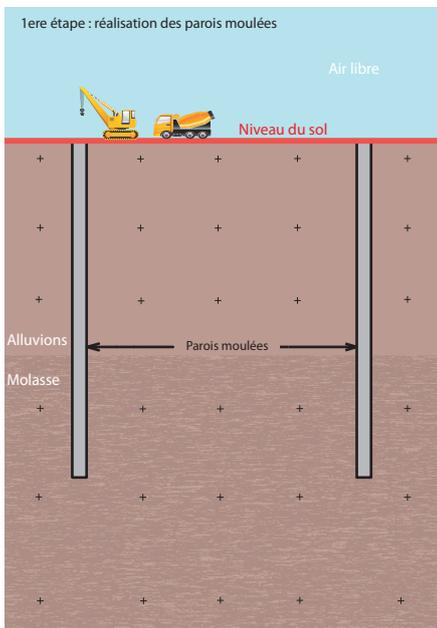
-  EM montant
-  EM montant + EF
-  EM descendant



Méthode de réalisation : principe «top-down»



Cette méthode permet de libérer rapidement les emprises au sol



Méthode de réalisation : principe «bottom-up»



Cette méthode permet de libérer rapidement les emprises au sol