

Etudes complémentaires suite au débat public

# Rapports

nice gènes toulon lyon marseille barcelone paris aix-en-provence turin londres bordeaux bruxelles



lille nice madrid montpellier cannes strasbourg amsterdam frejus toulon st-raph



## Traversée de Marseille Etude d'optimisations & de solutions variantes sous St Charles et la Blancarde

# Rapport

Juin 2008





**SOMMAIRE**

<b>1. OBJECTIF DE L'ETUDE</b>	<b>3</b>
<b>2. ENTRANTS</b>	<b>4</b>
<b>3. IDENTIFICATION DES CONTRAINTES LIEES AUX NOUVEAUX ENTRANTS</b>	<b>5</b>
<b>4. HYPOTHESES DE CONCEPTION</b>	<b>6</b>
4.1. Hypothèses de conception des gares souterraines	6
4.2. Hypothèses de conception des tunnels	8
4.3. Hypothèses géométriques	13
<b>5. DESCRIPTION ET ESTIMATIONS DES VARIANTES ETUDIEES</b>	<b>13</b>
<b>5.1. Hypothèse 1 : option St-Charles – positionnement des quais de la gare souterraine à proximité de l'actuel cœur de la gare</b>	<b>15</b>
5.1.1. Descriptif des solutions	15
5.1.2. Estimation gare et tunnel	16
<b>5.2. Hypothèse 2 : option St-Charles – positionnement des quais de la gare souterraine identique à celui de la phase 1</b>	<b>21</b>
5.2.1. Descriptif	21
5.2.2. Estimation gare et tunnel	22
<b>5.3. Hypothèse 3 : option St-Charles – positionnement des quais de la gare souterraine un peu plus éloigné du fond de gare</b>	<b>25</b>
5.3.1. Descriptif	25
5.3.2. Estimation gare et tunnel	26
<b>5.4. Hypothèse 4 : option Blancarde</b>	<b>31</b>
5.4.1. Descriptif	31
5.4.2. Estimation gare et tunnel	32
<b>6. CONCLUSION</b>	<b>37</b>



## 1. OBJECTIF DE L'ETUDE

En prolongement des études complémentaires au débat public de la LGV PACA réalisées en 2006 et 2007, RFF a demandé la recherche de variantes optimisées de la traversée de Marseille pour les options Saint-Charles et la Blancarde.

L'objet de cette étude consiste :

- à implanter la future gare LGV plus proche des gares existantes,
- à réduire les longueurs de tronçon à 4 voies,
- à limiter la profondeur des gares par rapport à la surface.

Par ailleurs, afin d'intégrer davantage les S.T.I. et leur évolutions probables, R.F.F. demande, à présent, de prévoir environ tous les 1000 mètres une issue de secours piétons, de hauteur maximale proche de 30 mètres. Cette disposition concerne exclusivement les tunnels monotube.

L'étude porte sur les hypothèses suivantes :

N° hypothèse	Distance/Gare actuelle	Nature tunnel	Options
1 1	50 m 50 m	Bitube Monotube	SAINT CHARLES
2	170 m	Bitube	
3 3	400 m 400 m	Bitube Monotube	
4 4	150-200 m 150-200 m	Bitube Monotube	BLANCARDE

## 2. ENTRANTS

Les entrants remis par RFF au démarrage ou au cours de l'étude sont les suivants :

- Fond de plan de la ville de Marseille (AGAM) format Autocad & semi de points en fichiers .dbf ; cependant le niveau « voie-trottoir » n'a pas été intégré,
- Schéma de fonctionnement des réseaux d'assainissement de Marseille (originaux à retourner),
- Plans A3 des principaux réseaux de la ville de Marseille,
- Plan de situation du collecteur périphérique au 1/2000e et tableau des regards avec leurs profondeurs (nota : ces documents présentent des imprécisions et incohérences devant être considérées comme indicatifs et devront faire l'objet de contrôle d'implantation),
- La géologie sous Marseille Saint Charles issue des études antérieures ; aucune géologie complémentaire n'a été exploitée dans le cadre de la présente étude. Aussi, une incertitude plus grande existe dans les estimations en cas de comparaison avec des variantes étudiées antérieurement avec une connaissance approfondie de la géologie,
- PL du métro ligne 1 sous Marseille,
- Le fichier Autocad avec les positions des gares sous Marseille Saint Charles (hypothèse 1) et sous la Blancarde, souhaitées par le SNCF,
- La coupe transversale de la gare proposée par la SNCF,
- Le calage de l'extrados des tunnels est fixé par R.F.F. au minimum à 1,5 Ø sous le TN,

Par ailleurs, la distance entre le tunnel ferroviaire et un ouvrage souterrain existant est fixé entre 5 et 10 mètres mais cette distance peut être réduite si nécessaire à quelques décimètres. En effet, il s'agit dans la plupart des cas d'un rapprochement très ponctuel (croisement) pour lequel les dispositions techniques à adopter restent donc limitées en longueur : l'impact financier est considéré comme intégré dans les estimations.

Les dispositions techniques adaptées à ces cas de figure sont décrites ci-après.

Lorsque le tunnel neuf est construit par la méthode conventionnelle :

- mise en place d'un soutènement plus lourd ou d'un pré-soutènement ;
- réduction de la longueur de la passe d'excavation ;
- renforcement ponctuel de l'ouvrage existant,
- baisse localisée de la cadence d'avancement

Lorsque le tunnel neuf est construit au tunnelier, les possibilités d'intervention sont plus réduites, mais il est possible de :

- réduire la cadence d'avancement en veillant à la mise en place immédiate des voussoirs et de l'injection derrière les voussoirs au plus tôt après le creusement ;
- renforcement ponctuel de l'ouvrage existant.

Dans tous les cas, ces situations sont traitées avec des précautions particulières par rapport à la section courante, en particulier :

- reconnaissance à l'avancement depuis le tunnel en construction ;
- instrumentation et surveillance en continu des ouvrages existants.

### 3. IDENTIFICATION DES CONTRAINTES LIEES AUX NOUVEAUX ENTRANTS

Les contraintes essentielles à prendre en compte pour la conception des plans et profils en long des variantes à étudier sous Marseille, sont :

- les tubes du métro ligne 1 entre St Charles et Chartreux, et entre Catellane et la Timone. A partir des plans et profils en long papiers fournis par RFF pour le métro ligne 1 sous Marseille, l'axe et le profil en long de cette infrastructure ont été reconstitués pour les besoins de l'étude,
- le collecteur périphérique qui est très profond au niveau des zones d'entrée et sortie des tunnels sous Marseille. A partir du plan de situation au 1/2000e et du tableau de renseignement sur la position des regards et leurs profondeurs, fournis par RFF, nous avons « reconstruit » l'axe et le profil en long du collecteur. Le collecteur périphérique devra être évité autant que possible. Toutefois, un déplacement latéral et non vertical du collecteur peut être envisagé.

Comme indiqué ci-avant, des contrôles de l'implantation de ce réseau doivent être réalisés car les documents remis ont nécessité des interprétations approximatives.

- Il est précisé enfin que la section de ce collecteur n'est pas précise (informations différentes et contradictoires).
- le collecteur de l'Huveaune qui peut être une contrainte à la sortie des tunnels sous Marseille,
- les autres réseaux d'eaux sous Marseille, qui sont peu profonds et qui ne seront pas pris en compte à ce stade d'étude.

Les obstacles souterrains ci-dessus représentés sur les PL des tunnels sous Marseille.

## 4. HYPOTHESES DE CONCEPTION

### 4.1. Hypothèses de conception des gares souterraines

#### Largeur de quai

Les études menées par la SNCF ont conduit à fixer la largeur des quais à 7,50 m (largeur des quais de la gare actuelle de Monaco).

Afin de travailler avec des références communes, ces largeurs (cf. coupe transversale dans les entrants) ont été reconduites ici sur l'ensemble des hypothèses.

#### Dispositions des voies à quai

Les études complémentaires au Débat Public avaient conclu en phase 1 aux configurations suivantes :

- Marseille Saint Charles : Bitube avec :
  - 2 voies filantes dans 2 tubes latéraux à V200
  - 2 voies à quai dans 1 tube central à V170
  
- La Blancarde : Monotube avec :
  - 2 voies filantes dans 1 tube central
  - 2 voies à quai dans 2 tubes latéraux

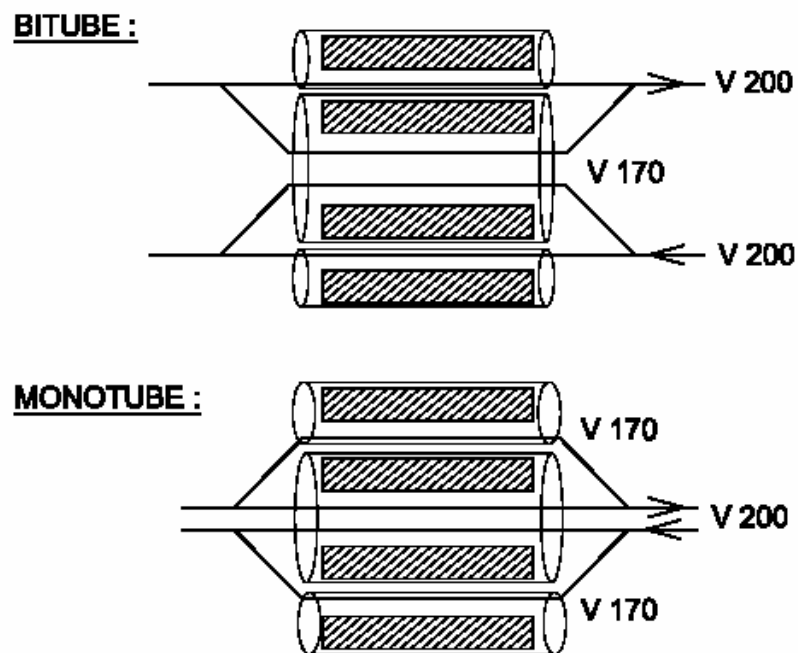
Un phasage transversal permettait, si nécessaire, de réaliser un quai dans chaque tube latéral étant précisé que l'élargissement du tube des voies filantes au droit du futur quai avait été immédiatement prévu par méthode traditionnelle.

Les études de capacité ont montré la nécessité de disposer dès la mise en service ou peu de temps après, de 4 voies à quai.

Notre étude sera donc menée avec l'hypothèse de 4 voies à quai.



Cependant, la configuration générale des gares ne sera pas modifiée. Les tubes seront simplement élargis au droit de la gare afin d'accueillir deux quais supplémentaires pour répondre au schéma type ci-dessous comme pour les études complémentaires au débat public mais avec une surlargeur correspondant à un quai de 7,5 m et non de 5,5 m de largeur.



## 4.2. Hypothèses de conception des tunnels

### Conception des issues de secours des monotubes

Les issues de secours sont réalisées par des puits verticaux reliés au tunnel par un rameau horizontal de déport d'une longueur de 10 à 30 mètres environ ; ces issues de secours sont placées tous les 1000 mètres de tunnel environ conformément au projet de STI. La longueur minimale de 10 mètres du rameau est nécessaire pour la création d'un sas.

Concernant l'interdistance de secours, les projets présentés ci-après ne respectent pas systématiquement celle-ci.

Le non-respect de l'interdistance de 1000 mètres n'est pas pour autant réhivitoire à ce stade d'étude car :

- Le positionnement des issues de secours découle d'abord des espaces disponibles en surface ; or à ce stade d'étude, toutes les opportunités n'ont, bien évidemment pas été exploitées,
- Les divers aménagements de sécurité seront étudiés pour se compléter et se compenser mutuellement.

Au pire, une solution de déport d'une issue de secours par galerie piéton latérale pour retrouver l'inter distance peut être envisagé à ce stade (prise en compte dans les estimations par le rajout d'une issue de secours supplémentaire.

Il est en outre, précisé que les issues de secours peuvent être situées en surface en terrain privé, les conditions d'accès et «d'utilisation » faisant alors l'objet de convention spécifique.

Il est considéré que l'issue de secours est implantée d'un seul coté du tunnel : c'est-à-dire que dans le cas d'un incendie sur une voie, on considère qu'aucun autre train ne circulera sur l'autre voie et que les usagers pourront traverser éventuellement une voie pour accéder à l'issue de secours.

Compte tenu des contraintes de surface (bâti, aménagements et infrastructures existantes), la localisation des issues de secours est définie en jouant si nécessaire sur les critères suivants :

- La position du puits de secours : d'un coté ou de l'autre du tunnel, quitte à perdre l'homogénéité de l'aménagement ;
- l'interdistance entre les issues de secours : une interdistance variant entre 900 à 1100 mètres est considérée comme acceptable ;
- la longueur du rameau de liaison entre le tunnel et le puits vertical peut être rallongée.

### Distances entre tubes

Le tracé des tunnels bitubes est conçu avec une distance entre les 2 tubes de l'ordre de 1 à 1.5 diamètres de manière à considérer que la construction de chaque tube peut se faire indépendamment de l'autre : le coût au mètre linéaire de chaque tube correspond donc à cette hypothèse ; en section courante et sur un linéaire important, c'est effectivement l'hypothèse de travail la plus pertinente et qui va dans le sens de l'optimisation du coût de l'ouvrage.

A proximité et au droit de la gare, l'hypothèse de travail complémentaire suivante est adoptée : lorsque la distance entre extrados de 2 ouvrages souterrains deviendrait inférieure ou égale à 5 mètres, un ouvrage unique englobant les 2 est retenu.

Pour les sections de « rapprochements des tubes (entre 1 à 1,5 m de diamètre d'une part et de 5 m d'autre part), seules des précautions en matière d'avancement seront nécessaires (réduction de la longueur de passe, renforcement immédiat,...).

Cette règle a donc été appliquée à tous les cas de figure envisagés dans la présente étude ; il convient toutefois de noter que le positionnement des limites correspondantes n'a pas besoin d'être calculée avec une extrême précision car la « sensibilité » sur l'incidence financière est faible.

Un cas de figure particulier a été considéré lorsqu'il s'agit de la distance entre deux ouvrages dont un est réalisé au tunnelier : l'interdistance a été ramenée à environ 2 à 3 mètres car le phasage de réalisation des ouvrages peuvent permettre cette configuration ; cette configuration est recherchée car elle permet d'optimiser l'utilisation du tunnelier.

### Couverture

Les couvertures minimales ont été fixées arbitrairement à **une fois le diamètre** ; en dehors de contrainte de calage, la couverture est portée à **1,5 fois le diamètre minimum**.

Pour des tunnels à réaliser sous faible couverture, il existe diverses techniques qui permettent de s'adapter à chaque cas : traitement de terrain, réalisation de pré-soutènement, excavation en sections divisées, phasage rapprochée entre l'excavation et la mise en place du revêtement ; dans les cas extrêmes, la reprise en sous-œuvre des constructions existantes est parfois nécessaire ; toutes ces mesures ne sont pas équivalentes en termes de coût et celles correspondant aux cas extrêmes représentent un très fort surcoût de construction. Dans le cas des présentes études, l'hypothèse a été faite que les méthodes les plus courantes permettaient le passage à faible couverture et que le surcoût était inclus dans les estimations. A ce stade, il pourrait être fixé par le MOA une provision pour risque, mais rien ne le justifie à ce stade d'étude.

Toutefois, à la demande du MOA, une provision pour risque de 3 M€uros a été évaluée pour les tunnels monotube, plus sensible à ces conditions de faible couverture.

### Sections des tunnels

Concernant la définition des ouvrages souterrains, les hypothèses et les dispositions des études antérieures (études complémentaires suite au Débat Public de 2006-2007) sont conservées ; nous rappelons ci-dessous les caractéristiques des ouvrages retenus.

Pour la solution de **tunnel bitube**, il est considéré (les chiffres indiqués correspondent à des sections excavées) :

- section courante d'un tube circulaire à 1 voie réalisé au tunnelier : 75 m<sup>2</sup> excavée ;
- section constante d'un tube à 1 voie réalisé par la méthode traditionnelle : 65 m<sup>2</sup> excavée ;
- section constante d'un tube à 2 voies réalisé par la méthode traditionnelle : 90 m<sup>2</sup>.

Pour la solution de tunnel monotube, nous considérons :

- section constante d'un tube à 2 voies réalisé par la méthode traditionnelle : 90 m<sup>2</sup> ;
- section constante d'un tube à 1 voie réalisé par la méthode traditionnelle : 65 m<sup>2</sup> excavée.

Au droit de la **gare elle-même**, il est considéré les sections des ouvrages définis à partir des études menées récemment par la SNCF pour le compte de RFF:

- la future gare souterraine est définie avec 2 voies et 2 quais de 7,50 m de largeur (largeur des quais de la gare actuelle de Monaco) : 350 m<sup>2</sup> ;
- les tunnels latéraux accueillent 1 voie et un quai ; la section est déterminée à partir du plan donnée dans l'étude SNCF avec ajout d'un quai de 7,50 m de large : section 120 m<sup>2</sup>.

Pour les **ouvrages spécifiques** de section variable ou de section constante, le niveau de détail de la présente étude ne prévoit pas le dessin des sections transversales des nombreux cas de figure rencontrés ; nous déterminons la section de l'ouvrage à partir de la largeur moyenne mesurée sur les plans multiplié par une hauteur moyenne d'environ 8 mètres.

### Pentes au droit des gares

Les pentes au droit des gares ont été fixées à 5 mm/m maximum, conformément au R.T.

Les profils en long ont été bâtis en fonction des contraintes de calage ci-dessus mais également pour créer un point unique et des pentes longitudinales favorables à l'écoulement des eaux éventuelles.

Toutefois, cette disposition n'a pas été présentée pour l'hypothèse 4 (Blancarde) dont le profil en long est « plat ». En effet, les contraintes en présence conduisent à un profil en long horizontal sur la majeure partie du tunnel. Les points de rejet n'étant pas identifiés, il a été préféré de ne

pas présenter d'option forcément indicative. Il est à noter que ce projet pourrait nécessiter jusqu'à 2 points en phase de calage fin.

#### Tracé en plan

Pour toutes les solutions desservant Marseille-Saint Charles, les quais de la gare souterraine sont implantés en alignement droit.

Pour les solutions desservant la Blancarde, les quais de la gare souterraine sont en courbe : le rayon de courbure  $R = 4000$  m respecte le dévers minimum normal au droit des quais soit 60 mm pour V200 km/h et 43 mm pour V170 km/h.

Le schéma des variantes page 12 montre l'impossibilité d'importer les quais en alignement droit du fait du décalage de la gare vers l'est et la nécessité de rejoindre la tête de tunnel de la Pomme en ménageant (en solution monotube) un alignement droit suffisant pour placer le demi PCV.

#### Point de chargement de voie

Pour les options monotubes, des demi-PCV sont prévus de part et d'autre de la gare au maximum à 1500 m.

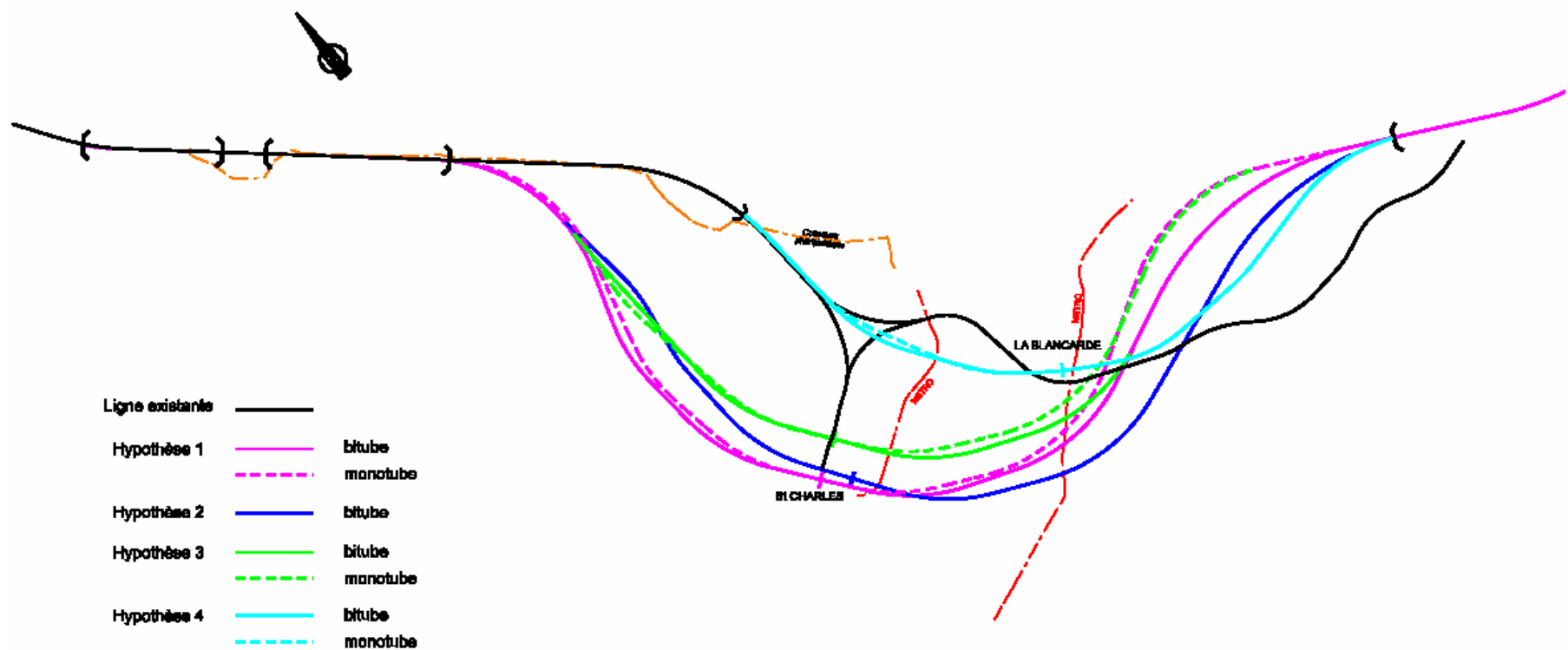
Dans les solutions bitubes, il n'a pas été envisagé de demi-PCV en tunnel (pour les études de première phase) pour des raisons de coûts. En effet, dans le cas deux tubes distants de 20 m, des ADV Tg 1/46<sup>ème</sup>, nécessiteraient près de 920 m entre les centres mathématiques.

Les demi-PCV sont reportés en conséquence entre le tunnel des Tuileries et le tunnel Saint Louis au Nord-Ouest d'une part et dans la vallée de l'Huveaune au Sud-Est d'autre part.

#### Géologie

La géologie a été considérée identique à celle définie pour la phase 1. Les tracés ayant évolués, celle-ci est approximative ; aussi des risques de surcoût peuvent survenir en cas de géologies nettement différenciées au droit des futurs tunnels.

### SYNTHESE DES VARIANTES



### 4.3. Hypothèses géométriques

Les hypothèses géométriques sont celles des études complémentaires suite au Débat Public de 2006-2007 (cf. la note « critique et adaptation des méthodes de conception technique générale »).

Les rayons utilisés pour la recherche de tracés sous Marseille seront les suivants :

Vitesse (en km/h)	Rayon minimum utilisé (en m)
170	1084
200	1500

Correspondants à un dévers de 160 mm.

## 5. DESCRIPTION ET ESTIMATIONS DES VARIANTES ETUDIEES

Concernant les estimations, il est précisé que la méthode retenue ici s'appuie sur la note « L'estimation des coûts - Méthode d'estimation retenue » d'Octobre 2007.

Afin de répondre à la demande de RFF, l'estimation de chacune des variantes comprendra :

- o une estimation du tunnel avec un découpage de la zone gare similaire à celui des études phase I (cf. note « *L'estimation des coûts - Méthode d'estimation retenue* » d'Octobre 2007). Un schéma clair des différentes sections et de leurs longueurs respectives (en différenciant les deux sens) sera produit pour identifier chacun des postes de l'estimation,
- o la mise à jour de la fiche estimation de la section élémentaire correspondante (fiches tracés MDS 10-55 version St Charles et MDS 10 -55 version Blancarde), onglets tunnel et gare.

Dans le cas des monotubes, l'estimation fera apparaître le coût des issues de secours (y.c. foncier associé), et/ou refuges nécessaires.

La plus value engendrée par la suppression de la salle des pas perdus est en définitive de l'ordre de 16 Md€uros. Il est à préciser que cette plus-value pourrait être abaissée à 8 Md€uros en recherchant à réduire l'entraxe fixé dans le cadre de la présente étude à 6.80m.

En effet, ce surcoût est lié à la surlargeur de 8 m de la section de gare (c'est-à-dire 4 quais de 7,50 m au lieu de 5,50 m) et à l'excavation du puits au droit de la future gare, de ce fait plus importante (mais voir en contrepartie l'économie réalisée sur la gare proprement dite).

Concernant les coûts unitaires au mètre linéaire d'ouvrage, les hypothèses et les dispositions des études antérieures (études complémentaires suite au Débat Public de 2006-2007) sont conservées.

Pour rappel : Le principe retenu pour les estimations est le suivant :

- pour tous les ouvrages spécifiques de section courante, les mêmes ratios au ml utilisés dans les études de 2006/2007 et qui avait fait l'objet d'une détermination particulière avec mise en cohérence avec les diverses études produites (on ne raisonne pas au m<sup>3</sup> excavé) sont appliqués ; il s'agit du tunnel circulaire à 1 voie au tunnelier, du tunnel à 1 voie réalisé en conventionnel, du tunnel à 2 voies réalisé en conventionnel ;

Nous rappelons ci-dessous les valeurs retenues.

Description de l'ouvrage	S. excavée en m <sup>2</sup>	Coût en k€/ml
Section courante d'un tube circulaire à 1 voie au tunnelier	75 m <sup>2</sup>	31
Section constante d'un tube à 1 voie réalisé par la méthode conventionnelle	65 m <sup>2</sup>	33
Section constante d'un tube à 2 voies réalisé par la méthode conventionnelle	90 m <sup>2</sup>	43

- la méthode d'estimation avec utilisation d'un prix au m<sup>3</sup> unique de 430 €/m<sup>3</sup> excavé a été définie pour estimer les ouvrages de sections très différentes, variables ou constantes, mais dont les principes de construction et les problématiques sont similaires et justifient donc une certaine cohérence dans le chiffrage.

Pour les gares et les ouvrages spécifiques de grande section, le coût unitaire au mètre linéaire d'ouvrage est déterminée à partir de la section de l'ouvrage (section nominale pour un ouvrage de section constante et section moyenne pour un ouvrage de section variable) en appliquant un ratio de coût global de 430 €/m<sup>3</sup> excavé.

Cette méthode permet de rendre cohérent le coût unitaire d'ouvrages de sections très différentes mais dont les principes de construction et les problématiques techniques sont similaires.

Les estimations sont données en millions d'euros H.T., base janvier 2005.



## 5.1. Hypothèse 1 : option St-Charles - positionnement des quais de la gare souterraine à proximité de l'actuel cœur de la gare

### 5.1.1. Descriptif des solutions

#### 5.1.1.1. *Caractéristiques générales :*

Il s'agit d'atteindre la position de la gare souhaitée par la SNCF (cf. entrants) afin de rapprocher la future gare souterraine du cœur de la gare existante. Deux solutions sont étudiées : une solution en bitube et une solution en monotube.

Les deux solutions ont les caractéristiques suivantes :

- La localisation des entrées et sorties du tunnel restent inchangées par rapport à celles identifiées en phase 1,
- Une optimisation du tracé a été réalisée à l'Est de la gare souterraine, afin de réduire au maximum la section à 4 voies dans la zone de la gare, afin de minimiser les longueurs de tunnel en section variable, qui nécessitent un creusement par la méthode conventionnelle plus coûteuse que le creusement au tunnelier,
- Le profil en long a été rehaussé pour diminuer la profondeur de la gare souterraine et ainsi diminuer la longueur et le temps du cheminement pour rejoindre les quais en surface.
- Les obstacles souterrains ont été identifiés et repérés sur les profils en long.

#### 5.1.1.2. *Caractéristiques du bitube*

Le tracé du bitube de l'hypothèse 1 met en évidence les longueurs d'ouvrages suivants :

- Une tranchée couverte à l'ouest de 185 m,
- Un tunnel de 10 665 m,
- Une tranchée couverte à l'est de 150 m.

La gare est à l'altitude  $Z = -11.44$  m par rapport au niveau de la mer, ce qui correspond à une profondeur de 60,44 m par rapport aux quais de la gare actuelle ( $Z = + 49,00$ ).

### 5.1.1.3. *Caractéristiques du monotube*

Le tracé du monotube de l'hypothèse 1 met en évidence les longueurs d'ouvrages suivants :

- Une tranchée couverte à l'ouest de 185 m,
- Un tunnel de 10 750 m,
- Une tranchée couverte à l'est de 150 m.

L'axe des voies étant décalé pour le monotube, il s'inscrit dans un terrain naturel plus favorable.

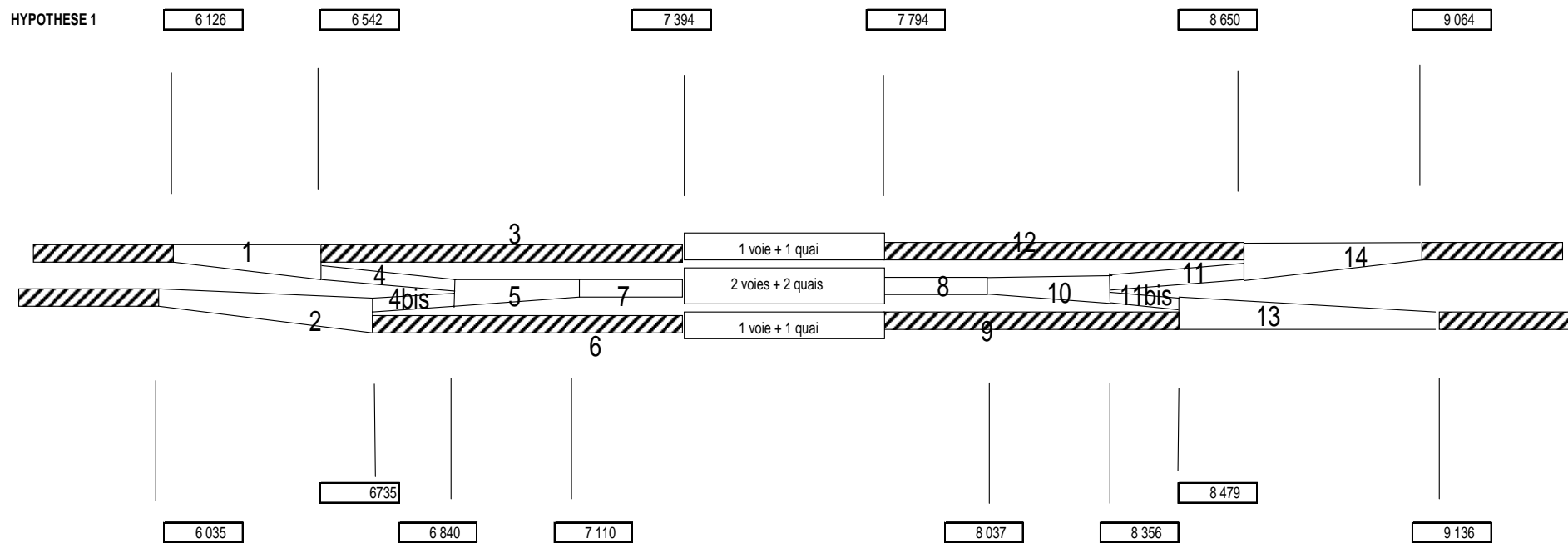
En effet, la gare est à l'altitude  $Z = -7.00$  m par rapport au niveau de la mer, ce qui correspond à une profondeur de 56 m par rapport aux quais de la gare nouvelle ( $Z = 49.000$ ).

D'autre part, le rehaussement du profil en long permet de réaliser des puits de secours tous les 1000m environ à moins de 30 m de profondeur.

### 5.1.2. Estimation gare et tunnel

L'estimation est basée sur les conditions définies au paragraphe 4.2 ci-dessus ; l'estimation est présentée ci-après avec un schéma où sont repérés tous les différents ouvrages aux environs de la gare et un tableau détaillé par types d'ouvrages.

L'estimation est présentée pour les 2 solutions : tunnel bitube et tunnel monotube.



NOTA : les ouvrages représentés en hachuré sont réalisés au tunnelier

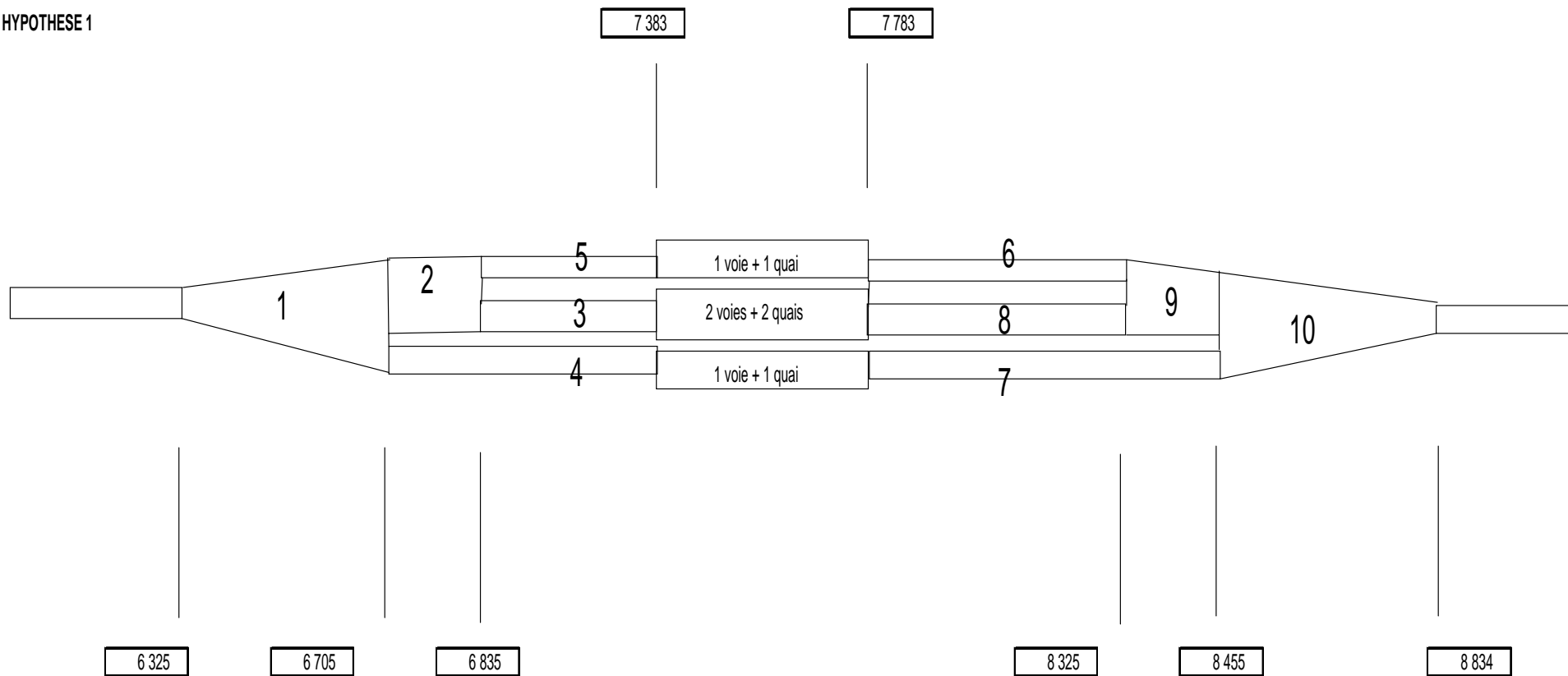
Hypothèse 1 – tunnel bitube

**Hypothèse 1 - tunnel bitube**

	Localisation		N° section	Lg des ouvrages (m)	Type d'ouvrage	Méthode construction	Section excavée (m2)	PU au ml (ratio) en € HT	Prix € HT
	PK début	PK fin							
	2 965	3 150		185	tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	350	100 000	18 500 000
	3 150	6 126		2 976	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	92 256 000
	3 150	6 035		2 885	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	89 435 000
Zone de la gare	6 126	6 542	1	416	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 200	60 000	24 960 000
	6 035	6 735	2	700	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 250	70 000	49 000 000
	6 542	7 394	3	852	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	26 412 000
	6 542	6 840	4	298	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	9 834 000
	6 735	6 840	4bis	105	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	3 465 000
	6 840	7 110	5	270	section variable à 2 voies	conventionnelle	90 à 200	62 000	16 740 000
	6 735	7 394	6	659	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	20 429 000
	7 110	7 394	7	284	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	12 212 000
	7 394	7 794		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	7 394	7 794		400	gare, section constante, 2 voies à quais latéraux	conventionnelle	350	150 000	60 000 000
	7 394	7 794		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	7 794	8 037	8	243	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	10 449 000
	7 794	8 479	9	685	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	21 235 000
	8 037	8 356	10	319	section variable à 2 voies	conventionnelle	90 à 200	62 000	19 778 000
		8 356							
	8 356	8 479	11bis	123	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	4 059 000
	8 356	8 650	11	294	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	9 702 000
	7 794	8 650	12	856	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	26 536 000
	8 479	9 136	13	657	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 250	70 000	45 990 000
	8 650	9 064	14	414	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 200	60 000	24 840 000
	9 064	13 815		4 751	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	147 281 000
	9 136	13 815		4 679	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	145 049 000
	13 815	13 965		150	Tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	350	100 000	15 000 000

TOTAL 933 962 000 €  
TOTAL ARRONDI A 934 000 000 €

HYPOTHESE 1



Hypothèse 1 – tunnel monotube

**Hypothèse 1 - tunnel monotube**

	Localisation		N° section	Lg des ouvrages (m)	Type d'ouvrage	Méthode construction	Section excavée (m2)	PU au ml (ratio) en € HT	Prix € HT
	PK début	PK fin							
<b>TUNNEL ET GARE</b>									
	2 965	3 150		185	tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	75	35 000	6 475 000
	3 150	6 325		3 175	section circulaire constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	136 525 000
Zone de la gare	6 325	6 705	1	380	section variable de 2 à 4 voies	conventionnelle	90 à 300	85 000	32 300 000
	6 705	6 835	2	130	section variable à 3 voies	conventionnelle	200 à 300	110 000	14 300 000
	6 835	7 383	3	548	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	23 564 000
	6 705	7 383	4	678	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	22 374 000
	6 705	7 383	5	678	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	22 374 000
	7 383	7 783		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	7 383	7 783		400	gare, section constante, 2 voies à quais latéraux	conventionnelle	350	150 000	60 000 000
	7 383	7 783		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	7 783	8 325	6	542	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	17 886 000
	7 783	8 455	7	672	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	22 176 000
7 783	8 325	8	542	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	23 306 000	
8 325	8 455	9	130	section variable à 3 voies	conventionnelle	200 à 300	110 000	14 300 000	
8 455	8 834	10	379	section variable de 2 à 4 voies	conventionnelle	90 à 300	96 000	36 384 000	
		8 834							
	8 834	13 900		5 066	section circulaire constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	217 838 000
	13 900	14 050		150	Tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	75	35 000	5 250 000
<b>ISSUES DE SECOURS TOUS LES 1 KM ENVIRON</b>									
	Longueur cumulée de rameau horizontal			110	10+1 issues de secours x 10 ml			12 000	1 320 000
	Longueur cumulée de puits vertical			312	h=20+30+20+28+34+34+32+19+34+33 ; + 28			15 000	4 680 000

TOTAL 701 852 000 €  
TOTAL ARRONDI A 702 000 000 €

## 5.2. Hypothèse 2 : option St-Charles - positionnement des quais de la gare souterraine identique à celui de la phase 1

### 5.2.1. Descriptif

#### 5.2.1.1. *Caractéristiques générales*

La position de la gare souhaitée par la SNCF est recherchée (cf. entrants) afin de la rapprocher de la future gare souterraine du cœur de la gare existante. Seule la solution bitube est étudiée pour cette hypothèse.

Les caractéristiques suivantes :

- La localisation des entrées et sorties du tunnel restent inchangées par rapport à celles identifiées en phase 1,
- Une optimisation du tracé a été réalisée à l'Est de la gare souterraine, afin de réduire au maximum la section à 4 voies dans la zone de la gare, afin de minimiser les longueurs de tunnel en section variable, qui nécessitent un creusement par la méthode conventionnelle plus coûteuse que le creusement au tunnelier,
- Le profil en long a été rehaussé pour diminuer la profondeur de la gare souterraine et ainsi diminuer la longueur et le temps du cheminement pour rejoindre les quais en surface.

Les obstacles souterrains ont été identifiés et repérés sur le profil en long.

#### 5.2.1.2. *Caractéristiques du bitube*

Le tracé du bitube de l'hypothèse 2 met en évidence les longueurs d'ouvrages suivants :

- Une tranchée couverte à l'ouest de 185 m,
- Un tunnel de 10 570 m,
- Une tranchée couverte à l'est de 150 m.

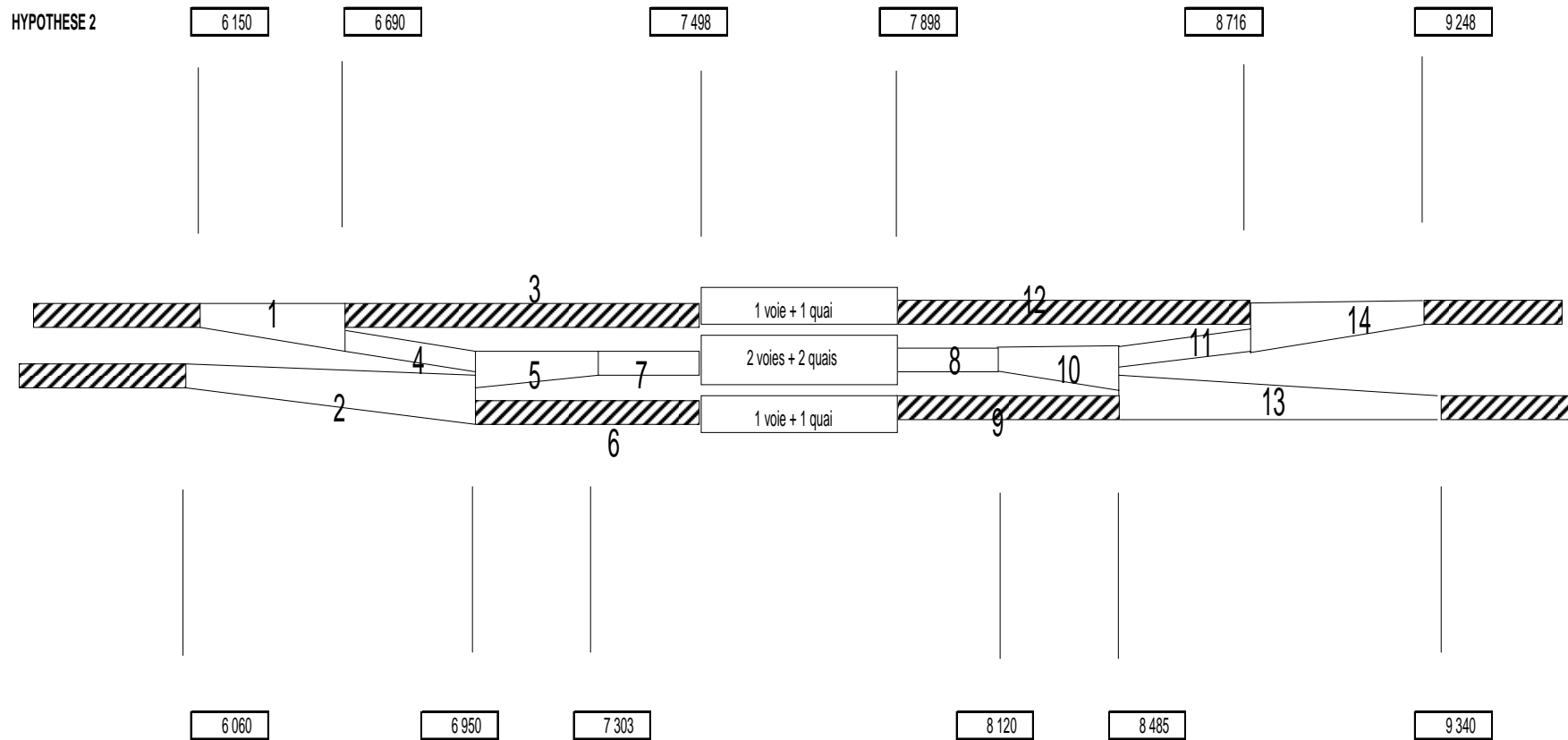
La gare est à l'altitude  $Z = -13.92$  m par rapport au niveau de la mer, ce qui correspond à une profondeur de 53 m par rapport au terrain naturel, donc à la gare existante.

### 5.2.2. Estimation gare et tunnel

L'estimation est basée sur les conditions définies au paragraphe 4.2 ci-dessus ; l'estimation est présentée ci-après avec un schéma où sont repérés tous les différents ouvrages aux environs de la gare et un tableau détaillé par types d'ouvrages.

L'estimation est présentée uniquement pour la solution tunnel bitube.





NOTA : les ouvrages représentés en hachuré sont réalisés au tunnelier

**Hypothèse 2 – tunnel bitube**

**Hypothèse 2 - tunnel bitube**

	Localisation		N° section	Lg des ouvrages (m)	Type d'ouvrage	Méthode construction	Section excavée (m2)	PU au ml (ratio) en €HT	Prix €HT
	PK début	PK fin							
	2 965	3 150		185	tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	350	100 000	18 500 000
	3 150	6 150		3 000	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	93 000 000
	3 150	6 060		2 910	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	90 210 000
Zone de la gare	6 150	6 690	1	540	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 200	60 000	32 400 000
	6 060	6 950	2	890	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 250	70 000	62 300 000
	6 690	7 498	3	808	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	25 048 000
	6 690	6 950	4	260	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	8 580 000
	6 950	7 303	5	353	section variable à 2 voies	conventionnelle	90 à 200	62 000	21 886 000
	6 950	7 498	6	548	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	16 988 000
	7 303	7 498	7	195	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	8 385 000
	7 498	7 898		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	7 498	7 898		400	gare, section constante, 2 voies à quais latéraux	conventionnelle	350	150 000	60 000 000
	7 498	7 898		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	7 898	8 120	8	222	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	9 546 000
	7 898	8 485	9	587	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	18 197 000
	8 120	8 485	10	365	section variable à 2 voies	conventionnelle	90 à 200	62 000	22 630 000
		8 485							
	8 485	8 716	11	231	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	7 623 000
	7 898	8 716	12	818	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	25 358 000
	8 485	9 340	13	855	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 250	70 000	59 850 000
	8 716	9 248	14	532	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 200	60 000	31 920 000
	9 248	13 720		4 472	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	138 632 000
	9 340	13 720		4 380	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	135 780 000
	13 720	13 870		150	Tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	350	100 000	15 000 000

TOTAL 942 633 000 €  
TOTAL ARRONDI A 943 000 000 €

### 5.3. Hypothèse 3 : option St-Charles - positionnement des quais de la gare souterraine un peu plus éloigné du fond de gare

#### 5.3.1. Descriptif

##### 5.3.1.1. *Caractéristiques générales*

Pour cette hypothèse, il s'agit d'étudier un positionnement de la future gare plus éloigné du fond de la gare actuelle. Deux solutions seront étudiées : une solution en bitubes et une solution en monotube.

Les optimisations recherchées ont pour objectifs :

- La recherche d'économies grâce à la diminution des longueurs de sections variables de tunnels,
- le rehaussement du profil en long en vue d'une profondeur de gare moindre.

Le tracé a été optimisé sur les mêmes principes que pour les hypothèses précédentes.

La localisation des entrées et sorties du tunnel reste inchangée par rapport à celle identifiée en phase 1 et les quais de la gare souterraine sont :

- globalement perpendiculaires à l'axe du faisceau existant
- centrés sur l'axe médian du faisceau (les quais s'étalant de la gare St-Charles aux Réformés)
- distants de 400 m des butoirs des voies de surface.

Les obstacles souterrains ont été identifiés et repérés sur les profils en long.

##### 5.3.1.2. *Caractéristiques du bitube*

Le tracé du bitube de l'hypothèse 3 met en évidence les longueurs d'ouvrages suivants :

- Une tranchée couverte à l'ouest de 185 m,
- Un tunnel de 10 100 m,
- Une tranchée couverte à l'est de 150 m.

Afin de respecter l'objectif de réduction de la profondeur de la gare, le profil en long présente une déclivité de 5 mm/m au droit des quais.

La gare est à l'altitude  $Z = -7.00$  m par rapport au niveau de la mer, ce qui correspond à une profondeur de 55 m par rapport au terrain naturel.

### 5.3.1.3. *Caractéristiques du monotube*

Le tracé du monotube de l'hypothèse 3 met en évidence les longueurs d'ouvrages suivants :

- Une tranchée couverte à l'ouest de 185 m,
- Un tunnel de 10 150 m,
- Une tranchée couverte à l'est de 150 m.

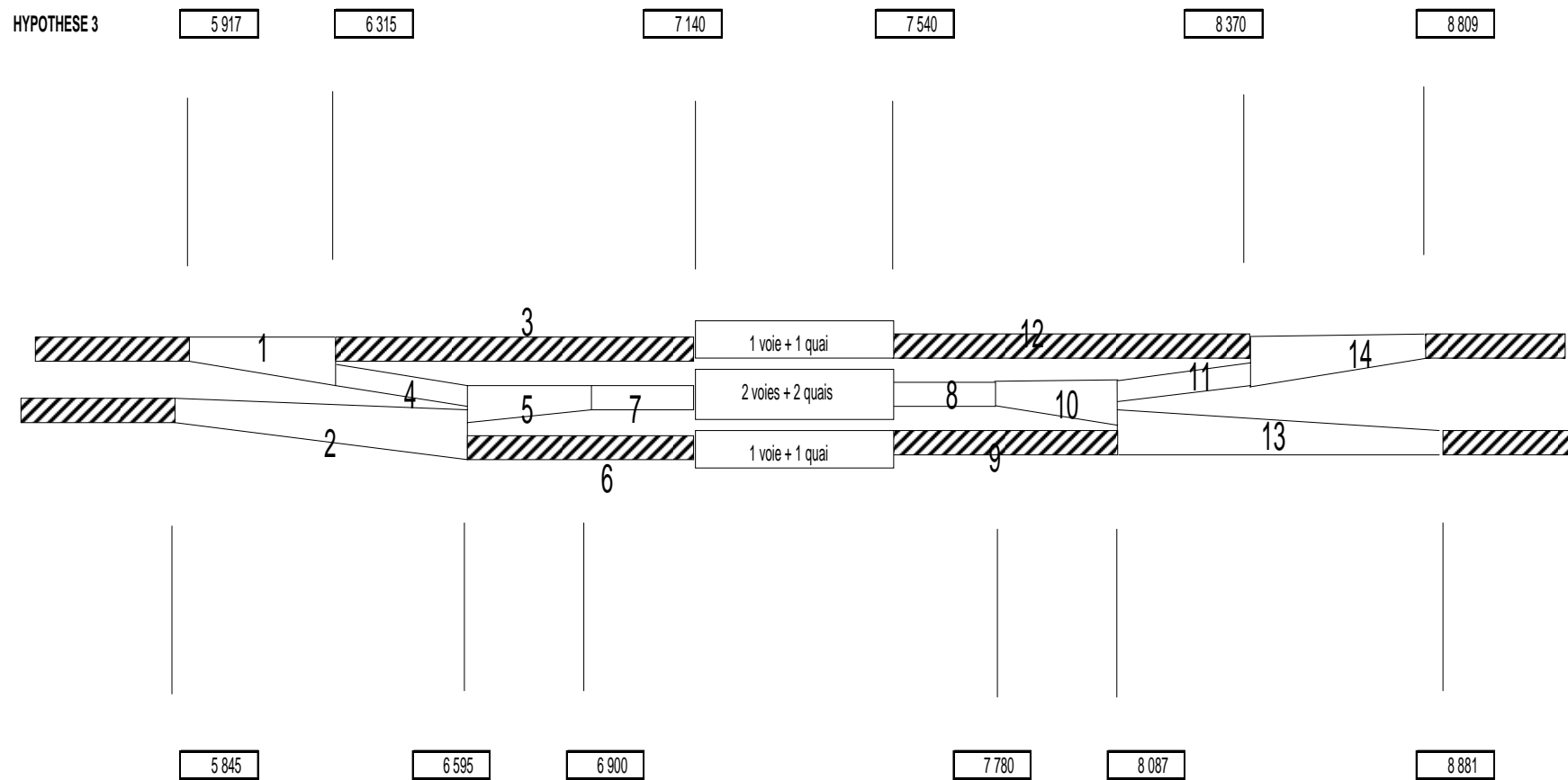
La gare est à l'altitude  $Z = -0.30$  m par rapport au niveau de la mer, ce qui correspond à une profondeur de 48 m par rapport au terrain naturel, donc à la gare existante.

D'autre part, le rehaussement du profil en long permet de réaliser des puits de secours tous les 1000 m environ à moins de 30 m de profondeur.

### 5.3.2. Estimation gare et tunnel

L'estimation est basée sur les conditions définies au paragraphe 4.2 ci-dessus ; l'estimation est présentée ci-après avec un schéma où sont repérés tous les différents ouvrages aux environs de la gare et un tableau détaillé par types d'ouvrages.

L'estimation est présentée pour les 2 solutions : tunnel bitube et tunnel monotube.



NOTA : les ouvrages représentés en hachuré sont réalisés au tunnelier

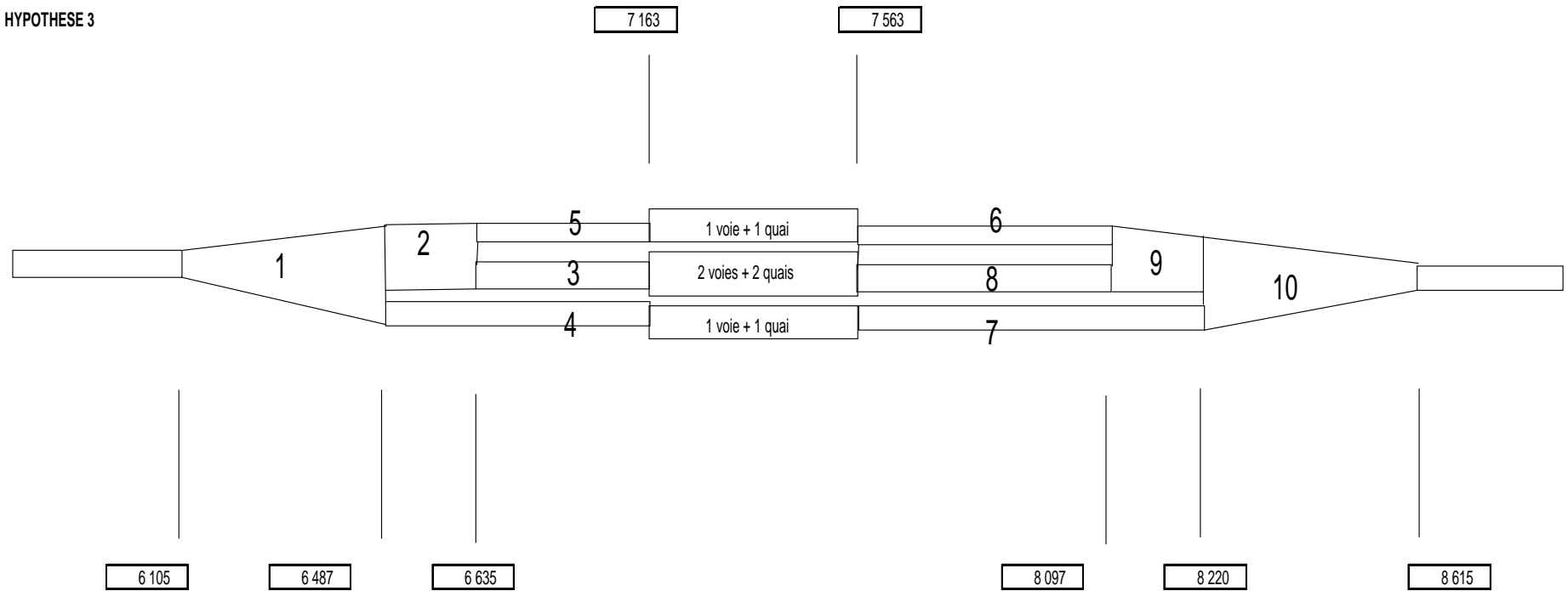
**Hypothèse 3 – tunnel bitube**

**Hypothèse 3 - tunnel bitube**

	Localisation		N° section	Lg des ouvrages (m)	Type d'ouvrage	Méthode construction	Section excavée (m2)	PU au ml (ratio) en €HT	Prix €HT
	PK début	PK fin							
	2 965	3 150		185	tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	350	100 000	18 500 000
	3 150	5 917		2 767	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	85 777 000
	3 150	5 845		2 695	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	83 545 000
Zone de la gare	5 917	6 315	1	398	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 200	60 000	23 880 000
	5 845	6 595	2	750	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 250	70 000	52 500 000
	6 315	7 140	3	825	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	25 575 000
	6 315	6 595	4	280	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	9 240 000
	6 595	6 900	5	305	section variable à 2 voies	conventionnelle	90 à 200	62 000	18 910 000
	6 595	7 140	6	545	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	16 895 000
	6 900	7 140	7	240	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	10 320 000
	7 140	7 540		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	7 140	7 540		400	gare, section constante, 2 voies à quais latéraux	conventionnelle	350	150 000	60 000 000
	7 140	7 540		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	7 540	7 780	8	240	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	10 320 000
	7 540	8 087	9	547	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	16 957 000
	6 595	6 900	10	305	section variable à 2 voies	conventionnelle	90 à 200	62 000	18 910 000
			8 087						
	8 087	8 370	11	283	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	9 339 000
	7 540	8 370	12	830	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	25 730 000
	8 087	8 881	13	794	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 250	70 000	55 580 000
	8 370	8 809	14	439	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 200	60 000	26 340 000
	8 809	13 250		4 441	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	137 671 000
	8 881	13 250		4 369	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	135 439 000
	13 250	13 400		150	Tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	350	100 000	15 000 000

TOTAL 897 228 000 €  
TOTAL ARRONDI A 898 000 000 €

HYPOTHESE 3



Hypothèse 3 – tunnel monotube

**Hypothèse 3 - tunnel monotube**

	Localisation		N° section	Lg des ouvrages (m)	Type d'ouvrage	Méthode construction	Section excavée (m2)	PU au ml (ratio) en € HT	Prix € HT
	PK début	PK fin							
<b>TUNNEL ET GARE</b>									
	2 965	3 150		185	tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	75	35 000	6 475 000
	3 150	6 105		2 955	section circulaire constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	127 065 000
	6 105								
Zone de la gare	6 105	6 487	1	382	section variable de 2 à 4 voies	conventionnelle	90 à 300	85 000	32 470 000
	6 487	6 635	2	148	section variable à 3 voies	conventionnelle	200 à 300	110 000	16 280 000
	6 635	7 163	3	528	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	22 704 000
	6 487	7 163	4	676	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	22 308 000
	6 635	7 163	5	528	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	17 424 000
	7 163	7 563		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	7 163	7 563		400	gare, section constante, 2 voies à quais latéraux	conventionnelle	350	150 000	60 000 000
	7 163	7 563		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	7 563	8 097	6	534	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	17 622 000
	7 563	8 220	7	657	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	21 681 000
7 563	8 097	8	534	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	22 962 000	
8 097	8 220	9	123	section variable à 3 voies	conventionnelle	200 à 300	110 000	13 530 000	
8 220	8 615	10	395	section variable de 2 à 4 voies	conventionnelle	90 à 300	85 000	33 575 000	
		8 615							
	8 615	13 300		4 685	section circulaire constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	201 455 000
	13 300	13 450		150	Tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	75	35 000	5 250 000
<b>ISSUES DE SECOURS TOUS LES 1 KM ENVIRON</b>									
	Longueur cumulée de rameau horizontal			100	9 issues de secours x 10 ml + 1 issue			12 000	1 200 000
	Longueur cumulée de puits vertical			239	h=17+33+19+12+30+25+32+17+34; +24			15 000	3 585 000

TOTAL 661 601 000 €  
TOTAL ARRONDI A 662 000 000 €



## 5.4. Hypothèse 4 : option Blancarde

### 5.4.1. Descriptif

#### 5.4.1.1. *Caractéristiques générales*

La localisation de la gare est modifiée par rapport aux études de phase 1.

Il s'agit de situer le centre des quais LGV au droit du centre des quais TER, à environ 100 m en plan, côté Est pour éviter la station de métro Blancarde (cf. entrants). Deux solutions ont été étudiées : une solution en bitubes et une solution en monotube.

Les deux solutions ont les caractéristiques suivantes :

- La localisation des entrées et sorties du tunnel restent inchangées par rapport à celles identifiées en phase 1,
- Le profil en long a été rehaussé pour diminuer la profondeur de la gare souterraine et ainsi diminuer la longueur et le temps du cheminement pour rejoindre les quais en surface.

Les obstacles souterrains ont été identifiés et repérés sur les profils en long.

Il sera noté que le collecteur périphérique ne peut être évité sauf à créer un point bas supplémentaire et à repousser la tête de tunnel Nord-Ouest. Aussi, il est proposé une déviation côté Nord-Ouest sur un linéaire d'environ 1000 ml.

#### 5.4.1.2. *Caractéristiques du bitube*

Le tracé du bitube de l'hypothèse 4 met en évidence les longueurs d'ouvrages suivants :

- Une tranchée couverte à l'ouest de 310 m,
- Un tunnel de 6 785 m,
- Une tranchée couverte à l'est de 150 m.

La gare est à l'altitude  $Z = -18.40$  m par rapport au niveau de la mer, ce qui correspond à une profondeur de 47 m par rapport au terrain naturel.

#### 5.4.1.3. *Caractéristiques du monotube*

Le tracé du monotube de l'hypothèse 4 met en évidence les longueurs d'ouvrages suivants :

- Une tranchée couverte à l'ouest de 315 m,
- Un tunnel de 6 775 m,
- Une tranchée couverte à l'est de 150 m.

La gare est à l'altitude  $Z = +19.70$  m par rapport au niveau de la mer, ce qui correspond à une profondeur de 46 m par rapport au terrain naturel.

Le projet présente 5 issues de secours :

- 2 au Nord-Ouest,
- 3 au Sud-Est.

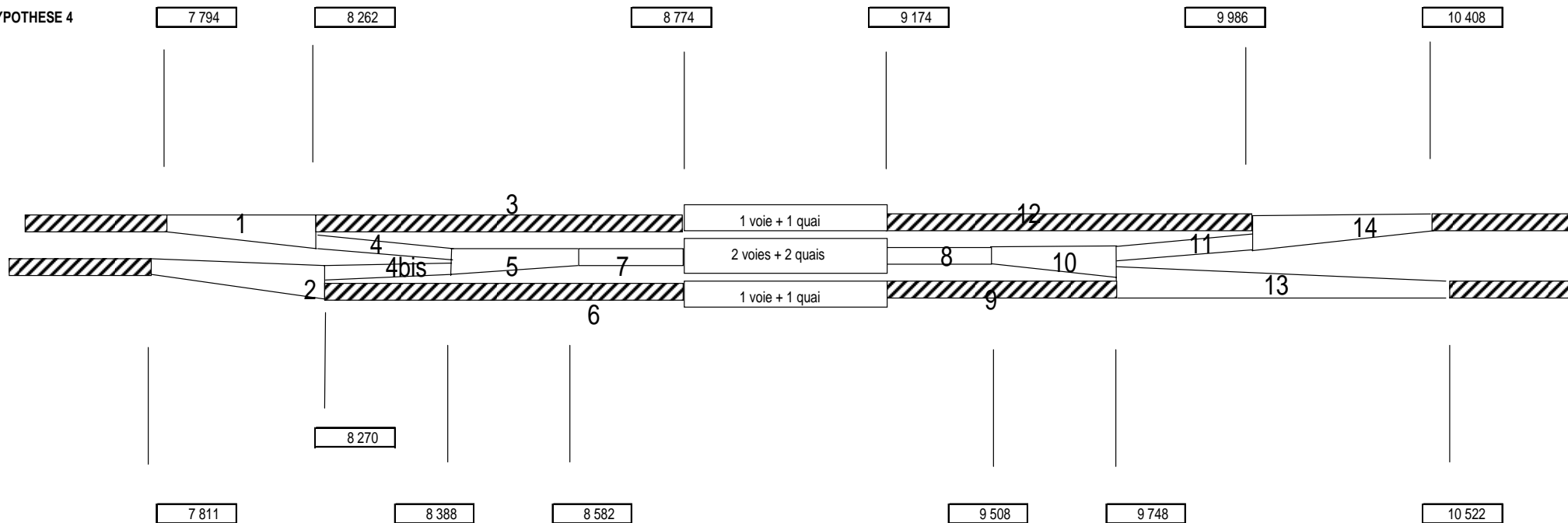
Une difficulté majeure entre les PK 10,5 et 11,8 est relevée : sous la colline de la Fourragère et de la Pomme, les puits I55 et I56 sont distants de 1 255 m et profonds de 35 m environ. Une optimisation du tracé dans cette zone semble difficile.

#### 5.4.2. Estimation gare et tunnel

L'estimation est basée sur les conditions définies au paragraphe 4.2 ci-dessus ; l'estimation est présentée ci-après avec un schéma où sont repérés tous les différents ouvrages aux environs de la gare et un tableau détaillé par types d'ouvrages.

L'estimation est présentée pour les 2 solutions : tunnel bitube et tunnel monotube.

HYPOTHESE 4



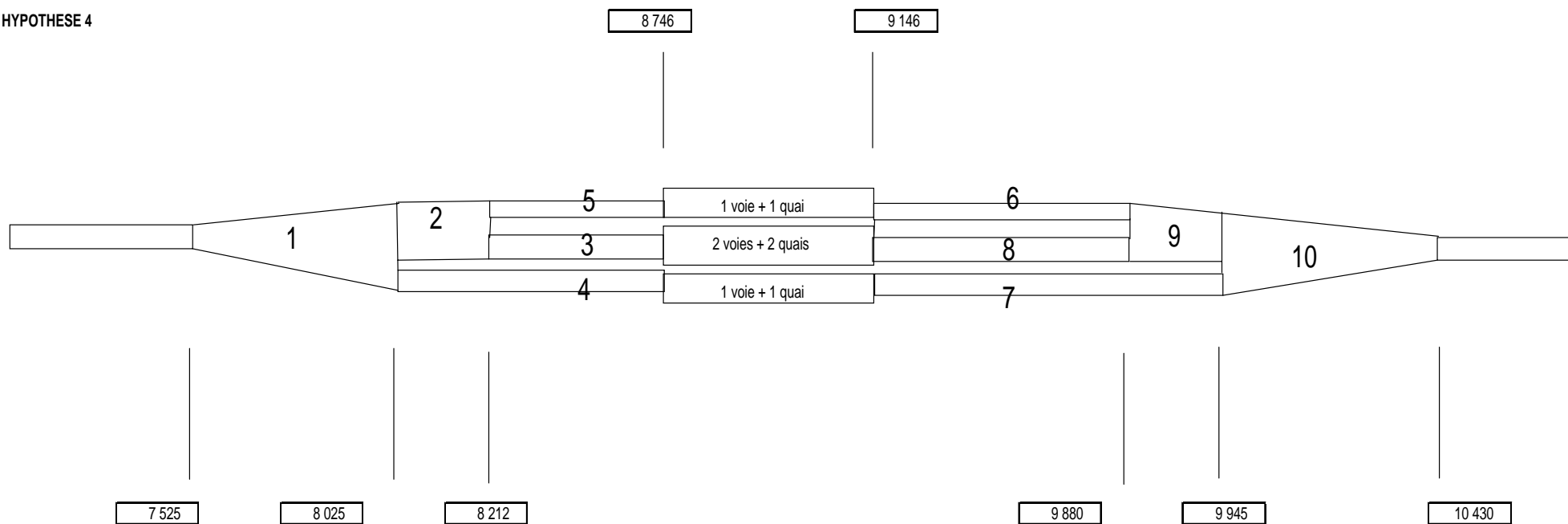
NOTA : les ouvrages représentés en hachuré sont réalisés au tunnelier

**Hypothèse 4 – tunnel bitube**

**Hypothèse 4 - tunnel bitube**

	Localisation		N° section	Lg des ouvrages (m)	Type d'ouvrage	Méthode construction	Section excavée (m2)	PU au ml (ratio) en € HT	Prix € HT	
	PK début	PK fin								
	5 450	5 765		315	tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	350	100 000	31 500 000	
	5 765	7 794		2 029	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	62 899 000	
	5 765	7 811		2 046	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	63 426 000	
Zone de la gare	7 794	8 262	1	468	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 200	60 000	28 080 000	
	7 811	8 270	2	459	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 200	60 000	27 540 000	
	8 262	8 774	3	512	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	15 872 000	
	8 262	8 388	4	126	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	4 158 000	
	8 270	8 388	4bis	118	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	3 894 000	
	8 388	8 388								
	8 388	8 582	5	194	section variable à 2 voies	conventionnelle	90 à 200	62 000	12 028 000	
	8 270	8 774	6	504	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	15 624 000	
	8 582	8 774	7	192	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	8 256 000	
	8 774	9 174		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000	
	8 774	9 174		400	gare, section constante, 2 voies à quais latéraux	conventionnelle	350	150 000	60 000 000	
	8 774	9 174		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000	
	9 174	9 508	8	334	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	14 362 000	
	9 174	9 748	9	574	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	17 794 000	
9 508	9 748	10	240	section variable à 2 voies	conventionnelle	90 à 200	62 000	14 880 000		
		9 888								
	9 748	9 986	11	238	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	7 854 000	
	9 174	9 986	12	812	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	25 172 000	
	9 748	10 522	13	774	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 200	60 000	46 440 000	
	9 986	10 408	14	422	section variable, de 1 à 2 voies	conventionnelle	75 à 200	60 000	25 320 000	
	10 408	12 550		2 142	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	66 402 000	
	10 522	12 550		2 028	circulaire monovoie	tunnelier	75	31 000	62 868 000	
	12 550	12 700		150	Tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	350	100 000	15 000 000	
				1000	Déviation collecteur Périphérique	Micro tunnel	Diam. 1 m	5 000	5 000 000	
									TOTAL	675 169 000 €
									TOTAL ARRONDI A	676 000 000 €

HYPOTHESE 4



Hypothèse 4 – tunnel monotube

**Hypothèse 4 - tunnel monotube**

	Localisation		N° section	Lg des ouvrages (m)	Type d'ouvrage	Méthode construction	Section excavée (m2)	PU au ml (ratio) en € HT	Prix € HT
	PK début	PK fin							
<b>TUNNEL ET GARE</b>									
	5 450	5 765		315	tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	75	35 000	11 025 000
	5 765	7 566		1 801	section circulaire constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	77 443 000
Zone de la gare	7 566	8 025	1	459	section variable de 2 à 4 voies	conventionnelle	90 à 300	85 000	39 015 000
	8 025	8 212	2	187	section variable à 3 voies	conventionnelle	200 à 300	110 000	20 570 000
	8 212	8 759	3	547	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	23 521 000
	8 025	8 759	4	734	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	24 222 000
	8 212	8 759	5	547	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	18 051 000
	8 759	9 159		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	8 759	9 159		400	gare, section constante, 2 voies à quais latéraux	conventionnelle	350	150 000	60 000 000
	8 759	9 159		400	section constante à 1 voie + 1 quai	conventionnelle	120	51 000	20 400 000
	9 159	9 880	6	721	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	23 793 000
	9 159	9 945	7	786	section constante à 1 voie	conventionnelle	65	33 000	25 938 000
9 159	9 880	8	721	section constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	31 003 000	
9 880	9 945	9	65	section variable à 3 voies	conventionnelle	200 à 300	110 000	7 150 000	
9 945	10 489	10	544	section variable de 2 à 4 voies	conventionnelle	90 à 300	85 000	46 240 000	
		10 489							
	10 489	12 540		2 051	section circulaire constante à 2 voies	conventionnelle	90	43 000	88 193 000
	12 540	12 690		150	Tranchée couverte à 2 voies	ciel ouvert	75	35 000	5 250 000
<b>ISSUES DE SECOURS TOUS LES 1 KM ENVIRON</b>									
	Longueur cumulée de rameau horizontal			70	6 issues de secours x 10 ml + 1			12 000	840 000
	Longueur cumulée de puits vertical			212	h=29+26+29+29+33+36; + 30			15 000	3 180 000
					Déviation collecteur Périphérique	Micro tunnel(ml)	1000	5 000	5 000 000
								TOTAL	551 234 000 €
								TOTAL ARRONDI A	552 000 000 €

## 6. CONCLUSION

Le tableau ci-après donne la comparaison des principales caractéristiques et des coûts des sections souterraines entre tête d'extrémité.

	Longueur tranchée couverte à l'ouest (en m)	Longueur totale tunnel (en m)	Longueur tranchée à l'est (en m)	Profondeur TN (en m)	Coût total en M€ H.T.
<b>Hypothèse 1</b>					
<i>Bitube</i>	185	10 665	150	- 69	934
<i>Monotube</i>	185	10 750	150	- 57	702
<b>Hypothèse 2</b>					
<i>Bitube</i>	185	10 570	150	- 53	943
<b>Hypothèse 3</b>					
<i>Bitube</i>	185	10 100	150	- 55	898
<i>Monotube</i>	185	10 150	150	- 48	662
<b>Hypothèse 4</b>					
<i>Bitube</i>	315	6 785	150	- 47	676
<i>Monotube</i>	315	6 775	150	- 46	552

On peut en déduire les coûts moyens au km suivants en M€ :

- Bitube : de 85 à 86,5 pour Saint Charles et 93,5 pour Blancarde
- Monotube : de 63 pour Saint Charles et 76,5 pour Blancarde

Pour mémoire, ces ratios s'établissaient en phase 1 respectivement à 87 M/km (bitube) et 71 M/km (monotube).

On peut en tirer deux conclusions :

- Pour Saint-Charles bitube, l'option prise pour la conception de la gare (4 quais à 7,50 m) conduit à augmenter fortement les sections de tunnel au point de limiter, voire d'annuler les économies liées aux optimisations faites pour réduire les zones à 4 voies et les longueurs des sections variables,

- Pour Blancarde monotube, la même remarque est faite puisque le surcoût définitif est de l'ordre de +7,8 %.

Le coût des issues (+ 4 M€) contribue également à augmenter le coût des solutions monotube.

Les variantes et optimisations ci-dessus restent donc intéressantes si l'économie escomptée sur la construction de la gare proprement dite est au moins égale aux surcoûts ci-dessus.

Les hypothèses 1 et 2 se révèlent moins intéressantes pour Saint Charles sous l'angle financier exclusif mais l'hypothèse 1 est intéressante par sa proximité immédiate avec la gare actuelle.

Il est rappelé que les solutions monotube seraient à majorer des provisions suivantes pour risque en zone de faible couverture basées sur un surcoût de 3 M€uros par kilomètre :

- Hypothèse 1 monotube : 1,800 Md€
- Hypothèse 3 monotube : 4,350 Md€
- Hypothèse 4 monotube : 3,900 Md€