

The image shows a vast, dimly lit tunnel under construction. On the left, several large, curved pipes are mounted along the rough, textured rock wall. In the center and right, a massive piece of industrial machinery, likely a tunnel boring machine (TBM) cutterhead or conveyor system, is visible, illuminated by bright work lights. Two workers in high-visibility yellow vests and hard hats are standing in the muddy, wet floor of the tunnel, looking towards the machinery. The overall atmosphere is one of industrial scale and complex engineering.

Tunnel de Toulon

# Un chantier hors normes

De sa conception  
à sa réalisation



Tunnel de Toulon

# Un chantier hors normes



# Tunnel de Toulon

De sa conception  
à sa réalisation



## **Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie**

**Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement PACA**

Service Transports Infrastructures - Unité Maîtrise d'ouvrage

16 rue Zattara - CS 70248 - 13331 Marseille Cedex 3 - Tél. : 04 91 28 40 40

Réalisation : Magellan - Marseille - Rédaction : Nicaya Conseil

Supervision : DREAL PACA / STI / UMO

Imprimé en décembre 2013 à Marseille sur les presses de l'imprimerie Audry



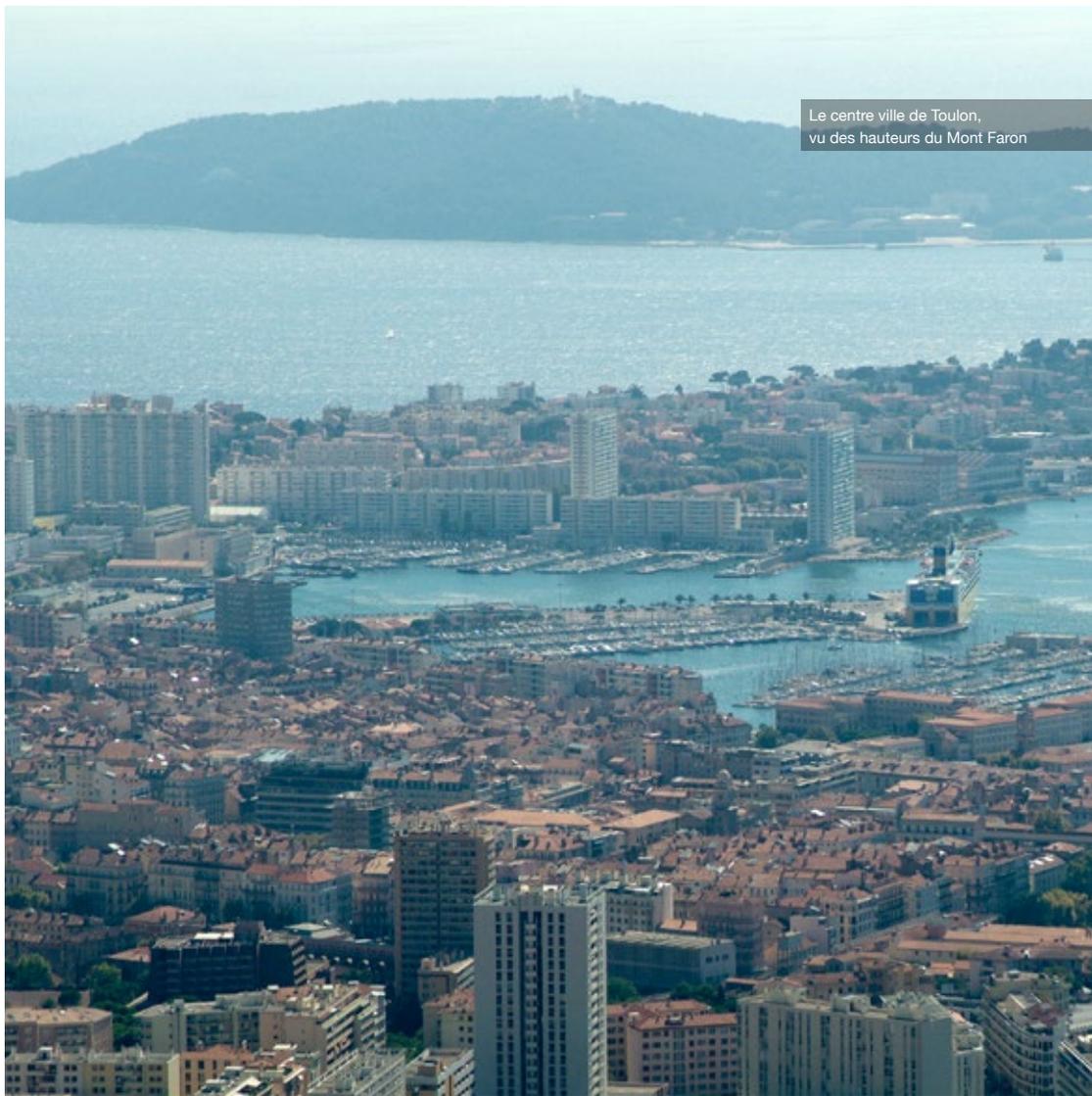
Tunnel de Toulon

# Un chantier hors normes

Sous maîtrise d'ouvrage  
de l'État

De sa conception  
à sa réalisation

Le centre ville de Toulon,  
vu des hauteurs du Mont Faron



# Préface

## **Le tunnel de Toulon est très attendu des toulonnais.**

Le premier tube (tube Nord), ouvert à la circulation en septembre 2002, a déjà été emprunté par plus de 100 millions d'usagers pour traverser l'agglomération d'Est en Ouest. La mise en service du second tube (tube Sud) constitue l'aboutissement du projet avec un renforcement de la sécurité du tube Nord permettant ainsi aux poids lourds d'emprunter les 2 tubes (excepté les TMD et les véhicules GNV).

Ainsi, les déplacements au sein de la ville et son agglomération vont significativement s'améliorer. Cette fluidification du trafic va aussi contribuer à réduire les nuisances sonores dans le centre ville en améliorant la qualité de l'air et plus largement le cadre de vie des habitants.

Ce chantier de plusieurs années fût particulièrement délicat et complexe à réaliser. Les incidents survenus lors du creusement du premier tube avaient permis de mesurer à quel point le sous-sol du centre ville était meuble et tourmenté. Malgré les précautions prises, le creusement du second tube s'est avéré très difficile et des moyens exceptionnels ont dû être mis en œuvre pour préserver les trois cent soixante immeubles situés sur le tracé et gêner le moins possible leurs occupants.

Avec la réalisation du second tube, c'est un grand projet qui s'achève et avec lui la transformation de Toulon qui se poursuit aussi bien dans le centre ville que sur la rade.



# Préface



## **Ce qui va changer**

Les habitants et les activités de la région vont également voir leur quotidien transformé eu égard à la forte diminution des temps de parcours pour traverser l'agglomération d'Ouest en Est.

Ces différents bénéfices territoriaux sont le fruit d'une volonté commune de l'état, de la ville de Toulon, de la communauté d'Agglomération Toulon Provence Méditerranée, du Conseil Général du Var et le Conseil Régional Provence Alpes Côte d'Azur d'achever la réalisation de cet ouvrage commencé il y a près de 20 ans.

Alors bravo à toutes celles et tous ceux qui ont œuvré pour la réalisation de cet ouvrage. Merci aux toulonnaises et toulonnais pour leur patience.

Merci à la Région PACA, au Département du Var, à Toulon Provence Méditerranée pour leur engagement indéfectible aux côtés de l'État dans la réalisation de ce chantier hors normes.

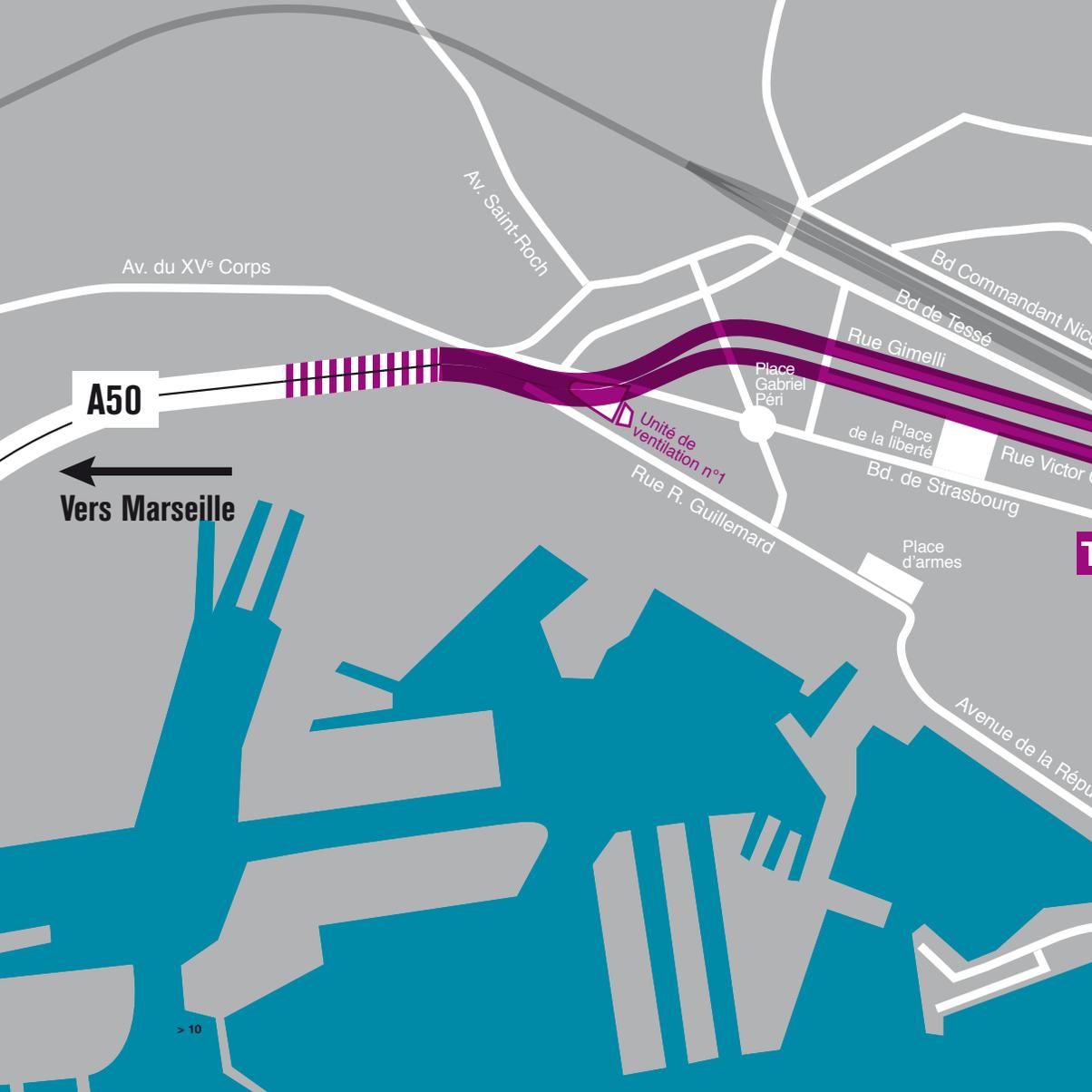
M. Michel Cadot

*Préfet de la Région Provence-Alpes-Côte-d'Azur*



# Sommaire

13	Pourquoi un tunnel à Toulon	13
17	Un environnement très contraint	17
21	Le tunnel de Toulon : de l'idée à la mise en service	21
21	Plus de 20 ans d'études préalables	21
	Prise en compte des problèmes de circulation à Toulon	22
	Décisions des différentes collectivités	25
27	Deux phases de réalisation	27
	Un chantier hors normes	33
35	La réalisation du 1 <sup>er</sup> tube - tube Nord	35
	Les chiffres clés du chantier	35
	Les acteurs du projet	35
	Précautions préalables	39
	Le chantier étape par étape	46
	Le 1 <sup>er</sup> tube en chiffres	51
61	La réalisation du second Tube - tube Sud	61
	Les chiffres clés du chantier	63
	Les acteurs du projet	64
	Précautions préalables, l'expérience du 1 <sup>er</sup> tube	66
	Le chantier étape par étape	70
	Le 2 <sup>nd</sup> tube en chiffres	82
89	Une réalisation majeure pour l'aire toulonnaise	89
92	Annexe (Sources, Bibliographie, Sitographie, Glossaire)	92



Av. du XV<sup>e</sup> Corps

Av. Saint-Roch

Bd Commandant Nic  
Bd de Tessé

Rue Gimelli

Place  
Gabriel  
Péri

Place  
de la liberté

Rue Victor

Bd. de Strasbourg

Place  
d'armes

Avenue de la Répu

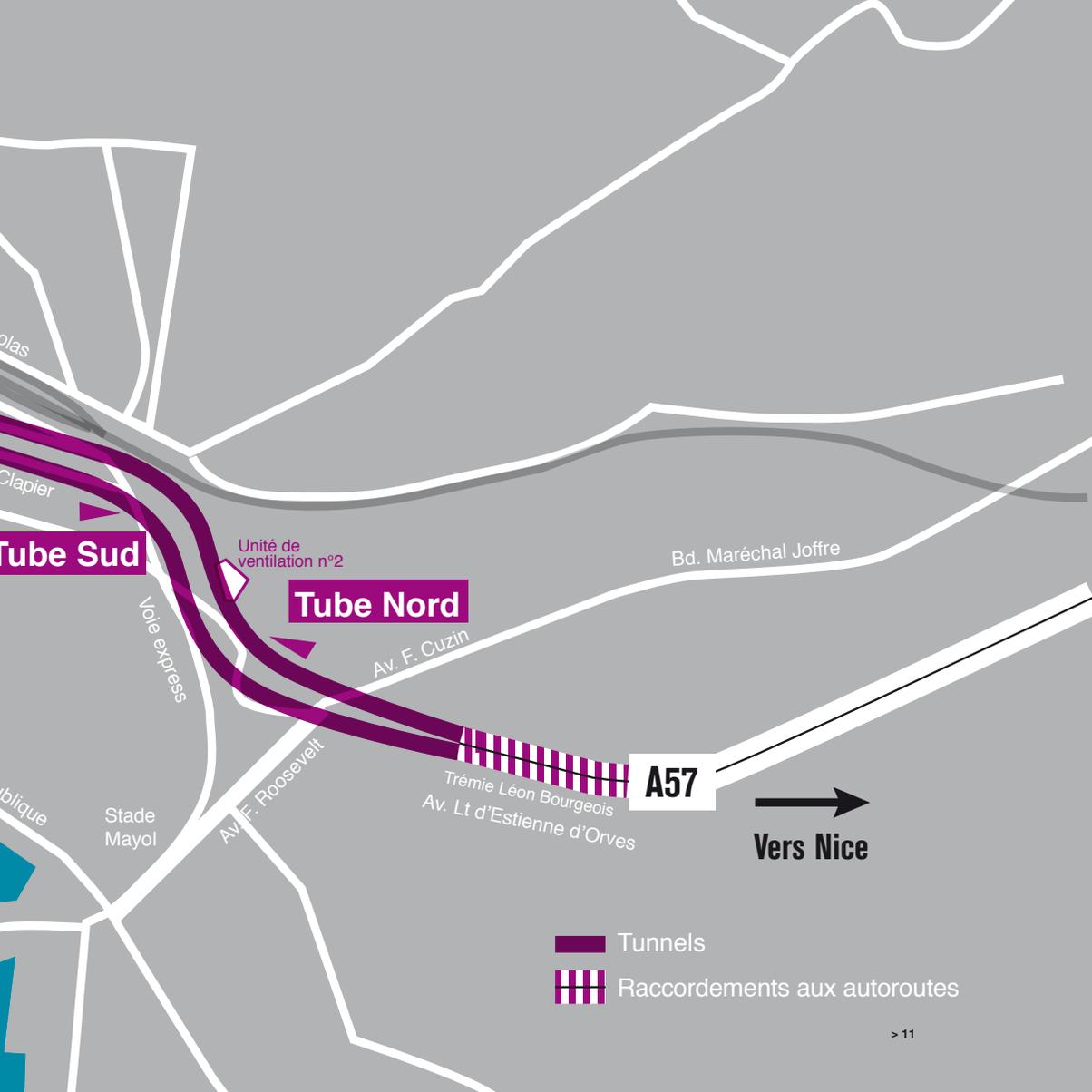
**A50**

**Vers Marseille**

Unité de  
ventilation n°1

Rue R. Guillelard

> 10



**Tube Sud**

Unité de ventilation n°2

**Tube Nord**

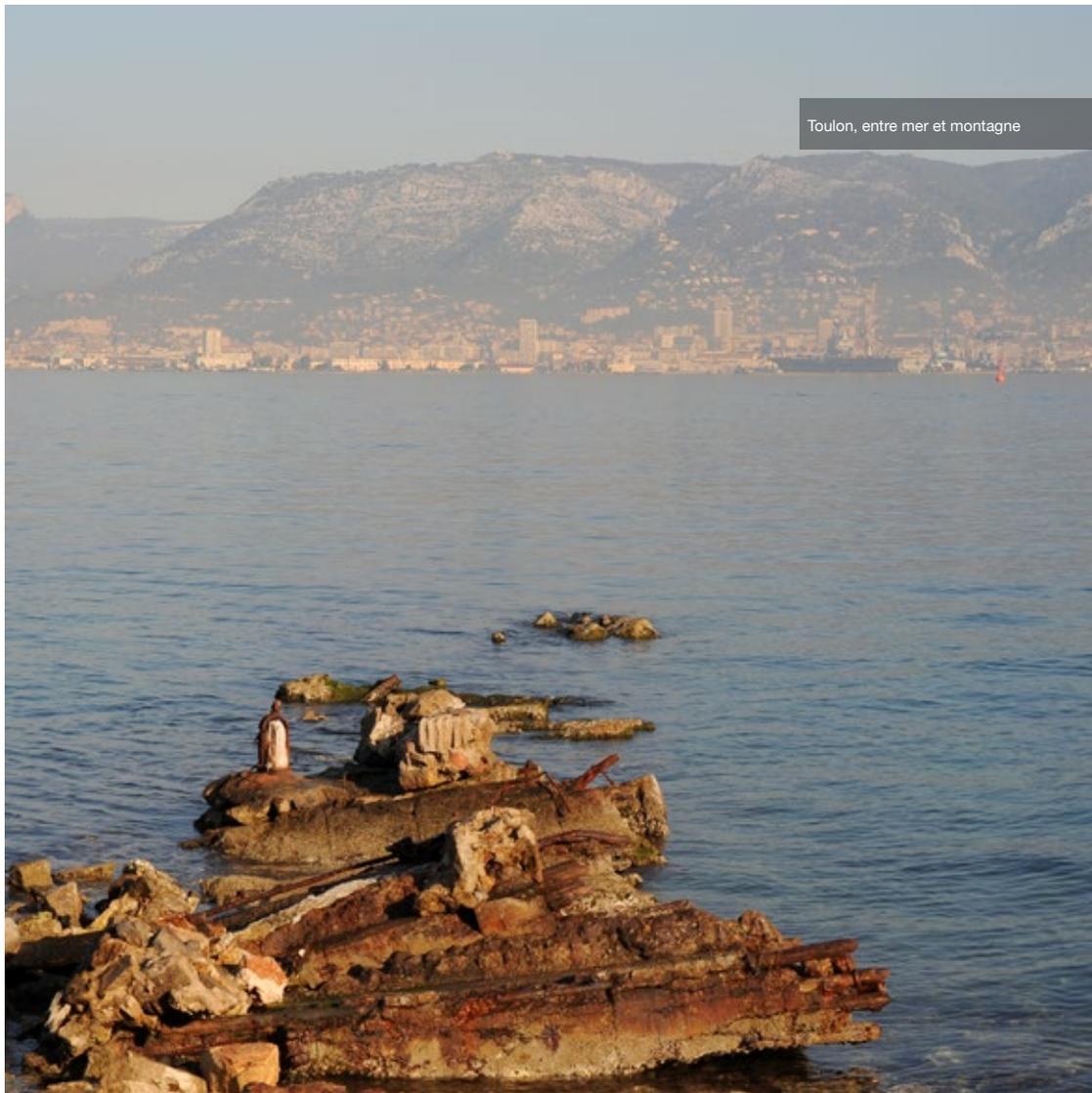
**A57**

**Vers Nice**

Tunnels

Raccordements aux autoroutes

Toulon, entre mer et montagne



# Un tunnel en plein cœur de Toulon

---

## Pourquoi un tunnel à Toulon

Avec 167 813 habitants en 2012, Toulon est la principale ville du Var, sa capitale et le cœur de la communauté d'agglomération Toulon-Provence-Méditerranée (TPM) qui compte environ 450 000 habitants.

Chaque jour, l'agglomération toulonnaise connaît près d'un million de déplacements dont une grande part est effectuée en voiture (65% en 2005).

L'axe A50-A57 concentre l'essentiel des trafics en traversée d'agglomération avec des impacts forts sur la ville, ses habitants et son fonctionnement : pollution, bruit, impacts sanitaires, encombrement de l'espace public, saturation et insécurité routière, ...

Depuis plusieurs années, la communauté d'agglomération Toulon-Provence-Méditerranée (TPM) et la Ville de Toulon ont impulsé de nouvelles dynamiques de développement : rénovation urbaine, redéveloppement de la vocation maritime de Toulon et reconquête du littoral : Grand Projet Rade, technopôle de la mer, pôle de compétitivité mer à vocation mondiale, nouveau schéma universitaire...

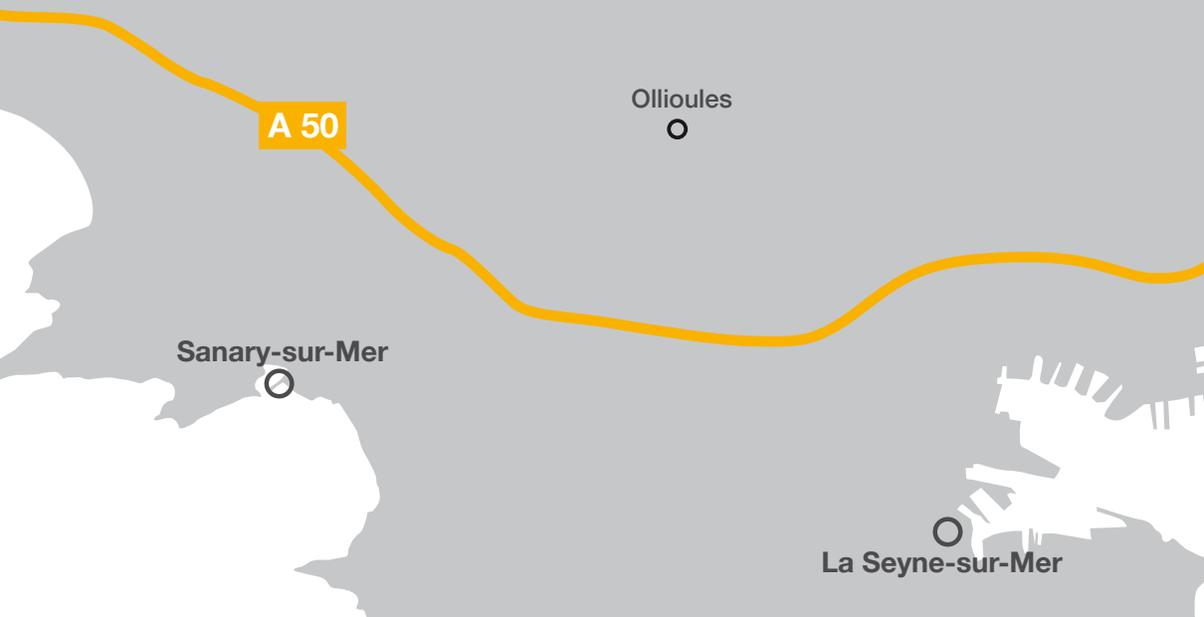
Compte tenu des dynamiques socio-économiques du Var et de l'agglomération toulonnaise, les besoins de déplacements vont continuer à croître de façon significative au cours des prochaines années.

Le Var et l'aire toulonnaise ont donc besoin d'une offre de déplacements adaptée en qualité et en quantité à ces enjeux et ce sur différents modes : route, fer, transports en commun, mobilités douces.

Enfin, le tunnel de Toulon constitue pour la Région PACA un bouclage autoroutier indispensable.

Au-delà de l'objectif de réalisation d'une continuité autoroutière entre l'A50 (à l'Ouest en venant de Marseille) et l'A57 (à l'Est en venant de Nice), la raison d'être du tunnel de Toulon est d'apporter une réponse efficace à ces nombreux besoins de déplacements :

- De délester les axes routiers du centre de Toulon pour faciliter la circulation dans la ville et sa périphérie et permettre le développement des transports en commun ;
- D'améliorer la qualité de vie du centre urbain en réduisant les nuisances liées au trafic auxquelles sont exposés les toulonnais ;
- De faciliter la traversée de Toulon pour le trafic de transit.



Le tunnel est ouvert aux véhicules de transports en commun et aux poids lourds à l'exception des transports de matières dangereuses (TMD) et des véhicules fonctionnant au Gaz Naturel pour Véhicule (GNV). Il permet ainsi à ces véhicules de traverser le centre de Toulon sans difficulté de circulation et avec le plus de sécurité possible.

Le projet de réalisation du tunnel de Toulon s'inscrit en cohérence avec la requalification des espaces littoraux et le développement de l'attractivité de l'aire toulonnaise pour les habitants, le tourisme et l'économie.



Toulon, adossé au Mont Faron

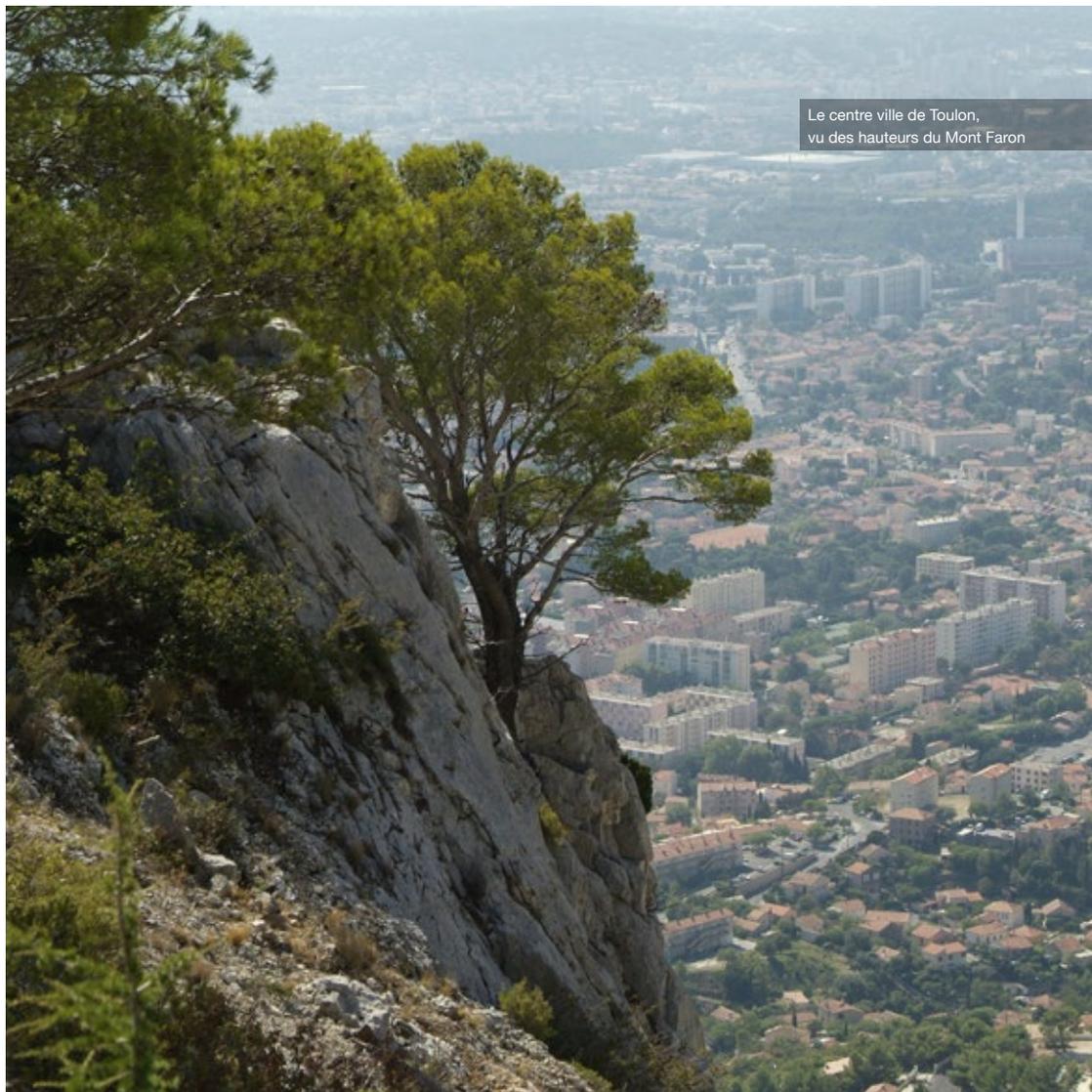


## Un environnement très contraint

La nature du sous-sol de Toulon est très disparate et se caractérise par des strates multiples et hétérogènes : plus de 130 profils géologiques différents ont été recensés sur la longueur du tunnel durant les études préalables.

Le sous-sol toulonnais est aussi concerné par la présence de plusieurs nappes phréatiques dont certaines sont en liaison avec le milieu marin.

Lors des phases de reconnaissance entre 1980 et 1988, le recueil des données sur les couches géologiques constituant le substratum dans le centre toulonnais a permis de prendre la mesure de l'hétérogénéité et la complexité des formations traversées par le projet. En effet, la structuration originelle des couches sédimentaires du sous-sol toulonnais est particulièrement singulière. Les sédiments se déposent habituellement en couches allant du plus ancien au plus récent. Dans le sous-sol toulonnais, cette configuration a, par endroits, été complètement inversée du fait de mouvements de terrain et des séismes à l'origine du Mont Faron.



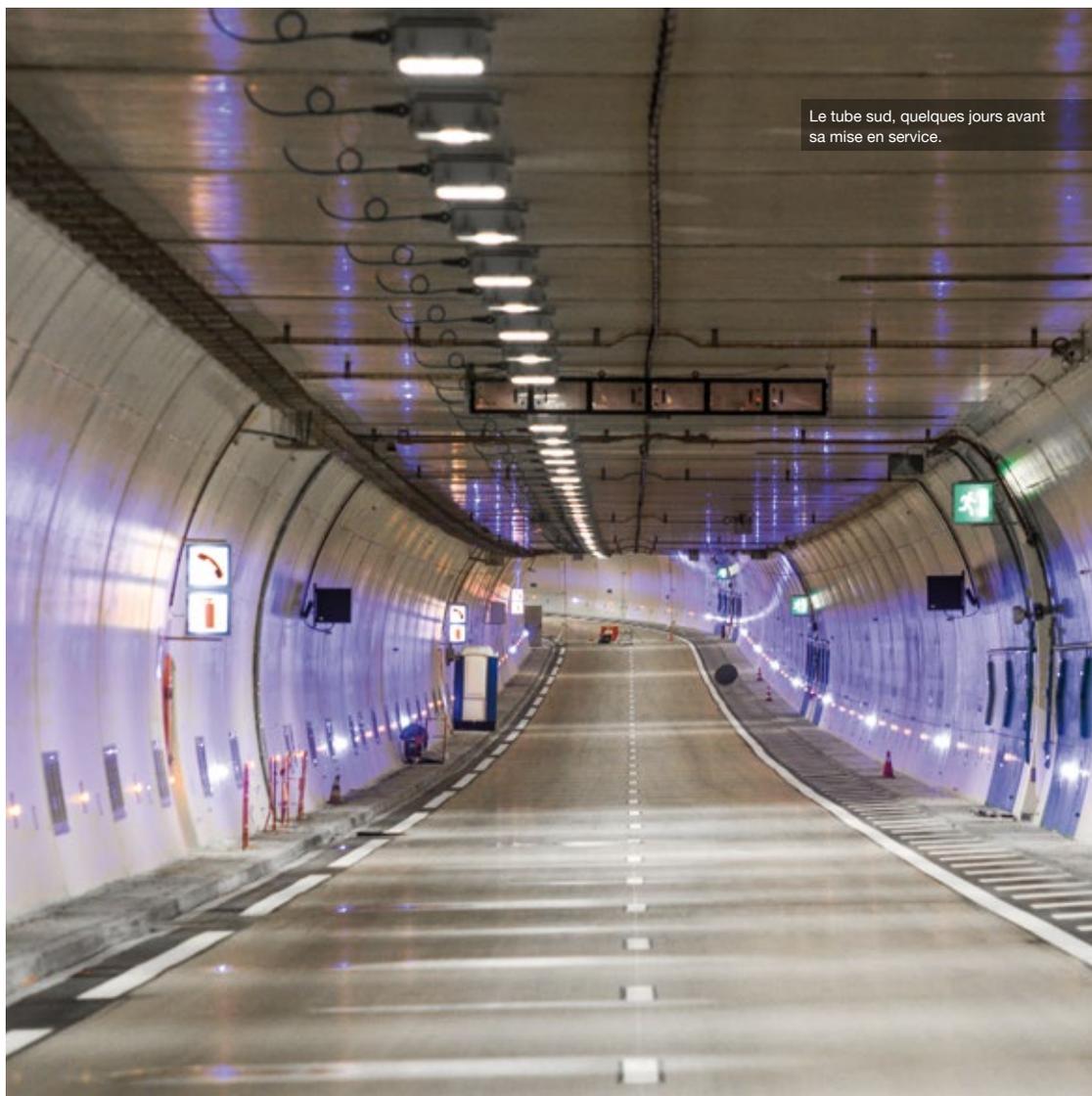
Le centre ville de Toulon,  
vu des hauteurs du Mont Faron

Pour comprendre cet inversion, il convient de voir comment se formaient les couches géologiques à l'ère tertiaire (-65 millions à -2,6 millions d'années). A cette période, les Alpes avec leurs formations calcaires se constituaient au Nord. Au Sud, se trouvaient les témoins d'une autre chaîne de montagne (Hercynienne) représentés actuellement par le massif du Cap Sicié et le massif des Maures. Entre la chaîne des Alpes et ces témoins, le sillon, qui s'étalait de la région toulonnaise jusqu'à la région de Saint-Raphaël, a été comprimé entre ces deux étaux, déplaçant ainsi sur 20 km les terrains de l'ère primaire. Ceci a entraîné une fracturation très poussée et les couches sédimentaires originelles se sont alors retrouvées dans un ordre inverse.

L'agglomération toulonnaise se caractérise par une bande côtière au Sud et un relief montagneux au Nord qui conditionnent des dynamiques de développement autour de la rade de Toulon et selon un axe Est-Ouest.

Le Mont Faron, au Nord de la ville, constitue en effet un obstacle infranchissable et marque la rupture avec les secteurs urbains situés au Sud de ce relief.

Le projet se situe sous le vieux centre-ville de Toulon, constitué d'un important réseau de voiries et d'immeubles, parfois anciens, dont certains s'élèvent jusqu'à 10 étages. Dans les conditions géologiques précitées, la présence de ce bâti a généré des contraintes très fortes pour la réalisation du projet que ce soit sur le plan de la sécurité que de la prise en considération des habitants (confort, sécurité) ou des enjeux de surface.



Le tube sud, quelques jours avant sa mise en service.

# Le tunnel de Toulon : de l'idée à la mise en service

## Plus de 20 ans d'études préalables

La prise en considération des enjeux de circulation liés à la traversée de Toulon est une préoccupation ancienne : déjà, en 1965, la réalisation d'une autoroute avait été envisagée, selon la technique de la tranchée couverte, à travers le centre ville.

En 25 ans, ce ne sont pas moins de 43 projets qui ont ensuite été présentés soit par l'État, par la municipalité ou des groupements privés, et qui n'ont pas connu de suites favorables pour différents types de raisons (préoccupations environnementales, coûts trop élevés, péage...).

De nombreuses décisions administratives ont jalonné cette longue période d'études et de recherches d'un projet idéal de traversée routière de Toulon. Elles ont ainsi contribué à la genèse du tunnel.

## Prise en compte des problèmes de circulation à Toulon

**Le 9 février 1965**, lors d'une réunion au Ministère de la Construction à Paris, il est décidé la création d'un groupe de travail pour étudier les diverses solutions possibles de traversée de Toulon par l'autoroute.

**Le 27 décembre 1969**, le Plan d'Urbanisme Directeur (PUD) de la ville de Toulon est approuvé. Il comporte notamment les 3 projets suivants :

- Le franchissement du centre ville par viaduc de grande hauteur portant une plateforme à 2x3 voies, de façon à relier les 2 autoroutes A50 et A57 également en projet
- Le contournement proche du centre de Toulon par une artère routière à 2x2voies (rocares Nord et Est)
- Le contournement lointain du centre de Toulon par une artère routière à 2x2 voies (voie de contournement du Faron).

**Le 8 octobre 1974**, le principe d'une traversée à péage est retenu lors d'une réunion à Paris au Ministère de l'Équipement.

Ce principe de traversée à péage est ensuite confirmé **le 24 mars 1975** par une lettre de M. le Ministre de l'Équipement à M. le Maire de Toulon qui indique que l'étude de la traversée autoroutière de Toulon par le Sud par la Société ESCOTA (société pressentie comme concessionnaire) se poursuit.

Le lendemain, **le 25 mars 1975**, la Société ESCOTA est officiellement saisie par M. le Directeur des Routes pour l'étude et la concession de la traversée autoroutière de Toulon à gabarit normal. Ce dossier a pour but de connaître les avis des services de l'État et collectivités concernées à travers les différentes procédures préalables à l'enquête d'utilité publique et d'inscrire ce projet au Plan d'Occupation des Sols (POS).

Lors de son approbation le **12 mai 1978**, le POS de Toulon comporte ainsi :

- Le projet de traversée Sud à péage ;
- Le principe d'un projet de voie de contournement du Faron sous une forme autoroutière réduite.

Cependant, des nouvelles orientations du projet sont arrêtées en 1980 dans une lettre de M. le Ministre des Transports adressée à M. le Député-maire de Toulon spécifiant explicitement l'exclusion d'un péage et une traversée souterraine directe, sans échangeur aux extrémités ou en position intermédiaire.

**C'est donc, à partir des années 1980, une traversée souterraine sans péage qui est retenue.**

**Le 19 juillet 1982**, le Conseil Municipal de Toulon confirme :

- L'accord de principe sur la nécessité d'une traversée routière souterraine de Toulon ;
- L'avis favorable sur la réalisation de la première phase : élargissement et dénivellation à la sortie Est de Toulon, de l'avenue Léon Bourgeois à la Palasse ;
- Le report à une date ultérieure de toute décision relative à la solution monotube ou bitube ;
- L'avis défavorable sur le projet basé sur la solution « tranchée couverte ».

De plus, le Conseil Municipal attire l'attention de l'État sur le fait que la traversée intéresse l'ensemble des communes de l'agglomération et qu'il convient d'en discuter avec leurs élus en vue de créer, si besoin est, un syndicat intercommunal.

Plus tard, **le 14 mai 1985**, l'État approuve le dossier de prise en considération de **l'élargissement à 2x3 voies de la sortie Est de Toulon** (établi par ESCOTA) dont les deux premières tranches fonctionnelles sont la section Léon Bourgeois/La Palasse et l'accès autoroutier Est aux tunnels projetés.



Le chantier du tube nord

## Décisions des différentes collectivités

**Le 10 septembre 1985**, lors d'une réunion entre M. le Directeur des Routes et M. le Maire de Toulon pour la reprise du projet, il est convenu de réaliser un Dossier de Prise en Considération (DPC).

**Le 7 mai 1987**, la Direction des Routes écarte la solution à péage pour la traversée de Toulon comme suite à l'examen des études de rentabilité faites conjointement par ESCOTA et la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) du Var.

C'est donc un tunnel public et gratuit financé par la Ville de Toulon, le Département du Var, la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et l'État qui sera décidé **le 16 septembre 1987** par une décision ministérielle approuvant l'opération au bénéfice de l'État pour une solution hors péage à gabarit de 4,30 m et un accès direct sur les autoroutes A50 et A57 avec une étude de projet pour 1,223 milliards de francs.

**Le 15 juin 1988**, une délibération du Conseil Général du Var confirme la participation financière du Département à hauteur de 22,5% du coût des acquisitions foncières et des travaux.

**Le 1<sup>er</sup> juillet 1988**, le Conseil Municipal de Toulon confirme, par délibération, la participation financière de la Ville à hauteur de 22,5%.

**Le 16 janvier 1989**, c'est la commission « aménagement du territoire » du Conseil Régional PACA qui donne son accord pour une participation financière à hauteur de 27,5%.

Premiers terrassements en 1993



## Deux phases de réalisation

**L**e 29 décembre 1989, un avant-projet est approuvé par décision ministérielle, fixant ainsi les caractéristiques, le statut, le coût et les taux de participation entre l'État, la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le Département du Var et la Ville de Toulon.

Le parti d'aménagement retenu par cette décision consiste à réaliser deux galeries indépendantes (une pour chaque sens), d'environ 3 km de long, composées de tranchées couvertes aux extrémités et de tunnels forés dans la partie centrale. Chacune de ces galeries sera empruntée dans un seul sens via une chaussée à 2 voies.

### **Le chantier est alors prévu en 2 phases :**

- Une première phase pour la réalisation du tube Nord (pour assurer le sens Nice-Marseille) et des ouvrages d'accès du futur tube Sud.
- Une seconde phase consistant à construire le tube Sud (pour le sens de circulation Marseille-Nice).

### **Les premiers montants arrêtés sont les suivants :**

- 1,2 milliards de francs pour la 1<sup>ère</sup> phase : réalisation d'un 1<sup>er</sup> tube (tube Nord) et de la totalité des ouvrages d'accès, y compris le réaménagement complet du carrefour Léon Bourgeois, le génie civil des usines de ventilation et la partie correspondante des équipements.
- 0,6 milliard de francs pour la 2<sup>ème</sup> phase : réalisation d'un second tube (tube Sud) et de la partie différée des équipements et des ouvrages de ventilation.

**Le décret du 17 avril 1991 déclare d'utilité publique les travaux de la traversée souterraine de Toulon (liaison entre les autoroutes A50 et A57) et confère à cette liaison le statut autoroutier.**

Zone de contact Tunnel / Tranchée  
couverte lors du percement du  
premier tube.



Après les appels d'offres permettant de sélectionner les entreprises qui réaliseront les travaux, le chantier de réalisation du premier tube peut commencer.

Les grands travaux de génie civil<sup>1</sup> consistant à creuser le tunnel débutent à partir **de 1993**.

**En mars 1996** un accident se produit en raison de l'instabilité particulièrement forte du sous-sol. Un affaissement survient au pont Marchand, sans conséquence pour les vies humaines, le cratère se situant dans un secteur non construit en surface. Le chantier est arrêté pendant 2 ans avant que le creusement ne reprenne **en 1998**.

**En mars 2000**, la jonction est réalisée. Suite à l'incendie du tunnel du Mont-Blanc du **24 mars 1999**, et conformément à la publication d'une circulaire (n°2000-63) renforçant les équipements de sécurité dans les tunnels routiers, des travaux complémentaires de sécurité sont réalisés.

La finalisation des derniers travaux d'équipement conduit à une inauguration et une mise en service **en 2002** dans le sens Nice - Marseille.

Les premières études détaillées pour la réalisation du second tube débutent en parallèle en 2000.

Après les premiers appels d'offres de 2005, les travaux débutent par les tranchées couvertes **fin 2006**. Le creusement commence en **septembre 2007** pour le front Ouest, en **mai 2008** pour le front Est et en **février 2009** pour l'attaque spécifique dite du « puits Marchand ». Cette attaque est mise en place dans le cadre des renforcements de sécurité pris pour éviter que ne se reproduise dans ce secteur, à la géologie délicate, l'accident du Pont Marchand survenu en 1996 sur le 1<sup>er</sup> tube. Pour prendre en compte les difficultés particulières du sous-sol il s'agit d'effectuer un creusement très lent et précautionneux, avec des mesures de soutènement exceptionnelles.

<sup>1</sup> Le Génie civil représente l'ensemble des techniques concernant les constructions civiles. Il s'agit des travaux de conception, réalisation, exploitation et réhabilitation d'ouvrages de construction et d'infrastructures.

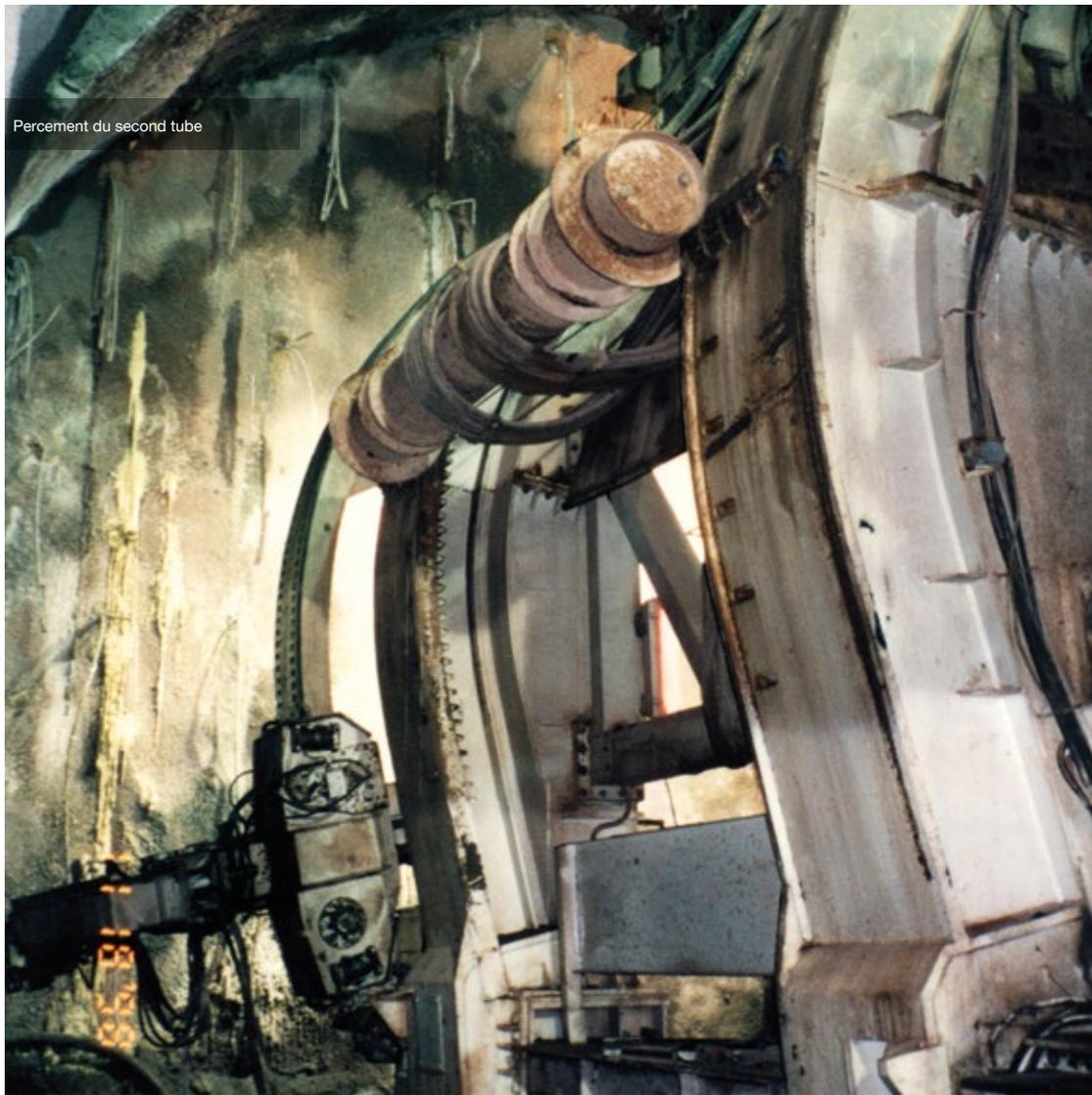
Malgré ces dispositions préventives, l'attaque spécifique du « Puits Marchand » puis du front Est doivent être arrêtées en **août 2009** suite à des signes de tassements différentiels préoccupants au niveau de l'immeuble « l'Esplanade », situé juste au-dessus. Après un relogement préventif des habitants et la recherche d'une solution de reprise du creusement en sécurité (grâce à la réalisation d'injections de compensation<sup>2</sup>), les travaux reprennent en **juillet 2010**.

Malgré d'autres phases délicates (passage sous la Chapelle des maristes Sainte Rita, voies d'eau liées à des nappes souterraines surabondantes en raison d'une pluviométrie exceptionnelle, ...), le percement du tunnel est réalisé en **mars 2011**. Une fois le génie civil achevé, les travaux d'équipement du tunnel, l'élargissement transitoire de l'A57, le poste de contrôle du trafic et l'ensemble des procédures de sécurité conduisent à une marche à blanc du tunnel (tests de fonctionnement grandeur nature préalable à l'ouverture au public) fin 2013.

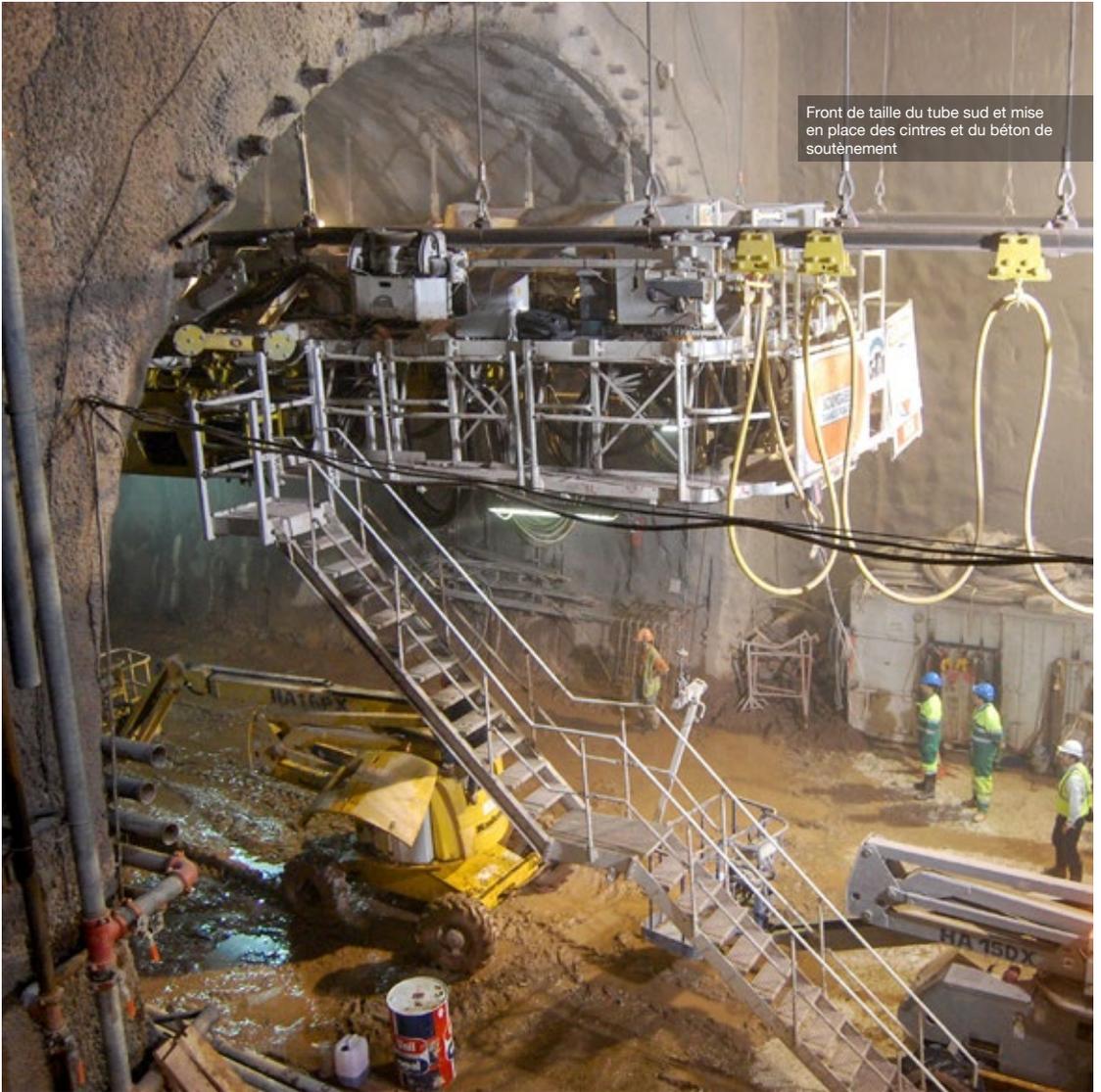
## La mise en service du second tube du tunnel de Toulon aura lieu en 2014.

<sup>2</sup> L'injection de compensation est une technique utilisée pour contrôler et réduire les tassements superficiels du sous-sol qui peuvent apparaître lors du creusement d'un tunnel. Le principe consiste à injecter du coulis de ciment (mélange de ciment, d'eau et de sable très fin) entre le tunnel en cours de creusement et les fondations des ouvrages de surface pour compenser l'affaissement du terrain.

Perçement du second tube



Front de taille du tube sud et mise en place des cintres et du béton de soutènement



# Un chantier hors normes

Les enjeux de la réalisation du tunnel de Toulon sont considérables. La réalisation d'un tel ouvrage relève d'une procédure de chantier spécifique compte tenu des particularités de ce type de chantier souterrain réalisé sous une ville bâtie.

Par ailleurs, suite à l'incendie dans le tunnel du Mont-Blanc le 24 mars 1999, les réglementations françaises puis européennes concernant les tunnels ont fortement évolué en matière de sécurité, notamment avec la loi du 10 juillet 2000 ainsi qu'une directive européenne d'avril 2004 applicables aux tunnels de plus de 300 mètres sur le réseau de transport européen. Le tunnel de Toulon est en conformité avec l'ensemble de ces réglementations.

Les techniques de creusement et soutènement employées **pour les deux tubes** comprennent **trois étapes** qui s'enchaînent en continu à des rythmes variables selon les caractéristiques du sous-sol :

- Une première étape de **préparation** consiste en la mise en place de mesures de pré-soutènement telles que des tubes pétroliers ou tiges en fibre de verre dans la section creusée, des voutes parapluie au dessus du front ou du jet-grouting au dessous. Cette étape permet de sécuriser le front avant le creusement par des engins d'excavation et de contrôler les phénomènes de tassement.
- La seconde étape est celle de **l'excavation** qui consiste à extraire les matériaux du front avec une fraise mécanique rotative, lequel progresse ainsi d'environ 1,50 m par jour.
- La séquence se termine par une troisième étape, dite de **consolidation et bétonnage**, qui consiste à poser des cintres métalliques sur le linéaire creusé et le renforcer par une voûte en béton projeté.

Percement du premier tube et  
projection de béton sur les parois



# La réalisation du 1<sup>er</sup> tube Tube Nord

## Les chiffres clés du chantier

### **Nombre de personnes mobilisées**

- Un maximum de 400 personnes a travaillé en même temps sur le chantier

### **Durée du chantier : 9 ans**

- 1993 : début du chantier
- 1996 : un effondrement survient au Pont Marchand - Arrêt des travaux
- 1998 : reprise des travaux
- 2002 : inauguration et mise en service

### **Répercussions en termes d'emploi**

- Le nombre d'emplois directement liés au chantier à l'occasion de la construction du 1<sup>er</sup> tube du tunnel de Toulon est estimé à 3 000.

## Les acteurs du projet

De nombreux acteurs ont été mobilisés pour mener à bien cette réalisation hors normes : du maître d'ouvrage (entité responsable du projet), au maître d'œuvre (entité qui a la charge de la conception de l'ouvrage) aux bureaux d'études et diverses entreprises et partenaires (cf. liste détaillée en annexe) qui ont en charge la construction de l'ouvrage.

### **Répartition du financement du tube Nord**

**État : 27,5 % - Région PACA : 27,5 %**

**Conseil Général du Var : 22,5 % - Ville de Toulon : 22,5 %**

### **Montant total de l'opération du 1<sup>er</sup> tube : 351,5 M€ dont :**

- 15 M€ pris en charge à 100% par l'État pour la reprise de l'effondrement, non inclus aux clés de financement présentées ci-dessus
- 33 M€ de dépenses supplémentaires liées au renforcement des équipements de sécurité (suite à l'incendie du tunnel du Mont-Blanc en 1999)

## LIAISON A50 - A57 - TRAV

Mois

AOUT 1988

Jours

1

6

12

18

24

31

2

1

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

125

0

1

&gt; 96

# VERSÉE SOUTERRAINE DE TOULON

SEPTEMBRE

OCTOBRE

6

12

18

24

30

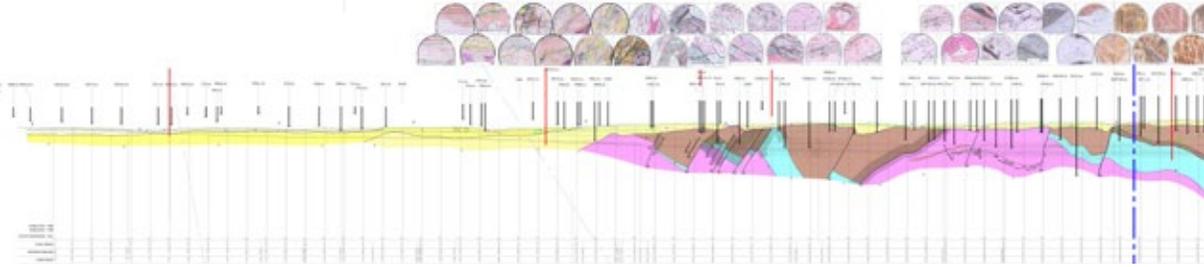
6

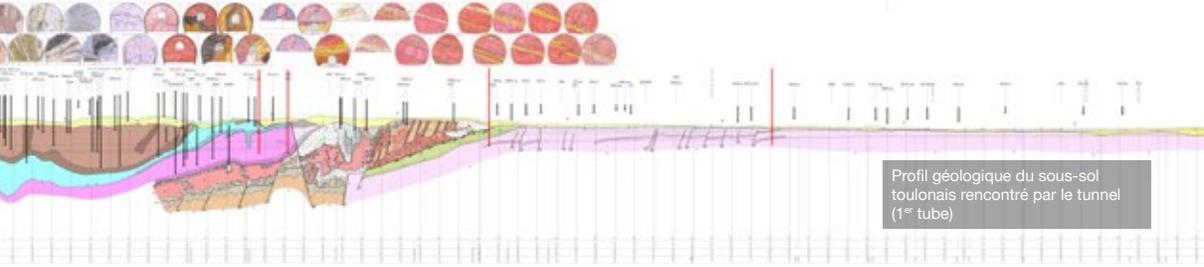
12

18

24

Relevé de sismographe lors des études préliminaires au percement du tube nord.





## Précautions préalables

### Études géologiques

Compte tenu des caractéristiques géologiques complexes du sous-sol de Toulon, des puits et tunnels d'exploration ont été mis en place afin :

- De recueillir de nombreuses informations sur la nature du terrain à forer et la méthode de perforation à mettre en œuvre pour le tunnel ;
- De mesurer le nombre et les profondeurs des nappes phréatiques ;
- De relever avec précision les données géotechniques préparatoires à ce grand ouvrage.

236 forages ont été réalisés dans ce cadre pour le tube Nord.

### Hydrologie

L'écoulement des nappes pouvant être modifié à l'occasion des travaux, des techniques pointues d'étanchéité ont été utilisées pour limiter les impacts et éviter des inondations problématiques.



Carotte : le carottage est le prélèvement d'un échantillon du sous-sol terrestre (ou marin) obtenu à l'aide d'un tube appelé carottier que l'on fait pénétrer dans le sous-sol. L'échantillon ainsi obtenu s'appelle une **carotte**.

Galerie d'exploration pour les études du sous-sol

petites poutres (ferme)

des bords à  
pas fin à moyen

Poz 10  
Front 31



Avant le début des travaux, des puits et des galeries d'exploration ont été creusés sur la totalité du tracé du tunnel. Ces galeries très étroites et basses permettent de contrôler la géologie du sous-sol.

Dans les fronts de taille ultérieurs, ces galeries apparaissent très souvent.

DG2 le 3. XI. 88  
on remarque la  
nécessité d'utiliser  
le matériel piqueur  
pour extraire les  
cailloux calcaires  
localement cimentés  
(entre 5,50 et -7,40m)



MESURE: Obis	MESURE: 1	Date: 09.12.88	Date: 17.10.88	Date: 24.10.88
COTES $\Delta^{mm}$				
18.9241 0	18.9239 -0.2	18.9241 0	18.9241 0	18.9241 0
17.8879 -0.1	17.8880 +0.1	17.8882 +0.2	17.8881 +0.1	17.8881 +0.1
18.7703 -0.4	18.7701 -0.2	18.7703 -0.4	18.7703 -0.4	18.7703 -0.4
18.5622 -0.4	18.5619 -0.3	18.5621 -0.5	18.5622 -0.4	18.5622 -0.4
17.8819 -0.2	17.8820 +0.1	17.8821 0	17.8822 +0.1	17.8822 +0.1
19.3865 +0.3	19.3867 +0.2	19.3867 +0.5	19.3866 +0.4	19.3866 +0.4
18.0985 0	18.0985 0	18.0986 +0.4	18.0986 +0.4	18.0986 +0.4
18.6182 -0.4	18.6181 -0.1	18.6183 -0.3	18.6184 -0.2	18.6184 -0.2
21.1081 -0.4	21.1077 -0.4	21.1078 -0.7	21.1078 -0.7	21.1078 -0.7
20.9547 -0.4	20.9550 +0.3	20.9552 +0.1	20.9551 0	20.9551 0
21.6937 -0.5	21.6933 -0.2	21.6935 -0.7	21.6936 -0.6	21.6936 -0.6
22.3845 -0.5	22.3842 -0.3	22.3844 -0.6	22.3844 -0.6	22.3844 -0.6
22.4641 -0.1	22.4640 -0.1	22.4642 0	22.4643 +0.1	22.4643 +0.1
21.5599 0	21.5599 0	21.5600 +0.4	21.5600 +0.1	21.5600 +0.1
21.5317 +0.1	21.5316 -0.1	21.5318 +0.2	21.5319 +0.3	21.5319 +0.3
21.5763 +0.2	21.5761 -0.2	21.5763 +0.2	21.5762 +0.1	21.5762 +0.1
21.3947 +0.1	21.3947 0	21.3948 +0.2	21.3948 +0.2	21.3948 +0.2
20.8805 +0.1	20.8805 0	20.8806 +0.2	20.8807 +0.3	20.8807 +0.3

Planche manuscrite de suivi du bâti

Front de taille du tube nord et  
galerie d'exploration



### **Pollution atmosphérique**

L'objectif poursuivi a été de limiter la pollution, dans l'environnement des immeubles d'habitation les plus exposés, à des niveaux compatibles avec les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Le tunnel va permettre de diminuer la pollution globale émise. En cas de pollution trop importante à l'intérieur du tunnel, des dispositions techniques ont été prises pour permettre la dilution des polluants ou son extraction via les unités de ventilation. Cette dernière disposition reste exceptionnelle puisqu'elle n'a jamais été mise en œuvre à ce jour depuis la mise en service du tube Nord.

### **Protection du patrimoine archéologique** : prospection préalable

Cette prospection a eu pour but d'évaluer les probabilités de découvertes de vestiges dans les parties du projet en tranchées ouvertes, au niveau des puits d'accès éventuels et à l'emplacement des usines de ventilation.

### **Sécurité**

En amont de la réalisation du tube Nord, une attention particulière a été accordée aux conditions de sécurité du projet de traversée souterraine. Le Préfet du Var a créé, par arrêtés du 10 mars 1988 et du 18 avril 1988, une commission chargée de l'étude et de la mise en œuvre des moyens de sécurité afférents aux ouvrages de la traversée souterraine de Toulon. Cette « commission de sécurité » a tenu cinq assemblées plénières et des réunions techniques qui ont débouché sur des propositions concrètes approuvées par arrêté préfectoral le 5 janvier 1989.

Cette procédure est conforme aux deux circulaires qui s'appliquent aux tunnels sous maîtrise d'ouvrage de l'État à cette époque :

- **Circulaire interministérielle N°76-44 du 12 mars 1976**, relative à la réglementation de la circulation dans les tunnels des véhicules routiers transportant des matières dangereuses ;
- **Circulaire interministérielle N°81-109 du 29 décembre 1981**, définissant les dispositifs et équipements de sécurité et les mesures d'exploitation à prévoir dans les tunnels routiers du réseau national.

Accès chantier coté Est en 1995



# Le chantier étape par étape

- **Lancement des travaux préparatoires entre 1991 et 1992** suite à l'obtention de la DUP :

Novembre 1991 : les premiers travaux de déplacements de réseaux sont lancés

Novembre 1992 : les premiers travaux de génie civil avec la construction du puits d'attaque central situé dans la gare de marchandises de Toulon démarrent.

- **Avril 1993** : début de la construction des ouvrages d'accès Est et Ouest
- **1994** : début du creusement sur 3 fronts : Est, Ouest et central
- **Mars 1996** : arrêt des travaux sur le front Est suite à l'apparition d'un cratère d'une trentaine de mètres de diamètre près de la gare, sous d'anciennes fortifications érigées sous Napoléon III.
  - Suite à cet effondrement, une mission a été confiée à des experts internationaux pour déterminer la cause de cet accident et pour définir les modalités techniques et financières d'achèvement des travaux. L'expertise a alors mis en évidence une géologie plus complexe que celle détectée lors des reconnaissances préalables et des circulations d'eau qui n'avaient pas pu être estimées à leur juste niveau.
  - La méthode de réalisation du tunnel a alors été fortement modifiée et les équipes de maîtrise d'œuvre renforcées.
  - Le suivi des constructions en surface a été considérablement renforcé afin de prévenir tout nouveau mouvement.
  - L'État, responsable des études et de la surveillance des travaux, a pris à sa charge les travaux de reprise de la zone effondrée.
- **Novembre 1996 à janvier 1997** : travaux de confortement – le percement du tube est arrêté pour mettre le chantier en sécurité.

Front de taille Est et galerie d'exploration



**1998** : reprise du percement

**Décembre 1998 à janvier 2001** : travaux d'achèvement de l'ouvrage souterrain

**Mars 2000** : jonction des fronts Ouest et Est et fin des travaux d'excavation

**Août 2000** : Fin des travaux de revêtement définitif du tunnel

Suite à l'incendie du tunnel du Mont-Blanc survenu le 24 mars 1999, deux circulaires sont publiées concernant uniquement les ouvrages de l'État de plus de 300 m :

- La circulaire interministérielle n°2000-63 du 25 août 2000 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national, modifiant la circulaire interministérielle n°81-109 du 29 décembre 1981 ;
- La circulaire n°2000-82 du 30 novembre 2000 relative à la réglementation de la circulation des véhicules routiers transportant des matières dangereuses (TMD), modifiant la circulaire interministérielle n°76-44 du 12 mars 1976.

**2000 - 2001** : premiers travaux de sécurité supplémentaires pour la réalisation du tunnel de Toulon aux normes « Mont-Blanc »

- Mise en communication des abris avec la gaine d'air frais utilisée comme cheminement piétonnier ;
- Augmentation du débit de désenfumage
- Création d'un système d'aide à l'exploitation intégrant la gestion de la circulation sur les autoroutes d'accès.

**Le tunnel de Toulon devient alors le premier tunnel urbain à bénéficier de ces nouvelles normes de sécurité.**

**Mars 2001** : consultation du Comité d'évaluation de la sécurité des tunnels routiers (CESTR) qui ajoute plusieurs aménagements induisant une série de mesures de sécurité complémentaires, impliquant de nouveaux travaux :

- Réalisation de 3 abris côté Nord (ventilés, sas double-porte, ...) pouvant accueillir 50 personnes. Ces abris communiquent en partie centrale du tunnel avec la gaine d'air frais par des escaliers pour la mise en sécurité et l'évacuation des usagers en cas d'incendie ;
- Réalisation d'escaliers de secours menant à la surface, au niveau des tranchées couvertes ;
- Sécurisation de la gaine de ventilation par la mise en place sous la dalle en zone centrale d'un revêtement isolant testé en laboratoire capable de résister pendant deux heures à des feux d'hydrocarbures très agressifs ;
- Installation d'une vidéosurveillance sur la totalité de l'ouvrage ;
- Mise en place d'un véhicule de pompiers étroit (VST : véhicule sécurité tunnel) dédié à la circulation sur la voie de secours du tunnel équipé d'une caméra thermique, d'une cabine arrosée, de vitres blindées et d'un système d'extinction commandé depuis l'intérieur de la cabine.

**Jusqu'à juin 2002** : travaux d'équipement une fois les travaux de sécurité réalisés.

**Mars 2002** : avis favorable définitif du Comité national d'évaluation de la sécurité dans les ouvrages routiers.

**6 juillet 2002** : inauguration du premier tube

**19 septembre 2002** : mise en service du premier tube

Les bénéfices déjà observés depuis la mise en service du 1<sup>er</sup> tube

- Fluidification du trafic en entrée Est de la ville de Toulon pour les usagers en transit ;
- Diminution des nuisances sonores pour les riverains des voies de surface du centre ville libérées du trafic de transit de l'Est vers l'Ouest ;
- Amélioration de la qualité de l'air constatée sur les zones urbaines et en centre-ville, dont la zone piétonne, et sur la partie Est de Toulon.

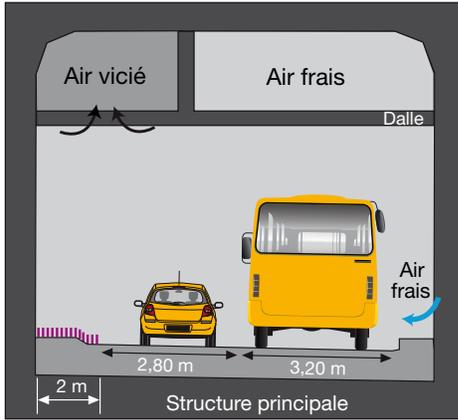


Schéma d'une tranchée couverte

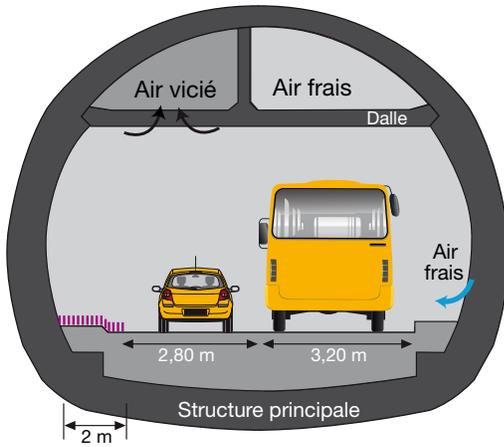


Schéma du tunnel

# Le premier tube en chiffres

---

Longueur totale de l'ouvrage : **3 333 m**

Longueur de couverture : **2 969 m**

**1 847 m** de tunnel creusé à une profondeur maximale de 25 m

**485 m** de tranchée couverte à l'Ouest et **637 m** à l'Est

**225 m** de trémie à l'air libre à l'Ouest et **139 m** à l'Est

## Profil en travers

- **Largeur entre piédroits<sup>3</sup>**

---

9,20 m pour les tranchées couvertes Ouest/Est - 9,48 m pour le tunnel

- **Largeur roulable : 7,60 m**

- **Trottoir de droite (non franchissable)**

---

0,8 m pour les tranchées couvertes Ouest/Est - 0,94 m pour le tunnel

- **Bande dérasée de droite : 0,4 m**

---

• **Largeur de chaussée** : Voie lente : 3,20 m - Voie rapide : 2,80 m

- **Bande dérasée de gauche : 1,20 m**

- **Trottoir de gauche (franchissable)**

---

0,8 m pour les tranchées couvertes Ouest/Est - 0,94 m pour le tunnel

- **Gabarit routier : 4,30 m**

- **Hauteur libre sous dalle : 5,25 m**

- **Hauteur réservée aux équipements : 0,45 m**

- **Dévers : 2% en section courante et 3% en courbe**

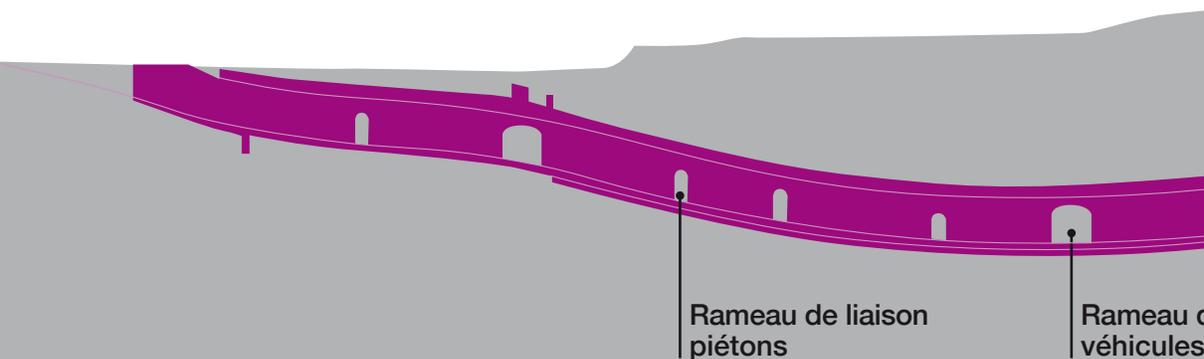
---

<sup>3</sup> Les piédroits correspondent aux murs latéraux de la structure souterraine qui donnent naissance à la voûte

**Protections phoniques : 960 mètres** d'écrans antibruit aux deux extrémités du tunnel

Plusieurs protections ont été prévues en application de « la circulaire du 2 mars 1983 relative à la protection contre le bruit aux abords des infrastructures routières du réseau national » :

- Des buttes de terre et écrans de protection de 2 à 4 mètres de hauteur au droit du CES Pierre Puget et du stade Delaune ;
- L'achèvement de l'opération « Point Noir Bruit - sortie Ouest de Toulon » par la réalisation d'un écran transparent de 2 mètres de hauteur localement surélevé à 4 mètres en bordure de l'A50, et par des murs de 5 mètres de hauteur comportant des ouvertures munies de chicanes reliant entre eux les immeubles de la cité Langevin qui longent l'A50 ;
- Un écran vertical absorbant de 5 mètres de hauteur au Sud des trémies, avec traitement acoustique complémentaire du petit immeuble de 3 étages : « Résidence Guy »
- Un revêtement acoustique absorbant des parois verticales des trémies et tunnels à proximité des têtes
- La mise en œuvre d'enrobés phoniques permettant une réduction supplémentaire du niveau de bruit
- 300 logements traités par isolation phonique de la façade.



### Matériaux utilisés

**643 000 m<sup>3</sup>** de déblais

**40 800 m<sup>3</sup>** de béton projeté

**24 000 tonnes** d'acier mises en oeuvre

### Autres caractéristiques techniques

**195 000 m<sup>2</sup>** d'étanchéité

**30 km** de fibre optique

**145 km** de câbles électriques

### Sécurité (à compter de la mise en service du second tube)

**14 issues de secours** espacées de 200 m environ chacune

**3 issues de secours** directes vers l'extérieur

**11 rameaux intertubes**

**8 rameaux piétons**

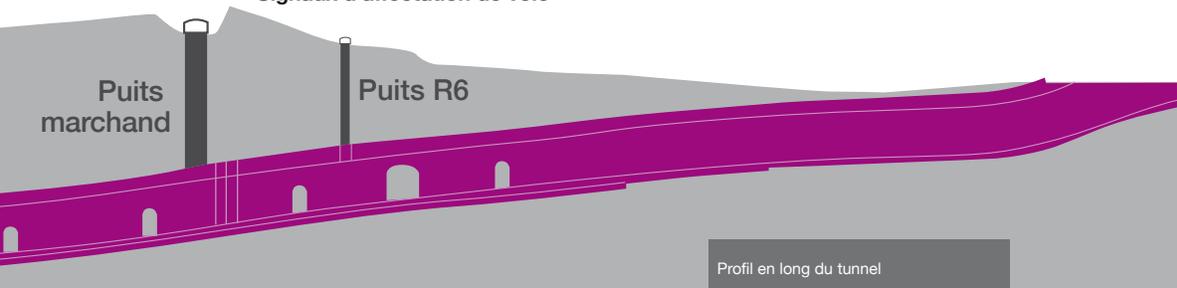
**3 rameaux véhicules de secours**

**16 niches de sécurité** réparties tous les 184 m en moyenne, équipées d'extincteurs et de postes d'appels d'urgence

**40 caméras de surveillance** réparties tous les 100 m dans le tube

**16 panneaux à message variable** au total disposés tous les 400 à 600 m

**Signaux d'affectation de voie**



de liaison  
sécurité

■ Phase de construction



Gaine air vicié

D46



Les galeries de ventilation  
au dessus des tubes



Hélices de l'unité de ventilation



**Ventilation** – 2 unités de ventilation de type transversal

**L'UV 1 Castigneau comprend les équipements suivant pour le 1<sup>er</sup> tube :**

- 3 ventilateurs de soufflage dont 1 de secours
- 3 ventilateurs d'extraction dont 1 de secours
- 3 ventilateurs pour les locaux d'exploitation du tube Nord, à 2 vitesses
- 2 registres<sup>4</sup> by-pass par circuit (2 registres pour l'air frais et 2 registres pour l'extraction) et 1 registre d'isolement par ventilateur

**L'UV 2 Commandant Marchand est composée de :**

- 3 ventilateurs de soufflage dont 1 de secours
- 2 ventilateurs d'extraction avec secours mutuel possible
- 3 ventilateurs pour les locaux d'exploitation du tube Nord, à 2 vitesses
- 2 registres by-pass pour le circuit frais, 4 registres by-pass pour le circuit d'extraction et 1 registre d'isolement par ventilateur

Pour mémoire, lors de l'exploitation du tunnel Nord seul (2002 - début 2014), cet ouvrage disposait d'un véhicule sécurité tunnel et de 3 abris sécurisés spécifiques pour l'évacuation des usagers par les services de secours.

<sup>4</sup> Dispositif permettant l'ouverture ou fermeture des conduits d'aération.



Unité de ventilation 1

## Circulation

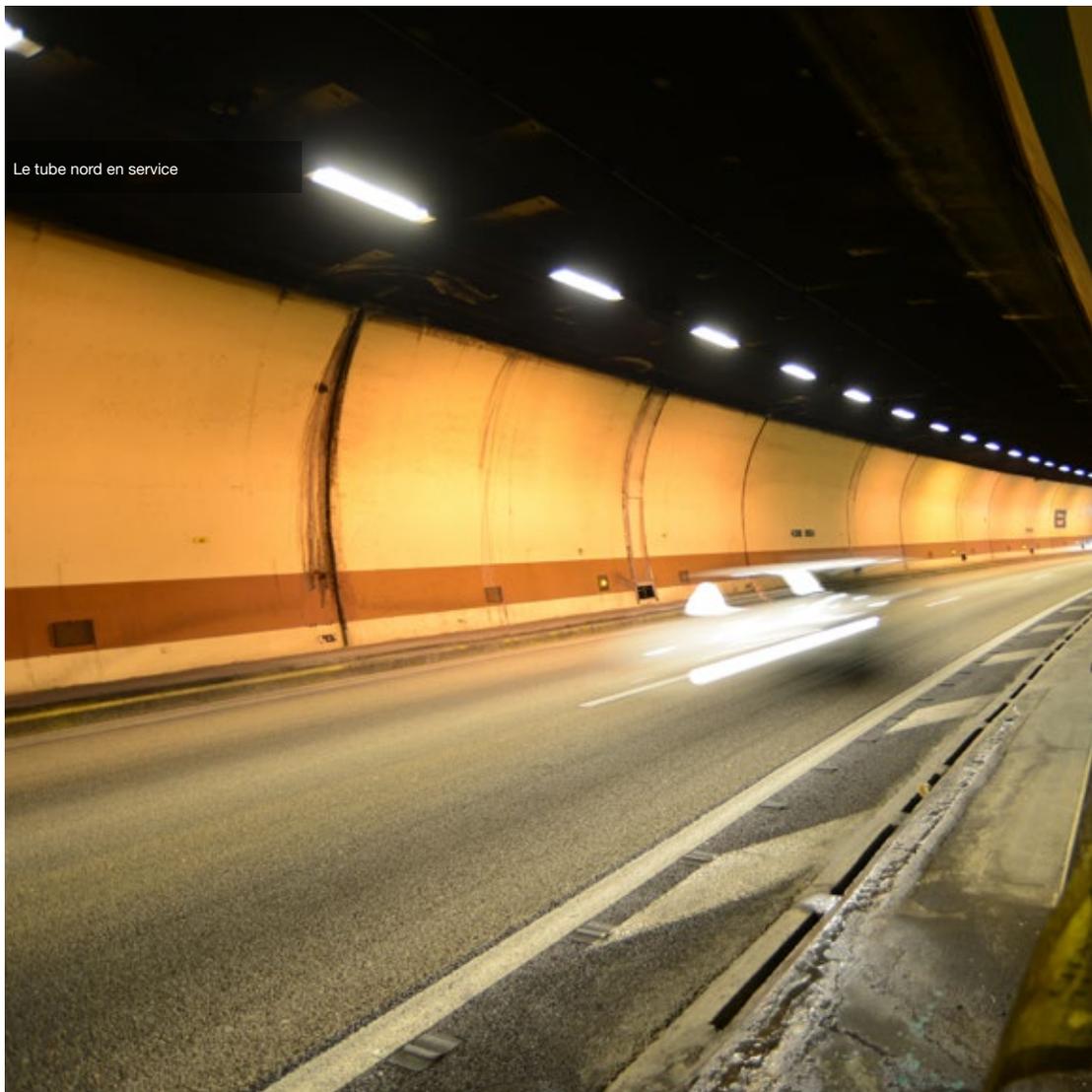
- 2 voies à sens unique dans le sens Est/Ouest (Nice - Marseille)
- Vitesse maximale autorisée : 70 km/h. Le tunnel est équipé d'un radar « tronçon » détectant un dépassement de la vitesse moyenne autorisée, depuis 2013
- Le tunnel est équipé d'un radar automatique de détection des TMD depuis juillet 2004
- Hauteur maximale des véhicules : 4,30 m
- Pour des raisons de sécurité, avant la mise en service du tube Sud, 3 types de véhicules étaient interdits à la circulation dans le tube Nord :
  - Les véhicules TMD et les véhicules GNV
  - Les poids lourds de plus de 19 tonnes
  - Les véhicules de transport en commun

Avec la mise en service du second tube, seuls les TMD et les véhicules GNV restent interdits à la circulation pour les deux tubes du tunnel.

Le trafic moyen annuel est de l'ordre de 30 000 véhicules par jour. Le volume de trafic estimé pour 2014 est d'environ 31 500 véh./j (dont 1 650 poids lourds).

**Durée de vie de l'ouvrage : 100 ans minimum.**

Le tube nord en service





Front de taille du tube sud, coté est en 2001

# La réalisation du second Tube Tube Sud

La mise en service du second tube du tunnel de Toulon permet ainsi :

- De réaliser la continuité autoroutière entre l'A50 venant de Marseille vers l'A57 en direction de Nice
- De délester les axes du centre de Toulon pour permettre de retirer le trafic de transit de l'agglomération toulonnaise et libérer ainsi les rues du centre-ville
- D'ouvrir les deux tubes à l'ensemble des poids lourds et des véhicules de transports en commun, à l'exception des TMD et des véhicules GNV.

Le second tube constitue par ailleurs le complément indispensable du tube Nord. Il renforce considérablement la sécurité en devenant le lieu d'évacuation et d'accès des services de secours en cas de problème dans le Tube Nord.

Ce dernier joue, pour sa part, exactement le même rôle pour le tube Sud.

Sortie de secours du tube sud



## Les chiffres clés du chantier

### **Nombre de personnes mobilisées**

- Près de 300 personnes sur le chantier représentant une vingtaine de corps de métiers
- Les ouvriers travaillent en « 2 x 8 » pendant 5 à 6 jours par semaine

### **Durée du chantier : 7 ans**

- **2007** : début du creusement du front Ouest
- **2008** : début du creusement du front Est
- **2009** : début de l'attaque intermédiaire spécifique du Puits Marchand vers l'Ouest (février)
- **2009** : Arrêt de l'attaque spécifique du Puits Marchand (tassements différentiels au niveau de l'immeuble « l'Esplanade ») et relogement des habitants de l'immeuble (août)
- **2010** : reprise du creusement en sécurité du front Est arrivé au Puits Marchand après la réalisation d'injections de compensation sous l'immeuble « l'Esplanade »
- **2011** : percement du tunnel (jonction des 2 attaques Est et Ouest)
- **2012 – 2013** : travaux d'équipement
- **2014** : mise en service

### **Répercussions en termes d'emploi**

Le nombre d'emplois directement liés au chantier de la construction du second tube est estimé à 1 200.

## Les acteurs du projet

### **Cofinanceurs jusqu'à 292,1 M€**

- État : 27,5 %
- Conseil Régional PACA : 27,5 %
- Communauté d'agglomération Toulon-Provence-Méditerranée : 22,5 %
- Conseil Général du Var : 22,5 %

### **Coût prévisionnel** à terminaison 2013 TTC : 422,1 M€

- 292,1 M€ prévus à la convention initiale (hors aléas)
- 129,9 M€ de surcoût lié aux difficultés de soutènement et au problème de percement sous l'immeuble « l'Esplanade » au niveau de la zone Marchand, préfinancé par :
  - L'État : 50 %
  - Conseil Régional PACA : 18 %
  - Communauté d'agglomération TPM : 16 %
  - Conseil Général du Var : 16 %

La liste de l'ensemble des acteurs ayant contribué à la réalisation du tunnel (tubes Nord et Sud) se trouve en annexe du présent ouvrage.

A 30m sous les pavés de la place de la Liberté... le tunnel.



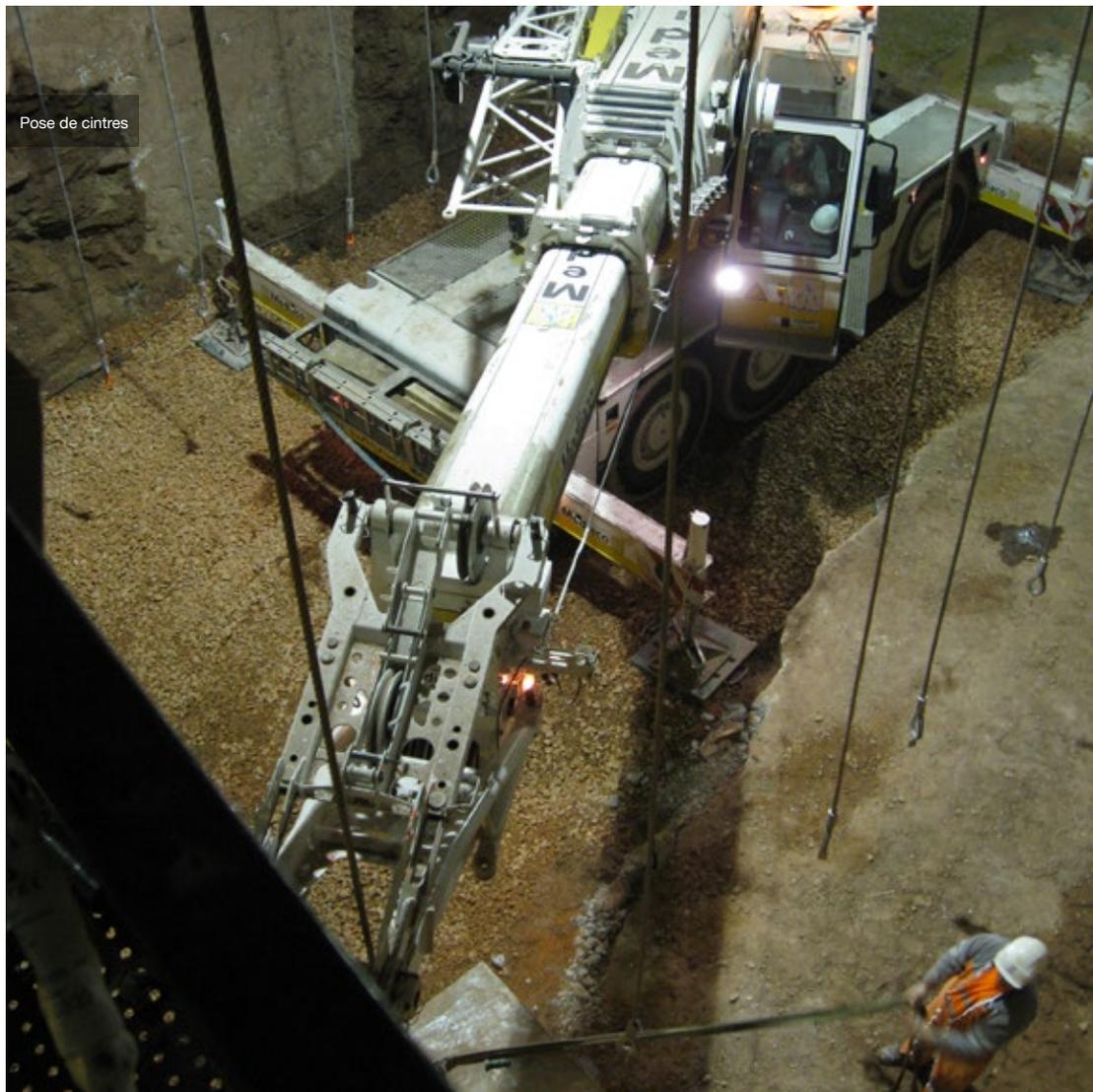
## Précautions préalables, l'expérience du 1<sup>er</sup> tube

Suite à l'expérience du 1<sup>er</sup> tube, des précautions considérables ont été prises préalablement à l'engagement du creusement (aspects techniques et de sécurité).

### Aspects techniques

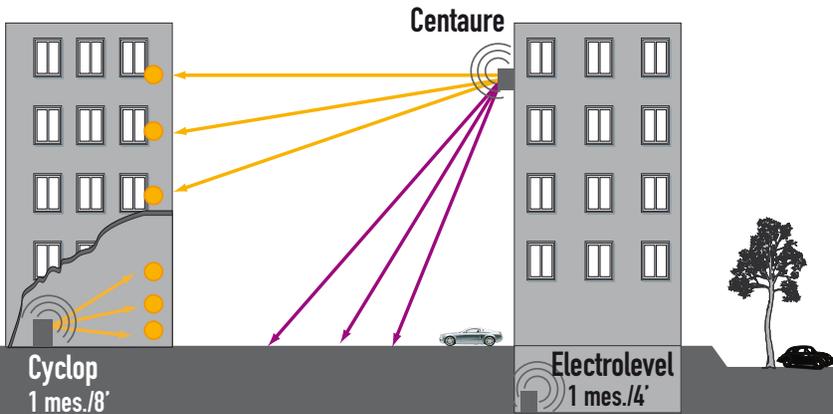
- Des études géologiques et géotechniques très poussées ont été réalisées avant de commencer le creusement avec 18 km de sondages pour 1,8 km de tunnel, ce qui correspond à 20 fois plus d'investigations que pour un chantier de tunnel similaire :
  - Celles-ci ont permis de repérer un principal aléa au niveau de la zone dite « Mayol ». Les conditions géologiques et géotechniques rencontrées étaient comparables à celles du tube Nord dans la zone la plus délicate du pont du Commandant Marchand. Des campagnes de reconnaissances complémentaires de cette zone ont donc été réalisées.
- Au niveau de l'évaluation de la vulnérabilité du bâti, des investigations ont été menées à partir de reconnaissances systématiques de tous les bâtiments situés dans une bande de 80 m autour de l'axe de creusement (entre 2004 et 2005). Une typologie des immeubles a ainsi été dressée corrélant différents facteurs tels que la nature, la fonction, la structure et l'état du bâtiment. Ceci a permis d'établir une stratégie en termes de suivi, de surveillance du bâti et de techniques de creusement au droit des immeubles repérés comme étant les plus vulnérables.
- Un troisième front a été ouvert à partir d'un puits créé spécifiquement au deux tiers du tunnel (le Puits Marchand) pour pouvoir prendre des précautions particulières dans une zone à la géologie repérée comme étant la plus difficile. Le Puits Marchand présentait une forme circulaire de 15 m de diamètre et atteignant 40 m de profondeur. Ce troisième front a permis de réaliser un creusement très lent dans une zone à la géologie particulièrement délicate, située à proximité de celle de l'effondrement du 1<sup>er</sup> tube en 1996.

Pose de cintres

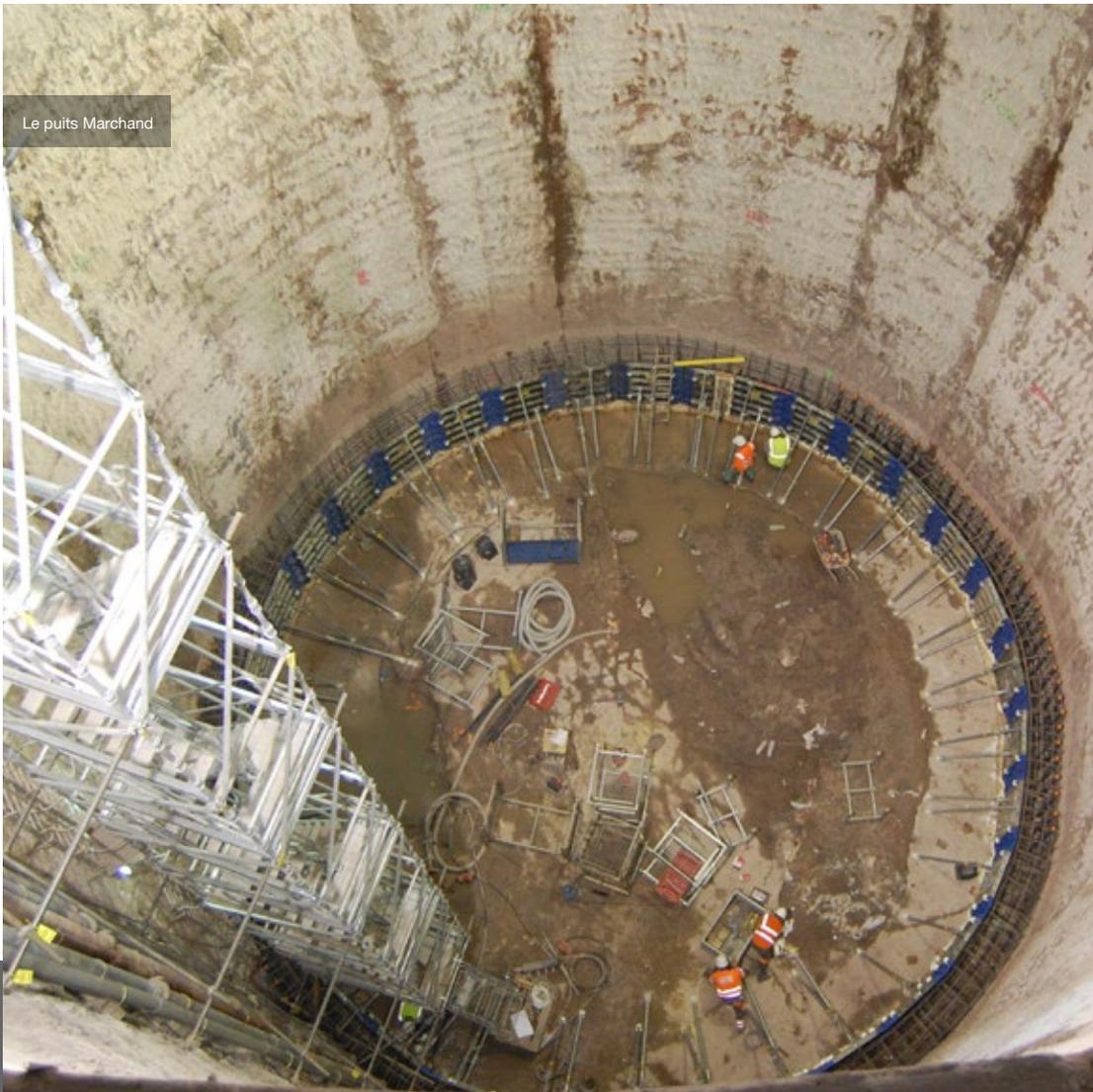


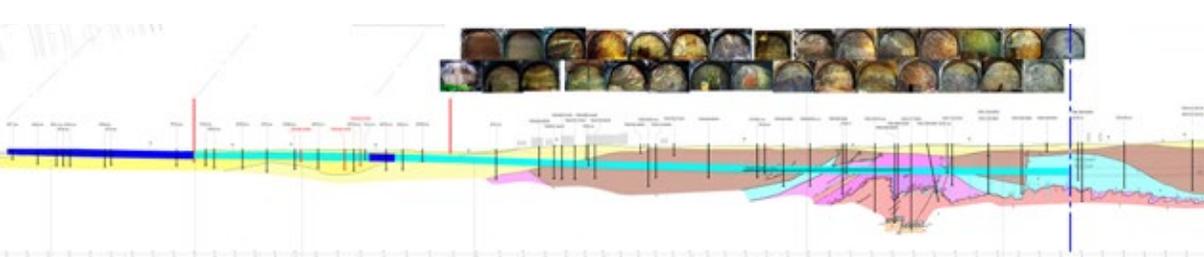
## Conditions de sécurité

Sur l'ensemble du chantier, la sécurité du bâti a été assurée par une surveillance continue des bâtiments. Un réseau dense d'appareils a effectué des mesures automatiques des mouvements du terrain qui ont été rapatriées en temps réel sur une base de données accessible 24 heures sur 24. Ceci a en particulier permis un pilotage extrêmement fin du niveau de soutènement pour le percement du second tube.



Le puits Marchand





## Le chantier étape par étape

**2000 – 2001** : début des études

**2003 - 2005** : désignation du maître d'œuvre et appels d'offres

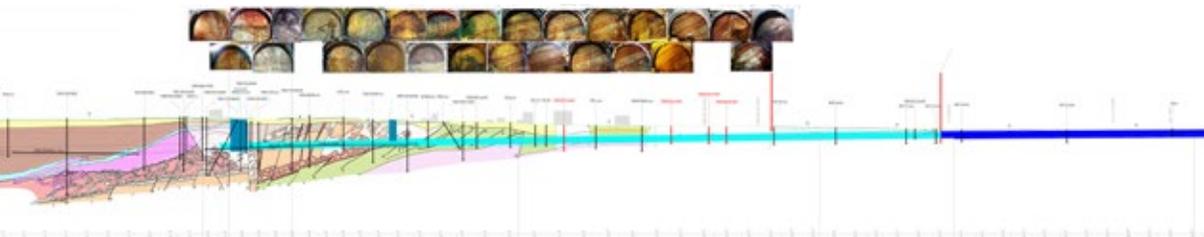
### Démarrage du creusement

- Front Ouest : septembre 2007
  - Front Est : mai 2008
  - Attaque au puits Marchand : février 2009
  - Le rythme moyen quotidien de creusement a été de 1,5 m par jour
- Le pilotage de la vitesse de creusement était conditionné par la qualité du soutènement, elle-même fonction de la qualité du sous-sol rencontré et de la sensibilité du bâti en surface.

**Août 2009** : arrêt de l'attaque spécifique du Puits Marchand en raison des risques de désordres irréversibles dans l'immeuble « l'Esplanade » et dans l'attente d'une solution de reprise du creusement en sécurité.

**Octobre 2009** – Décision de mettre en œuvre des injections de compensation pour stabiliser le sous-sol de l'immeuble « l'Esplanade » en vue de reprendre le creusement à partir du puits Marchand.

- Le comité de pilotage (État / Co-financeurs – Ville de Toulon) décide de proposer un relogement temporaire des habitants de l'Esplanade pendant la finalisation de la phase de percement.
- L'attaque Est rejoint le puits Marchand au même moment. Elle est stoppée dans l'attente de la poursuite du creusement sous l'immeuble « l'Esplanade »



Suite au béton de soutènement,  
mise en œuvre de l'étanchéité





Hangar du puit Marchand et secteur de l'Esplanade. Installation pour les injections de compensation.

## Janvier à juin 2010

- Réalisation des travaux préalables aux injections de compensation
  - Travaux préparatoires aux injections
  - Forages sous l'Esplanade
  - Injections de conditionnement qui consistent à projeter de faibles quantités de coulis de ciment (mélange de ciment, d'eau et de sable très fin) dans les lits de forages supérieurs et inférieurs. Elles permettent une mise en compression du terrain et rendent homogène les réactions du sous-sol. L'objectif n'est pas de soulever le terrain mais de le « conditionner » aux injections de compensation.
- Mise en œuvre des injections de compensation proprement dites selon 3 étapes :
  - Définition d'un programme d'injection en fonction des travaux en tunnel et des prévisions de tassement
  - Travaux d'injections de compensation
  - Bilan quotidien des injections réalisées et de l'évolution des mouvements
- Incitation des occupants à opter pour une solution de relogement temporaire aux frais de l'opération préalablement à la reprise du creusement et proposition aux propriétaires qui le souhaiteraient d'une offre de rachat de leur logement.
- Décision de renforcer le dispositif de surveillance mis en place et de l'accompagner de mesures de sécurisation de l'immeuble et de quelques occupants n'ayant pas souhaité être relogés :
  - Renforcement de la surveillance en continu 24h/24 par la pose d'électronivelles dans le bâtiment et de cyclops (mines et théodolites automatiques) dans la rue. Des observations 24h/24 ont également été assurées par le bureau VERITAS qui a occupé un appartement dans l'Esplanade.
  - Des mesures de sécurisation des appartements et des parties communes ont été réalisées (pose de filets...)
  - Une éventuelle évacuation d'urgence des occupants de l'Esplanade a été préparée en lien avec la procédure communale d'évacuation (dit de « péril imminent »).

**Mai 2010 / Front Ouest :** éboulements souterrains sous la Chapelle des maristes « Sainte-Rita »

- Ralentissement du creusement de l'attaque Ouest compte tenu du sous-sol difficile et du bâti vulnérable
- Travaux de sécurisation de la Chapelle

*Les différents aléas techniques expliquent l'essentiel de l'allongement des délais de réalisation. Ces derniers ont été traités dans des conditions de sécurité maximales et aucun incident majeur n'a été à déplorer.*

**Juillet 2010**

- Reprise de l'attaque spécifique du Puits Marchand en sécurité : passage sous l'Esplanade terminé
  - Reprise du chantier au niveau de l'attaque Est, une fois la zone délicate franchie par l'attaque du puits Marchand

**Percement du tunnel : 3 mars 2011**

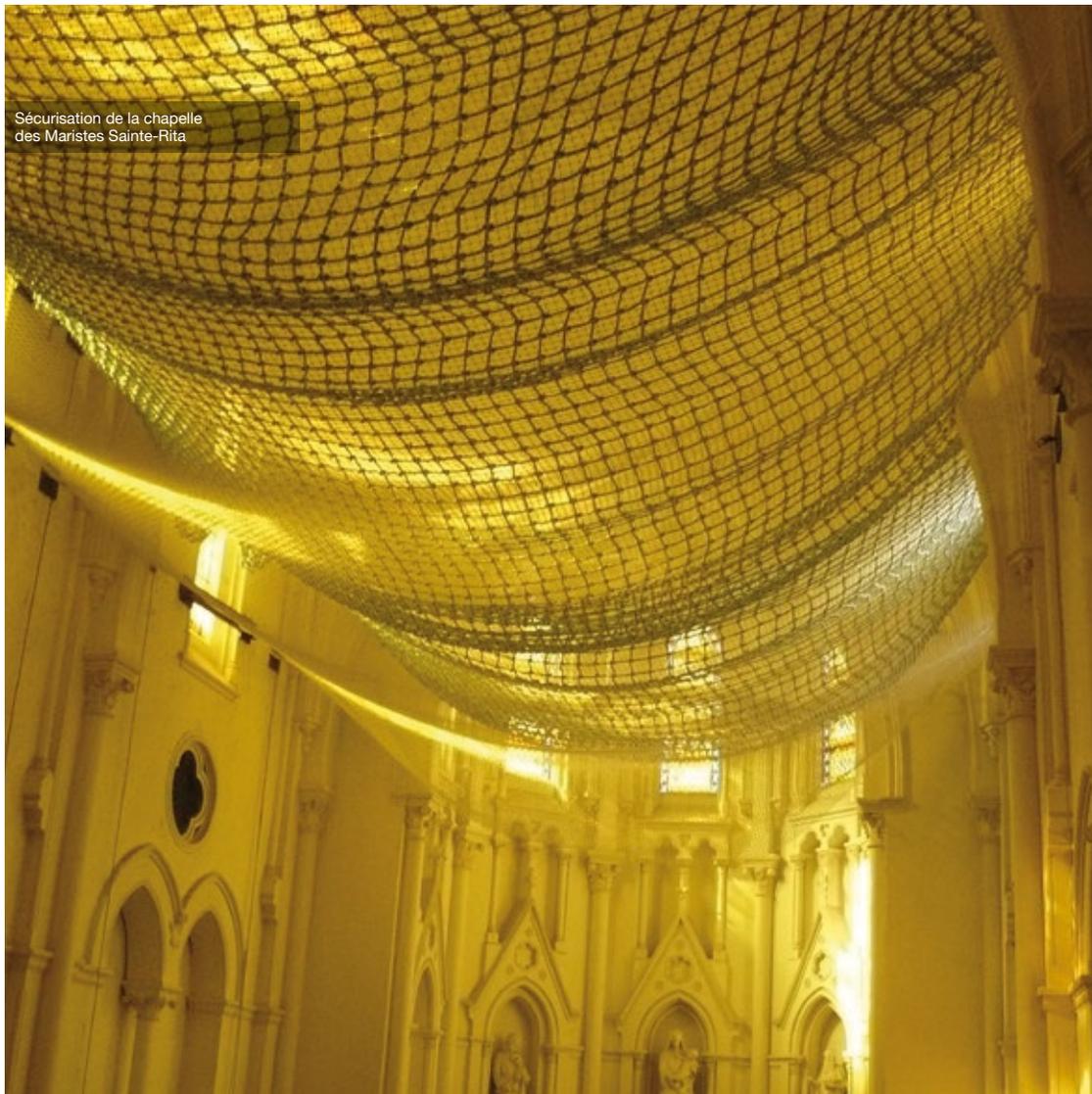
Les fronts de creusement Est et Ouest se rencontrent

**Mars 2011 – décembre 2011 :** fin des travaux de génie civil et travaux de réalisation des chaussées

**Travaux d'équipement : septembre 2012 – décembre 2013**

- Ces travaux consistent à l'installation de plusieurs équipements nécessaires à l'exploitation du tunnel :
  - Système de ventilation
  - Dispositifs de sécurité pour l'évacuation des usagers et pour l'accès des secours (issues de secours et niches de sécurité)
  - Caméras de vidéosurveillance,
  - Dispositif de télégestion
  - Panneaux de signalisation et panneaux à messages variables
  - Réseaux d'information et de télétransmission
  - Sonorisation
  - Réseau d'appel d'urgence...

Sécurisation de la chapelle  
des Maristes Sainte-Rita



Jonction des deux fronts  
du tube sud



**Mai 2013** : Dossier de Sécurité soumis à la Commission Nationale d'Évaluation de la Sécurité des Ouvrages Routiers (CNESOR), instance indépendante du maître d'ouvrage.

**3 juillet 2013** : le dossier est présenté à la CNESOR.

**8 août 2013** : la CNESOR donne un avis écrit favorable aux dispositions de sécurité du tunnel de Toulon assorti de recommandations que le maître d'ouvrage s'est attaché à mettre en œuvre.

**Octobre 2013** : extension et équipement du poste de contrôle du Centre autoroutier de Toulon de gestion du trafic

**Novembre 2013** : fin de l'élargissement provisoire à 3 voies de l'A57

- Pour assurer la fluidité et la sécurité du trafic, notamment en heures de pointe, la réalisation d'un élargissement transitoire de l'A57 à 3 voies en sortie Est du tube Sud entre les échangeurs de « la Palasse » et « Tombadou » (environ 2,5 km) dans le sens Toulon – Nice est réalisée.
- Cet élargissement est accompagné par la mise en place d'un **dispositif de régulation dynamique** de trafic en sortie du tube Sud permettant d'optimiser la circulation sur l'axe autoroutier jusqu'à l'échangeur Tombadou et à diminuer autant que possible la formation et la remontée de files en aval du tunnel. Ce dispositif permet **d'anticiper** les flux de trafic et de procéder à une fermeture progressive de l'ouvrage pour éviter un report de trafic direct trop important sur la voirie locale. Il comprend :
  - Un dispositif d'information des usagers sur l'état de trafic ;
  - Un système de régulation de trafic au niveau des échangeurs L. Bourgeois, B. Malon et Tombadou (feux tricolores asservis aux conditions de trafic) ;
  - Un système de pincement de trafic en entrée du tube Sud et dans la trémie L. Bourgeois ;
  - Un dispositif de surveillance des incidents et remontée de file en sortie du tube Sud (caméras vidéo et Détection Automatique d'Incidents - DAI) ;

**Le tube Nord, selon l'expérience de l'exploitant du tunnel n'a jamais connu de congestion depuis son ouverture.**

**Décembre 2013** : Avis de la Commission de Consultation Départementale de Sécurité et d'Accessibilité (CCDSA) donné par la sous-commission départementale pour la Sécurité des Infrastructures et des Systèmes de Transport (SIST) pour autoriser la mise en service de l'ouvrage.

**Décembre 2013 / Janvier 2014** : essais, marche à blanc et exercices de sécurité

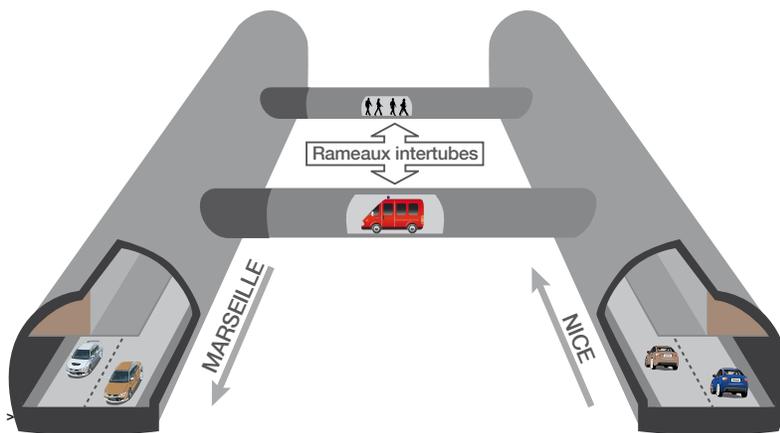
**Début 2014** : **inspection détaillée initiale** faite par le Centre d'Études des Tunnels (CETU)

**1<sup>er</sup> trimestre 2014** : inauguration et mise en service du second tube

### Après la mise en service : exploitation, surveillance, gestion du trafic

L'organisation mise en place pour l'exploitation du tunnel est basée sur le Poste de Contrôle du Trafic (PCT) de Toulon, implanté à Pierre Ronde, point de jonction des autoroutes A57 et A570, à l'Est de Toulon, à 7 km de l'entrée Est du tunnel. Il assure une surveillance humaine 24h/24 du trafic (opérateurs du Centre Autoroutier de Toulon et régulateurs CRS) et dispose des moyens suivants :

- 1 mur d'images des caméras de vidéosurveillance sur le réseau et dans le tunnel ;
- 1 ensemble d'enregistreurs numériques ;
- 1 système de détection des véhicules TMD par lecture de la plaque normalisée.
- Une liaison par fibre optique assurée entre le PCT et le tunnel.



Rameau piéton



Le PCT en chantier, en juin 2013



**Le tunnel est doté d'un système de Détection Automatique d'Incidents permettant d'alerter immédiatement le PCT qui peut alors décider de fermer l'ouvrage, par exemple, dans les cas suivants :**

- Arrêt d'un véhicule sur une voie de circulation ou dans un garage
- Circulation à contresens
- Présence de piéton(s) dans le tube
- Obstacles sur la chaussée
- Présence de fumées
- Ralentissement, embouteillage.

**Autres équipements visant à assurer une exploitation pérenne du tunnel :**

- Postes d'appel d'urgence
- Câble rayonnant assurant la radiodiffusion en bande FM avec incrustation de messages d'urgence et fonctionnement des téléphones portables dans le tunnel
- Signaux d'affectation de voie et panneaux de police
- Signalisation lumineuse des dispositifs de sécurité avec sur-signalisation des issues de secours.

# Le 2<sup>nd</sup> tube en chiffres

Longueur totale de l'ouvrage : **3 395 m** - Longueur de couverture : **2 986 m**

Un tunnel foré de **1 818 m** de longueur, à **25 m** de profondeur

**527 m** de tranchée couverte à l'Ouest et **641 m** à l'Est

Ces tranchées couvertes se raccordent aux parties des tranchées couvertes réalisées par anticipation lors de la construction du tunnel Nord.

**268 m** de trémie ouverte à l'Ouest et **141 m** à l'Est

## Largeur entre piédroits

---

Tranchée couverte Ouest : 9,20 m - Tunnel : 10,23 m - Tranchée couverte Est : 9,85 m

## Largeur roulable

---

Tranchée couverte Ouest : 7,60 m - Tunnel : 8,25 m - Tranchée couverte Est : 8,10 m

## Trottoir de droite (non franchissable)

---

Tranchées couvertes Est et Ouest : 0,80 m - Tunnel : 0,97 m

## Bande dérasée de droite

---

Tranchée couverte Ouest : 0,30 m - Tunnel : 0,90 m - Tranchée couverte Est : 0,80 m

## Largeur de chaussée

---

Voie lente : 3,20 m - Voie rapide : 2,80 m

## Bande dérasée de gauche

---

Tranchées couvertes Est et Ouest : 1,30 m - Tunnel : 1,35 m

## Trottoir de gauche (franchissable)

---

Tranchées couvertes Est et Ouest : 0,80 m - Tunnel : 1,01 m

Gabarit routier : 4,30 m - Hauteur libre sous dalle : 5,25 m

Hauteur réservée aux équipements : 0,60 m - Dévers : 2,5 %

## Matériaux

**26 000 tonnes** d'acier mises en oeuvre

**363 000 m<sup>3</sup>** de déblais

**45 000 m<sup>3</sup>** de béton projeté

## Autres caractéristiques techniques

**95 000 m<sup>2</sup>** d'étanchéité

**115 km** de câbles électriques

## Éclairage :

Un éclairage de jour particulièrement renforcé a été installé aux extrémités de l'ouvrage afin de prendre en compte l'effet de transition entre la luminosité extérieure et intérieure du tunnel.

## Sécurité pour l'évacuation des usagers

- **15 issues de secours** espacées de 200 m environ chacune dont **4 sorties directes** vers l'extérieur et **11 rameaux** de liaisons intertubes
  - 8 rameaux piétons : refuges de sécurité
  - 3 rameaux véhicules de secours : accès des secours
- **20 niches de sécurité dans le tunnel** et une supplémentaire à chaque tête (hors tunnel) espacées de 140 mètres environ, permettant d'appeler l'opérateur du tunnel (CRS basés au centre autoroutier de Toulon).

## Ventilation

**2 unités de ventilation** de type transversal pour une aération optimale pendant l'exploitation du tunnel et en cas d'incident.

Le soufflage de l'air frais s'effectue au moyen de carneaux disposés en piédroit tous les 10 m. L'aspiration s'effectue par des trappes télécommandées tous les 50 mètres. Le débit d'extraction minimum doit être de **110 m<sup>3</sup>** répartis sur une longueur maximale de 400 m.

**L'UV 1 Castigneau** comprend les équipements suivants pour le second tube :

- 3 ventilateurs de soufflage dont 1 de secours
- 2 ventilateurs d'extraction avec secours mutuel possible
- 2 registres by-pass pour le circuit d'air frais et 1 registre d'isolement par ventilateur

**L'UV 2 Commandant Marchand** est composé de :

- 3 ventilateurs de soufflage dont 1 de secours
- 2 ventilateurs d'extraction avec secours mutuel possible
- 3 ventilateurs pour les ouvrages de sécurité et les rameaux intertubes
- 2 registres by-pass pour le circuit d'air frais et 1 registre d'isolement pour chaque ventilateur

**Pour les 2 tubes, sont prévus :**

- Des dispositifs d'insonorisation pour les circuits de ventilation
- Une armoire d'alimentation électrique pour chaque ventilateur
- Un automate de pilotage et de commande par ventilateur
- Des accélérateurs aux entrées et sorties pour maîtriser le courant d'air
- 5 couples d'anémomètres par tube.

## Réseau incendie

Il alimente un poteau incendie tous les 200 m et délivre 60 m<sup>3</sup>/h sur 2 poteaux consécutifs à plus de 6 bars.



Accélérateurs du tube sud



Rameau piéton entre les tubes nord et sud

## Circulation

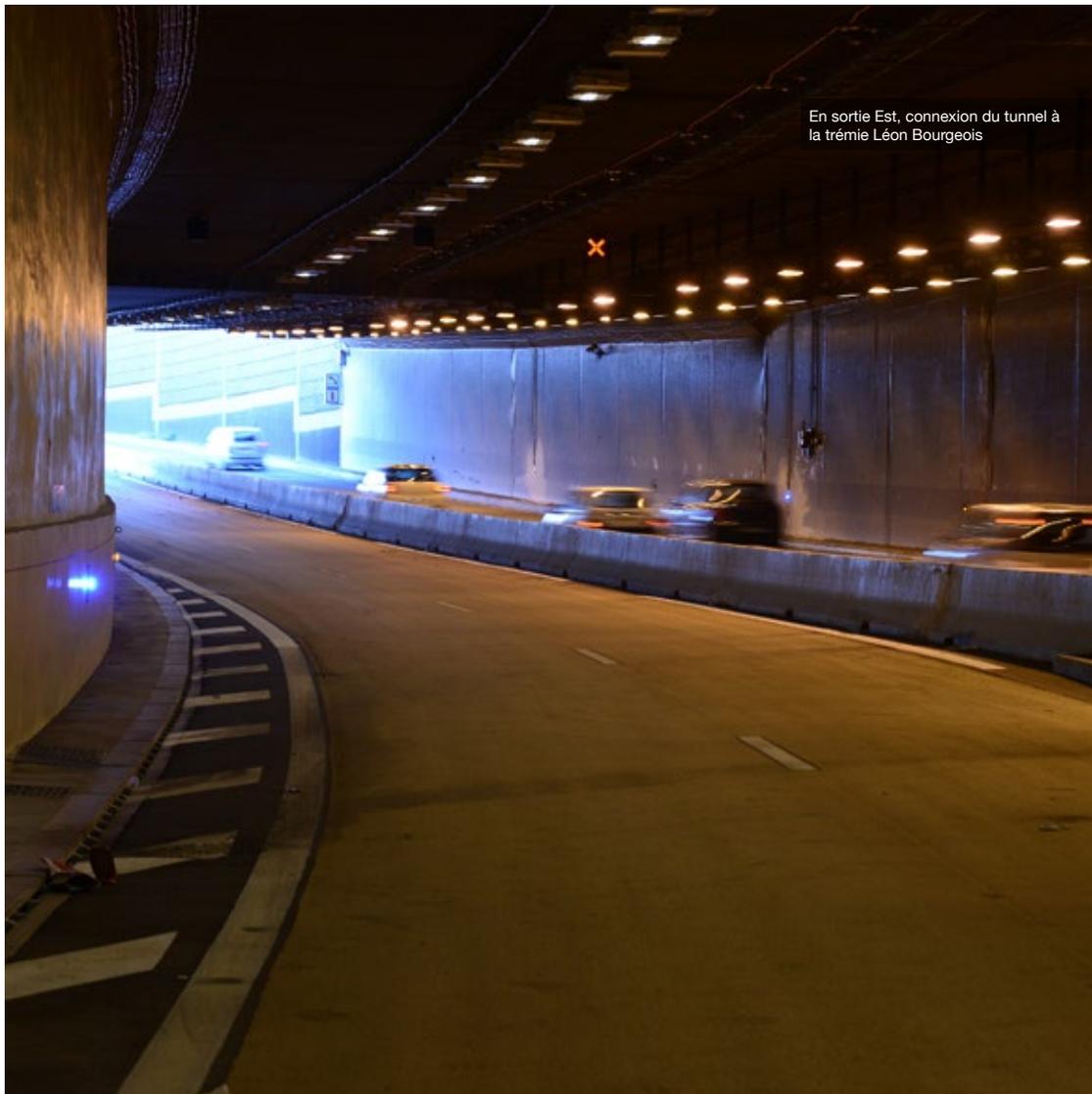
- **2 voies à sens unique** dans le sens Ouest / Est (Marseille - Nice)
- **Vitesse maximale autorisée : 70 km/h.** Un radar tronçon est disposé sur la longueur du tunnel à son ouverture
- Hauteur maximale des véhicules : 4,30 m
- Véhicules autorisés
  - Avec la mise en service du 2<sup>nd</sup> tube, et à l'exception des TMD et véhicules GNV, les poids lourds et transports en commun pourront circuler dans les deux tubes du tunnel, représentant un trafic quotidien estimé d'environ 1 700 poids lourds pour chaque sens de circulation.

### Trafic envisagé

- 30 600 véhicules quotidiens dans le tube Sud sont attendus à son ouverture en 2014.
- A l'horizon 2024, un trafic quotidien de 67 000 véh./j est attendu pour l'ensemble du tunnel.

**Durée de vie de l'ouvrage : 100 ans minimum**

En sortie Est, connexion du tunnel à  
la trémie Léon Bourgeois



# Une réalisation majeure pour l'aire toulonnaise

**Avec la mise en service du second tube du tunnel de Toulon s'achève une réalisation majeure pour Toulon, son agglomération, pour le Var et aussi pour la région PACA.**

Outre les défis techniques relevés pour assurer en sécurité le passage du second tube sous la ville (sous plus de 360 immeubles), outre les péripéties et aléas qui ont jalonné la réalisation de ce chantier hors normes, la mise en service du tunnel de Toulon constitue une avancée de premier plan.

- Pour les toulonnais tout d'abord, qui se trouvent libérés du trafic de transit qui pèse fortement sur la qualité de vie en centre ville : embouteillages, nuisances sonores, dégradation de la qualité de l'air.
- Pour l'aire toulonnaise également qui va pouvoir mieux fonctionner tout au long de l'année et trouver une bouffée d'oxygène nouvelle pour son développement urbain, économique et touristique.
- Pour le Var ensuite, qui est à la fois un pôle majeur français d'attractivité démographique et de développement économique et qui se situe au premier rang des départements touristiques français, avec néanmoins des conditions difficiles d'accessibilité durant la période estivale.
- Pour la Région PACA enfin qui voit là se réaliser un bouclage autoroutier important pour le développement et l'aménagement de son territoire.



Ces différents bénéfices territoriaux sont le fruit d'une volonté commune de l'État, de la ville de Toulon, de la communauté d'Agglomération Toulon Provence Méditerranée, du Département du Var et de la Région Provence Alpes Côte d'Azur d'achever la réalisation de cet ouvrage commencé il y a près de vingt ans, volonté commune qui a permis de surmonter les difficultés techniques et financières.

**Qu'ils en soient remerciés, ainsi que toutes celles et ceux qui, directement ou indirectement, ont contribué à la réalisation de cet ouvrage.**

# Annexe

Maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, entreprises,  
partenaires financiers et autres partenaires ayant  
contribué à la réalisation du tunnel (tubes Nord et Sud)

## **Maîtrise d'ouvrage**

Représentant maîtrise d'ouvrage 1<sup>er</sup> tube : DDE 83

Représentant maîtrise d'ouvrage 2<sup>nd</sup> tube : DDE 83 puis DRE PACA puis DREAL PACA

L'exploitant DIRMED a fait bénéficier la maîtrise d'ouvrage de son expérience relative au tube Nord en service

## **Assistances à maîtrise d'ouvrage**

Centre d'Études des Tunnels – CETU

Groupe d'experts (GEX) nommé par la Direction des Infrastructures de Transport

Centre d'Études Techniques de l'Équipement Méditerranée – CETE

VERITAS

Cabinet MOLAS

DIRMED

Ordonnancement : ALGOÉ

Concertation / communication

Nicaya Conseil

Studio Magellan

## **Maîtrise d'œuvre**

Maîtrise d'œuvre 1<sup>er</sup> tube : DDE 83

Maîtrise d'œuvre du 2<sup>nd</sup> tube

Groupement SETEC TPI / ITS – TERRASOL et leurs sous-traitants

Maîtrise d'œuvre passage transitoire de l'A57 à 3 voies : DIRMED / SIR

## **Entreprises de construction**

### **1<sup>er</sup> tube**

**Génie Civil** : Groupement SPIE TPCI / Eiffage / Bec Perforex

**Travaux d'équipements** : Groupement SPIE Trindel – Drouard

**Chaussée** : Groupement COLAS / SCREG / SACER

### **2<sup>nd</sup> tube**

**Génie Civil et chaussée** (y compris passage provisoire de l'A57 à 3 voies) : Groupement Bouygues Travaux Public / Soletanche Bachy / SCREG / COLAS et leurs sous-traitants

**Travaux d'équipements** : INEO / Clemessy / Axima et leurs sous-traitants

**Extension du PCT** : GCBA et des sous-traitants

**Supervision de la GTC** : STERIA

## **Bureaux d'études et laboratoires**

Acoplus

Acouphen

Agefluid

Alizé

Alpes Contrôles

Argane Conseil

Beterem

CA Ingénierie

Cete Méditerranée

Centre National de Prévention et de Protection

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

Centre Technique Industriel de la Construction Métallique

Egis Rail

Eulogos

Europe études - Simecsol

Infraplan

Ingérop

Institut Supérieur du Béton Armé

Isis

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

Ligera

MSFC BTP

OPSIA

Presentis

Scetauroute

Semaly

Setec

Sites

Société du Métro de Marseille

Soldata

### **Architectes**

**Éclairage** : Pierre Arnaud

**Extension du PCT** : Cabinet Hubert ARNAL

**Station de ventilation Commandant Marchand** : Mario Fabre - Ph Fabre et Jean-Luc Mollard

**Station de ventilation Castigneau** : MM Baixe, Bensoussan et Gomez

**Tunnel et ouvrages d'accès** : Charles Lavigne

### **Partenaires techniques**

Escota - EDF / ERDF / GDF / GRDF - France Télécom - Générale des Eaux

Régie Mixte des Transports Toulonnais - Services techniques de la ville de Toulon

SNCF - Veolia

### **Partenaires financiers**

Communauté d'Agglomération Toulon-Provence-Méditerranée

Conseil Général du Var

Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur

Ville de Toulon

### **Autres partenaires**

Acapella Bleu

Fédération des CIL de l'Est

Fédération des CIL du centre

Fédération des CIL de l'Ouest

Machination

Ministère de la Défense / Marine Nationale

## Sources

### Bibliographie

- Catherine Pontone, article « *Tunnel : un sous-sol complexe* », Var Matin, 14/01/2005
- Décision Ministérielle du 29/12/1989
- Dossier d'enquête préalable à la DUP, 1990
- Étude « Airmaraix », 2003
- Article « *Le tunnel, un an après* », Var Matin, 19/09/2003. Auteurs : Flavien Plouzenec, Maryse Verbeke, Pierre-Louis Pages, Lilian Renard, Jacqueline Cnobloch, Christophe Prétot
- Institut d'Aménagement et d'Urbanisme, *La sécurité dans les tunnels routiers en Île-de-France*, décembre 2009
- Matthieu Dalaine, article « *Tunnel de Toulon : la jonction enfin réalisée* », Var Matin, 4/03/2011
- Plan Local d'Urbanisme (PLU) de Toulon (adopté le 27/07/2012)
- Plan de Déplacement Urbain (PDU) de Toulon-Provence-Méditerranée (TPM) – 2005/2014
- Projet de Ville de Toulon 2001/2011
- Rémy Mario, article « *Premier tunnel aux normes Mont-Blanc* », Le Moniteur, 8/11/2002

### Sitographie

- DREAL PACA : <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr>
- Keller France : <http://www.keller-france.com>
- Info-ciments : <http://www.infociments.fr>
- Soletanche Bachy : <http://www.soletanche-bachy.com>
- Structurae : <http://fr.structurae.fr>
- Wikipédia : <http://fr.wikipedia.org>

### Crédit photos

- DDE du Var pour les photos du tube nord
- DREAL PACA pour les photos des travaux du tube sud
- Laurent Carte /Studio Magellan pour les photos du tube sud fini
- Etienne Busson pour la couverture

## Glossaire

<b>BHNS</b>	Bus à Haut Niveau de Service	<b>DUP</b>	Déclaration d'Utilité Publique
<b>CAT</b>	Centre Autoroutier de Toulon	<b>EDF</b>	Électricité De France
<b>CA TPM</b>	Communauté d'Agglomération Toulon-Provence-Méditerranée	<b>ERDF</b>	Électricité Réseau Distribution France
<b>CCDSA</b>	Commission de Consultation Départementale de Sécurité et d'Accessibilité	<b>FM</b>	De l'anglais « Frequency modulation » – modulation de fréquence
<b>CES</b>	Collège Enseignement Secondaire	<b>GDF</b>	Gaz De France
<b>CESTR</b>	Comité d'Évaluation de la Sécurité dans les Tunnels Routiers	<b>GNV</b>	Gaz Naturel pour Véhicule
<b>CETE</b>	Centre d'Études Techniques de l'Équipement	<b>GRDF</b>	Gaz Réseau Distribution France
<b>CETU</b>	Centre d'Études des Tunnels	<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>CIL</b>	Comité d'Intérêt Local	<b>PCT</b>	Poste de Contrôle du Trafic
<b>CNESOR</b>	Comité National d'Évaluation de la Sécurité dans les Ouvrages Routiers	<b>PDU</b>	Plan de Déplacement Urbain
<b>DAI</b>	Détection Automatique d'Incidents	<b>PLU</b>	Plan Local d'Urbanisme
<b>DDE</b>	Direction Départementale de l'Équipement	<b>POS</b>	Plan d'Occupation des Sols
<b>DIRMED</b>	Direction Interdépartementale des Routes Méditerranée	<b>PUD</b>	Plan d'Urbanisme Directeur
<b>DPC</b>	Dossier de Prise en Considération	<b>SIST</b>	Sécurité des Infrastructures et des Systèmes de Transport
<b>DRE</b>	Direction Régionale de l'Équipement	<b>SNCF</b>	Société Nationale des Chemins de fer Français
<b>DREAL</b>		<b>TMD</b>	Transports de Matières Dangereuses
<b>PACA</b>	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement – Provence-Alpes- Côte d'Azur	<b>UV</b>	Unité de Ventilation
		<b>VST</b>	Véhicule Sécurité Tunnel

# Un chantier hors normes



## Tunnel de Toulon

De sa conception à sa réalisation

Depuis 2002, plus de 100 millions d'usagers auront emprunté le tube Nord du tunnel de Toulon. Sa construction fut initiée en 1993. 20 ans après, le tube Sud est mis en service, complétant ainsi un ouvrage unique dont le percement constitua véritablement un chantier hors normes, rare réalisation sous une ville bâtie. C'est l'histoire de cette réalisation que ce livre vous propose de revivre.



Direction Régionale  
de l'Environnement,  
de l'Aménagement  
et du Logement PACA

10 EUROS

ISBN 979-10-90797-01-7

