

# Etudes complémentaires suite au débat public

# Synthèse

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



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



## Infrastructure, Estimations, Temps de parcours

Juillet 2008





SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>7</b>
1.1	Principaux enjeux / objectifs.....	7
1.2	Les scénarios .....	7
1.3	Objet et articulation des différentes prestations.....	11
<b>2</b>	<b>CONCEPTION TECHNIQUE .....</b>	<b>13</b>
2.1	Analyse des études existantes .....	13
2.2	Référentiel technique .....	13
2.2.1	Référentiels techniques utilisés pour la conception du projet.....	13
2.2.2	Vitesses de référence retenues .....	14
2.3	Conception des tunnels .....	16
2.3.1	Principes de conception des tunnels .....	16
2.3.1.1	Les textes réglementaires en vigueur et leurs conséquences .....	16
2.3.1.2	Section d'air .....	17
2.3.2	Tunnels interurbains .....	17
2.3.3	Tunnels urbain avec gare souterraine .....	18
2.3.3.1	Contraintes prises en compte .....	18
2.3.3.2	Configuration retenue pour les gares souterraines et influence sur le coût des ouvrages	19
2.3.4	Bilan sur les longueurs de tunnels par scénario .....	20
<b>3</b>	<b>ESTIMATIONS .....</b>	<b>22</b>
3.1	Méthodologie.....	22
3.1.1	Généralités .....	22
3.1.2	Traversée des agglomérations de Marseille, Toulon et arrivée à Nice .....	22
3.1.3	Autres secteurs.....	23
3.1.3.1	Poste commun : frais de maîtrise d'œuvre et de maîtrise d'ouvrage.....	23
3.1.3.2	Estimation brute des tunnels .....	23
3.1.3.3	Estimation brute des viaducs.....	23
3.1.3.4	Estimation brute des ouvrages en terre.....	24
3.1.3.5	Estimation brute des équipements ferroviaires .....	24
3.1.3.6	Estimation brute des acquisitions foncières .....	24
3.1.3.7	Estimation brute des libérations d'emprises .....	25
3.1.3.8	Estimation brute des mesures de protection environnementales.....	25
3.1.3.9	Estimation brute des gares .....	25
3.1.3.10	Autres postes.....	25
3.1.3.11	Provision pour risques identifiés .....	25
3.1.3.12	Provision pour risques non identifiés .....	26
3.2	Résultats principaux.....	26
3.2.1	Principaux postes de coûts .....	26

3.2.2	Analyse et commentaires sur les principaux postes .....	27
3.2.2.1	Coût de génie civil brut de section courante .....	27
3.2.2.2	Coût de génie civil brut des tunnels.....	28
3.2.2.3	Coût brut des gares .....	28
<b>4</b>	<b>ETUDES D'INFRASTRUCTURE SPECIFIQUES .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Marseille .....</b>	<b>30</b>
4.1.1	Introduction.....	30
4.1.2	PLM.....	30
4.1.3	Tunnel sous Marseille avec gare souterraine .....	31
4.1.3.1	Variantes de gare souterraine à St Charles .....	31
4.1.3.2	Gare à la Blancarde.....	32
4.1.3.3	Gares avec quais centraux.....	32
4.1.4	Tête de tunnel et raccordement LGV-LC à St-Marcel.....	33
4.1.5	Vallée de l'Huveaune.....	33
4.1.5.1	Introduction - projet de 3 <sup>ème</sup> voie en référence .....	33
4.1.5.2	Solutions envisagées.....	34
4.1.6	Tableau de synthèse du secteur de Marseille .....	35
<b>4.2</b>	<b>Toulon.....</b>	<b>35</b>
4.2.1	Introduction.....	35
4.2.2	Description des aménagements .....	36
4.2.3	Etudes réalisées .....	36
4.2.3.1	Cas particulier de la gare de Toulon.....	36
4.2.3.2	Traversée souterraine du centre de Toulon .....	37
4.2.3.3	Raccordement dans le cas de Toulon Est.....	37
<b>4.3</b>	<b>Côte d'Azur – Nice – Monaco.....</b>	<b>37</b>
4.3.1	Synoptique d'aménagement.....	37
4.3.2	Au droit de Cannes.....	37
4.3.2.1	Rappel de la solution de base .....	37
4.3.2.2	Description des variantes .....	38
4.3.2.3	Bilan .....	38
4.3.3	Arrivée à Nic.....	40
4.3.3.1	Différentes solutions étudiées .....	40
4.3.3.2	Arrivée au Pk 211 .....	40
4.3.3.3	Arrivée à St Laurent du Var en amont de la gare de Nice St Augustin .....	40
4.3.3.4	Raccordement sur la ligne classique au droit de la gare de Nice Thiers .....	41
4.3.3.5	Assemblage des différentes variantes.....	43
4.3.4	Contournement de Nice.....	43
4.3.5	Variantes de prolongement vers l'Italie, gare à Monaco .....	43
4.3.5.1	Gare au droit de Monaco.....	43
4.3.5.2	Raccordement côté italien .....	44

<b>4.4</b>	<b>Relèvement de vitesse sur la ligne classique .....</b>	<b>45</b>
4.4.1	Introduction.....	45
4.4.2	Shunt d'Aubagne .....	45
4.4.3	Section Toulon - Les Arcs.....	45
<b>4.5</b>	<b>Scénarios alternatifs – ligne Gardanne - Brignoles .....</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>TEMPS DE PARCOURS .....</b>	<b>47</b>
<b>5.1</b>	<b>Méthodologie et hypothèses.....</b>	<b>47</b>
<b>5.2</b>	<b>Résultats.....</b>	<b>47</b>
5.2.1	Nature et limite des résultats .....	47
5.2.2	Performances comparées des scénarios .....	48
5.2.2.1	Meilleurs temps de parcours sur les principales OD .....	48
5.2.2.2	Autres résultats.....	51



# 1 Introduction

## 1.1 Principaux enjeux / objectifs

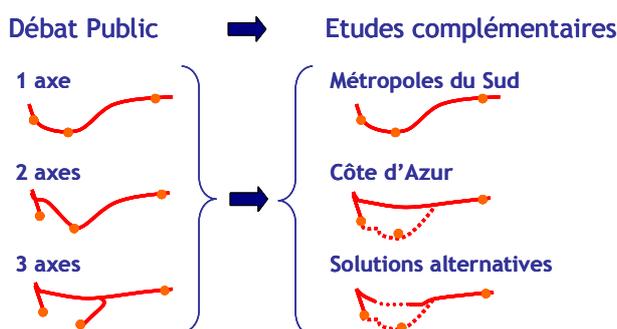
Les études techniques ayant nourri le Débat Public ont été menées principalement par RFF, mais aussi par certaines collectivités qui ont apporté des éléments d'éclairage complémentaires sur les scénarios permettant de desservir les 3 agglomérations de Marseille, Toulon et Nice en ligne.

Ces études complémentaires avaient donc pour but majeur de vérifier les performances et la faisabilité technique et financière des différents scénarios des 3 familles définies par la décision du CA de RFF.

L'application d'une méthodologie d'étude identique pour tous les scénarios, dans les domaines de la conception technique aussi bien que pour les estimations et pour les évaluations des temps de parcours permis par le projet, était donc une condition indispensable à la neutralité de la comparaison de leurs performances.

## 1.2 Les scénarios

Pour mémoire, l'évolution entre le Débat Public et les études complémentaires peut être représenté comme le montre le schéma suivant :



Trois familles de scénarios ont donc été examinées lors des études complémentaires :

- Une famille « **Métropoles du Sud** », qui dessert en chapelet les métropoles de la région en passant au plus près de la ligne actuelle du littoral,
- Une famille « **Côte d'Azur** », destinée à rapprocher le plus possible les Alpes Maritimes de Paris et du reste de l'Europe en utilisant un itinéraire au plus court le long de l'autoroute A8,
- Une famille des « **Solutions alternatives** », proche dans ses fonctionnalités de la famille Côte d'Azur, mais plus proche du couloir ferroviaire de la ligne Gardanne-Carnoules au prix d'un tracé moins performant en vitesse.

Quatorze scénarios d'infrastructures de LGV ont été étudiés :

- six scénarios en « **Métropoles du Sud** » résultant de la combinaison de : deux options de gare souterraine à Marseille (au droit de la gare actuelle de Saint-Charles ou de celle de la Blancarde) ; trois options de gare pour desservir Toulon (Toulon Nord dans les environs de Cuers ; Toulon Est entre Toulon et Hyères ; Toulon Centre).
- six scénarios en « **Côte d'Azur** » : quatre scénarios résultant de la combinaison de deux options pour le décrochement de la LGV Méditerranée au nord d'Aix-en-Provence (l'une à hauteur de la vallée de la Durance ; l'autre au nord immédiat du massif de la Sainte-Victoire) et de deux options de passage dans le Var (l'une par le centre du département, le long d'A8 ; l'autre par le nord du département) ; deux scénarios avec option de passage par le centre du Var et décrochant au sud d'Aix-en-Provence (soit au nord de la gare d'Aix-TGV, soit au sud).

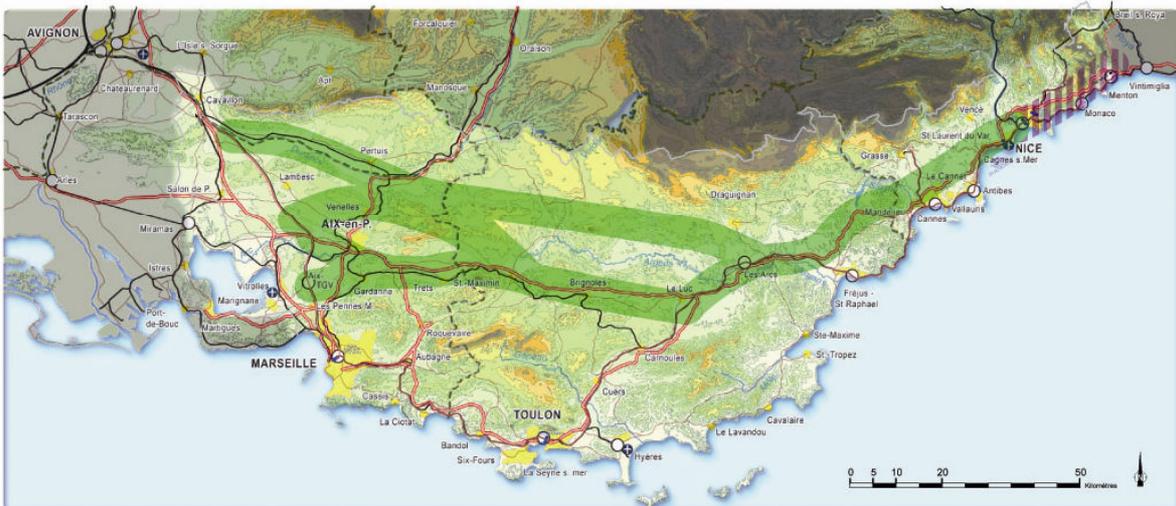
- **deux scénarios « Alternatifs »**, selon le débranchement au nord ou au sud de la gare d'Aix TGV.

Pour plus de précision, les fiches descriptives des scénarios (volet A.3 des synthèses) donnent pour chacun d'entre eux le détail des caractéristiques et performances.

### Famille "Métropoles du Sud"



### Famille "Côte d'Azur"



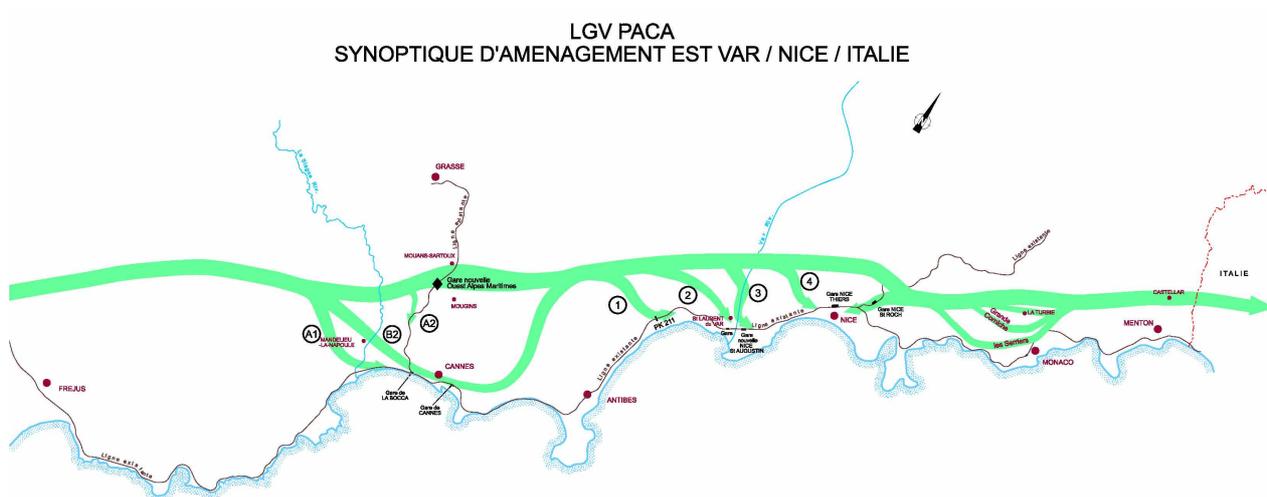
### Famille "Solutions alternatives"



A partir d'Est Var, tous les scénarios ont une partie commune côté Est, sur laquelle de nombreuses variantes ont été étudiées, comme le montre la carte ci-dessous.

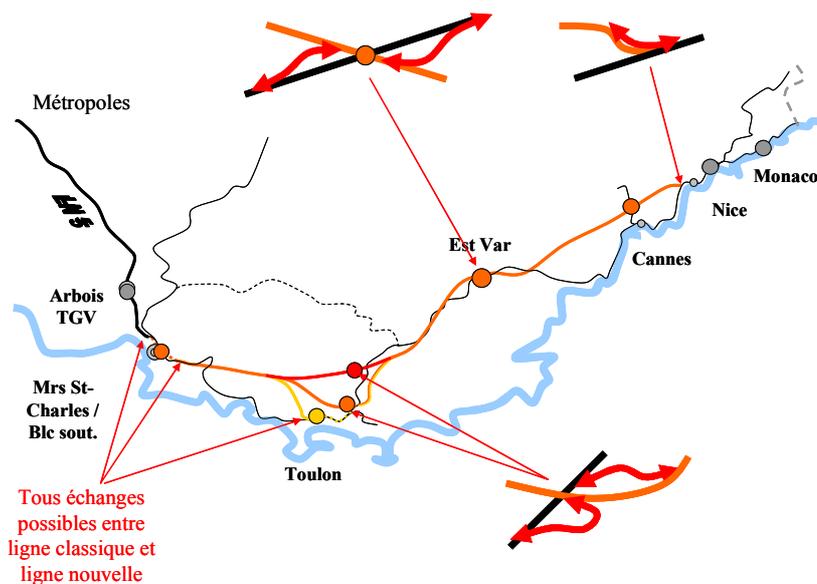
A ces scénarios, et dans l'esprit de la décision de RFF, le prolongement entre Nice et l'Italie a également été étudié au même niveau de précision que les autres sections des scénarios.

Enfin, le contournement de Nice a également été examiné.

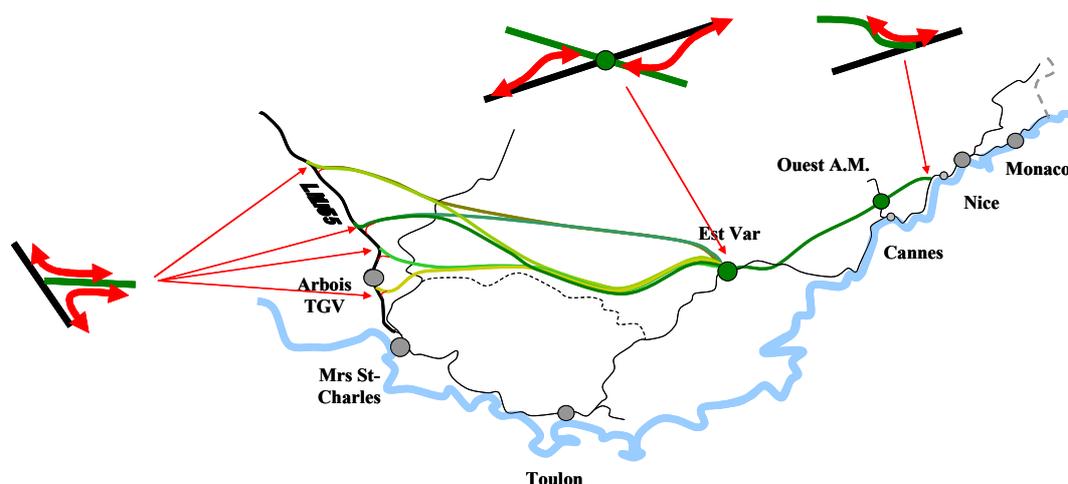


Enfin, les raccordements entre ligne nouvelle et ligne classique permettent d'assurer les fonctionnalités nécessaires à la réalisation des missions définies dans les études de trafic. Ces raccordements sont schématiquement représentés ci-dessous :

Famille Métropoles du Sud :



### Famille Côte d'Azur et des solutions alternatives :



Enfin, il faut souligner que toutes les gares TGV sur la LGV PACA sont prévues en correspondance avec une gare TER (à l'exception d'Aix TGV) : soit existante (cas de St-Charles ou Blancarde à Marseille, Toulon Centre, Nice Monaco), soit à créer dans le cadre du projet (Toulon Est, Toulon Nord, Est Var et Ouest Alpes Maritimes).

## 1.3 Objet et articulation des différentes prestations

Plusieurs prestations techniques ont été menées au cours de cette phase d'études complémentaires, certaines couvrant un champ large de domaines techniques et/ou de secteurs géographiques, d'autres plus spécifiques et ayant permis d'approfondir tel ou tel sujet étant apparu comme méritant un « zoom ».

Les études techniques ont été menées en totale cohérence avec les autres volets des études (environnement, capacité, études de trafic et socio-économiques) :

- Conception technique et estimations :
  - o Pour la ligne nouvelle :

Hormis les ouvrages souterrains, l'essentiel des études a été confié à Egis Rail : recherche / optimisation des solutions techniques, en tenant compte des aspects environnementaux (cf synthèse A.1.2.3 / rapports B.3.3), mise au point de la méthodologie d'estimation.

Pour les sections en tunnel, il a été fait appel à Setec TPI pour la conception des ouvrages et leur chiffrage, et :

    - en milieu interurbain, ce sont les estimations de Setec TPI qui ont été conservées
    - pour la traversée de Marseille, qui présentait un caractère particulièrement important, des études ont été réalisées à la fois par Setec TPI et par Egis Rail, avec au final une bonne concordance globale des deux séries d'estimations.

Pour ce qui concerne les gares nouvelles, la partie liée à la ligne (positionnement des quais, estimation des ouvrages liés aux voies à quai) a été étudiée et estimé par Egis Rail, la partie relative à l'infrastructure gare, ses équipements et ses accès par la SNCF (cf synthèse A.1.2.2 / rapports B.3.2).

Enfin, il faut noter deux études réalisées pour sécuriser certains paramètres de contexte, l'une confiée à l'INERIS et concernant les risques associés à la présence éventuelle d'anciennes mines dans le secteur traversés, l'autre à RTE traitant de la question de l'alimentation électrique de la ligne.
  - o Pour les aménagements à réaliser sur le réseau classique :

La nature des investissements à réaliser dans les différents scénarios a été définie par les études de capacité de SMA et de Rail Concept (cf synthèse A.1.2.4 / rapports B.3.4), elles-mêmes s'étant nourries, pour les hypothèses de schémas de service ferroviaire, des résultats des études de trafic (cf synthèse A.1.2.5 et A.1.2.8 / rapports B.3.5).

Plusieurs études techniques ont par ailleurs permis d'en définir la consistance exacte et le coût (études du CIMED pour l'inscription de voies supplémentaires dans la vallée de l'Huveaune, études Egis Rail, études Setec International concernant plusieurs points singuliers en milieu urbain).

- Evaluation des temps de parcours permis par l'infrastructure : ils ont été estimés par Egis Rail pour ce qui concerne les sections de ligne nouvelle parcourues par les TGV, et par RFF pour les sections du réseau classique. Ce sont ces temps qui ont été pris en compte dans les études de trafic.

## 2 Conception technique

### 2.1 Analyse des études existantes

Conformément à l'esprit de la convention, l'homogénéisation des études sur les différents scénarios s'est appuyée sur une première analyse des différences d'approche entre les études existantes.

Les méthodologies et hypothèses de conception et de chiffrage des scénarios ont donc été comparées (cf rapports B.3.1.1.1).

Les principales conclusions que l'on peut retenir de ces volets sont les suivantes :

- sur le plan des référentiels utilisés, les différences identifiées (parfois simplement dues aux mises à jour qui ont eu lieu depuis les études préfonctionnelles) sont sans impact sur la validité des démonstrations de faisabilité menées dans les différentes études. Il s'agit en revanche dans les études complémentaires de respecter le même degré de précision pour tous les scénarios, et d'adapter celui-ci au contexte environnant (l'identification et le chiffrage des impacts comme la démonstration de la faisabilité de projets en milieu urbain demandent évidemment plus de précision qu'en milieu rural),
- la comparaison des ratios de coûts employés n'est pas aisée, les hypothèses n'étant pas systématiquement explicités dans toutes les études, notamment en termes de périmètre considéré (prise ou compte ou non, et niveau des sommes à valoir, provisions pour risques, frais de maîtrise d'œuvre et de maîtrise d'ouvrage). Il est donc apparu nécessaire d'affiner la méthode d'estimation afin de clarifier non seulement les niveaux mais aussi le contenu exact des ratios utilisés.

### 2.2 Référentiel technique

#### 2.2.1 Référentiels techniques utilisés pour la conception du projet

Les règles de conception géométrique conduisant aux solutions présentées sont issues :

- du référentiel technique RFF pour l'étude de lignes à grande vitesse voyageurs pour les parties où la vitesse maximale des trains pourrait être de 230 km/h et plus, (RT IN3279 pour la réalisation des LGV partie GC et Equipements ferroviaires - Edition de 2006)
- les référentiels utilisés pour les aménagements de voies à  $V \leq 220$  km/h ont été l'IN 3278 et l'IN 0272 (EF 2 C32) Edition du 9 décembre 2004 pour les tracés ferroviaires, et l'IN 0162 pour la détermination du gabarit (permettant de définir les profils en travers types selon le nombre de voies).

Pour mémoire, les correspondances vitesses - rayon en plan et rayon en profil en long sont données dans le tableau suivant :

Vitesse	Rayon courant d=160 mm	Rayon en plan minimal pour d=160 mm	Rayon en plan minimal pour d=180 mm	Rayon minimal normal en profil en long (m)
200 km/h	1 500	1 480	1 400	14 000
230 km/h	2 500	2 310	2 150	10 000
270 km/h	3 600	3 300	3 100	12 500
300 km/h	4 500	4 300	4 100	15 500

Les vitesses des différents raccordements varient en fonction des contraintes imposées par le site à la géométrie.

### Zones urbaines

Pour les traversées de zones urbaines (Arrivée Marseille Nord, Tête de tunnel à St Marcel, traversée de Toulon et Desserte de Nice) les valeurs suivantes ont été retenues pour les tracés en plan et profils en long :

	V = 130 km/h	V = 200 km/h
Rmin en plan	650 m	1 500 m
Rmin parabole en long	6 000 m	10 000 m
Pente maximale	3,5 %	3,5 %

Pour les largeurs de plate-forme en fonction du nombre de voies :

	V < 200 km/h	V = 200 km/h
3 voies	19,70 m	Sans objet
4 voies	25,20 m	25,25 m
4 voies optimisées	23,32 m	23,42 m
5 voies	28,82 m	Sans objet

A ces valeurs il faut rajouter les largeurs de murs dans le cas de tranchées ou trémies.

Il n'est pas prévu à ce niveau d'étude d'implantation d'appareil de voie en courbe (appareils enroulés).

### **2.2.2 Vitesses de référence retenues**

La carte ci-après indique les vitesses de référence obtenues sur les différentes sections élémentaires étudiées. A noter :

- les sections du réseau classique empruntées par les TGV le sont à leur vitesse actuelle (vallée de l'Huveaune dans les scénarios des Métropoles, traversée de Toulon dans Métropoles par Toulon Centre, ligne littorale à l'arrivée sur Nice dans tous les cas, ligne Marseille-Vintimille empruntée par certains TGV, essentiellement dans les scénarios Côte d'Azur et des solutions alternatives,
- en ce qui concerne les solutions alternatives, les vitesses praticables sur la section élémentaires vallée de l'Arc sur la ligne Gardanne-Brignoles réaménagée sont précisées au chapitre 4.5 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**



## 2.3 Conception des tunnels

### 2.3.1 Principes de conception des tunnels

La conception d'un tunnel dépend essentiellement de trois types de facteurs que sont :

- sa configuration générale (monotube avec ou sans galeries de secours, bitube, ...), pour laquelle une logique d'optimisation purement technique existe, mais qui peut aussi être influencée voire imposée par des aspects réglementaires très souvent liés aux problématiques de sécurité,
- son dimensionnement : schématiquement, sa section excavée, en relation directe avec la section d'air qu'il est nécessaire d'assurer,
- enfin, les méthodes d'excavation et la nature des profils de soutènement, qui dépendent des caractéristiques hydrogéologiques du massif traversé.

Nous commencerons par exposer les aspects réglementaires qui peuvent influencer la conception générale, car l'évolution des textes en vigueur explique une part importante des estimations élevées pour ces ouvrages souterrains.

#### 2.3.1.1 Les textes réglementaires en vigueur et leurs conséquences

Le texte régissant la conception des tunnels avant 2008, était l'Instruction Technique Interministérielle n°98-300, dénommé ci-après « ITI ».

Mais la Spécification Technique d'Interopérabilité « Sécurité dans les tunnels ferroviaires » du système ferroviaire transeuropéen conventionnel et à grande vitesse (ci-après « STI ») est applicable à partir du 1er juillet 2008 suite à la décision de la Commission du 20 décembre 2007.

Lorsque tous les textes d'application seront parus, la STI devra être appliquée à tous les tunnels neufs. L'ITI 98-300 ne sera pas pour autant annulée et devra être appliquée lorsque ses dispositions sont plus sévères que celles de la STI.

La STI s'applique aux tunnels de longueur comprise entre 1 km et 20 km. Les tunnels de plus de 20 km nécessitent une étude particulière (l'ITI s'applique entre 0,4 km et 10 km ; si  $l > 10$  km, étude particulière).

La conception des tunnels des différents scénarios étudiés a pris en compte les exigences découlant de cette double réglementation.

Certaines règles de la STI désormais applicables ont une influence sensible sur le coût du génie civil ou des équipements des tunnels. La principale d'entre elle est qu'en cas d'incendie, et si le train n'a pas pu quitter le tunnel et s'y est arrêté, les voyageurs sont évacués sous la direction du personnel de bord ou s'échappent du train et rejoignent une zone sûre (safe area). Celle-ci est définie comme un espace placé à l'intérieur ou à l'extérieur du tunnel, répondant à tous les critères suivants :

- il permet la survie,
- les personnes peuvent y accéder avec ou sans assistance,
- les personnes peuvent s'échapper par elles-mêmes, si les circonstances le permettent, ou attendre l'intervention des services de sauvetage respectant les procédures décrites dans le plan d'urgence,
- les communications sont possibles, soit par téléphone, soit par des connexions fixes, avec le centre de contrôle du gestionnaire de l'infrastructure.

La conséquence principale est que les tunnels de 1 à 20 km doivent satisfaire à l'une des trois configurations suivantes :

- Issues de secours latérales et/verticales vers la surface au moins tous les 1 000 m,
- Galeries de communication vers l'autre tube du tunnel au moins tous les 500 m,
- Solutions techniques de substitution : des solutions techniques de substitution prévoyant un refuge avec un niveau de sécurité minimale équivalent sont admises. Une étude

technique est entreprise afin de justifier la solution de substitution qui doit être soumise pour approbation par l'autorité nationale compétente.

Nota : si les solutions avec sorties verticales sont traitées au même plan que les sorties latérales, elles ne peuvent en revanche être envisagées dans le cas général que lorsqu'elles ne dépassent pas 30 m de haut.

En effet, les puits de hauteur supérieure à 30 m sont rarement utilisés, car, d'une part, il faut prévoir un ascenseur pour les PMR et les secours et, d'autre part, on ne peut pas évacuer en ascenseur, les 1 000 voyageurs usagers d'un TGV, sauf à prévoir des installations considérables qui ne fonctionnent que les fois (très rares) où on évacuera un TGV à cet endroit.

Cependant, dans quelques cas exceptionnels, lorsqu'on est en ville et que la hauteur du puits ne dépasse pas 50 à 55 m, on peut envisager un puits avec un ascenseur pour PMR, dont l'entretien sera d'un prix abordable, dans la mesure où les équipes qui en sont chargées auront d'autres ascenseurs à entretenir dans le voisinage.

Dans une telle configuration, on pourra aussi lors des études ultérieures rechercher une dérogation à l'interdistance de 1000 m entre deux sorties afin de ne conserver que des sorties de moins de 30 m.

### 2.3.1.2 Section d'air

Compte tenu de la répartition des vitesses de référence dans les tunnels, trois cas de sections d'air ont été considérés. Les dimensions des profils en travers adoptés en fonction de la vitesse de circulation des trains sont indiquées dans le tableau suivant.

		Section d'air (m <sup>2</sup> )	Section excavée (m <sup>2</sup> )
Vitesse 200 - 230 km/h	Mono tube	63	90
	Bi tube	2 x 50	2 x 75
Vitesse 230 à 270 km/h	Mono tube	71	100 à 105
	Bi tube	2 x 51	2 x 75
Vitesse 270 à 300 km/h	Mono tube	85	120 à 130
	Bi tube	2 x 51	2 x 75

### 2.3.2 Tunnels interurbains

Les grands principes énoncés au chapitre précédent ont été appliqués pour l'estimation des tunnels interurbains de la LGV PACA avec les conséquences suivantes :

- Longueur inférieure à 1 000 m : monotube simple sauf si des circonstances exceptionnelles conduisent à une autre solution.
- Longueur de 1 000 m à 2 000 m : le monotube avec accès latéraux ou verticaux est possible. Deux sortes de cas se présentent :
  - o **Cas favorable**  
L'on peut, à partir d'un point situé à moins de 1 000 m des têtes, réaliser une galerie d'évacuation de longueur inférieure à 500 m (si possible) aboutissant à une zone permettant d'implanter un parking de secours de 500 m<sup>2</sup> et une safe area de 1 000 m<sup>2</sup>, le tout relié par une piste à une route existante pas trop éloignée ; dans ce cas, 1 galerie d'évacuation est suffisante et permet de réaliser une solution moins chère que les autres.
  - o **Cas normal**  
La galerie d'évacuation parallèle au tunnel débouchant à la tête est la plus intéressante : soit une galerie pour les tunnels de 1 000 m à 1 500 m, soit 2 galeries débouchant aux 2 têtes, pour les tunnels de 1 500 m à 2 000 m.

La STI est appliquée à minima : par exemple, pour un tunnel de 1100 m de long on prévoit une galerie de 100 m.

- Longueur de 2 km à 20 km :  
Pour cette longueur, les solutions suivantes, toutes théoriquement possibles, doivent être comparées :
  - monotube avec accès latéraux, tous les 1 000 m par galeries non parallèles au tunnel, éventuellement complétées ou partiellement remplacées par des galeries parallèles au tunnel de longueur inférieure à 500 m et débouchant aux têtes,
  - bi-tube avec rameaux de communication tous les 500 m,
  - monotube avec galerie de sécurité parallèle au tunnel sur toute la longueur,
  - monotube cloisonné.et l'on retient la solution la moins chère.  
Concrètement, l'arbitrage se joue entre les deux premières configurations car :
  - dans le cas du monotube avec galerie de sécurité parallèle au tunnel sur toute sa longueur, outre la longueur importante de galerie, la nécessité de pouvoir y faire circuler des véhicules, notamment pour les services de secours, conduit à des dimensions transversales importantes, et à l'installation d'équipements de sécurité et d'exploitation à l'intérieur de la galerie de mêmes natures que pour les tunnels routiers, notamment en matière de ventilation.
  - le monotube cloisonné est plus cher et comporte plus d'aléas de construction que le bi-tube, sauf dans deux cas :
    - lorsque le rocher est d'excellente qualité tout le long du tunnel : les inconvénients de la grande section au moment du creusement, et le surcoût qui en découlent, disparaissent,
    - lorsque le sol est d'une qualité exécrationnelle ; ainsi, pour le tunnel du Groene Hart, le monotube cloisonné a permis d'éviter la construction de rameaux inter-tubes qu'on ne pouvait réaliser qu'en congelant préalablement le sol pour lui donner consistance et imperméabilité.

A noter que les cas où des tunnels courts ne peuvent être conçus qu'en bitube du fait de leur trop grande proximité avec un autre tunnel bitube (et donc de l'impossibilité de rapprocher suffisamment les voies pour passer en monotube) ont été identifiés et l'estimation en a tenu compte.

### 2.3.3 Tunnels urbain avec gare souterraine

#### 2.3.3.1 Contraintes prises en compte

Il s'agit principalement des tunnels sous Marseille dans les scénarios Métropoles du Sud et de la gare souterraine associée.

La conception des tunnels en milieu urbain a nécessité des études plus fines que pour les tunnels en milieu interurbain, justifiées par :

- une plus grande complexité technique : en effet, les aspects suivants ont dû être pris en compte :
  - tassements possibles des zones en surface et des ouvrages situés au-dessus ; ouvrages enterrés situés au-dessus ou à proximité (réseaux d'assainissement, parkings souterrains, métro ou autres tunnels),
  - problématique de l'insertion des têtes des sorties de secours en cas de choix d'un tunnel monotube avec sorties verticales tous les 1000 m au moins, tant en termes de faisabilité (ces sorties doivent être suffisamment accessibles aux services de secours) que d'acceptabilité (impacts sur le tissu urbain et leurs conséquences),
  - Impact des entrées de tunnel dans un milieu restreint : en phase définitive, insertion dans le tissu urbain, en phase « construction », impact des zones en tranchée couverte et des zones de faible couverture sur les réseaux et le bâti. Ce point est à mettre en relation avec les accès à l'ouvrage en phase d'exploitation,
  - Impact des travaux sur le voisinage et l'environnement proche des zones de travaux : surcoût de la logistique des travaux et contraintes sur les plages de travail pour certaines activités qui se répercutent ensuite sur les cadences de production.

- des fonctionnalités à assurer (fonctionnement de la gare nouvelle en interaction avec la gare existante et les réseaux de transport urbains) qui conduisent à une exigence d'optimisation de la localisation de l'ouvrage. Ainsi, plusieurs localisations ont été envisagées pour la gare souterraine dans le secteur de St-Charles, afin de vérifier l'influence sur le coût de positionnements plus ou moins éloignés du cœur de la gare actuelle, en plan comme en dénivelé (question de la profondeur de la gare nouvelle). Pour l'option Blancarde, ces optimisations ont également été recherchées jusqu'à l'hypothèse d'une gare semi-enterrée. Ces aspects sont plus détaillés au chapitre 4.1.3

La prise en compte de toutes ces contraintes influence fortement le coût final des ouvrages. L'estimation des tunnels en site urbain a donc été établie sur la base d'un examen de chaque ouvrage au cas par cas, de manière à déterminer ses difficultés particulières et à choisir le mode de construction le plus adapté.

Nota : les enseignements des études fines menées sur Marseille ont été valorisés pour l'examen de cas sur la partie Est qui comportent également des tunnels en milieu urbain dense et/ou comprenant une gare souterraine :

- le tunnel avec gare souterraine à l'intersection avec la ligne Cannes-Grasse dans l'arrière pays cannois,
- le tunnel sous Cannes avec gare souterraine (variante desservant le centre de Cannes en ligne par une gare souterraine, cf chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**),
- le tunnel d'arrivée à Nice Thiers dans le cadre de l'étude d'une variante de raccordement (cf chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**),
- enfin, le tunnel avec gare souterraine au droit de Monaco sur le prolongement entre Nice et l'Italie (cf chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

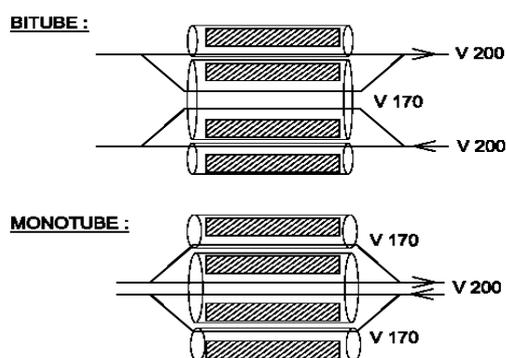
### 2.3.3.2 Configuration retenue pour les gares souterraines et influence sur le coût des ouvrages

#### Génie-civil de la zone gare

Les gares sont conçues soit avec 4 voies à quai (cas de Marseille), soit avec 2 voies à quai et 2 voies filantes (Mouans Sartoux et Monaco). Dans tous les cas, on a la configuration suivante :

- un tube central avec deux voies filantes ou à quais,
- un tube latéral de part et d'autre avec soit une voie filante soit une voie à quai.

Pour les tunnels de Marseille, cela donne les configurations suivantes :



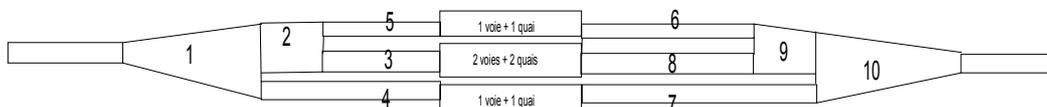
#### Influence sur la conception des tunnels

Le passage d'un ouvrage classique à section constante (tunnel monotube 2 voies ou bitube monovoie) à la zone gare se fait par des ouvrages de transition de différentes sections.

La géométrie est déterminée par la position des têtes de tunnel, celle souhaitée pour la gare, les contraintes d'affleurement (le profil en long ne doit pas remonter trop près de la surface - à ce stade des études, un ratio de 1,5 à 2 diamètres est communément admis comme le minimum à respecter), le positionnement des appareils de voie (en alignements droits à ce stade d'étude) et par les règles de coordination entre axe en plan et profil en long.

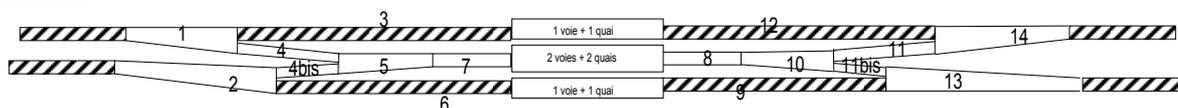
Les ouvrages à section variables (ou ouvrages d'entonnement) permettent d'écartier suffisamment les voies pour permettre la réalisation de 2 tunnels séparés. Ils peuvent constituer des sections à 3 ou 4 voies.

**Cas monotube :**



- Les zones 1 et 10 correspondent à des sections variables de 2 à 4 voies,
- Les zones 2 et 9 permettent de passer d'un ouvrage à 3 voies à 2 ouvrages respectivement à 2 et 1 voies.
- Les zones 3 à 7 correspondent à des ouvrages à section constante.

**Cas bitube :**



La courbure du tracé en plan génère des zones de transition différentes de part et d'autre de la gare. L'objectif de conception pour ces ouvrages est de limiter la longueur globale de ces zones de transition, et plus particulièrement les zones à sections variables, afin d'optimiser le coût global du tunnel.

**2.3.4 Bilan sur les longueurs de tunnels par scénario**

Le tableau ci-après donne les longueurs cumulées de tunnels par scénario en distinguant les tunnels monotube et les tunnels bitube.

	Linéaire total de la section courante de ligne nouvelle *	Linéaire total de tunnels	dont partie Ouest			dont partie Est			Total monotubes	Total bitubes	
			Monotubes	Bitubes	total	Monotubes	Bitubes	total			
<b>Métropoles du Sud</b>	Marseille St Charles - Nord Toulon	165	56	28	4	33	6	18	24	34	22
	Marseille St Charles - Toulon Est	179	62	28	11	39	6	18	24	34	29
	Marseille St Charles - Toulon Centre	175	54	30	0	30	6	18	24	36	18
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon	161	53	25	4	29	6	18	24	30	22
	Marseille La Blancarde - Toulon Est	175	59	24	11	35	6	18	24	30	29
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre	171	51	27	0	27	6	18	24	32	18
<b>Côte d'Azur</b>	Durance - Centre Var	186	37	6	7	13	6	18	24	12	25
	Durance - Haut Var	178	34	11	0	11	6	18	24	16	18
	Nord Aix - Centre Var	170	35	11	0	11	6	18	24	16	18
	Nord Aix - Haut Var	166	46	13	10	23	6	18	24	19	28
	Nord Arbois - Centre Var	167	42	7	12	19	6	18	24	12	30
	Sud Arbois - Centre Var	159	38	14	0	14	6	18	24	20	18
<b>Sol. Alt.</b>	Nord Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	177	42	10	8	18	6	18	24	16	26
	Sud Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	167	37	14	0	14	6	18	24	19	18
<b>Prolongement Nice-St-Roch -Frontière italienne</b>		28	25	0	0	0	6	18	24	0	25

\* : y compris viaducs et tunnels mais hors raccordements  
 entre LN5 (pour les CDA et ALT) ou fin du tunnel des Tuileries (pour les MDS) et le raccordement sur LC à l'Ouest de Nice.

Nota : la solution de base dans la traversée de Marseille est en monotube. Dans le prolongement Nice-Italie, le tunnel comprenant la gare de Monaco est, lui en bitube.

Le linéaire cumulé de tunnels est donc globalement d'environ 20 km supérieur dans les scénarios de la famille des Métropoles du Sud par rapport aux scénarios Côte d'Azur et des solutions alternatives.

La proportion de tunnels bitube varie donc comme indiqué dans le tableau suivant :

		Scénarios complets		dont partie Ouest		dont partie Est	
		Proportion de la section courante en tunnel	Proportion de bitubr	Proportion de la section courante en tunnel	Proportion de bitubr	Proportion de la section courante en tunnel	Proportion de bitubr
Métropoles du Sud	Marseille St Charles - Nord Toulon	34%	40%	30%	13%	42%	76%
	Marseille St Charles - Toulon Est	35%	46%	32%	28%	42%	76%
	Marseille St Charles - Toulon Centre	31%	33%	26%	0%	42%	76%
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon	33%	43%	28%	15%	42%	76%
	Marseille La Blancarde - Toulon Est	34%	49%	30%	31%	42%	76%
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre	30%	36%	23%	0%	42%	76%
Côte d'Azur	Durance - Centre Var	20%	67%	10%	52%	42%	76%
	Durance - Haut Var	19%	53%	9%	0%	42%	76%
	Nord Aix - Centre Var	20%	53%	9%	0%	42%	76%
	Nord Aix - Haut Var	28%	60%	21%	43%	42%	76%
	Nord Arbois - Centre Var	25%	71%	17%	65%	42%	76%
	Sud Arbois - Centre Var	24%	47%	14%	0%	42%	76%
Sol. Alt.	Nord Arbois - Gardanne - Brignoles - Centre Var	24%	62%	15%	44%	42%	76%
	Sud Arbois - Gardanne - Brignoles - Centre Var	22%	48%	12%	0%	42%	76%
Prolongement Nice-St-Roch -Frontière italienne		91%	100%			85%	76%

Globalement, les linéaires de tunnels des scénarios Métropole du Sud représentent donc un tiers du linéaire de section courante, contre un quart à un cinquième dans les scénarios Côte d'Azur et des solutions alternatives.

La proportion de linéaire en tunnel est plus forte sur la partie Est des scénarios.

La proportion de bitubes est bien supérieure sur la partie Est des scénarios, ce qui reflète la longueur moyenne plus importante et le relief traversé globalement transversalement, avec donc des couvertures importantes.

## 3 Estimations

### 3.1 Méthodologie

#### 3.1.1 Généralités

Le coût d'un scénario est égal à la somme des composantes suivantes :

- l'estimation brute, elle-même composée de :
  - l'estimation technique,
  - la somme à valoir.
- les provisions pour risques, elles-mêmes subdivisées en :
  - provisions pour risques identifiés, destinée à couvrir les risques envisagés,
  - provisions pour risques non identifiés destinée à couvrir les risques non envisagés.

Les estimations brutes et provisions pour risques identifiés peuvent être décomposées selon deux logiques croisées :

- d'une part un sectionnement géographique : les scénarios sont le cumul de sections élémentaires (longues de quelques km à quelques dizaines de km) situées dans des couloirs de 7 km de large.
- d'autre part des grandes familles de travaux :
  - les sections de ligne nouvelle, comprenant :
    - les sections courantes hors viaducs et tunnels,
    - les sections de tunnels,
    - les sections de viaducs,
    - les raccordements,
    - les gares nouvelles (y compris gares TER créées)
  - les aménagements sur le réseau classique indispensables à la réalisation du programme.

En revanche, les provisions pour risques non identifiés sont calculées pour le scénario dans son ensemble.

Les résultats généraux, notamment dans les documents de synthèse (volet A) sont présentés :

- en euros aux conditions économiques (c.e.) janvier 2004 par soucis de comparabilité avec les résultats présentés au Débat Public,
- en euros aux conditions économiques janvier 2008 par souci d'actualisation.

Pour autant, les différentes études menées ont la plupart du temps produit des estimations en condition économiques janvier 2005 (parfois différentes). Sauf précision contraire dans ce rapport, les c.e. sont 01-05.

L'actualisation, à ce stade d'étude est réalisée sur la base de l'indice TP 01.

Nota : tous les coûts sont donnés HT.

Deux méthodologies d'estimation ont été employées, chacune cohérente avec la nature des milieux traversés.

#### 3.1.2 Traversée des agglomérations de Marseille, Toulon et arrivée à Nice

Pour les secteurs urbains tels que Marseille (hors tunnel), Toulon et Nice (arrivée au Pk 211 ou à St-Laurent du Var), l'estimation s'est faite sur la base de métrés issus de profils en travers type, les

ouvrages de génie civil ont été chiffrés d'après les surfaces d'ouvrage. Cette démarche a été rendue possible car les données d'entrée utilisée (fond de plan, semi de points) étaient plus précises que pour le reste de la zone d'étude. Elle s'est avérée nécessaire compte tenu du caractère urbain des zones traversées.

A noter que ces estimations concernent des zones soit d'aménagements sur ligne classique (Marseille nord et Toulon), soit de raccordement de LGV sur LC (Marseille-St Marcel et arrivée à Nice).

### **3.1.3 Autres secteurs**

#### **3.1.3.1 Poste commun : frais de maîtrise d'œuvre et de maîtrise d'ouvrage**

Ils sont de 12% pour les travaux d'infrastructure (7% de frais de MOE + 5% de frais de MOA) et de 13% pour les travaux d'superstructure (10% de frais de MOE + 3% de frais de MOA).

#### **3.1.3.2 Estimation brute des tunnels**

##### **Tunnels sous Marseille :**

Des études géométriques précises ont permis de déterminer la longueur de chaque type de section telle que définie au chapitre 2.3.3.2. Des coûts unitaires ont été déterminés pour ces différentes sections à partir des prix du mètre cube excavé traduisant à la fois la géologie spécifique sous Marseille et le contexte de réalisation des travaux en milieu urbain.

##### **Tunnels interurbains :**

Les caractéristiques et les coûts unitaires de 7 profils type de soutènement « normalisés » en fonction des géologies traversées ont été définis (repris des études préalables au Débat Public). Les différents tunnels ont pu être caractérisés par des proportions variables de ces profils type sur la base d'une expertise géotechnique fondée sur l'utilisation des cartes BRGM au 1/50 000 de la Région (les données du Débat Public ont été complétées pour les tunnels qui n'avaient pas été étudiés).

Dans les deux cas, des coûts de génie civil associés aux éventuels tunnels annexes (sorties à l'air libre en cas de monotube par exemple) et les coûts d'équipements de sécurité non ferroviaire ont été ajoutés.

La somme à valoir est de 10%.

#### **3.1.3.3 Estimation brute des viaducs**

Les coûts des viaducs ont été estimés en tenant compte des principaux facteurs influençant leur coût :

- hauteur de franchissement avec  $H < 30$  m ou  $H > 30$  m,
- nature du franchissement :
  - Fleuve ou rivière importante,
  - Vallée compressible ou non compressible,
  - Vallée (ou site) accidentée ou encaissée.
- type de fondation profonde ou superficielle,
- contrainte majeure de franchissement comme un franchissement très biais d'une infrastructure importante ou une difficulté d'accès au site,
- coûts architecturaux.

Les coûts unitaires sont donc distingués les 6 types d'ouvrages suivants :

Type 1 : Viaduc de franchissement d'une vallée non compressible avec une hauteur H < 30m et des fondations superficielles	Bipoutre mixte hauteur constante ou caisson poussé
Type 2 : Viaduc de franchissement d'une vallée compressible avec une hauteur H < 30m et des fondations profondes	Bipoutre mixte hauteur constante ou caisson poussé
Type 3 : Viaduc de franchissement d'une vallée accidentée (ou site) encaissée avec une hauteur H < 30 m et des contraintes fortes d'accès au site	Bipoutre mixte hauteur constante ou caisson poussé
Type 4 : Viaduc de franchissement d'une vallée accidentée ou site encaissé avec une hauteur H < 30 m et présentant une longueur total inférieur à 250m	Bipoutre mixte hauteur constante ou caisson poussé
Type 5 : Viaduc de franchissement d'un fleuve ou rivière importante avec une hauteur H < 30m et des fondations en rivière	Bipoutre mixte hauteur variable ou caisson en encorbellement
Type 6 : Viaduc de franchissement d'une vallée accidentée ou site encaissée avec une hauteur H > 30m et des contraintes fortes d'accès au site	Caisson en encorbellement

Les sommes à valoir sont de 10%.

#### 3.1.3.4 Estimation brute des ouvrages en terre

Pour évaluer ce poste, cinq niveaux de macroprix ont été identifiés :

- les préparations et installations de chantier (8 % du coût global des terrassements),
- les terrassements en déblais et en remblais, variables selon la topographie,
- les excédents et déficits du mouvement des terres (coût des dépôts, coût des apports extérieurs et des emprunts de matériaux, coût de transport de ces matériaux),
- les matériaux nobles (matériaux de Zones Inondables, de Zones Humides, matériaux drainants requis en bases de remblais sur sols compressibles ou requis pour constituer des masques de protection en déblais humides, matériaux destinés à la réalisation des Blocs Techniques,...) comprenant la fourniture et la mise en œuvre,
- les difficultés géotechniques (sur la base d'un repérage des secteurs plus ou moins sensibles (présentant un risque de difficultés géotechniques plus ou moins important).

Les sommes à valoir sont de 15%.

#### 3.1.3.5 Estimation brute des équipements ferroviaires

Ce poste comprend quatre niveaux de macroprix :

- Voie : rails, traverses, ballast, appareils de voie,
- Signalisation : Installations de sécurité en campagne et PCD,
- Energie de traction : Raccordement RTE, Sous Stations, Postes de traction, CSS, Caténaires,
- Télécommunications : installations de télécommunication GSM-R, en campagne et Poste Centralisé.

Les sommes à valoir sont de 10%.

#### 3.1.3.6 Estimation brute des acquisitions foncières

Ce poste intègre :

- les acquisitions foncières (distinguées selon une double logique de nature de sol : agricole, AOC, semi-urbaine, urbaine et selon le relief, qui influe sur la surface à acquérir / km),
- l'acquisition et la démolition du bâti,

- le réaménagement foncier en zone semi-urbain,
- remembrement en zone rurale,
- les occupations temporaires,
- l'archéologie.

Les sommes à valoir sont de 10%.

### **3.1.3.7 Estimation brute des libérations d'emprises**

Ce poste intègre les déplacements de réseau et le dégagement des emprises.

Les sommes à valoir sont de 10%.

### **3.1.3.8 Estimation brute des mesures de protection environnementales**

Les protections acoustiques sont en fonction du type d'environnement (urbain, semi-urbain, rural). Les autres postes pour les protections de l'environnement sont intégrés dans les ratios précédents (OA, Terrassements, ...).

Les sommes à valoir sont de 15%.

### **3.1.3.9 Estimation brute des gares**

L'estimation des gares (gares TGV nouvelles, gares TER associées et aménagement de gares existantes) est la somme de deux séries d'estimations :

- celles faites par RFF sur le périmètre voies + quais (et ouvrages associés le cas échéant : tunnels, viaducs) ; les principes énoncés précédemment sur les familles d'ouvrages correspondant sont appliqués ;
- celles réalisées par la SNCF sur les autres aménagements et équipements (bâtiment voyageurs, accès aux quais, parvis, ...) : on se reportera au rapport A.1.2.2 pour plus de détail.

### **3.1.3.10 Autres postes**

Il s'agit des postes OAC (Ouvrages d'Art Courants), drainage et hydraulique, chaussées et équipements des voies rétablies, clôtures, plantations. Compte tenu de leur poids de coût moins important, ces postes ont été essentiellement évalués par des ratios kilométriques.

Les sommes à valoir varient de 10% à 15%.

### **3.1.3.11 Provision pour risques identifiés**

#### **Risques sur les coûts de tunnels**

- En ce qui concerne les tunnels de Marseille, les études réalisées ont permis de montrer qu'une solution monotube ne semble pas exclue. Pour autant, les facteurs de risques sont dans ce cas plus élevés (diamètre plus important qu'en bitube donc problématique de la couverture plus critique, nécessité de trouver des sites pour les sorties de secours assez accessibles aux services de secours). La solution monotube a donc été retenue comme solution de base, mais un montant correspondant à la moitié de la différence entre les solutions monotube et bitube a été provisionné comme risque identifié.
- En ce qui concerne les autres tunnels, les provisions pour risques sont de :
  - o 10 % sur les travaux de génie civil linéaire. Ce taux couvre les aléas géotechniques majeurs. Le stade très amont de ces études et l'absence de collecte de données spécifique (sondages) justifie qu'on prévoie la possibilité de ces aléas, d'autant plus que de nombreux secteurs traversés sont riches en karsts souvent sous haute pression d'eau.
  - o 5% sur tous les autres postes de génie civil et d'équipements de sécurité non ferroviaires. Ce taux couvre les ajustements de dispositifs de sécurité qui naîtront de la consolidation de la constitution de règles de l'art et d'une jurisprudence par

rapport au texte de la STI dont les applications sont aujourd'hui encore théoriques.

Ponctuellement (et pour des montants plus modestes), ces provisions pour risques identifiés permettent aussi de couvrir des probabilités importantes de devoir prévoir des mesures constructives renchérissant le projet du fait de la sensibilité du secteur, en particulier dans des zones semi-urbanisées. On a dans ces cas provisionné aux 2/3 le coût d'une tranchée couverte ou d'un tunnel.

### 3.1.3.12 Provision pour risques non identifiés

Ces provisions ont été fixées à 3 % du coût des aménagements sur ligne nouvelle, niveau habituel à ce stade des projets.

Elles couvrent les risques associés aux dérapages de planning, dont les conséquences financières sur la gestion des travaux, voire sur le calendrier de mise en service peuvent engendrer des plus values non négligeables, les risques liés à la définition d'aménagements complémentaires de protection de l'environnement (typiquement : ajouts de passages grande faune dans les zones boisées, allongement des viaducs pour compenser la réduction des volumes des champs d'inondation ...etc), les risques liés à la mise en place de mesures compensatoires, qui se généralisent sur les grandes infrastructures mais ne sont décidés qu'à l'issue des phases de concertation préalables à la DUP lors des échanges avec les collectivités, les MISE ou encore pendant les phases de consultation inter-administrative. Ces aménagements ne concernent pas les mesures déjà prises dans la conception du projet pour réduire ou annuler les impacts.

Nota : de nombreux phénomènes sont exclus des provisions pour risques de ces estimations, notamment :

- les risques de type réglementaires (évolution des référentiels),
- les risques programmatiques (modification du programme, par exemple des vitesses de référence),
- les évolutions du coût des matières premières (dont l'évolution devra être prise en compte au fur et à mesure de l'actualisation du coût du projet).

## 3.2 Résultats principaux

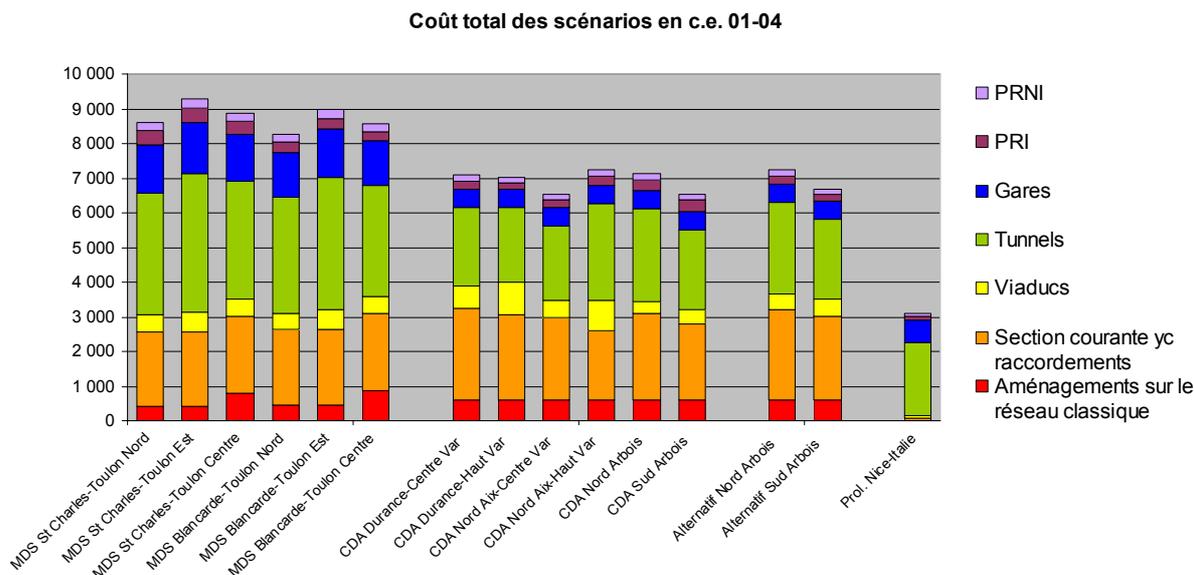
### 3.2.1 Principaux postes de coûts

Le tableau suivant indique les principaux coûts de chaque scénario, établis aux conditions économiques de janvier 2004 :

Résultats aux c.e. 01/04		Coûts hors provisions pour risques			Provisions pour risques		Montant total	
		Coût des aménagements sur la ligne nouvelle			Coûts des aménagements sur le réseau classique	Risques identifiés		Risques non identifiés
		Total	dont partie Ouest *	dont partie Est *				
Métropoles du Sud	Marseille St Charles - Nord Toulon	7 540	4 520	3 020	400	420	225	8 590
	Marseille St Charles - Toulon Est	8 225	5 205	3 020	400	410	245	9 280
	Marseille St Charles - Toulon Centre	7 495	4 475	3 020	790	355	225	8 870
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon	7 255	4 235	3 020	470	335	220	8 280
	Marseille La Blancarde - Toulon Est	7 940	4 920	3 020	470	325	240	8 980
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre	7 210	4 190	3 020	860	270	215	8 560
Côte d'Azur	Durance - Centre Var	6 085	3 065	3 020	605	225	185	7 100
	Durance - Haut Var	6 075	3 055	3 020	605	175	180	7 040
	Nord Aix - Centre Var	5 550	2 530	3 020	605	210	165	6 530
	Nord Aix - Haut Var	6 215	3 195	3 020	605	230	185	7 240
	Nord Arbois - Centre Var	6 045	3 025	3 020	605	295	180	7 130
	Sud Arbois - Centre Var	5 440	2 420	3 020	605	345	165	6 560
Sol - AIL	Nord Arbois - Gardanne - Brignoles - Centre Var	6 245	3 225	3 020	605	220	185	7 260
	Sud Arbois - Gardanne - Brignoles - Centre Var	5 740	2 720	3 020	605	185	170	6 700
Nice-Italie	Prolongement Nice-St-Roch -Vintimille	2 900	0	2 900	0	110	85	3 100
	Contournement de Nice	1 645	0	1 645	0	115	50	1 810

\* : césure immédiatement à l'Ouest de la gare d'Est Var : nœud CA100

Le poids relatif de chaque grande famille de postes figure sur le graphique ci-dessous :



Il apparaît donc clairement que :

- les postes section courante et tunnels représentent l'essentiel des coûts totaux (entre les deux tiers et les quatre cinquième),
- les postes qui font l'essentiel de la différence entre les scénarios de la famille Métropoles du Sud et ceux des deux autres familles sont les tunnels (50% d'écart environ) et les gares (facteur 1 à 2,5 en moyenne). Par comparaison, sur le poste section courante (y compris viaducs), l'écart n'est que de 10%.

Pour faire le rapprochement avec les linéaires correspondants, les tunnels représentent globalement 30% du linéaire de ligne nouvelle pour les scénarios MDS et 20% pour les scénarios CDA et Alternatifs (respectivement 60% et 70% pour la section courante, et 10% environ pour les viaducs dans les trois familles).

On constate une différence sensible de montant d'investissement entre les scénarios Métropoles et Côte d'Azur qui provient essentiellement :

- d'un linéaire de tunnel plus important pour les scénarios MDS (de 50 à 60 km, pour 35 à 40 km pour les scénarios CDA), situés dans des secteurs géologiquement moins favorables (Toulon Est et Toulon Centre), ce qui génère des montants entre 3,2 et 4 Md€ pour les scénarios MDS (pour une fourchette de 2,3 à 2,8 Md€ pour les scénarios CDA),
- des gares, représentant un surcoût de 800 à 900 M€ selon la position de la gare marseillaise (Blancarde ou St Charles) ; pour les scénarios MDS on crée en effet une ou deux gares nouvelles (respectivement les scénarios TE et TN d'une part, et TC d'autre part) sur la partie ouest, pour aucune nouvelle gare pour les scénarios CDA et Alternatifs.

### 3.2.2 Analyse et commentaires sur les principaux postes

*Nota : les coûts de génie civil brut s'entendent y compris SAV mais hors équipements ferroviaires, hors frais de MOA / MOE et hors provisions pour risques.*

#### 3.2.2.1 Coût de génie civil brut de section courante

Ratios moyens :

- 17 à 18 M€ / km,
- 11 à 12 M€ / km sans les raccordements ni les viaducs.

#### Facteurs de coût importants :

- Le coût du foncier est élevé en PACA, surtout dans les zones urbaines ou semi urbaines denses parfois traversées,
- les terrassements peuvent être importants en m<sup>3</sup> / km car le relief est prononcé,
- les viaducs sont en proportion importante, autour de 10% (8 à 10 % du linéaire de section courante hors tunnel pour les MDS, 5 à 13% pour les CDA). Or dans la majeure partie des cas, ils ont été envisagés dans des cas complexes (de par la nature du sol -sols compressibles, franchissement de cours d'eau- et/ou la configuration de la vallée franchie (accidentée) : ils sont aussi assez chers (42 à 44 M€ / k hors frais de MOE /MO et équipements ferroviaires). A noter de plus qu'un certain nombre de viaducs devront être à 2 tabliers car trop proches de tunnels bitube.
- les raccordements sont assez nombreux (3 secteurs de raccordements de la ligne nouvelle sur la ligne classique au total dans les scénarios des Métropoles du Sud, 2 dans les scénarios Côte d'Azur), et souvent complexes (viaducs sur autoroute, débranchement depuis des ouvrages...). Ils représentent 20% environ de l'ensemble (section courante + viaducs + raccordements].

#### **3.2.2.2 Coût de génie civil brut des tunnels**

*Nota : les ratios présentés intègrent les coûts d'équipements de sécurité.*

#### Ratios moyens / km :

- tous tunnels : 50 à 53 M€ / km selon les scénarios (jusqu'à Nice) et 70 M€ pour le prolongement de Nice à Vintimille
  - o dont monotubes : 47 à 51 M€ / km selon les scénarios
  - o dont bitubes : 53 à 56 M€ / km selon les scénarios

Le GC linéaire représente environ 70% de ce coût.

#### Facteurs de coût importants :

- influence de la STI « sécurité dans les tunnels ferroviaires » :
  - o 35 à 50 % de tunnels bitube dans MDS, 47 à 70% dans les CDA (à comparer respectivement à [0% - 20%] si on était resté dans le contexte ITI). Les tracés traversent un relief prononcé, les couvertures sont importantes, les sorties à l'air libre ne sont pas adéquates dans la plupart des cas quand les tunnels font plus de 2 km.  
Nota : sur la partie Est, (entre Est Var et le raccordement à Cagnes), c'est 75% du linéaire de tunnel qui est en bitube.
  - o les coûts des monotubes ont augmenté également du fait de l'ajout de sorties de secours latérales ou verticales tous les 1 000 m. C'est l'un des deux facteurs qui explique le resserrement de l'écart entre monotubes et bitubes (moins de 15%) avec le fait que, les monotubes étant plus courts, ils ont des coûts fixes plus importants en proportion donc des ratios au km plus élevés.
- Pour les tunnels urbains dans les scénarios de la famille des Métropoles du Sud, prise en compte dans les ratios de base des liées aux contraintes en milieu urbain (couverture faible, cadences ralenties, évacuation des matériaux plus complexe...).

Remarque : l'écart entre les scénarios de la famille des Métropoles du Sud et ceux des deux autres familles est essentiellement dû à la différence de linéaire. Le coût moyen / km des tunnels s'équilibre en revanche quasiment entre les deux groupes de scénarios, du fait de l'effet contraire de deux différences :

- La plus forte proportion de bitubes dans les scénarios des failles Côte d'Azur et des solutions alternatives,
- La plus grande complexité géologique des terrains traversés dans les scénarios des Métropoles du Sud.

#### **3.2.2.3 Coût brut des gares**

Le poste gare induit un surcoût d'environ 700 à 800 M€ pour la famille des Métropoles du Sud (montant moyen pour les 6 scénarios de 1 350 M€ y compris frais MOE / MOA), principalement du fait de la gare nouvelle souterraine à Marseille mais aussi, dans les scénarios par Toulon Est, de cette

gare en viaduc. Rappelons toutefois que les coûts d'aménagement de la gare St-Charles dans les scénarios Côte d'Azur et des solutions alternatives sont comptabilisés dans le poste «des aménagements sur le réseau classique alors qu'ils pourraient réduire l'écart sur ce poste.

## 4 Etudes d'infrastructure spécifiques

### 4.1 Marseille

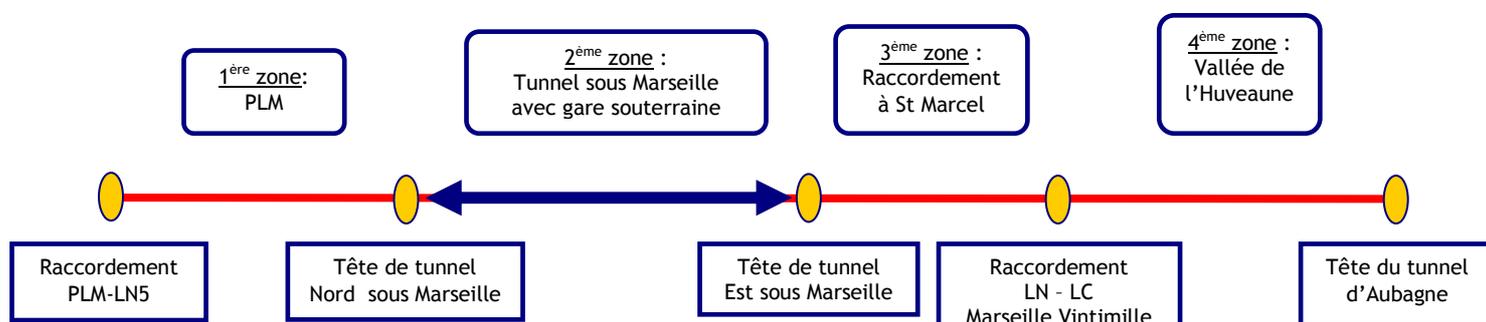
#### 4.1.1 Introduction

Dans les scénarios de la famille Métropoles du Sud, la traversée de Marseille se fait en tunnel avec une gare souterraine soit à St Charles (sous la gare existante), soit dans le secteur de la gare actuelle de la Blancarde.

L'objectif est de relier la LN5 au Nord à la ligne Marseille-Vintimille à l'Est en traversant le centre ville en tunnel avec réalisation d'une gare souterraine, ce qui permet à la fois un gain de temps significatif (en évitant le rebroussement à St-Charles) et le soulagement du plateau de St-Charles densément circulé et aux capacités limitées.

Le secteur de la traversée de Marseille peut ainsi se décomposer en 4 zones distinctes qui représentent un linéaire d'une vingtaine de kilomètres :

- Une 1<sup>ère</sup> zone au Nord de Marseille correspondant à la section de PLM entre le raccordement PLM-LN5 en aval du tunnel de Tuileries, et la tête de tunnel de la traversée de Marseille centre.
- Une 2<sup>ème</sup> zone correspondant à la partie en tunnel sous Marseille,
- Une 3<sup>ème</sup> zone correspondant à la tête de tunnel aval et son raccordement sur la ligne Marseille - Vintimille dans le secteur de St Marcel,
- Une 4<sup>ème</sup> zone correspondant à l'utilisation de la ligne classique Marseille Vintimille entre le raccordement et la tête de tunnel à Aubagne dans la vallée de l'Huveaune.



SCHEMA SIMPLIFIE DE LA TRAVERSEE DE MARSEILLE

#### 4.1.2 PLM

Les études de capacité ont montré la nécessité de doubler la PLM entre le raccordement PLM - LN5 et la future tête de tunnel sous Marseille. Le schéma des infrastructures et le parti d'exploitation associé consiste à dédier les deux voies intérieures à la LGV et les deux voies extérieures au TER et au fret, afin de maintenir l'accessibilité aux différentes Installations Terminales Embranchées (ITE) du parcours (centre de tri des déchets à St Louis et MIN des Arnavaux) sans cisaillement des voies LGV. La vitesse de référence est de 200km/h.

A noter la présence dans la zone de la mise à 4 voies du tunnel de St-Louis. Le rajout de 2 voies supplémentaires se fait par réalisation d'un tunnel monovoie de part et d'autre de l'ouvrage existant.

- Scénarios avec gare souterraine à St Charles  
Pour les scénarios avec gare à St Charles, la tête de tunnel se situe dans le secteur de La Delorme, avec une mise à 4 voies sur environ 3 km,

- Scénarios avec gare souterraine à la Blancarde  
La solution avec une gare souterraine à la Blancarde permet de prolonger la mise à 4 voies sur 5 km jusqu'au secteur de St Barthélémy (jonction de la ligne PLM et de la ligne Aix-Marseille). Pour cette solution, l'interface avec le MIN et le projet de L2 nord conduit à envisager deux options de calage de la plate-forme au droit du MIN (1 seule voie au nord de la plate-forme existante ou les 2 voies supplémentaires intégralement au Nord).

### 4.1.3 Tunnel sous Marseille avec gare souterraine

#### 4.1.3.1 Variantes de gare souterraine à St Charles

Afin de réduire le coût de la gare souterraine et également du tunnel sous Marseille, des études ont été réalisées portant sur des variantes de configuration et de position de la gare St Charles.

Pour mémoire, dans une première étude, la solution retenue pour le tunnel sous Marseille et la gare souterraine prévoyait :

- un axe de gare situé à environ 200 m du fond de gare existant,
- des quais situés à environ 80 m de profondeur par rapport aux quais de la gare existante,
- un tunnel bitube traversant Marseille.

Les différentes options étudiées ont notamment consisté à rechercher :

- une gare dont l'axe se situerait globalement au plus près du fond de gare existant (pour améliorer la fonctionnalité de la gare et les accès depuis la gare existante),
- une altimétrie des quais relevée pour diminuer le coût du génie-civil et des équipements de la gare, et également améliorer l'accessibilité des voyageurs depuis la surface,
- plus globalement un profil en long plus proche du terrain naturel permettant l'implantation d'issues de secours tous les 1000 m de moins de 30 m de profondeur, afin de pouvoir envisager un tunnel monotube conforme à la STI tunnel (cf. § 2.3.1.1).

Diverses configurations ont été étudiées par Egis Rail :

- une gare située au plus près du fond de gare existant (solution bitube et monotube),
- une gare située à 400 m du fond de gare, décalée vers l'Est (afin de déterminer la sensibilité de l'éloignement de la gare sur la longueur et donc sur le coût du tunnel sous Marseille), en monotube et en bitube.

A noter que des données d'entrées précises (levé topo 1/1000<sup>ème</sup> de la ville de Marseille etc.) ont permis la réalisation de ces études et une optimisation.

#### Résultats

Les contraintes altimétriques du site (métro ligne 1 notamment) et la topographie relativement chahutée de la ville de Marseille ne permettent pas de « coller » la gare souterraine au plus près des quais existants (le tunnel de la LGV devant passer sous le métro sous peine de ressortir de part et d'autre de la « butte » de St-Charles). Ainsi, le relèvement du profil en long aboutit à une différence d'altitude entre les niveaux quais des deux gares d'environ 60 m.

En revanche, les études géométriques montrent la faisabilité technique de remonter suffisamment le profil en long pour permettre l'implantation d'issues de secours tous les 1 000 m environ, en application de la STI pour un ouvrage monotube.

D'autre part, il est possible d'implanter une gare dont les quais sont au droit du fond de gare existant.

L'éloignement des quais à 400 m de la gare existante se traduirait par une économie sur le génie-civil du tunnel pour les solutions monotubes d'environ 40 M€ H.T (c.e. 01/04).

#### 4.1.3.2 Gare à la Blancarde

##### Optimisation de la position de la gare

De même, l'optimisation de la position de la gare à la Blancarde a permis de concevoir une gare proche du bâtiment voyageur existant et à une profondeur moindre que dans les options par St-charles (la contrainte du tunnel du métro existe aussi mais il est moins profond).

On arrive ainsi à une gare souterraine située à 45 m environ du terrain naturel et à environ 170 m du bâtiment voyageurs.

##### Gare semi-enterrée

Il est apparu pertinent de regarder la possibilité d'insertion d'une gare « semi enterrée » à la Blancarde, dans le but de réduire les coûts d'une gare souterraine (périmètres RFF et SNCF).

Le principe consiste dans ce cas à faire passer le tunnel de la LGV au dessus du tube métro existant. La couverture obtenue ne permet pas, au droit de la gare et également de part et d'autre, d'avoir une section en tunnel. Des travaux en tranchée ouvertes et en tranchée couverte s'avèrent nécessaire, avec un impact important en surface, au droit du dépôt ferroviaire et dans la zone du stade Vallier pour la solution de base (ouvrage avec 4 voies à quais, vitesse de 170 /200 km/h).

Une variante consistant à laisser intégralement en souterrain 2 voies filantes à 200 km/h (donc sans impact sur la surface) et à faire remonter en surface /semi enterré 2 voies à 80 km/h qui au niveau de la gare se dédoublent pour avoir 4 voies à quai a été également géométriquement étudiée. Cette variante permet d'éviter la zone du stade Vallier, mais il subsiste un impact sur des bâtiments de hauteur supérieure à R+5, sur les infrastructures ferroviaires (dépôt) et la nouvelle gare serait située environ à 350 m du BV existant.

La solution d'une gare à la Blancarde semi enterrée semble ainsi difficilement acceptable en termes d'impacts, tant sur le bâti en surface que sur les infrastructures existantes, sauf à envisager une refonte urbaine complète du secteur.

#### 4.1.3.3 Gares avec quais centraux

La configuration de base pour les gares souterraines consiste à réaliser 3 tubes avec des quais latéraux (cf. § 2.3.3). Une configuration alternative pouvait consister à réaliser une gare avec des quais centraux, dans ce cas dans deux tubes distincts (1 tube par sens). Cette option a été examinée pour vérifier si elle représentait une opportunité de gains financier significative, et parce qu'elle présenterait l'intérêt d'avoir deux voies dans le même sens de part et d'autre d'un même quai, ce qui peut simplifier les conditions d'exploitation <sup>1</sup>.

Il s'avère au final :

- que cette configuration de gare n'a d'intérêt économique que dans un tunnel bitube (optimisation des zones de section variables),
- qu'avec un tunnel bitube le coût de l'ouvrage complet est finalement plus élevé que la configuration de base à 3 tubes avec quais latéraux (l'application à la gare St Charles donne un écart sur le coût du GC d'environ 250 M€ H.T c.e. 01/04).

Enfin, il faut souligner que les configurations des gares souterraines envisagées laissent en suspens certaines questions techniques. En effet, des trains pourraient dans chacune circuler à V170 ou V200 le long d'un quai. La question de la sécurité des voyageurs en attente sur ce quai (avec en particulier des problématiques aérodynamiques complexes) devrait donc, si ce type de solution était retenu, être examiné de près (aucun exemple de ce type n'existe en France aujourd'hui).

---

<sup>1</sup> un train ne pouvant pas, au dernier moment, se garer sur la voie prévue initialement n'entraînerait pas le déplacement via escaliers et passages souterrains de l'ensemble des passagers vers une autre voie, comme dans le cas de base

#### 4.1.4 Tête de tunnel et raccordement LGV-LC à St-Marcel

Cette zone d'environ 1,3 km concerne la tête de tunnel Est de Marseille et le raccordement à la ligne classique Marseille-Vintimille en amont de la gare de St Marcel. Les difficultés à résoudre sont :

- l'insertion de la tête de tunnel et des trémies associées dans un secteur bâti (habitat individuel, collectif et bâtiments industriels),
- le franchissement de l'autoroute A50 Marseille-Aubagne,
- le franchissement de l'Huveaune,
- le raccordement à la ligne classique avec le maintien de la gare de St Marcel.

La vitesse de référence pour ce raccordement est de 200 km/h (identique à la vitesse de référence dans le tunnel, et compatible avec le projet de 4<sup>ème</sup> voie dans la vallée de l'Huveaune à 200km/h.

La solution consiste :

- à réaliser une tête de tunnel dans le secteur de la Rouguière,
- à franchir l'A50 et l'Huveaune par un passage supérieur (pont rail),
- à se raccorder sur la ligne classique en amont de la gare de St Marcel.

Les études menées par Egis Rail dans un premier temps mettaient en évidence la difficulté technique pour réaliser le raccordement et la sortie du tunnel, par la superposition de contraintes de tracé en plan et en altimétrie. D'autre part, l'acceptabilité urbaine de la tête de tunnel restait à démontrer.

D'autres solutions pour sortir du tunnel et se raccorder à la ligne classique dans la vallée de l'Huveaune ont ainsi été abordées :

- franchissement de l'autoroute et de l'Huveaune en deux endroits par prolongement d'environ 2,5 km du tunnel, pour un surcoût prévisible d'environ 100 M€ (c.e. 01-04),
- franchissement de l'autoroute et de l'Huveaune par prolongement du tunnel avec une traversée une section de fleuve rescindée, le tunnel étant prolongé d'environ 1,3 km, pour un surcoût prévisible moindre, mais aucune certitude à ce stade des études de pouvoir maintenir la gare de St-Marcel.

Setec a ensuite affiné la question de la sortie du tunnel et le raccordement, sur la base de plans topographiques plus précis. Il en ressort :

- que la position de la tête de tunnel proposée par Egis Rail est globalement maintenue,
- que géométriquement il est possible de se raccorder sur la ligne classique en amont de la gare de St Marcel tout en franchissant par des ouvrages d'art l'autoroute A50 et l'Huveaune avec une vitesse de référence de 200 km/h (mais avec un impact sur des bâtiments industriels au sud de la ligne classique).

En revanche,

- des mesures spécifiques de confortement du sol devront être prises pour la réalisation de la tête de tunnel (faible couverture),
- bien qu'il n'y ait à ce stade d'étude pas d'impact direct sur l'habitat, (pas de démolition), l'insertion urbaine reste délicate (impact visuel en phase définitive des rétablissements de voirie et nuisance en phases travaux).

La solution proposée par Setec permet a priori de maintenir l'accès PL sous l'ouvrage de franchissement de l'A50 aux terrains du futur éventuel centre de tri de la CUMPM (Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole). Compte tenu du stade très amont des études, ce point ne peut cependant pas être considéré comme définitif et demandera à être confirmé aux stades ultérieurs d'étude.

#### 4.1.5 Vallée de l'Huveaune

##### 4.1.5.1 Introduction - projet de 3<sup>ème</sup> voie en référence

Les études de capacité ont montré que le couplage LGV /LC nécessitait la réalisation à l'horizon de la mise en service d'une quatrième voie dans la vallée de l'Huveaune entre les deux raccordements, sur un linéaire d'environ 6 km.

En situation de référence pour la LGV, le projet de 3<sup>ème</sup> voie entre Marseille et Aubagne est considéré comme réalisé.

Pour information, les travaux de mise à 3 voies consistent notamment, pour la zone située entre les deux raccordements de la LGV :

- à implanter une troisième voie, généralement au sud,
- à moderniser les gares existantes et à créer une gare supplémentaire sans le secteur de la Barasse,
- à supprimer les passages à niveau et à les remplacer par des passerelles pour les traversées piétonnes (les véhicules étant reportés sur d'autres axes traversant la plate-forme en dénivelée).

#### 4.1.5.2 Solutions envisagées

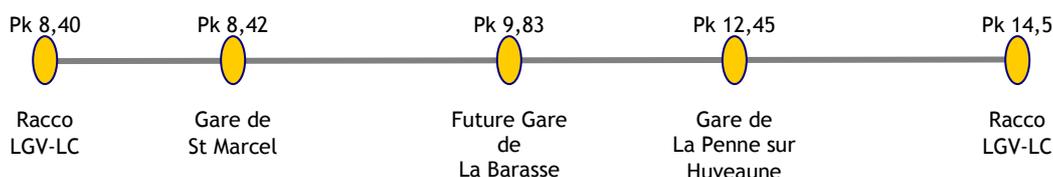
2 options de vitesses de référence ont été étudiées pour la 4<sup>ème</sup> voie :

- une option de vitesse actuelle conservée à 125 km/h (solution de base) qui permet de conserver la géométrie de la plate-forme actuelle,
- une option de vitesse de 200 km/h.

Le raccordement de la LGV à l'ouest se fait juste en amont de la gare de St Marcel, au niveau de la rue Dravet (de la ligne classique).

Le débranchement côté Est se fait entre les gares de la Penne sur Huveaune et Aubagne.

Les gares concernées entre les deux raccordements sont St Marcel, la future gare de la Barasse (réalisée dans le cadre du projet CPER de 3<sup>ème</sup> voie) et celle de La Penne sur Huveaune.



#### SCHEMA SIMPLIFIE VALLEE DE L'HUVEAUNE

Les principales contraintes environnementales rencontrées sont :

- Le périmètre Seveso Z1 lié à la présence en bordure de la voie ferrée de l'usine Atofina (ex Atochem),
- le crassier de la Barasse (dépôt de boue rouges et de scories de lignites).

La mise à quatre voies se fait principalement au nord, sauf après la gare de la Penne sur Huveaune où l'autoroute A50 accolée contre la voie ferrée nécessite un élargissement de la plate-forme par le sud, impactant la zone d'activité limitrophe.

#### Solution à V125 km/h

La réalisation de la quatrième voie nécessite notamment la reprise partielle des quais des gares du parcours, la démolition / reconstruction des passerelles prévues dans le cadre du projet de 3<sup>ème</sup> voie à St Marcel et à la Penne sur Huveaune, le prolongement de la passerelle prévue à la Barasse.

A noter également la reprise ou la démolition /reconstruction de la plupart des ouvrages du parcours, et la suppression de certains embranchements fret.

Cette solution a été estimée entre les deux raccordements (exclus) à 170 M€ c.e. 01-04.

#### Solution à V200 km/h

Une variante à V 200 km/h a été étudiée, La valeur du rayon en plan minimum (1500 m) pour atteindre cette vitesse nécessite une reprise de la plate-forme dans certaines zones (rectifications de courbes), notamment au droit du quartier de La Barasse conduisant à déplacer la gare envisagée (avec un tracé plus ou moins décalé en fonction des tracés étudiés), et des reprises plus lourdes au niveau des ouvrages d'art des quais du projet de 3<sup>ème</sup> voie.

Certains embranchements fret sont également supprimés.

A noter également que cette option ne permet pas d'éviter la contrainte environnementale du crassier de la Barasse.

L'étude des solutions à 125 et 200 km/h a été réalisée par la SNCF-Cimed, avec un niveau de précision de type APS. Egis rail a repris l'étude à V200 km/h, en proposant une optimisation au niveau de la future gare de la Barasse (réduction du déport de la plate-forme en remplaçant une partie de l'alignement droit par une courbe). Cependant, ces pistes d'optimisation nécessiteraient des confirmations ultérieures, parce qu'elles supposent d'importantes contraintes sur la maintenance (question du nombre et du positionnement des pistes d'entretien) et/ou sur l'exploitation (positionnement des appareils de voie qui impacte les modes d'exploitation possibles).

Cette solution est estimée à 255 M€ c.e. 01-04.

#### 4.1.6 Tableau de synthèse du secteur de Marseille

Le tableau suivant reprend les différentes zones étudiées et les solutions de base / variantes associées.

Zones	Description	linéaire	Coût (ce 01/04)
1 <sup>ère</sup> zone : arrivée Nord Marseille depuis la PLM	Mise à 4 voies de la PLM entre le tunnel des tuileries et la tête du tunnel sous Marseille	Par St Charles : 3 km Par Blancarde : 5 km	Par St Charles : 160 M€ Par Blancarde : 230 M€
2 <sup>ème</sup> zone : tunnel sous Marseille	Tunnel monotube avec gare souterraine soit à St Charles soit à la Blancarde	Par St Charles : 11,5 km Par Blancarde : 7,8 km	Par St Charles : 1 580 M€ (*) Par Blancarde : 1 300 M€ (*)
3 <sup>ème</sup> zone : tête de tunnel et raccordement à St Marcel	-Tête de tunnel à la Rouguière, -franchissement en viaduc de l'A50 et de l'Huveaune, -raccordement en amont de la gare de St Marcel Variantes de prolongement du tunnel de 1,3 et 2,5 km.	1,3 km	150 M€
4 <sup>ème</sup> zone : 4 <sup>ème</sup> voie dans la vallée de l'Huveaune	Rajout d'une quatrième voie entre St Marcel et la tête de tunnel d'Aubagne V125 km/h	6 km	170 M€

(2) y compris le coût de la gare.

## 4.2 Toulon

### 4.2.1 Introduction

L'aménagement de la ligne classique Marseille - Vintimille dans la traversée de Toulon concerne plusieurs scénarios :

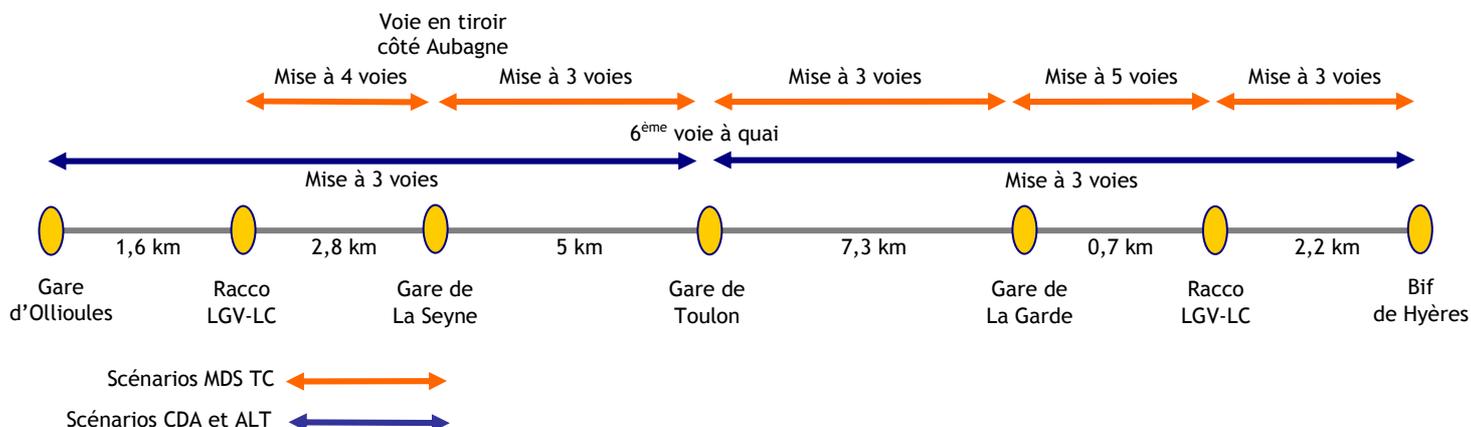
- d'une part les scénarios MDS Toulon Centre (par La Blancarde et par St Charles), pour lesquels il s'agit d'aménagement de sections parcourues par les TGV,
- d'autre part tous les scénarios des familles Côte d'Azur et alternatifs, pour lesquels ces aménagements de capacité sont rendus nécessaires pour le fonctionnement global du système ferroviaire.

Dans le cas des scénarios MDS par Toulon Centre, le raccordement de la LGV sur la ligne classique se fait au niveau de l'échangeur autoroutier d'Ollioules, à 3 km environ en amont de la gare de La Seyne Six Four.

Le débranchement à l'Est de la Toulon se fait au niveau de La Garde, à environ 700m en aval de la gare. Le linéaire de ligne classique empruntée par les TGV représente environ 16 km de ligne.

## 4.2.2 Description des aménagements

Le schéma ci-dessous représente pour les scénarios MDS par Toulon Centre et pour les scénarios Côte d'Azur et Alternatifs les aménagements de capacité consistent à réaliser :



### SCHEMA SIMPLIFIE DE LA TRAVERSEE DE TOULON

## 4.2.3 Etudes réalisées

Setec a étudié différents scénarii d'aménagement de la traversée de Toulon, en complément de ceux décrits ci-dessus, afin d'en déterminer les impacts sur le bâti/ foncier et la voirie existante :

- les aménagements de capacité cités au 4.2.2,
- 4 voies à l'Est de la gare de Toulon,
- 3 et 4 voies à l'Est de la gare de Toulon avec une variante de raccordement LGV-LC décalée de 5,6 km vers le nord (au-delà de la bifurcation vers d'Hyères).

D'une manière générale, l'élargissement à l'Ouest de la gare de Toulon se fait par rajout d'une troisième voie au nord. A l'Est de la gare, la troisième voie est généralement rajoutée au Sud.

La réalisation de murs de soutènement permet de limiter l'impact sur le bâti.

Le projet ne présente pas d'infaisabilité majeure, l'impact sur le bâti existant représente environ une quarantaine d'habitation individuelle.

### 4.2.3.1 Cas particulier de la gare de Toulon

Actuellement, la gare de Toulon a 5 voies à quais et 1 voie filante. A noter également la présence de 2 voies en tiroir côté sud se terminant contre le BV qui est en excroissance par rapport aux emprises de la plate-forme.

Cette dernière est délimitée au Sud par le bâtiment voyageurs et au Nord par le bd du commandant Nicolas qui longe les emprises. La largeur disponible ne permet pas de rajouter un quai supplémentaire en gare sans sortir des emprises ferroviaires.

Différentes solutions ont été étudiées :

- Création d'une voie du commandant Nicolas intégralement en encorbellement (estacade), sans impacter le bâtiment voyageur.  
 Cette solution offre la possibilité d'avoir des largeurs de quais confortables, mais avec un impact visuel de la voirie en encorbellement (sur viaduc au dessus des voies) préjudiciable.
- Construction d'un quai sous une partie du boulevard du Commandant Nicolas, qui est en partie dévié dans l'emprise actuelle de l'îlot Montety et de l'esplanade devant le Zénith. Le quai accolé au BV existant est réduit.

Il s'agit de la solution retenue à ce niveau d'études, bien que les quais aient une largeur réduite par rapport aux deux autres solutions.

- Rajout d'un quai supplémentaire en élargissant la plate-forme au sud.  
Cette solution nécessite le déplacement du bâtiment voyageur, mais n'impacte pas le boulevard au Nord.

#### 4.2.3.2 Traversée souterraine du centre de Toulon

Il s'agit de réaliser une traversée de la zone du centre ville en tunnel afin de limiter l'impact sur le bâti, avec un coût réduit, tout en maintenant une gare en surface (et par conséquent en aménageant une sixième voie à quai).

Cette solution n'apporte pas d'avantages significatifs en termes d'impact par rapport à une solution intégralement en surface, du fait des trémies d'accès de part et d'autre de la gare.

#### 4.2.3.3 Raccordement dans le cas de Toulon Est

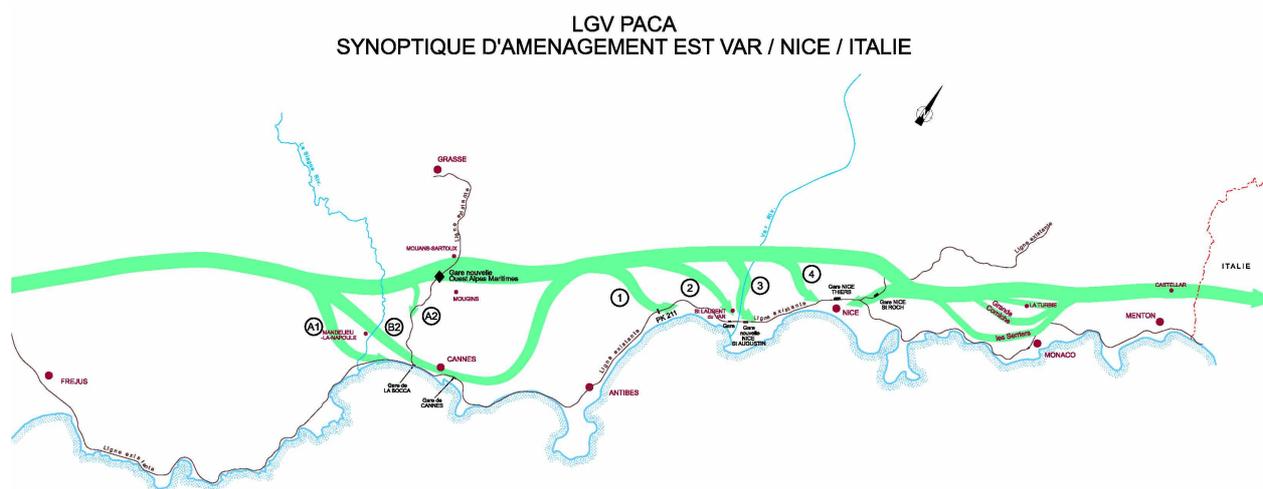
Les fonctionnalités assurées par les raccordements entre ligne nouvelle et ligne classique dans les projets estimés sont décrits schématiquement au chapitre 1.2. Un aménagement complémentaire, non retenu dans l'estimation, consisterait à déplacer le raccordement de la ligne de Hyères sur la ligne Toulon - Nice, plus au Nord Est, afin de mettre la gare TER de Toulon Est (associée à la gare TGV de Toulon Est) en ligne entre Toulon centre et Hyères. Cette option permettrait de densifier la liaison entre les deux gares de Toulon-centre et Toulon Est, qui profiterait alors à la fois des missions vers les Arcs et de celles vers Hyères.

Cet aménagement a été estimé à 75 M€ c. e. 01-04.

## 4.3 Côte d'Azur – Nice – Monaco

### 4.3.1 Synoptique d'aménagement

Le schéma suivant indique la position des différentes variantes étudiées dans ce chapitre



### 4.3.2 Au droit de Cannes

#### 4.3.2.1 Rappel de la solution de base

La solution de base pour tous les scénarios (intitulée B1b) consiste à réaliser une gare souterraine TGV dans les environs de Mouans-Sartoux en correspondance avec une gare TER sur la ligne Cannes - Grasses également à créer. La desserte de Cannes se fait dans ce cas par la ligne classique depuis Est Var.

#### **4.3.2.2 Description des variantes**

Deux familles de variantes de desserte de la ville de Cannes ont été étudiées :

⇒ Variantes avec connexion de la-LGV sur la ligne littorale (vers/en direction de l'Ouest) :

- Raccordement sur la ligne Marseille Vintimille à l'ouest de la gare de Cannes Marchandise (solution A1),
- Raccordement sur la ligne Cannes-Grasse, dont les performances capacitaires devraient le cas échéant être améliorées (solution A2).

Dans ces deux cas de figure, la gare nouvelle à Mouans-Sartoux est maintenue.

La desserte de Cannes se fait alors par un raccordement de la ligne nouvelle qui continue directement sur Nice, sur ligne classique, pour permettre aux voyageurs de rejoindre la gare de Cannes Centre. Dans ces deux cas, l'aménagement de la gare de Cannes devra être vérifié.

⇒ Variantes sans connexion de la-LGV sur la ligne littorale :

- gare LGV en surface (solution B1) en correspondance avec une gare TER sur la ligne Cannes - Grasses,
- gare nouvelle à Cannes en ligne avec la LGV (solution B2) - dans ce cas les contraintes urbaines imposent la réalisation d'un tunnel sous la ville de Cannes avec une gare souterraine. La conception de la gare souterraine reprendrait celle de Mouans-Sartoux (2 voies à quai et 2 voies filantes).

#### **4.3.2.3 Bilan**

Le tableau de la page suivante fait le bilan des caractéristiques et impacts des différentes variantes envisagées.

Solution	Descriptif technique	Impact capacité	Impacts environnement	Appréciation temps de parcours jusqu'à Nice par la LGV	Appréciation facteur coût - différence de coût / B1b ce 01/04
A1	Raccordements côté LGV en tunnel	3 voies à quai en gare de Cannes Centre actuellement. 4 voies à quai sont nécessaires pour ces scénarios. Cependant, elles sont également nécessaires en situation de référence (2020-2040), mais font parties des études pour la solution de base.	Impacts sur une zone réduite de bâti industriel entre l'aérodrome de Cannes Mandelieu et la gare de Cannes-la-Bocca	Desserte de Cannes en gare existante par un raccordement à grande vitesse sur la LC puis un parcours sur LC jusqu'à Cannes Centre sur 4 km environ : Temps de parcours amélioré pour Cannes d'environ 1/4 heure (Est Var - Cannes en environ 15 minutes contre 30 minutes par LC) Desserte du bassin Cannois par la gare Ouest Alpes Maritimes : Temps de parcours vers Paris potentiellement améliorés d'une vingtaine de minutes par rapport aux temps actuels en gare de Cannes Remarque : vu de Nice, les temps de parcours sont inchangés par rapport à la situation de base	Environ 20 km de tunnel non urbain et 9 km de tunnel urbain Raccordement : 7 km de tunnels monovole Solution plus chère + 800 M€
A2	Raccordements côté LGV en viaduc puis en tunnel + faisabilité du saut de mouton à la Bocca difficile		Paysage fortement dégradé dans la Vallée de la Siagne (3 viaducs) + faisabilité du saut de mouton à la Bocca difficile sans impacter littoral	Desserte de Cannes en gare existante par un raccordement à grande vitesse sur la LC puis un parcours sur LC jusqu'à Cannes Centre sur 4 km environ : Temps de parcours amélioré pour Cannes d'environ 10 à 15 minutes (Est Var - Cannes en environ 15 minutes contre 30 minutes par LC) Desserte du bassin Cannois par la gare Ouest Alpes Maritimes : Temps de parcours vers Paris potentiellement améliorés d'une vingtaine de minutes par rapport aux temps actuels en gare de Cannes Remarque : vu de Nice, les temps de parcours sont inchangés par rapport à la situation de base	13.6 km de tunnel non urbain 9 km de tunnel urbain Racc : 3 km de tunnels monovole + 2 viaducs de 1,7km Solution plus chère +500 M€
B1	Gare en surface à réaliser (associée à la ligne Grasse Cannes) dans un environnement urbanisé (commune de Mouans-Sartoux)	Pas d'impact majeur	Impact de la gare sur le bâti et l'environnement	Desserte de Cannes en gare existante : - soit par des liaisons par ligne classique comme actuellement - soit par la ligne nouvelle, avec nécessité de correspondance à Ouest Alpes Maritimes via la ligne Grasse Cannes Desserte du bassin Cannois par la gare Ouest Alpes Maritimes : Temps de parcours vers Paris potentiellement améliorés d'une vingtaine de minutes par rapport aux temps actuels en gare de Cannes	19 km de tunnel non urbain + gare nouvelle en surface Solution moins chère -400 M€
B1b	Gare souterraine à réaliser (associée à la ligne Grasse Cannes) au droit de Mouans-Sartoux)	Pas d'impact majeur	Pas d'impact majeur en surface		13-14 km de tunnel non urbain 9 km de tunnel urbain + gare nouvelle souterraine solution de base-écart 0 M€
B2	Solution entièrement en tunnel. Gare nouvelle souterraine en ligne au niveau de la gare de Cannes Centre actuelle. Difficultés géotechniques possibles sous Cannes.	Pas d'impact majeur	Pas d'impact majeur	Desserte de Cannes en gare existante : Les temps de parcours vers Nice ou Cannes sont quasiment identiques à ceux de la solution de base (1 minute de plus sur Paris-Nice)	Solution plus chère + 1700 M€



### 4.3.3 Arrivée à Nic

#### 4.3.3.1 Différentes solutions étudiées

Pour toutes les solutions présentées ci-dessous, et conformément au Débat Public, la gare de Nice-Thiers est la gare terminus de la desserte TGV principale. Ainsi toutes les solutions étudiées se raccordent à la ligne classique à l'Ouest de la gare de Nice Thiers, et peuvent se regrouper en plusieurs familles en fonction de la localisation du raccordement :

- Un raccordement dans le secteur de l'hippodrome de Cagnes sur Mer, autrement dénommé arrivée au pk 211 (à environ 5 km en amont de la gare de Nice St Augustin). Il s'agit de la solution de base.
- Un raccordement au plus près de la gare de Nice St-Augustin (arrivée au pk 216), cette dernière solution se décomposant en deux familles :
  - une arrivée en amont du Var (solutions 2 et 2bis),
  - une arrivée par la vallée du Var (solution 3),
- un raccordement sur la ligne classique au droit de la gare de Nice Thiers (solution 4).

Dans ce secteur, la mise à 3 voies de la ligne classique entre Antibes et Nice St-Augustin, et le déplacement de cette gare vers l'Ouest sont considérés réalisés en situation de référence.

Les raccordements au pk 211 et au pk 216 solution 2bis ont été finement étudiés (études de points singuliers de Setec International), ce dernier ayant fait également l'objet de plusieurs variantes du franchissement du fleuve Le Var (variantes à 3, 4 ou 5 voies). Ces études ont permis de bien cerner l'enveloppe des impacts urbains de ces différents raccordements.

#### 4.3.3.2 Arrivée au Pk 211

La LGV dans cette solution sort en tunnel pour se raccorder sur la ligne classique au droit de l'hippodrome de Cagnes sur Mer, en amont de la rivière le Loup. La problématique dans la zone concerne ainsi à la fois l'insertion de la tête de tunnel (choix d'une zone à la topographie favorable) et le raccordement proprement dit, avec les contraintes géométriques de calage d'appareil de voie sur la ligne classique.

Les difficultés identifiées dans cette zone sont notamment :

- le bâti existant, au droit de la tête de tunnel au sud de l'autoroute A8,
- l'autoroute A8, jumelée avec la LC Marseille-Vintimille,
- la rivière le Loup,
- l'hippodrome de Cagnes sur Mer, au droit du raccordement.

Le franchissement de la ligne classique par la voie 2 LGV se fait par un saut de mouton.

Setec a montré la faisabilité technique de ce raccordement, mais avec un impact sur le bâti situé au Sud de la voie ferrée et à l'ouest du fleuve le Loup.

#### 4.3.3.3 Arrivée à St Laurent du Var en amont de la gare de Nice St Augustin

##### Solution 2b

Pour ce raccordement, plusieurs options sont développées :

- L'option de base dans laquelle les 2 voies LGV se raccordent sur la ligne classique en amont de la gare de St Laurent du Var, dans ce cas le franchissement du fleuve se fait à 3 voies sans en modifier les ouvrages,
- une variante à quatre voies sur le Var : la voie 1 (voie au nord vers Nice) est prolongée au-delà du fleuve jusqu'à la gare de Nice St Augustin, le raccordement de la voie 1 LGV sur la LC se faisant au niveau du plan de voies de la gare,

- une variante à 5 voies sur le Var (2 voies supplémentaires par rapport à la situation de référence), le raccordement de la LGV sur la LC se faisant à l'Est du fleuve.

Les solutions à 4 et 5 voies sur le Var permettent de décaler la tête de tunnel vers l'Est.

Contrairement au pk 211, le franchissement de la ligne classique par la voie 2 LGV se fait par un passage inférieur.

De même que pour le pk 211, la problématique du raccordement inclut aussi la recherche de positionnement de la tête de tunnel et des tranchées (couvertes et ouvertes) associées.

#### Solutions 2 et 3

Elles sont citées pour mémoire. Elles présentent en effet trop d'inconvénients (cf. le tableau comparatif ci-après). Elles consistent respectivement :

- à rejoindre le Var par un tunnel, la tête de l'ouvrage se situant au droit de la rive droite du fleuve, et à franchir le Var par un viaduc en saut de mouton au dessus du viaduc existant qui serait probablement à reconstruire,
- à se raccorder à la LC en empruntant à l'Est la commune de St Paul et la vallée du Var. Cette hypothèse n'est pas compatible avec la nouvelle position de la gare de Nice St Augustin prise en situation de référence.

#### **4.3.3.4 Raccordement sur la ligne classique au droit de la gare de Nice Thiers**

Cette solution consiste, dès le Var traversé, à réaliser une ligne directe sur Nice Thiers, principalement en tunnel, puis une sortie en tunnel avant la gare de Nice Thiers, afin de se raccorder à la ligne existante à l'entrée Ouest du faisceau de la gare.

La faisabilité de cette solution n'est pas assurée à ce niveau d'études et reste donc sous toutes réserves. La problématique principale est liée aux voies d'entrée dans Nice Thiers qui sont sous viaduc routier et milieu urbain dense.

Nota : cette solution ne permet pas de desservir la gare de Nice St Augustin par la LGV.

Le tableau suivant résume les différentes caractéristiques et les impacts de chaque solution :

Solution	Descriptif technique	Impact capacité	Impacts environnement	Appréciation temps de parcours jusqu'à Nice Thiers par rapport à la solution de base	Appréciation facteur coût -différence de coût / n°1 (ce 01/04)
1	Faisabilité du SDM difficile sans impacter fortement l'arrêt de l'hippodrome et le lit du Loup	7,5 km jusqu'à NSA à 3 voies TER/TGV puis 5,5 km jusqu'à NT à 2 voies TER/TGV : Domestication de certains TGV	Impacts sur le bâti au niveau de la sortie du tunnel et du saut de mouton au PK 211 Emprunte le lit du Loup (zones inondables)	s.o.	3-4 km de tunnel non urbain + raccordement avec viaduc au-dessus du nœud routier, de l'A8 et du Loup solution de base-écart 0 M€
2	Faisabilité du SDM difficile : en viaduc sur le viaduc existant au-dessus du Var		Traversée du Var (Zone NATURA) : Impacts visuels du raccordement au-dessus du Var très importants Impacts sur le bâti en sortie de tunnel		1-2 km de tunnel non urbain environ 6 km de tunnel urbain un peu plus de 1 km de viaduc (dont 0,5 km au-dessus du Var) +400 M€ Solution plus chère que 1
2bis	Faisabilité du SDM plus facile que pour la solution 2 : raccordement avant la traversée du Var => utilisation du viaduc existant sur la Var pour la solution 3 voies.	Pas de problème majeur : Distance courte entre le raccordement à la LC et NSA. Quelques aménagements sont à prévoir entre NSA et NT	Impact visuel du raccordement sur le Var beaucoup moins important que la solution 2	Gain de 3 mn environ (linéaire de ligne classique empruntée plus court, pas de ralentissement dû à la domestication des TGV)	1-2 km de tunnel non urbain environ 5.5 km de tunnel urbain un peu moins de 2 km de viaduc (dont 0,5 km au-dessus du Var + destruction et reconstruction de l'existant) Solution plus chère que 1 +300 M€
3	Le raccordement à la LC n'est pas faisable (impact coût) si la position future de la gare de NSA est non ripable à l'Est		Impact bâti et lit du Var (Zone NATURA)	Globalement équivalent au scénario de base	3-4 km de tunnel non urbain + environ 3 km de tunnel urbain + bâti et viaduc sur le Var Solution plus chère que 1 +600 M€
4	Sortie de tunnel en amont de la gare de NT impossible sans destructions considérables du bâti et du réseau routier	Pas de problème majeur : ligne nouvelle tout le long <u>Ne dessert pas</u> Nice St-Augustin	Zone urbaine agglomérée: impacts très forts en sortie de tunnel	Gain de temps de 5 à 6 minutes environ	3-4 km de tunnel non urbain env. 7 km de tunnel urbain + sortie en gare de Nice Thiers Solution plus chère que la 1 +1100 M€

Environnement

 Impacts faibles / moyens

 Impacts forts

 Impacts très forts

### 4.3.3.5 Assemblage des différentes variantes

Les solutions de dessertes de Cannes et de Nice sont compatibles entre elles.

D'autres variantes peuvent être envisagées afin d'optimiser l'assemblage des scénarios. Ainsi une variante de la solution B2 (gare de Cannes souterraine), serait un tracé direct en tunnel qui déboucherait au niveau du PK211, permettant ainsi de s'affranchir d'un raccordement en ligne nouvelle au niveau de Nice.

Le tableau suivant indique les écarts de coûts (en c.e. 01/04) des différentes combinaisons de ces variantes par rapport à la solution de base.

**Ecart de coût (M€ HT c.e. 01/04)  
par rapport à la solution de base (B1b + 1)**

	1 : SOLUTION DE BASE - RACCORDEMENT AU PK 211	2 : RACCORDEMENT SUR LE VAR, AVEC UNE TETE DE TUNNEL A ST-LAURENT DU VAR	2 BIS : RACCORDEMENT SUR LA LC IMMEDIATEMENT A L'OUEST DE ST-LAURENT DU VAR	3 : PASSAGE PAR LA VALLEE DU VAR	4 : RACCORDEMENT DIRECT A NICE THIERS
A1 : RACCORDEMENT SUR LA LC A MANDELIEU	800	1 200	1 100	1 400	1 900
A2 : RACCORDEMENT SUR LA LIGNE CANNES-GRASSE	500	1 000	900	1 100	1 700
B1 : SOLUTION PAR L'ARRIERE PAYS AVEC GARE TGV-TER DE SURFACE EN CORRESPONDANCE SUR CANNES-GRASSE	-400	0	-100	100	700
B1b : SOLUTION DE BASE - GARE SOUTERRRAINE EN CORRESPONDANCE AVEC UNE GARE TER SUR CANNES-GRASSE	0	400	300	600	1 100
B2 : SOLUTION PASSANT PAR CANNES CENTRE ET COMPATIBLE AVEC LES VARIANTES D'ARRIVEE SUR NICE N° 2 A 4	1 700	2 100	2 000	2 200	2 800
B2 + B2b : SOLUTION IDENTIQUE AU B2 JUSQU'A CANNES CENTRE PUIS PLUS TENDU JUSQU'AU PK 211	1 700				

### 4.3.4 Contournement de Nice

Le contournement de Nice par une ligne nouvelle pourrait être envisagé à plus long terme, par la réalisation d'un « barreau » entre le raccordement à l'ouest de Nice et la section de ligne nouvelle réalisée entre Nice St Roch et l'Italie.

Ce barreau serait de longueur variable, entre 10 et 25 km suivant la variante retenue pour le raccordement de Nice.

Dans la solution de base, à condition que le prolongement vers l'Italie entre Nice St-Roch et Vintimille soit réalisé, son coût est estimé à 1,8 Md € (c.e. 01-04).

### 4.3.5 Variantes de prolongement vers l'Italie, gare à Monaco

#### 4.3.5.1 Gare au droit de Monaco

La recherche de tracé s'est faite en prenant comme hypothèse que les TGV arrivant à Nice Thiers empruntent la ligne classique jusqu'à Nice St Roch, puis quittent la ligne classique dans ce secteur pour emprunter la ligne nouvelle vers l'Italie, qui est principalement constituée de tunnels.

Plusieurs variantes de tracé ont été étudiées :

- un tracé direct vers l'Italie sans gare à Monaco avec une arrivée à la frontière italienne compatible avec la position transmise par RFI (les Chemins de Fer Italiens),
- des recherches de tracés avec une gare desservant la Principauté de Monaco.

Pour les tracés avec gare au droit de Monaco, deux séries d'étude ont examiné respectivement les possibilités :

- d'une gare en ligne qui desservirait Monaco par l'intermédiaire d'un système de transport type funiculaire, et pourrait donc être située sur les hauteurs, entre la Principauté et le site de la carrière de la Turbie. Ce type de solution étant sensé permettre l'implantation d'une gare en surface.
- d'une gare en ligne souterraine en correspondance directe avec la gare actuelle de la Principauté.

La première série d'étude a abouti aux résultats suivants :

- soit à avoir une gare très profonde (75 m) dans le secteur de la Turbie (les contraintes de profil en long ne permettant pas d'avoir une gare en surface ou moins profonde),
- soit à avoir une gare souterraine dans le secteur des Serriers, mais dans ce cas l'accès ne peut se faire qu'aux extrémités du tunnel de 2 km, avec des viaducs encadrant très importants.
- Soit à une gare souterraine à 21 m de profondeur, dans le secteur de la grande Corniche. Cette solution n'est en revanche pas compatible avec les tracés de contournement de Nice.

Dans tous ces cas donc, l'implantation d'une gare aérienne de plain pied s'est avérée impossible.

Dans la seconde série d'études, il a été recherché une position de gare souterraine proche de la gare existante, dans un périmètre 400 m maximum, idéalement à 250 m ou moins.

La gare souterraine comprend deux voies à quais avec une vitesse de référence de 170 km/h et deux voies filantes à 270 km/h.

Les études, s'appuyant sur des données d'entrée précise sur la position de la gare et sur les contraintes liées aux autres ouvrages souterrains potentiellement en interface (tunnel routier de Monaco existant et tunnel routier projeté notamment), ont abouti :

- à une position en plan de la gare située à 250 m environ au nord de la gare existante,
- globalement à la même altimétrie,
- avec une vitesse de référence de 270 km/h (hors voies à quais).

Le coût du prolongement jusqu'à l'Italie s'établit à 3 100 M€ c.e. 01-04 avec la gare souterraine en correspondance avec la gare actuelle de Monaco.

Pour mémoire, sans gare intermédiaire, ce prolongement est estimé à 2 100 M€ c.e. 01-04.

Dans les deux cas, la partie italienne (environ 6 km de tunnel et le raccordement sur la ligne littorale par le faisceau de la Roya) compte pour environ 550 M€ c.e. 01-04 dans les montants indiqués.

#### **4.3.5.2 Raccordement côté italien**

A noter que les études techniques ont été basées, pour ce qui est du raccordement sur le réseau italien, sur un document technique remis par RFI Gênes (Direction régionale) lors d'une visite de début 2007.

Le principe est de faire arriver la ligne nouvelle dans le faisceau de la Roya.

Lorsque la ligne Vintimille-Gênes aura été renforcée (actuellement ; horizon présumé 2015 / 2016), la voie double demeurera à V110 entre Vintimille et Bordighera. Il a donc été question, pour éviter ce passage à vitesse réduite, de prolonger la ligne nouvelle jusqu'à Bordighera. Mais cette option ajoute une dizaine de km dans un relief très accidenté et est donc coûteuse pour un gain de temps de parcours de l'ordre de 5 minutes.

## 4.4 Relèvement de vitesse sur la ligne classique

### 4.4.1 Introduction

Lors des études préfonctionnelles, considérant que les travaux d'investissement sur la ligne classique pour permettre des gains de temps significatifs entre Marseille et Nice seraient trop importants, la solution d'utiliser des trains pendulaires avait été étudiée. Les principales conclusions étaient que, à infrastructure constante, cette solution permettait d'envisager des gains de temps de parcours de 10 à 15 minutes sur Marseille - Nice (soit 10% environ du temps de parcours actuel).

Compte tenu de la spécificité du matériel à utiliser et des inconvénients liés à cette technologie (l'accroissement du différentiel de vitesse est péjorant pour la capacité de la ligne, des investissements de signalisation d'alimentation, de renforcement des structures seraient tout de même nécessaires), cette solution n'a pas été estimée pertinente.

Dans ces études complémentaires, on a affiné l'examen d'une solution qui consisterait à adapter l'infrastructure existante pour permettre des gains de temps de parcours avec le matériel roulant utilisé actuellement.

Il s'agit de regarder le gain de temps de parcours que représenterait un relèvement de la vitesse sur la ligne classique Marseille - Vintimille. Ce relèvement de vitesse peut s'obtenir :

- soit par une rectification de courbes (modification de la géométrie),
- soit par des aménagements en place (équipements ferroviaires, signalisation..) quand le tracé en plan permet une vitesse théorique supérieure à la vitesse pratiquée (informations issues des renseignements techniques).

Pour qu'il soit effectif, un relèvement de vitesse doit régner sur plusieurs kilomètres. Une rectification ponctuelle de tracé n'est ainsi par intéressante si les caractéristiques « encadrantes » ne peuvent être améliorées. Ainsi, compte tenu des contraintes existantes, les seules niches potentielles de relèvement de vitesse efficaces sont les suivantes :

- sur la section Marseille Toulon, seul le contournement d'Aubagne semble favorable à un relèvement de vitesse (shunt d'Aubagne)
- sur la section Toulon les Arcs, la géométrie existante et l'environnement offre au contraire des zones potentielles de relèvement de vitesse.

### 4.4.2 Shunt d'Aubagne

Le shunt se fait par un tunnel.

La vitesse obtenue de 125 km/h permettrait d'obtenir un gain de 2 à 3 mn de temps de parcours pour un linéaire de 5 km, avec un coût de 220 M€ (c.e. 01/04).

### 4.4.3 Section Toulon - Les Arcs

Un relèvement de vitesse à 160 km /h peut globalement s'envisager, avec des rectifications de tracés au droit de Pignans (PK 102,9 - PK 104,6) et de Puget Ville (PK 94,9 - 97,5), et des investissements d'équipement ferroviaire sur certaines autres sections de voie, avec la suppression de quelques passages à niveau.

Certaines zones très contraintes n'ont en revanche pas fait l'objet de rectification de courbe qu'une vitesse cible de 160 km/h aurait nécessité. Il s'agit des zones urbaines de :

- Solliès-Pont (PK 82 - PK 86),
- Gonfaron (PK 108 - PK 113,5),
- Vidauban (PK 127,5 - PK 131,5),

Globalement, on arrive à un gain de 2 mn environ sur la totalité du linéaire (soit 67 km) pour un coût de 215 M€. (c.e. 01/04).

## 4.5 Scénarios alternatifs – ligne Gardanne - Brignoles

Certains scénarios présentés au Débat Public reposaient sur l'utilisation de la ligne Gardanne-Carnoules. Une expertise commandée par la CPDP a identifié sur cette ligne une partie potentiellement intéressante pour les circulations de TGV car présentant des performances de vitesse moyennes (la partie Ouest jusqu'à Brignoles), et une autre qui n'a a priori que peu d'intérêt pour les TGV car trop tortueuse pour pouvoir permettre des temps de parcours acceptables jusqu'à Nice (entre Brignoles et Carnoules).

Il a donc été demandé à RFF d'examiner les potentialités de solutions optimisant l'utilisation de la ligne sur sa seule partie Ouest.

La ligne est actuellement à voie unique, non exploitée, mais elle continue à être maintenue pour les besoins de la Défense Nationale.

Le linéaire entre les deux gares de Gardanne et Brignoles est de 55 km.

La géométrie actuelle permet des vitesses comprises entre 80 et 100 km/h.

Les études de capacité montrent que cette ligne doit être doublée pour permettre également, comme prévu par le Conseil Régional, la possibilité d'une réouverture aux circulations TER.

Deux options ont été étudiées, l'une cherchant à réutiliser au plus la ligne existante, l'autre en revanche recherchant une vitesse cible comprise entre 160 et 200 km/h, avec si nécessaire des rectifications de courbes.

Parmi les différentes options de vitesse étudiées sur le linéaire entre Gardanne et Brignoles (de 100 à 160 ou de 160 à 200 km/h), la solution de meilleur compromis en terme de coût/ temps de parcours / impact consiste :

- à rechercher une vitesse de 200 km/h minimum dans les sections rectilignes ou nécessitant des rectifications de tracé peu pénalisantes en terme d'impact,
- à emprunter en revanche la plate-forme existante, avec des séquences de vitesse de 100 à 160 km/h, dans les secteurs de traversées de zones urbaines, où une rectification de courbe s'avèrerait préjudiciable pour l'environnement (secteurs de Pourcieux, St Maximin-la-Ste-Baume, Tourves).

Au final, sur les 44 km de ligne classique entre les deux raccordements de LGV, 65% (soit 29 km) sont réutilisés.

A noter cependant que le doublement d'une ligne existante qui n'est plus en service reste une opération délicate dans les zones urbaines, les riverains ayant intégré la situation sans circulation ferroviaire.

Par rapport au scénario Sud Arbois - Centre Var, le temps de parcours est rallongé d'environ 12 mn, pour un coût sensiblement identique.

## 5 Temps de parcours

### 5.1 Méthodologie et hypothèses

Les temps de parcours sur ligne nouvelle ont été calculés avec les hypothèses suivantes :

- calcul des marche-type (marche de base plus la marge de régularité de 5%) à partir du logiciel Viriato,
- matériel roulant (pour les caractéristiques d'accélération et de décélération) : TGV Réseau en unité simple,
- vitesses de référence indiquées dans la carte du chapitre 2.2.2). Les vitesses sur les raccordements sont adaptées aux difficultés propres à chacun des sites envisagés,
- profil en long considéré comme plat.

En ce qui concerne la ligne classique, comme l'ont confirmé les études de capacité, compte tenu de la densité des circulations sur le réseau classique, divers allongements de temps de parcours s'ajoutant aux marches type -modestes par rapport aux gains permis par la LGV- devront être appliqués à l'horizon de réalisation du projet (cf études de capacité).

En conséquence, et dans le triple objectif de :

- comparer les scénarios sur la base de temps meilleurs temps de parcours réalistes,
- disposer d'une unique base de temps de parcours pour l'ensemble des études (aussi bien dans les critères de comparaison de l'efficacité des scénarios que comme intrant des modélisations trafic),

les temps de parcours sur ligne classique sont en conformité avec les meilleurs temps constatés aujourd'hui.

Nota :

- les études de capacité ont montré une bonne cohérence entre les meilleurs temps de parcours retenus et les temps de parcours modélisés, ce qui a permis de conforter la méthode,
- les modèles de trafic sont toujours calés sur des situations actuelles avec des temps de parcours réels. La cohérence de la démarche d'étude globale est donc assurée.

Enfin, il faut noter deux hypothèses complémentaires importantes sur le réseau classique dans les scénarios des Métropoles :

- d'une part, la vitesse en arrivée Nord de Marseille, sur la PLM entre le tunnel des Tuileries et le nouveau tunnel de Marseille a été supposée égale à 200 km/h (des vérifications géométriques ont été opérées, qui rendent ce scénario plausible, même si des études plus fines sur le tunnel de St-Louis devront le confirmer)
- d'autre part la vitesse dans la vallée de l'Huveaune a été prise égale à la vitesse actuelle (soit 125 km/h), le relèvement de vitesse à 200 km/h étant considéré, après examen, comme une option dans le cadre de ces études.

### 5.2 Résultats

#### 5.2.1 Nature et limite des résultats

Les résultats présentés ci-après présentent une bonne cohérence avec les résultats produits dans le cadre des études antérieures, comme le montrent les exemples ci-dessous pour le temps emblématique de Paris-Nice :

- Scénario MDS par Blancarde et Toulon Nord : 3h45 dans les études Bonnard et Gardel d'octobre 2005 mais avec V200 dans la vallée de l'Huveaune, 3h47 dans les études complémentaires,
- Scénario MDS par St-Charles et Toulon Est : 3h48 dans les études Bonnard et Gardel d'octobre 2005 mais avec V200 dans la vallée de l'Huveaune, 3h50 dans les études complémentaires,

- Scénario Nord Arbois Centre Var : 3h34 dans les études préalables au Débat Public réalisées par SNCF IG, 3h35 dans les études complémentaires,
- Scénario Nord Arbois Centre Var : 3h41 dans les études préalables au Débat Public réalisées par SNCF IG, 3h39 dans les études complémentaires.

Il faut souligner que de nombreux paramètres pourront encore modifier les temps de parcours de quelques minutes aux stades d'étude ultérieurs. On peut citer par exemple les modifications d'itinéraire (le contournement d'un site engendrant un « détour » de 5 km allongerait les temps de parcours de 1 minute environ), certaines contraintes techniques encore insuffisamment connues à ce stade d'étude (le positionnement des points de sectionnement d'alimentation en particulier), les performances du matériel roulant ou des modifications d'hypothèses plus lourdes relevant du programme, comme des variations d'hypothèses sur la vitesse de référence de la LGV PACA, ou un rehaussement de la vitesse sur la LN5 voire sur d'autres LGV.

En raison de ces diverses incertitudes, il est apparu raisonnable -même si les calculs ont été réalisés à la minute- de présenter les meilleurs temps arrondis à 5 minutes dans les fiches descriptives et les grilles de comparaison.

Enfin, les résultats présentés ci-après concernent les meilleurs temps de parcours permis par l'infrastructure compte tenu d'une charge importante du réseau classique. Il est donc évident que leur interprétation doit être limitée au champ des performances techniques, l'attractivité des scénarios (et donc leur capacité à générer du trafic ferroviaire) découlant tout autant de l'organisation des services et des temps de parcours moyens.

## 5.2.2 Performances comparées des scénarios

### 5.2.2.1 Meilleurs temps de parcours sur les principales OD

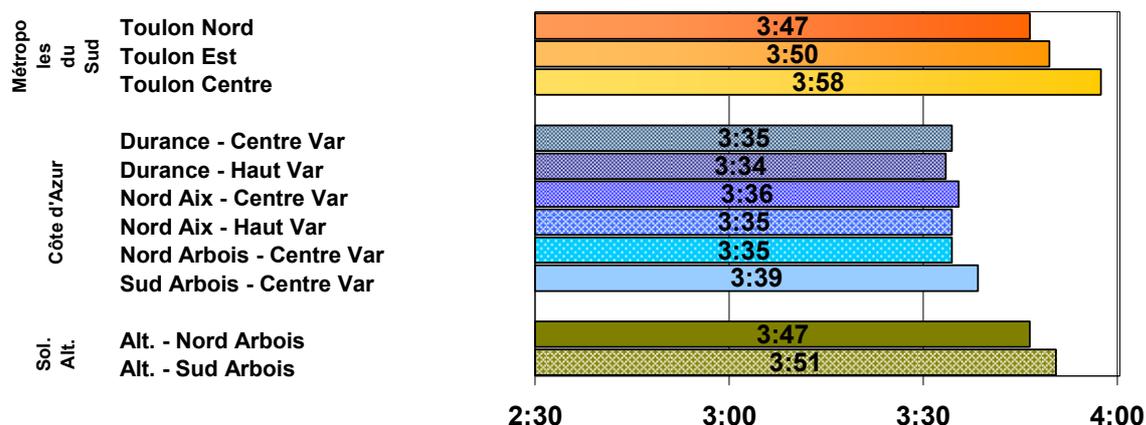
Le bilan détaillé des meilleurs temps de parcours sur les principales missions est présenté dans le tableau suivant :

Scénario	Paris - Mrs.		Paris - Toulon		Paris - Nice	Marseille - Toulon		Toulon - Nice		Marseille - Nice Thiers	
	Marseille St-Charles surface	Marseille St-Charles souterraine	Toulon gare nouvelle	Toulon Centre		Marseille St-Charles surf. - Toulon Centre	Marseille -Toulon au plus vite *	Toulon Centre	Toulon gare nouvelle	Marseille St-Charles surface	Marseille St-Charles souterraine
Meilleur temps actuel	3:00 (ss arrêt)	s.o.	3:39 (1 arrêt)	5:25 (5 arrêts)	0:39 (ss arrêt)	0:39 (ss arrêt)	1:42 (3 arrêts)	s.o.	2:23 (4 arrêts)	2:23 (4 arrêts)	
Meilleur temps actuel théorique sans arrêt	3:00	s.o.	3:33	4:56	0:39	0:39	1:26	s.o.	2:03	s.o.	
	Temps sans arrêts										
Côte d'Azur -Durance - Centre Var	3:00	s.o.	s.o.	3:33	3:35	0:39	0:39	0:58	s.o.	1:12	s.o.
Côte d'Azur -Durance - Haut Var	3:00	s.o.	s.o.	3:33	3:34	0:39	0:39	0:58	s.o.	1:11	s.o.
Côte d'Azur -Nord Aix - Centre Var	3:00	s.o.	s.o.	3:33	3:36	0:39	0:39	0:58	s.o.	1:04	s.o.
Côte d'Azur -Nord Aix - Haut Var	3:00	s.o.	s.o.	3:33	3:35	0:39	0:39	0:58	s.o.	1:04	s.o.
Côte d'Azur -Nord Arbois	3:00	s.o.	s.o.	3:33	3:35	0:39	0:39	0:58	s.o.	1:00	s.o.
Côte d'Azur - Sud Arbois	3:00	s.o.	s.o.	3:33	3:39	0:39	0:39	0:58	s.o.	0:58	s.o.
MDS - MSC - Toulon Centre **	2:59	2:57	s.o.	3:18	3:58	0:26	0:23	0:44	s.o.	1:06	1:03
MDS - MSC - Toulon Est **	2:59	2:57	3:15	3:22	3:50	0:30	0:20	0:43	0:39	0:58	0:55
MDS - MSC - Toulon Nord **	2:59	2:57	3:15	3:31	3:47	0:39	0:20	0:50	0:36	0:55	0:52
Solution alternative - Nord Arbois	3:00	s.o.	s.o.	3:33	3:47	0:39	0:39	0:58	s.o.	1:12	s.o.
Solution alternative - Sud Arbois	3:00	s.o.	s.o.	3:33	3:51	0:39	0:39	0:58	s.o.	1:10	s.o.

\* : quelle que soit la gare de l'agglomération

*Nota : pour les scénarios des Métropoles du Sud, les temps ne sont pas distingués entre les scénarios passant par St-Charles ou par Blancarde car, au degré de précision dont on dispose, ils sont équivalents.*

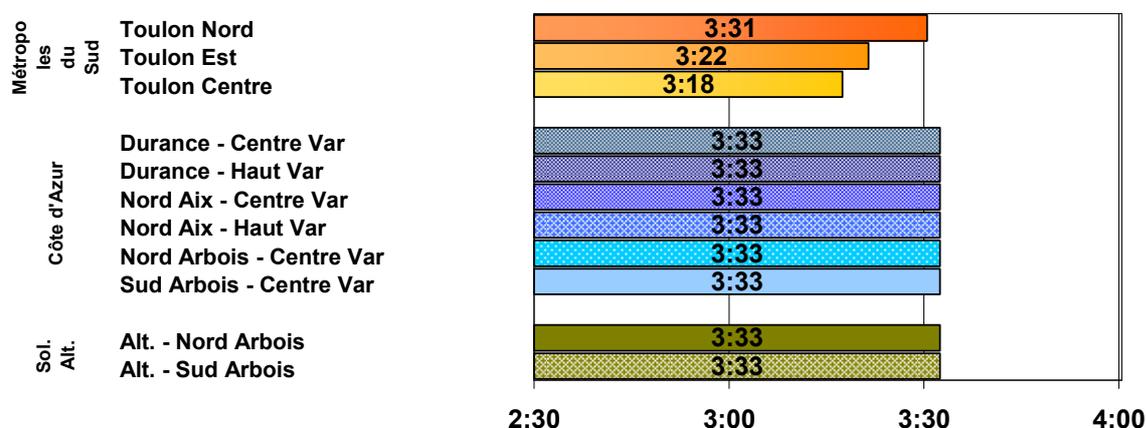
**Meilleur temps de parcours Paris-Nice Thiers :**



En dehors du scénario Métropoles du Sud par Toulon Centre, dont le long passage sur la ligne classique dans l'agglomération toulonnaise rallonge sensiblement le temps Paris ⇔ Nice (longueur d'itinéraire supérieure, vitesse réduite), les autres scénarios se classent globalement en deux groupes : les scénarios Côte d'Azur d'une part, les scénarios des Métropoles et des solutions alternatives d'autre part. L'écart entre les deux étant de 10 à 15 minutes.

A noter que les temps pour Paris ⇔ Nice St-Augustin sont de 4 minutes environ inférieurs aux temps Paris ⇔ Nice Thiers.

**Meilleur temps de parcours Paris-Toulon Centre :**

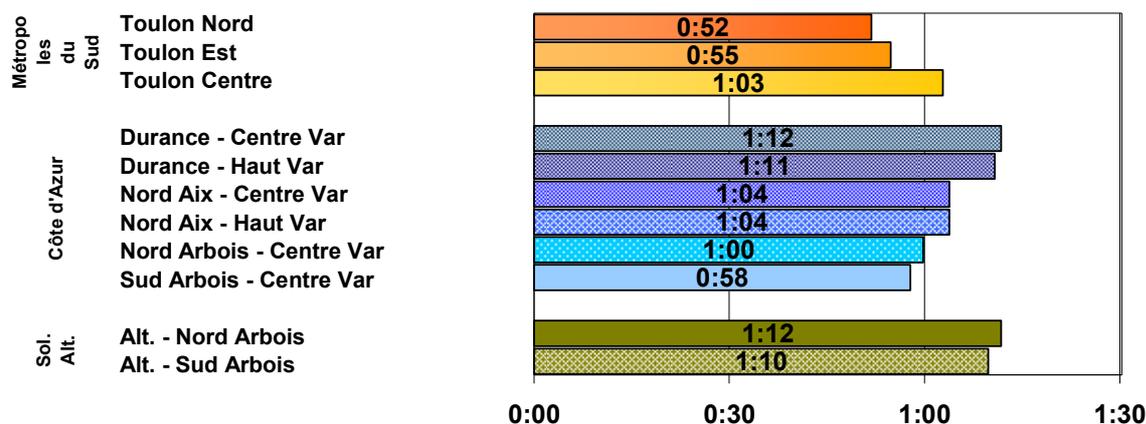


Le temps de 1h33 dans les scénarios Côte d'Azur et des solutions alternatives est inchangé par rapport à aujourd'hui<sup>2</sup>.

Dans le scénario Métropoles du Sud par Toulon Est, le temps Paris ⇔ Toulon Est est de 3h15, comme d'ailleurs le temps Paris ⇔ Toulon Nord dans le scénario par Toulon Nord.

<sup>2</sup> Il n'existe cependant pas en 2008 de missions directe Paris-Toulon, de sorte que ce temps n'est bien « qu'un meilleur temps » théorique.

**Meilleur temps de parcours Marseille - Nice Thiers :**

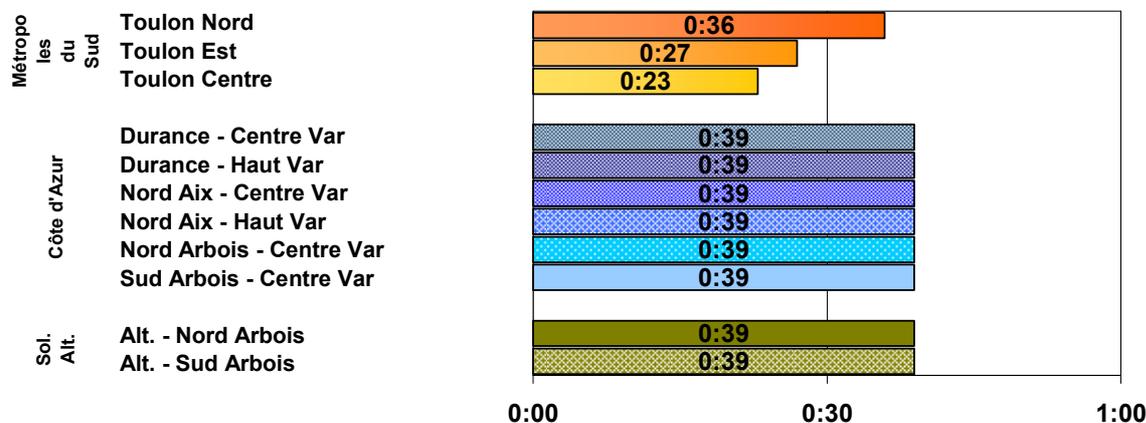


*Nota : dans les scénarios Métropoles du Sud, ce sont les temps depuis St-Charles souterraine qui sont présentés ici.*

C'est la mission pour laquelle les scénarios de la famille Côte d'Azur ont les performances les plus hétérogènes, avec 14 minutes d'écart entre les scénarios extrêmes. Ce qui s'explique principalement par les longueurs à parcourir bien plus importantes quand les trains partant de Marseille doivent remonter jusqu'à la vallée de la Durance avant de repartir vers Nice.

Le scénario par Toulon Est présente un temps légèrement meilleur quoique très proche de celui de Côte d'Azur Sud Arbois.

**Meilleur temps de parcours Marseille - Toulon Centre :**

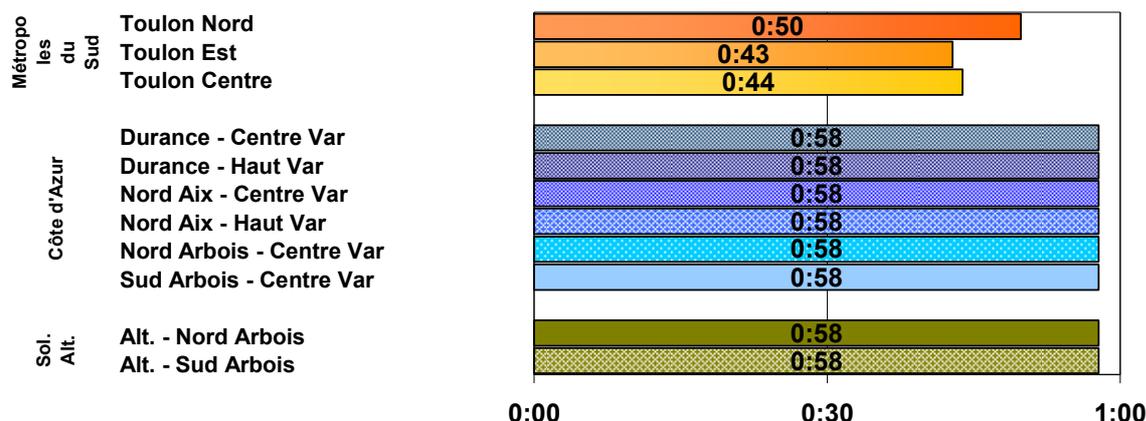


*Nota : dans les scénarios Métropoles du Sud, ce sont les temps depuis St-Charles souterraine qui sont présentés ici.*

Le temps de 39 minutes des scénarios Côte d'Azur et des solutions alternatives est inchangé par rapport au temps actuel.

Dans le scénario Métropoles du Sud par Toulon Est, les temps de parcours entre Marseille et Toulon Est sont de 0h20 (même temps qu'entre Marseille et Toulon Nord dans le scénario Métropoles du Sud par Toulon Nord).

**Meilleur temps de parcours Toulon Centre- Nice Thiers :**



Le temps de 58 minutes des scénarios Côte d'Azur et des solutions alternatives est inchangé par rapport au temps actuel.

Les temps Toulon gare nouvelle-Nice Thiers sont respectivement de 39 minutes dans le scénario Métropole du Sud par Toulon Est et 36 minutes dans le scénario Métropole du Sud par Toulon Nord.

**5.2.2.2 Autres résultats**

Scénarios Métropole par Blancarde : les temps ne sont pas affichés car, au degré de précision dont on dispose, ils sont équivalents à ceux des scénarios par Mrs St-Charles

Hypothèse d'un passage dans la vallée de l'Huveaune à V200 : il représenterait un gain de temps de parcours pour les TGV de l'ordre de 2 minutes à 2 minutes et demie.

Variantes sur la partie Est Var - Nice :

- Variante par Cannes Centre souterraine / raccordement au PK 211 :
  - o + 1 minute entre Est Var et Cannes souterraine par rapport au temps Est Var - Ouest Alpes Maritimes,
  - o même temps entre Cannes souterraine et NSA qu'entre Ouest Alpes Maritimes et NSA.
- Par Ouest Alpes Maritimes et raccordement à St-Laurent du Var : environ 3 minutes de moins que dans la solution de base (raccordement au PK 211) entre Ouest Alpes Maritimes et Nice St-Augustin.
- Par Ouest Alpes Maritimes et raccordement direct à Nice Thiers : 5 à 6 minutes de moins entre Ouest Alpes Maritimes et Nice Thiers par rapport à la solution de base (raccordement au PK 211).

Prolongements vers l'Italie :

- Dans l'hypothèse d'un prolongement depuis St-Roch :

Nice Ville - Gênes	
Tps actuel	Tps en projet *
3:00 (11 arrêts)	1:30 (hypothèse d'un raccordement à Vintimille)
2h35 (tps extrapolé sans arrêts)	1:25 (hypothèse d'un raccordement à Bordighera)

Nice Ville - Monaco	
Tps actuel	Tps en projet
0:14	0:08 (sans arrêt)
Nice Ville - Vintimille	
Tps actuel	Tps en projet
0:37 (2 arrêts)	0:15 (sans arrêt)

: y.c. projet italien de V200 entre Bordighera et Gênes

- Dans l'hypothèse, en plus, de la réalisation du contournement de Nice :

Est Var - Gênes	
<i>Tps actuel</i>	<i>Tps en projet *</i>
3:00 <i>(tps extrapolés sans arrêts)</i>	1:45
	1:40 <i>(hypothèse d'un raccordement à Bordighera)</i>

\* : y.c. projet italien de V200 entre Bordighera et Gênes