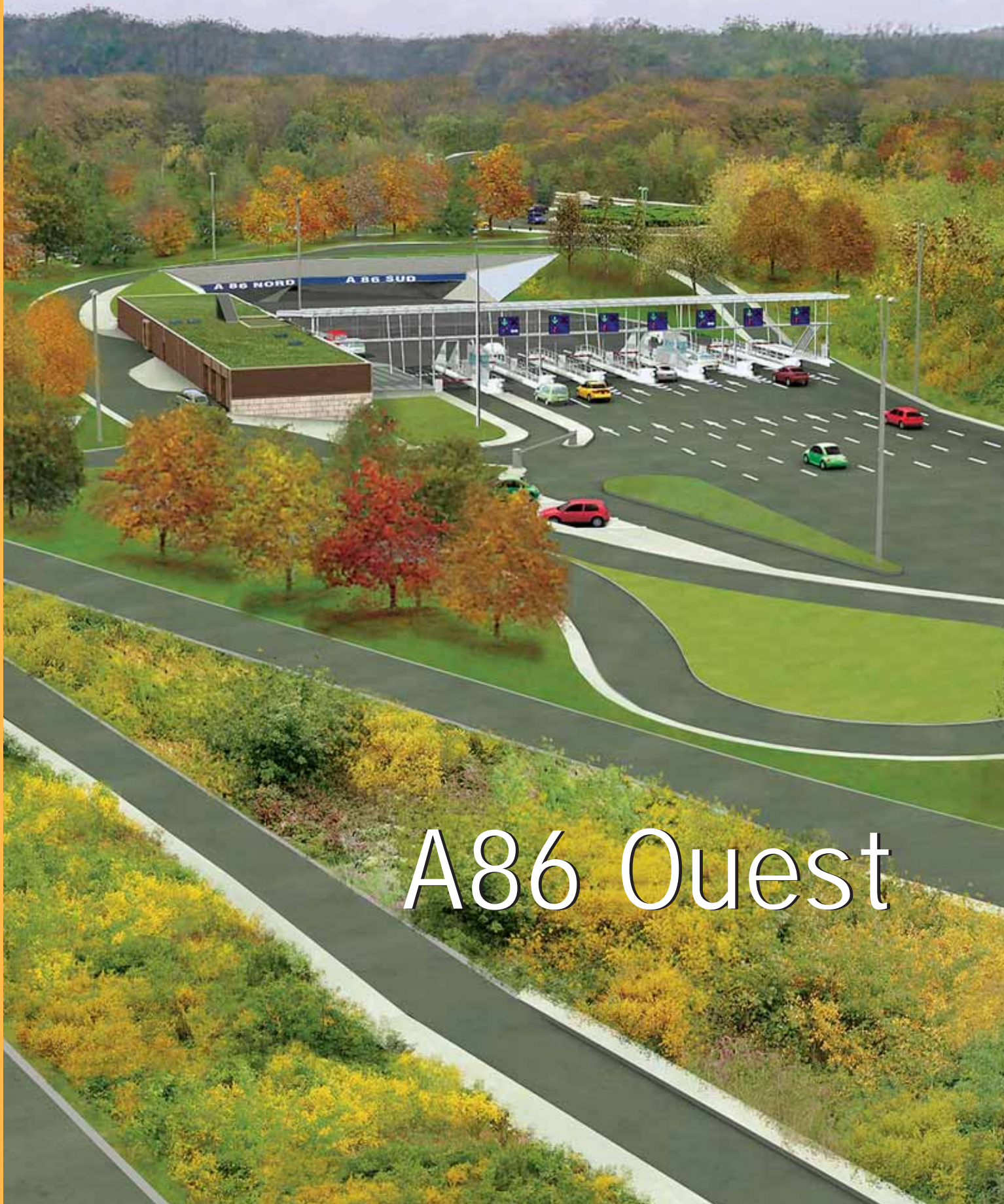


Travaux

n° 820

- Avant-propos.
Le projet
en général
- Les atouts
du projet
- Présentation
des contraintes
géologiques
et des travaux
en cours
- Une hydrofraise
sur le puits RD 10
à Viroflay
- Sécurité :
une priorité
permanente
- Les équipements
- Un concept,
une ligne
architecturale
- La culture
de l'adhésion,
une ligne directrice
en matière
de communication



A86 Ouest

sommaire

Travaux
numéro 820

juin 2005
A86 Ouest



Notre couverture

A86 Ouest. La gare de péage

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

RÉDACTION

Roland Girardot et André Colson
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. : (33) 01 44 13 31 83
colsona@fnpt.fr

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Françoise Godart
Tél. : (33) 02 41 18 11 41
Fax : (33) 02 41 18 11 51
francoise.godart@wanadoo.fr

VENTES ET ABONNEMENTS

Agnès Petolon
10, rue Clément Marot - 75008 Paris
Tél. : (33) 01 40 73 80 05
revuetravaux@wanadoo.fr

France (11 numéros) : 180 € TTC
Etranger (11 numéros) : 225 €
Etudiants (11 numéros) : 75 €
Prix du numéro : 25 € (+ frais de port)

MAQUETTE

T2B & H
8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris
Tél. : (33) 01 44 64 84 20

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle
Martin Fabre
61, bd de Picpus - 75012 Paris
Tél. : (33) 01 44 74 86 36

Imprimerie Chirat
Saint-Just la Pendue (Loire)

La revue Travaux s'attache, pour l'information de ses lecteurs, à permettre l'expression de toutes les opinions scientifiques et techniques. Mais les articles sont publiés sous la responsabilité de leurs auteurs. L'éditeur se réserve le droit de refuser toute insertion, jugée contraire aux intérêts de la publication.

Tous droits de reproduction, adaptation, totale ou partielle, France et étranger, sous quelque forme que ce soit, sont expressément réservés (copyright by Travaux).
Ouvrage protégé : photocopie interdite, même partielle (loi du 11 mars 1957), qui constituerait contrefaçon (Code pénal, article 425).

Editions Science et Industrie S.A.
3, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n° 0106 T 80259

éditorial

Patrick Bernasconi

1

actualités

6

matériels

20

PRÉFACE

André Broto

23

◆ Avant-propos. Le projet en général
- *Foreword. The project in general*

24

◆ Les atouts du projet
- *Strengths of the project*
M. Barféty

26

◆ Présentation des contraintes géologiques et des travaux en cours
- *Description of geological constraints and work in progress*
Divers auteurs

28

◆ Une hydrofraise sur le puits RD 10 à Viroflay : gros ouvrage, gros moyens
- *A hydro-cutter on the RD 10 shaft in Viroflay : large structure, large facilities*
D. Viargues, P. Gauthier

49

◆ Sécurité : une priorité permanente
- *Safety : a constant priority*
T. Legendre, Ch. Bouteloup

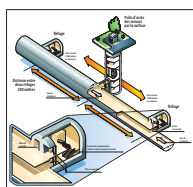
54

◆ Les équipements
- *Appurtenances*
Ch. Bouteloup

59

◆ Un concept, une ligne architecturale
- *One concept, one architectural design*
M. Regembal, C. Laurier

63



Sommaire

juin 2005

A86 Ouest

Dans les prochains numéros

Recherche
et innovation

Travaux
souterrains

Route
des Tamarins

Terrassements

Plates-formes
aéroportuaires

Routes
et travaux
urbains

Ponts

International

Environnement



◆ La culture de l'adhésion, une ligne directrice en matière de communication
- *The culture of public support, a guideline for communication*

F. Laurenceau

67

économie

70

sommaire annuel
2004

73

répertoire
des fournisseurs

78

ABONNEMENT TRAVAUX

Encart après p. 48

INDEX DES ANNONCEURS

ARCELOR	47	ICE	21
BOTTE FONDATIONS.....	15	PRO BTP	2È DE COUVERTURE
CNETP	53	SEFI INTRAFOR	22
COLAS	2	SOCOTRAS	62
DSD.....	57	SOLETANCHE BACHY	53
EIFFAGE TP.....	4È DE COUVERTURE	SOTRAISOL FONDATIONS	22
ETERNIT.....	7	SOTRES	12
FRANKI FONDATIONS	22	SPIE FONDATIONS	11
GTM GÉNIE CIVIL ET SERVICES.....	9	SYNDICAT DES ÉRUPTIFS	48
HERRENKNECHT.....	25	VINCI	4

L'A86 Ouest : un nouveau système de transport

L'œuvre propre d'une solution qui se fait jour est d'effacer du même coup le problème auquel elle répond. L'ouverture du tunnel Est entre Rueil-Malmaison et l'échangeur de l'A13 en octobre 2007 – autant dire demain – et plus encore celle du second tronçon qui bouclera la deuxième rocade de l'Île-de-France à Pont Colbert en 2009 risquent ainsi de n'apparaître que comme **l'étape finale du chantier de rocade lancé voici quelque 30 ans**. Or l'A86 Ouest est beaucoup plus qu'un chaînon manquant. Telle que nous l'avons conçue, réalisée et équipée, et telle que nous la proposerons aux automobilistes, cette voie express souterraine représente **l'aboutissement d'un concept de "système de transport"** qui a guidé tous les acteurs de ce projet, des entreprises aux services de l'Etat, depuis les premières études, et qui vise à offrir aux automobilistes des déplacements sûrs et rapides, et aux riverains un cadre de vie préservé.

En remontant dans le temps, on trouve en 1929 dans le journal *L'Illustration* une esquisse de réseau souterrain réservé aux automobiles et destiné à alléger le trafic dans la capitale. Il faut attendre la fin des années 1980 pour que ce type de vision prenne consistance à la faveur d'une évolution conjuguée des façons de voir et des moyens techniques. C'est d'abord une **réflexion globale sur le problème des déplacements urbains** qui intègre une dimension économique et la compétitivité des grandes agglomérations dans une Europe qui ouvre ses frontières. C'est en parallèle **le progrès de l'idée de financement des équipements par l'usager**, auquel les concessions de parcs de stationnement et d'autoroutes ont ouvert la voie. C'est enfin **l'avancée technique décisive des tunneliers**.

Des enjeux bien identifiés, une attente globale de solutions de la part de la collectivité, une double faisabilité technique et financière : le contexte est propice à l'initiative des entrepreneurs.

En 1986-1987, au sein d'un groupement comprenant notamment Cofiroute, et ses actionnaires, GTM étudie un projet d'infrastructure calquée sur le principe du métropolitain. Associant galeries souterraines réservées aux automobiles et "sta-

tions" pour l'accès et la sortie, ce réseau, baptisé Laser, doit relier les gares parisiennes, les quartiers d'affaires et les extrémités des autoroutes. Dans les années 1990, les pouvoirs publics ne restent pas insensibles à ce type de projet : le Conseil de Paris et le Conseil général des Hauts-de-Seine sollicitent des études. En parallèle se poursuit le grand débat amorcé dans les années 1970 sur les modalités de bouclage de l'A86 à l'ouest, pour lequel Cofiroute propose dès 1988 sa solution en concession. Tous les projets qui voient alors le jour partagent un trait commun : ils exploitent la "troisième dimension", c'est-à-dire le sous-sol, comme on l'a fait

auparavant pour répondre au problème de l'assainissement (égouts), des transports en commun (métropolitain) et du stationnement (parcs souterrains), et tous mettent en œuvre des "tunnels à voitures" pour libérer les voies de surface en agglomération. Prenant en compte l'utilité sinon la faisabilité de ces projets, les pouvoirs publics les inscrivent dans le Schéma directeur de la région d'Île-de-France (Sdrif), approuvé en 1994. Nous voyons aujourd'hui que seul le projet de Cofiroute, de nature à permettre le bouclage de l'A86 dans un environnement sensible parce que souterrain, tout en offrant une liaison nord-sud à haut niveau de service pour des déplacements avec des temps de parcours réduits et fiables a su tirer parti de ses atouts et s'imposer en dépit des péripéties.

A un moment où de plus en plus de grandes agglomérations sont confrontées à des débats sans fin pour boucler une rocade ou compléter un "chaînon manquant" dans leur réseau primaire de voirie, ce modèle offre une issue "gagnant-gagnant" aux défenseurs du cadre de vie comme aux partisans du maintien de la compétitivité économique.

Pour Cofiroute, l'aboutissement de ce projet unique, à découvrir dans ces pages, est évidemment un motif de fierté – indissociable d'une grande reconnaissance pour tous ses partenaires, notamment les services de l'Etat, et les entreprises avec qui un travail de longue haleine a pu être mené dans un constant esprit de persévérance.

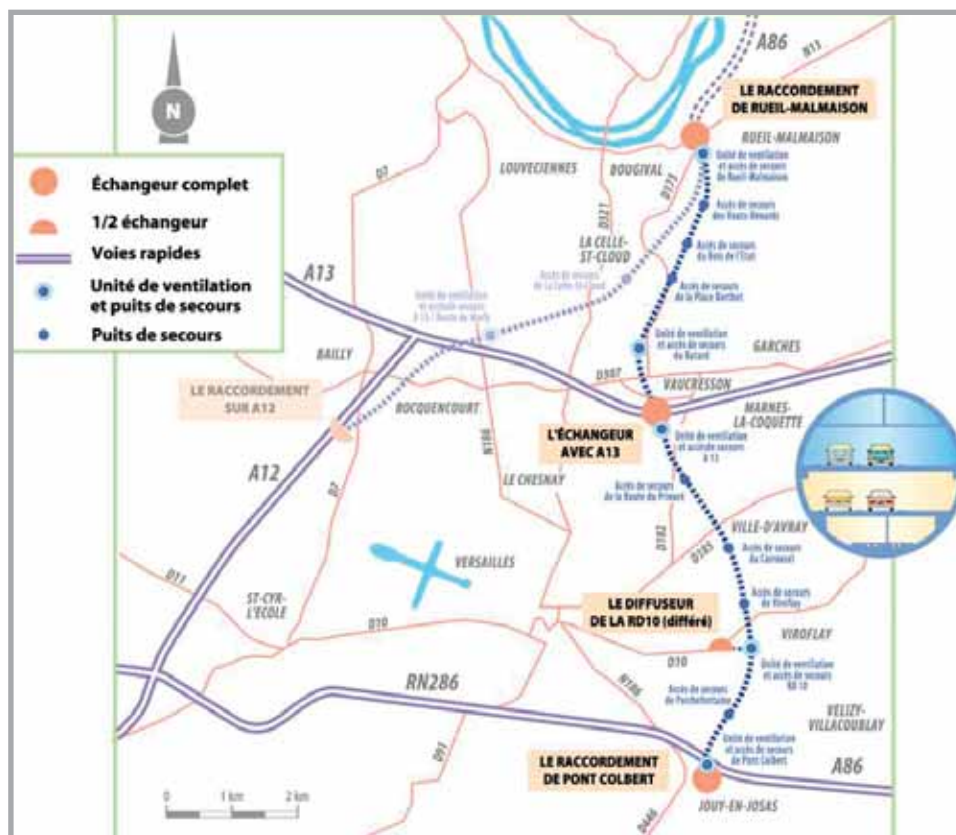


■ ANDRÉ BROTO

Directeur
de la construction
chez Cofiroute

Avant-propos

Le projet en général



Il s'agit d'achever la construction de l'A86, deuxième rocade d'Ile-de-France, située à environ six kilomètres du boulevard périphérique parisien. Afin de préserver les massifs forestiers, les monuments historiques et les zones habitées, l'Etat a opté pour un tracé souterrain et a retenu la solution proposée par Cofiroute. Deux tunnels seront donc construits à partir de Rueil-Malmaison :

- ◆ le tunnel Est, long de 10 km et exclusivement réservé aux véhicules légers, reliera l'A86 et la RN 286 à Jouy-en-Josas (au sud de Versailles) ; il permettra un échange avec l'autoroute A13 par un échangeur intermédiaire situé sur les communes du Chesnay et de Vaucresson ;

- ◆ le tunnel ouest, long de 7,5 km, reliera l'autoroute A12 (commune de Bailly).

Les mises en service sont prévues en octobre 2007 pour la première section du tunnel Est qui reliera Rueil-Malmaison à l'autoroute A13 et en décembre 2009 pour la seconde section du tunnel entre l'A13 et Pont Colbert (commune de Jouy-en-Josas).

L'ATTRIBUTION DE LA CONCESSION À COFIROUTE

Rappel des grandes étapes du bouclage de l'A86 à l'Ouest

1970 : le bouclage de l'A86 figure au schéma directeur d'Ile-de-France.

1988 : Cofiroute propose à l'Etat une solution entièrement souterraine fondée sur la séparation des trafics.

Juillet 1990 : Cofiroute est chargée par le ministre de l'Equipement d'étudier l'application de son projet au bouclage de l'A86 à l'Ouest.

1994 : enquête d'utilité publique.

8 décembre 1995 : déclaration d'utilité publique. Un autre décret confiera la concession de l'ouvrage à Cofiroute.

Novembre 1996 : démarrage des travaux à Rueil-Malmaison.

20 février 1998 : un arrêt du Conseil d'Etat annule le décret d'attribution de la concession : l'Etat n'avait pas procédé à un appel d'offres européen conformément aux règles communautaires. Les travaux sont suspendus.

10 avril 1998 : avis de consultation lancé par le gouvernement. Deux groupements, respectivement pilotés par Cofiroute et Bouygues, sont candidats.

28 janvier 1999 : Cofiroute est retenue par le ministre de l'Equipement.

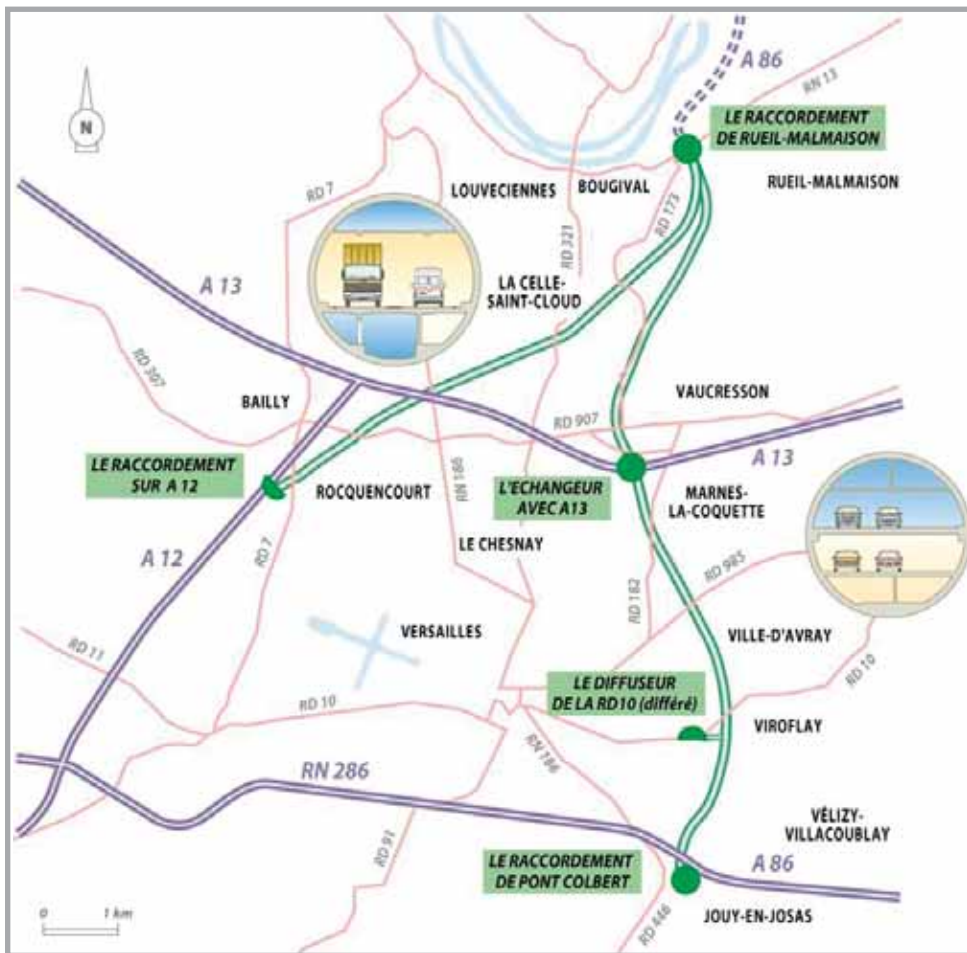
3 septembre 1999 : signature du contrat de concession de l'A86 entre Cofiroute et l'Etat

Début 2000 : reprise des travaux à Rueil-Malmaison.

Novembre 2000 : début du creusement de la première section du tunnel Est (Rueil-Malmaison/échangeur avec l'A13).

14 octobre 2003 : fin du creusement de la première section du tunnel Est (Rueil-Malmaison/échangeur avec l'A13).

Mai 2005 : début du creusement de la seconde section du tunnel Est (Pont Colbert/échangeur avec l'A13).



COFIROUTE ET SOCATOP

Cofiroute, maître d'ouvrage, a confié à Socatop, maître d'œuvre et constructeur, les études préliminaires et la construction de l'A86 à l'Ouest. Socatop – Société de construction de l'autoroute de traversée de l'Ouest parisien – est un groupement constitué des plus grandes entreprises françaises de travaux publics et du bâtiment. Ces entreprises, Vinci, Eiffage Construction et Colas mettent en commun leurs moyens humains, techniques et financiers au service du plus grand chantier de travaux souterrains d'Europe.

Les atouts du projet

■ UN OUVRAGE D'ÉVIDENTE UTILITÉ PUBLIQUE

Le premier atout de l'A86 Ouest est évidemment son existence même, puisque, dès 2009, son tunnel Est parachèvera la deuxième rocade francilienne entre Rueil-Malmaison et Versailles en assurant le raccordement avec l'A13 en direction de Paris et vers l'Ouest. Aujourd'hui voisine de 45 minutes par les voies de surface, la durée du trajet Rueil-Versailles se trouvera ramenée à une dizaine de minutes, et les 50 000 véhicules qui emprunteront quotidiennement l'ouvrage¹ allégeront d'autant la circulation en surface.

Cela posé, cet ouvrage ne s'est pas imposé par sa seule utilité mais par un ensemble de solutions originales qui ont permis de tourner la page des débats et des oppositions de principe des années 1970-1980 (figure 1).

■ UN OUVRAGE AU SERVICE DE LA PRÉSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'OUEST PARISIEN

La première, incontestablement, est liée à l'enjeu environnemental du projet. Le choix d'un ouvrage entièrement souterrain et creusé au tunnelier s'est trouvé dicté par la géographie des zones traversées, leur caractère de patrimoine historique et naturel, et la nécessité de préserver la qualité de vie des riverains, ce que ne permettaient pas les autres solutions, y compris en tranchée couverte. Dans le même ordre d'idée, son deuxième point fort est la réduction des emprises des émergences. Le raccordement avec l'A13 représente à cet égard une vraie performance puisque le regroupement de l'ensemble de ses bretelles en un seul secteur et leur superposition sur trois niveaux permettent de limiter la superficie de l'échangeur (figure 2).

Pour fondre harmonieusement les ouvrages d'accès dans le paysage – c'est le troisième point –, Cofiroute en a confié la conception à Michel Regembal, l'un des architectes du Stade de France, dont le parti pris a été d'offrir les transitions les plus simples possibles entre les parties souterraines et la surface.

Du riverain à l'usager, il n'y a qu'un pas, et dans un prolongement logique, les impératifs environnementaux de conception ont rejoint ceux relevant de la sécurité.

■ UN RECOURS ORIGINAL AUX SCIENCES SOCIALES

A côté des aménagements et des équipements dictés par la réglementation et visant à garantir une sécurité maximale, une démarche inédite a été entreprise pour proposer un ouvrage "sécurisant", autrement dit dont la qualité de vie contribue à la sécurité. Afin de mieux cerner pourquoi, dans l'imaginaire collectif, le tunnel est souvent associé à des représentations négatives, Cofiroute a fait appel au conseil d'un groupe de recherche en sciences sociales comprenant un large éventail de compétences – du psychiatre à l'anthropologue – et s'est inspiré de ses recommandations, en particulier pour l'éclairage. A l'inverse des tunnels éclairés par des ampoules à vapeur de sodium (lumière jaune), solution puissante et économique mais qui altère la perception des couleurs et peut entraîner des effets de papillonnement, l'A86 est équipé de lumi-

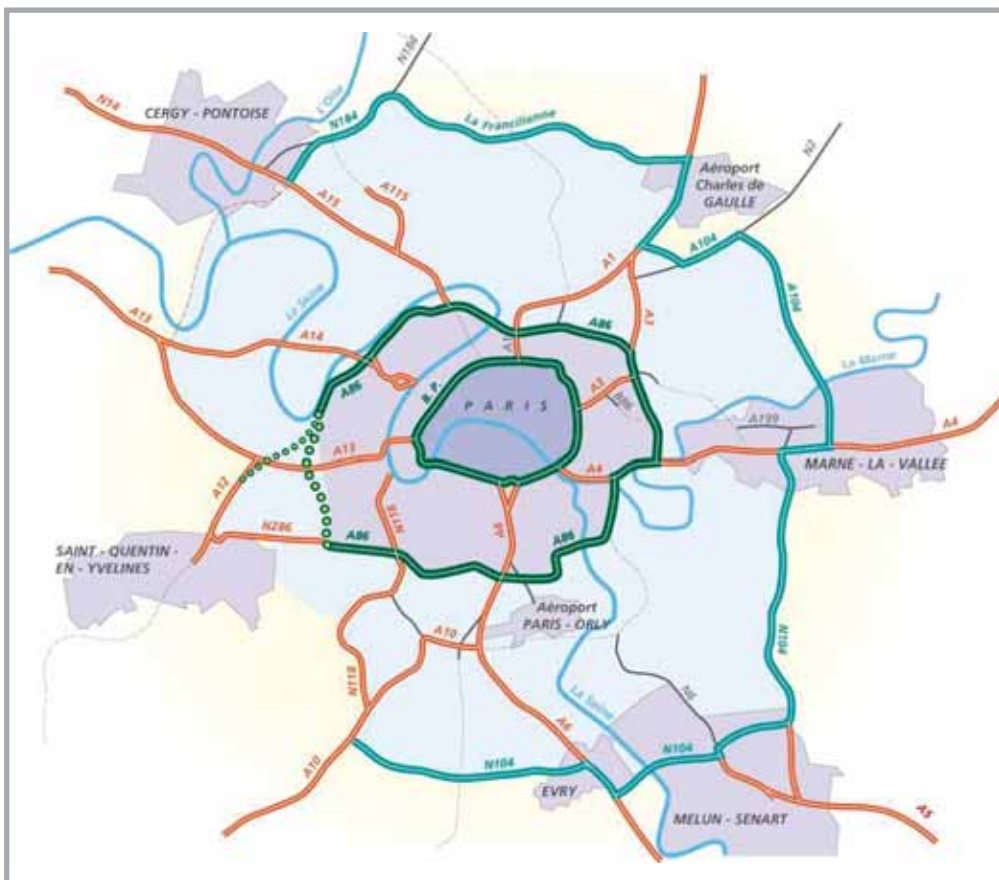


Figure 1
L'A86 à l'ouest : seconde rocade francilienne

The A86 West motorway : second Paris ring road

1. Estimation de trafic. La capacité calculée de l'ouvrage ressort par ailleurs à 4 400 véhicules par heure et par sens de circulation.



naires de couleur blanche de type "lumière du jour", moins puissants, plus nombreux et procurant une meilleure répartition de l'éclairage. Le choix des couleurs des parois et de l'enrobé participe de la même recherche de clarté de l'ouvrage, et la couleur gris béton des plafonds a été maintenue pour l'effet de guidage qu'elle suscite à l'usage et qui contribue à son confort et à sa sécurité.

■ UNE GESTION CONCERTÉE EN PERMANENCE AVEC LES ACTEURS LOCAUX

À côté de ces aspects de conception novateurs et sophistiqués, on ne saurait, enfin, négliger l'importance de l'organisation des travaux et de la concertation avec les riverains. C'est en effet en travaillant quotidiennement à maîtriser et à diminuer les nuisances des travaux, à informer et à prendre en compte les attentes des riverains que s'élabore un composant aussi simple que déterminant pour la réussite à terme d'un tel projet : la confiance.



Illustration des deux tunnels
Illustration of the two tunnels



Figure 2
Illustration du patrimoine historique et végétal environnant l'A86 ouest
Illustration of the historic and natural heritage surrounding the A86 West

Présentation des contraintes en cours

Le creusement de la première section du tunnel entre Rueil-Malmaison et l'échangeur avec l'A13 est entièrement réalisé, celui de la seconde section entre les échangeurs de Pont Colbert et d'A13 vient de débuter, tandis que se poursuivent les travaux de réalisation des structures internes, des puits de secours et unités de ventilation.

Des travaux réalisés dans une zone géologique très diversifiée, ce qui a nécessité la construction d'un tunnelier capable de s'adapter au terrain rencontré, fonctionnant en modes pression de boue et de terre pour le creusement et la réalisation du tunnel. Ces contraintes géologiques influent également sur la réalisation des puits de secours et unités de ventilation, ainsi que sur la réalisation de structures internes au tunnel dont certaines nécessitent le recours préalable à la congélation du sol.

Actuellement le plus grand chantier routier souterrain d'Europe, le bouclage de l'A86 à l'ouest rassemble des compétences pointues et permet, de par ses spécificités, un retour d'expérience précieux dans le domaine de la réalisation de tunnels.

Actuellement le plus grand chantier routier souterrain d'Europe, le bouclage de l'A86 à l'ouest rassemble des compétences pointues et permet, de par ses spécificités, un retour d'expérience précieux dans le domaine de la réalisation de tunnels.

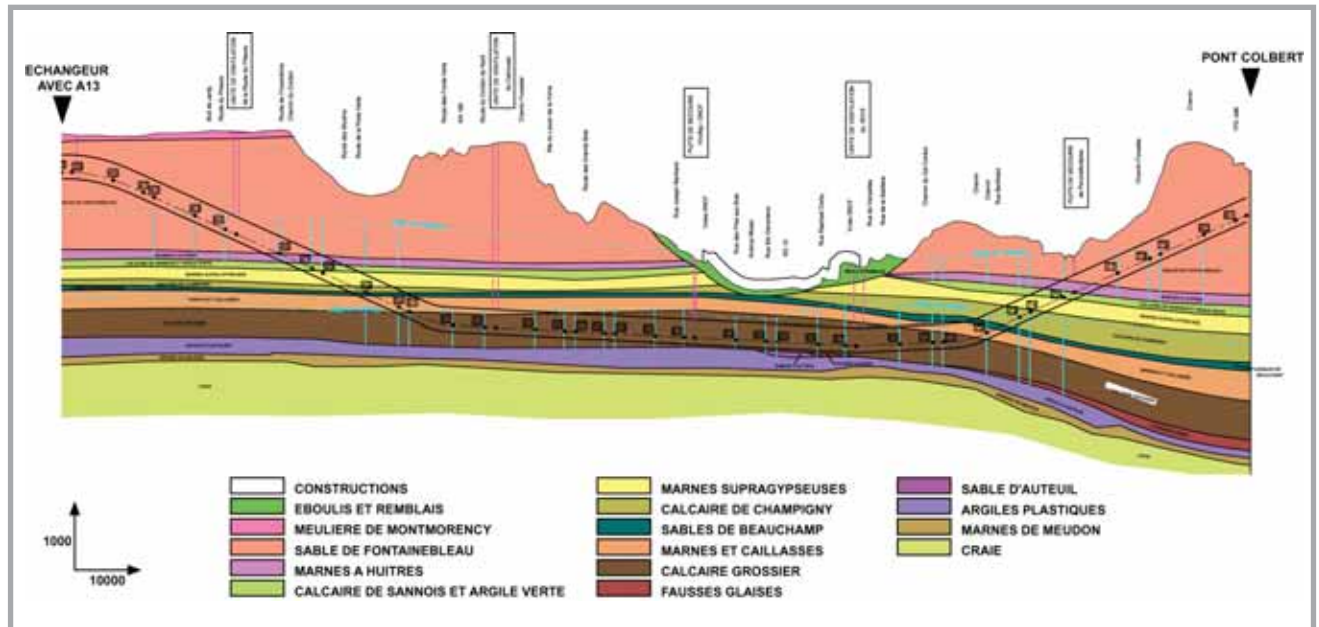


Figure 1
Coupe couches géologiques

Cross section of geological layers

Ce grand chantier se déroule presque exclusivement en sous-sol. Les travaux en surface sont limités au maximum et se veulent discrets tout en préservant le plus possible l'environnement. La partie visible des travaux se limite aux quatre échangeurs et aux unités de ventilation et puits d'accès de secours.

Huit chantiers sont en cours concernant la réalisation du tunnel Est réservé aux véhicules légers. Le creusement de la première section du tunnel entre Rueil-Malmaison et l'échangeur avec l'A13 est entièrement réalisé, celui de la seconde section entre les échangeurs de Pont Colbert et d'A13 vient de débuter, tandis que se poursuivent les travaux :

- ◆ du raccordement de Rueil-Malmaison ;
- ◆ de l'échangeur avec l'autoroute A13 (Vaucluse et au Chesnay) ;
- ◆ du raccordement de Pont Colbert (Jouy-en-Josas) ;
- ◆ du puits de secours des Hauts-Bénards (Rueil-Malmaison) ;
- ◆ du puits de secours du Bois de l'Etat (Rueil-Malmaison) ;
- ◆ du puits de secours de la place Berthet (La Celle Saint-Cloud) ;
- ◆ de l'unité de ventilation et puits de secours du Butard (La Celle Saint-Cloud) ;
- ◆ de l'unité de ventilation et puits de secours de la RD 10 (Viroflay).

Le forage des tunnels est réalisé à partir de trois points d'attaque :

- ◆ Rueil-Malmaison, pour la section nord du tunnel

Est, jusqu'à l'autoroute A13 (creusement terminé en octobre 2003) ;

- ◆ Pont Colbert pour sa section sud jusqu'à l'autoroute A13 ;
- ◆ Bailly pour le tunnel ouest.

Pour mener à bien le projet, Cofiroute a prévu d'utiliser deux tunneliers distincts :

- ◆ le premier pour le tunnel Est. Après avoir creusé la section entre Rueil-Malmaison et l'échangeur avec l'A13, il a été transféré à Pont Colbert pour forer la seconde section, permettant ainsi l'équipement puis la mise en service de la première partie du tunnel. Le creusement de cette seconde section a débuté début juin de cette année ;
- ◆ le deuxième tunnelier, d'un diamètre légèrement supérieur au précédent, servira au creusement ultérieur du tunnel ouest.

■ CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

Le tunnel Est réservé aux voitures a un diamètre intérieur de 10,40 m pour un diamètre d'excavation de 11,56 m. Cela en fait actuellement le chantier routier souterrain le plus important d'Europe. La très grande hétérogénéité des terrains a été prise en compte pour concevoir le tunnelier. Le tracé du tunnel Est (VL) franchit tous les horizons géologiques de la région parisienne : sables de Fontainebleau, marnes calcaires, craies et argiles vertes (figure 1).

géologiques et des travaux

Cette hétérogénéité a conduit à concevoir un bouclier à confinement mixte, à la fois à pression de terre et à pression de boue bentonitique. Les composants et éléments nécessaires aux différents modes de fonctionnement (vis de marinage et circuit bentonitique) ont été intégrés dès sa construction et installés sur le bouclier à poste fixe afin de pouvoir changer alternativement de mode de confinement.

Présentation des critères techniques

Le profil en long retenu

Il présente une grande diversité de terrains : stables (craie, calcaire grossier...) et sans cohésion (sables de Fontainebleau) et va imposer, ou non, la nécessité de confiner le front de taille.

L'hydrogéologie

La présence des différentes nappes phréatiques (quatre nappes distinctes) dans ces terrains aux comportements différents va impliquer de mettre en jeu des pressions de confinement véhiculées par différents moyens (boue, terre, air comprimé).

Le diamètre important de l'excavation

Il est un élément déterminant dans l'application effective d'une pression de soutènement précise et efficace en calotte selon la méthode choisie (très grande difficulté pour appliquer une pression de terre dans un diamètre aussi important).

Grande hétérogénéité du front de taille

L'épaisseur faible de plusieurs des couches interceptées et la dimension importante de l'ouvrage, conduisent à évoluer, sur un linéaire important, avec un front de taille multicouches.

Résultats d'essais de confinement des différents matériaux

Des essais de confinement sur modèle réduit (vis de diamètre 500 mm) ont été réalisés préalablement au choix du tunnelier.

Le tunnelier choisi : un tunnelier polyvalent

L'analyse des différents critères a déterminé le type de machine à mettre en œuvre pour qu'elle corresponde au mieux aux impératifs techniques et économiques à maîtriser en restant dans la gamme de fonctionnement la plus rationnelle possible.

Le choix d'un tunnelier Herrenknecht de type mixte implique de mettre simultanément en place, sur une même machine, l'enveloppe des deux fonctions de marinage (hydraulique et pression de terre).

A savoir notamment :

- ◆ une chambre à bulle, nécessaire pour la régulation de la pression de bentonite et par laquelle il faudra passer pour accéder à la chambre d'abatage ;
 - ◆ une vis escamotable permettant, lorsqu'elle est rétractée, de dégager la grille d'aspiration du circuit de marinage ;
 - ◆ une paroi plongeante permettant une communication entre la chambre à bulle et la chambre d'abatage et devant être "contrôlable" et fiable ; elle est fermée par deux demi-portes ;
 - ◆ avoir un concasseur utilisable en marinage hydraulique, dans la chambre à bulle en partie basse, compatible avec l'emplacement de l'enveloppe de la vis ;
 - ◆ une puissance par mètre cube excavé importante (16 mj/m^3) donnant un couple de 4 000 t.m nécessaire pour un tunnelier à pression de terre ; effort repris par un roulement dont la géométrie doit permettre de passer la vis à l'extérieur de celui-ci pour avoir la vis dans le bas de la chambre d'abatage ;
 - ◆ faire coexister trois sas (deux doubles-sas personnel et un sas matériel) ;
 - ◆ quant au back-up, il devra intégrer les deux systèmes d'évacuation du marinage, donc comprendre une pompe de marinage avec son système de rallonge des tuyauteries ainsi qu'un convoyeur à bande.
- En fonction des configurations de terrains rencontrés (nature, couverture, nappe...), les modes de fonctionnement vont être les suivants (tableau I) :
- sur le premier tronçon du tunnel VL de 4,5 km, creusé entre Rueil-Malmaison l'échangeur avec

Mode de confinement pression de boue	Marinage hydraulique	Sables de Fontainebleau
Mode ouvert	Extraction par vis Marinage par convoyeur	Craie Calcaire grossier Marnes et caillasses
Mode semi-fermé (air comprimé)	Extraction par vis Marinage par convoyeur	Argile plastique Marnes et caillasses
Mode fermé (pression de terre)	Extraction par vis Marinage par convoyeur	Passage des sables d'Auteuil et de Beauchamp

Tableau I
Récapitulatif des modes de creusement par type de terrain rencontré

Summary of tunnel driving methods by type of ground encountered

Antoine Arlet
DIRECTEUR ETUDES CONCEPTION
Socatop

Jean-Luc Toris
DIRECTEUR SECTEUR TRAVAUX
TUNNEL
Socatop

Stéphane Polycarpe
DIRECTEUR TRAVAUX NICHES
ET STRUCTURES INTERNES
Socatop

Gérard Jobart
RESPONSABLE PRODUCTION PUITES
Socatop

Alice Tuscher
RESPONSABLE ADJOINT
PRODUCTION PUITES
Socatop

Yvan Chirol
INGÉNIEUR TRAVAUX
Socatop

Lionel Ravix
DIRECTEUR TRAVAUX
RACCORDEMENT
DE RUEIL-MALMAISON
Socatop

Christophe Persoz
DIRECTEUR TRAVAUX
SOUTERRAINS
Campon Bernard TP

Patrick Gauthier
INGÉNIEUR TRAVAUX
Campon Bernard TP

Franck Moine
INGÉNIEUR TRAVAUX
Campon Bernard TP

© Photos Alex Béraud. Photothèques Cofiroute et Socatop

Figure 2
Schéma mode
pression de terre
*Earth Pressure
Balance method
diagram*

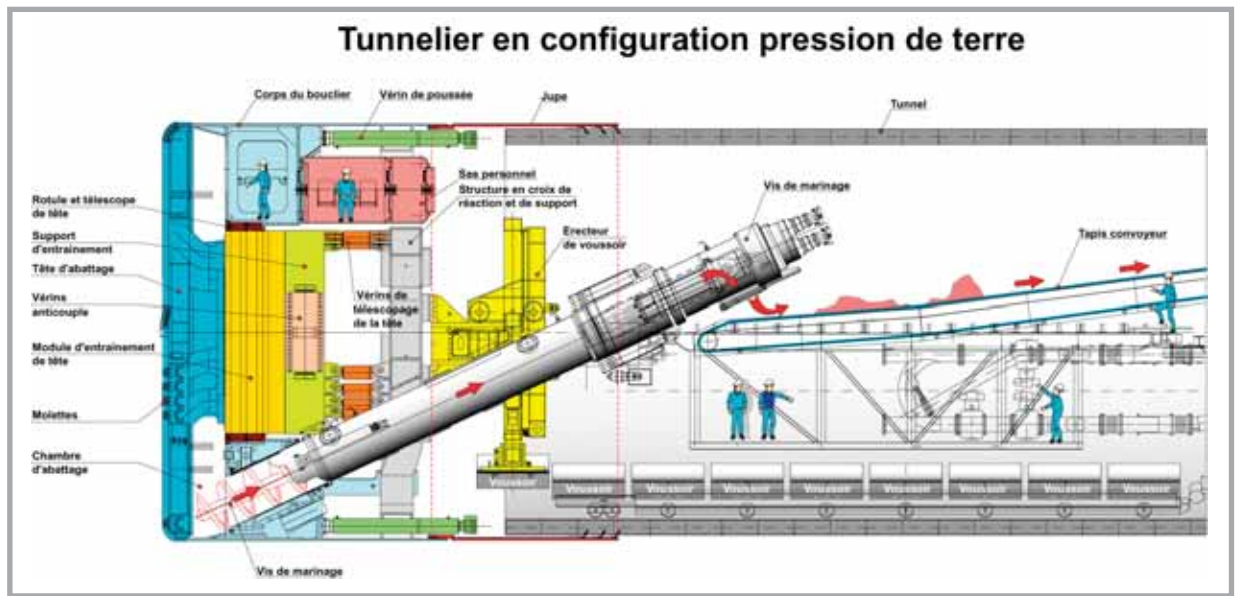
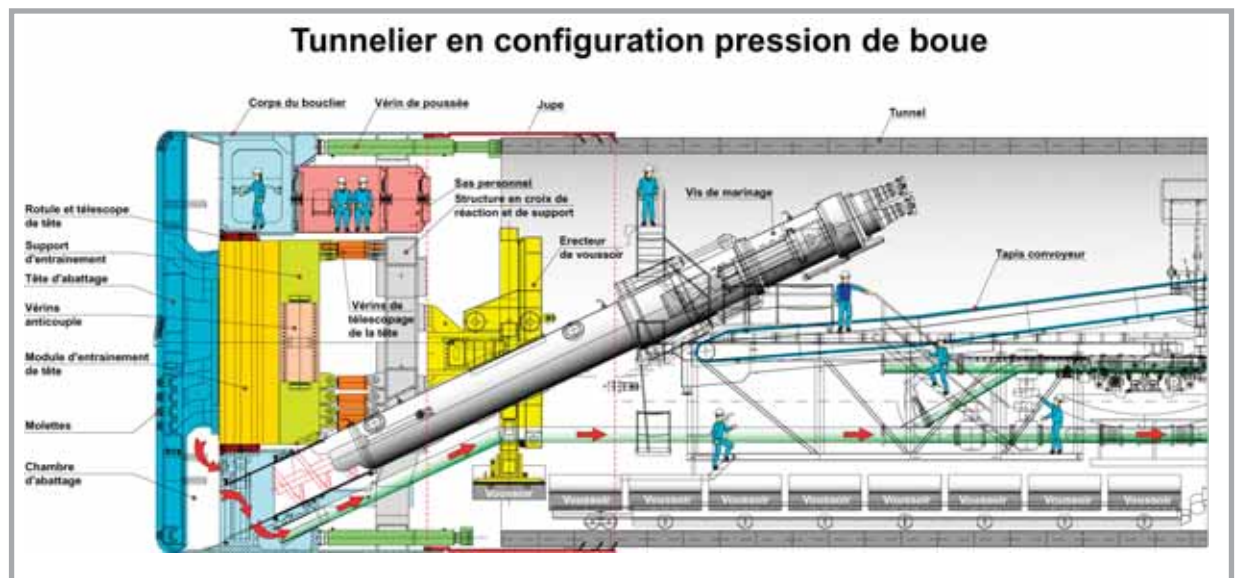


Figure 3
Schéma mode
pression de boue
*Slurry Support
method diagram*



- ▶ l'A13, il a fonctionné avec le mode "extraction par vis" sur les 3500 premiers mètres, puis est passé en mode "pression de boue" dès le contact avec les sables de Fontainebleau (figures 2 et 3),
- sur le second tronçon du tunnel VL de 5,5 km, creusé entre le raccordement de Pont Colbert et l'échangeur avec l'A13, il est prévu de fonctionner alternativement en mode "pression de boue" puis en mode "extraction par vis" et de nouveau en mode "pression de boue".

■ LES INSTALLATIONS DE CHANTIER

Concernant le chantier en général

- Le chantier a pris en compte d'importantes contraintes environnementales, en particulier :
- ◆ le positionnement des installations en dehors

des zones concernées par les ouvrages définitifs extérieurs ;

- ◆ la logistique d'approvisionnement du chantier par voie fluviale à Rueil ;
- ◆ l'insertion paysagère des installations ;
- ◆ une attention particulière à porter aux nuisances sonores ;
- ◆ la préservation du site et notamment la qualité des eaux.

Pour ces trois derniers critères, les conséquences les plus importantes ont été :

- ◆ l'adoption systématique de la couleur vert kaki pour toutes les installations de chantier (insertion paysagère) ;
- ◆ la réalisation d'une étude de l'impact acoustique en phase chantier qui a conduit à la définition de critères spécifiques à respecter pour toutes les installations de chantier ;
- ◆ la réalisation d'un dossier loi sur l'eau (déclaration) pour la phase chantier conduisant à des ou-

vrages très importants de collecte et traitement des eaux (quatre bassins de prédécantation : entrée tunnel, centrale à béton, centrale à mortier, convoyeur ; un bassin de décantation principal 300 m³ - 100 m², un ensemble dessableur/clarificateur (Ø 13,5 m), des déshuileurs) (figure 4).

Les zones principales des installations sont :

- ◆ l'évacuation des déblais et traitements des eaux :
 - un ensemble de convoyeurs permettant le chargement direct des camions et/ou la mise en stock des déblais (avec les bassins de stockage associés et les convoyeurs de reprise),

- une station de traitement des boues pour le mode pression de boue : pour un débit de marinage de 2000 m³/h, elle assure la fabrication de boue neuve, le dessablage, la gestion de la qualité des boues et le traitement des boues excédentaires (filtre presse),

- un ensemble de décanteurs gravitaires, un clarificateur (diamètre 13,5 m), un ensemble dessableur/essoreur, et des déshuileurs permettent de traiter toutes les eaux avant réutilisation en circuit fermé ou rejet ;

- ◆ l'approvisionnement tunnelier :

- les voussoirs, d'un poids de 10,4 t pièce (pour les voussoirs courants, les voussoirs de contre-clef et le voussoir de clef étant d'un poids inférieur), sont fabriqués à Sainte-Julie dans l'Ain. Ils sont acheminés par rail jusqu'au port de Gennevilliers puis par camions jusqu'à Pont Colbert. La proximité de la Seine pour le chantier de Rueil-Malmaison permettait une alimentation du chantier ainsi qu'une évacuation des déblais par barge (photo 1),

- les trains d'approvisionnement du tunnelier sont chargés à l'aide d'un poste de chargement spécifique couvrant toute la longueur du train et permettant son chargement en : voussoirs, bennes à mortier, tuyaux et accessoires en moins de 20 minutes,

- la fabrication des mortiers de bourrage (à base de sables fillérisés, filler calcaire, cendres volantes et ciment) est effectuée sur le site ;

- ◆ la centrale à béton :

- le niveau élevé des spécifications béton (alcali-réaction niveau C, tenue au feu) et les contraintes logistiques ont conduit Socatop à fabriquer sur le site les bétons des ouvrages internes du tunnel (dalles et niches) et ceux de l'échangeur de Pont Colbert. Cinq formules sont principalement utilisées allant du B15 au B50 (utilisé pour les ouvrages en tunnel) ;

- ◆ à ces installations s'ajoutent les bureaux et cantonnements, ateliers de chaudronnerie/mécanique, électricité/automatisme et magasin.

Concernant le démarrage du tunnelier en particulier

Préalablement au montage du tunnelier, le front d'attaque a été dégagé en réalisant une boîte en

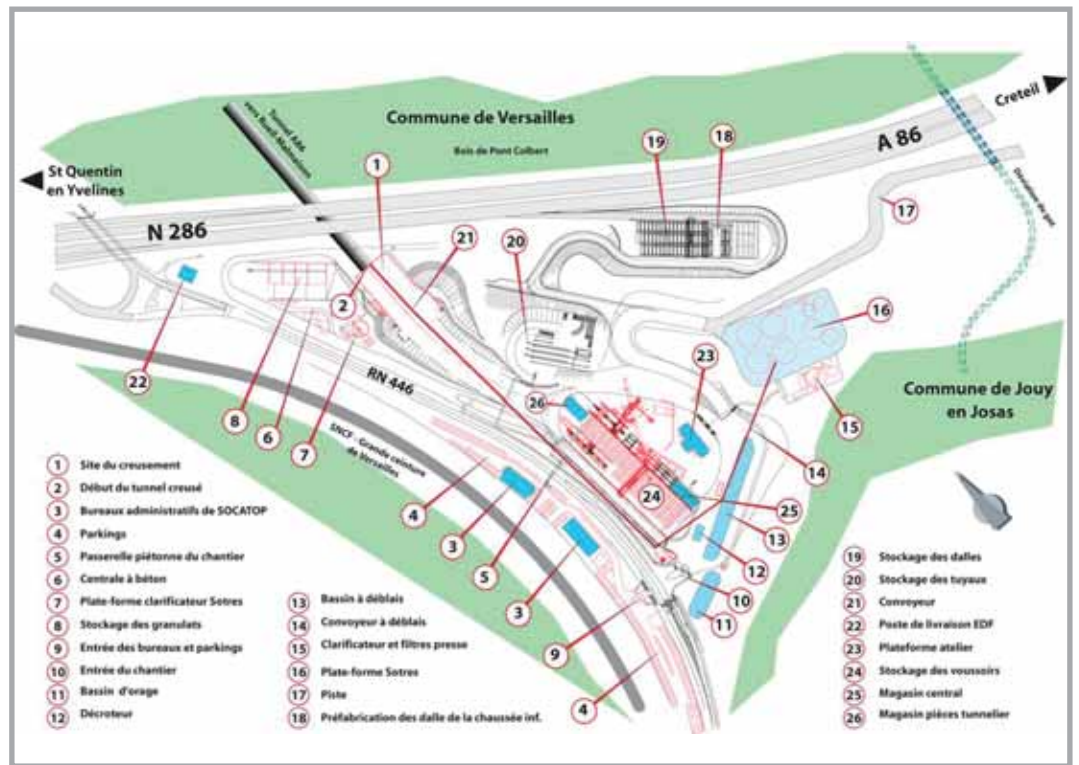


Figure 4
Schéma
Pont Colbert
Diagram
of Colbert
Bridge



Photo 5
Installations
de chantier
de Pont Colbert
Colbert Bridge
construction plant

paroi moulée dans laquelle prendra place l'unité de ventilation de Pont Colbert.

Le tunnelier a été monté dans sa totalité sur ces radiers (bouclier et train suiveur, soit 180 m de long environ) principalement à l'aide d'un portique de levage Akros 2 x 115 t entre janvier 2004 et mai 2005.

Pour reprendre les efforts de poussée au démarrage, un bâti de poussée métallique d'un poids total de 170 t dimensionné pour reprendre un effort de 3000 t a été installé avec un ancrage en pieds effectué par 2 x 4 tirants (photo 2).

Concernant l'approvisionnement du tunnelier

Le revêtement du tunnel VL est composé d'anneaux de voussoirs en béton armé préfabriqués, d'épais-



Photo 2
Le tunnelier en phase de montage à Pont Colbert

The TBM in the assembly stage at Colbert Bridge



Photo 3
Sortie du tunnelier le 14 octobre 2003
Tunnel boring machine exit on 14 October 2003

deux remorques à mortier, deux remorques matériel, et un tracteur.

■ LES TRAVAUX

Travaux en cours à l'intérieur du tunnel entre Rueil-Malmaison et A13

Le creusement du tunnel de cette première section s'est achevé le 14 octobre 2003, suivi de la fin de la réalisation de la dalle inférieure de circulation (photo 3).

Le chantier des autres structures internes est en cours.

Les ouvrages de sécurité

Dans le tunnel on trouve deux types d'ouvrages de sécurité répartis tout le long du tracé :

- ◆ les niches de sécurité avec escalier de transfert : NSET ;

- ◆ les niches de désenfumage ND (petite ouverture : NDPO ; grande ouverture : NDGO).

Ces ouvrages sont réalisés une fois que le tunnel a été creusé et que la dalle de roulement de l'espace trafic bas a été posée. Ils sont creusés en utilisant des méthodes dites traditionnelles par opposition au creusement mécanisé du tunnelier. Sur les 31 niches et/ou escaliers de transfert à construire dans cette première section de tunnel, ont été réalisées à fin avril 2005 :

- ◆ 9 niches de désenfumage entièrement excavées et revêtues ;

- ◆ 12 niches couplées à un escalier de transfert entièrement excavées et revêtues ;



Photo 4
Réalisation de la niche de sécurité

Construction of the safety recess

seur 0,42 m et d'une longueur de 2 m. Pour la mise en place de chaque anneau, il est nécessaire d'acheminer au tunnelier de l'ordre de 120 t par anneau :

- ◆ un anneau de huit voussoirs (soit un poids total de 70 t) ;
- ◆ 16 m³ de mortier (soit 46 t avec les bennes) ;
- ◆ tuyaux, fûts, consoles, etc.

Le choix de Socatop s'est porté sur des trains sur pneumatiques roulant directement sur les voussoirs et composés (dans le sens allant vers le tunnelier) d'un tracteur, quatre remorques à voussoirs,

◆ 10 autres niches en cours d'excavation à des stades différents dont cinq nécessitant des traitements de terrain par congélation (photo 4).

Les terrains traversés par le tunnel sont classifiés selon le degré de difficulté lié à l'exécution des niches. Trois catégories de terrain ont été identifiées :

- ◆ terrain type I : terrains stables (formations rocheuses) ;
- ◆ terrain type II : terrains plastiques et gonflants (formation argileuse et marneuse) ;
- ◆ terrain type III : terrains pulvérulents (sables de Fontainebleau) ;

Le bilan des ouvrages à réaliser, classés par famille d'ouvrages et types de terrains, est le suivant :

- ◆ 18 niches de sécurité avec escalier de transfert (NSET), dont :
 - 9 NSET en terrain type I,
 - 4 NSET en terrain type II,
 - 5 NSET en terrain type III.

Les niches de sécurité avec escalier de transfert sont présentes tous les 200 m, sur le côté ouest du tunnel. Elles regroupent les moyens de lutte contre l'incendie, une borne d'appel d'urgence et un abri ventilé avec un escalier de transfert reliant les deux niveaux de circulation du tunnel. D'une surface de 33 m², elles peuvent accueillir jusqu'à 100 personnes ;

- ◆ 13 niches de désenfumage (ND), dont :
 - 6 ND grande ouverture (NDGO) en terrain type I,
 - 4 ND petite ouverture (NDPO) en terrain type II,
 - 3 ND (petite ouverture ou grande ouverture suivant les méthodes d'exécution) en terrain type III (figure 5).

Les niches de désenfumage sont placées tous les 400 m, du côté opposé des NSET.

Ces niches mettent en communication l'espace inférieur de circulation et la gaine de désenfumage situé sous la dalle basse. La forme des niches dépend de la nature des terrains et des méthodes d'exécution retenues. Elles sont de type grande ouverture [taille parallélépipédique d'environ 6 m (L) x 6 m (l) x 6 m (h)] dans les terrains qui n'exercent pas de contraintes trop importantes sur le tunnel. Elles deviennent de type petite ouverture dédoublées (taille 2 unités x 6 m (L) x 3 m (l) x 6 m (h)) lorsque les poussées de terrain sont trop importantes.

Les niches sont réalisées à l'intérieur du tunnel VL1 depuis la dalle basse. Les principales phases de travaux sont les suivantes :

- ◆ aménagement de la zone de travail (dépose du platelage métallique côté niche, déviation des réseaux et installation d'éclairage supplémentaire) ;
- ◆ traitement des terrains et préconfortement suivant la formation géologique ;
- ◆ confortement du tunnel (plots de cisaillement et boulonnage radial, pose des cintres métalliques et portiques de confortement) ;

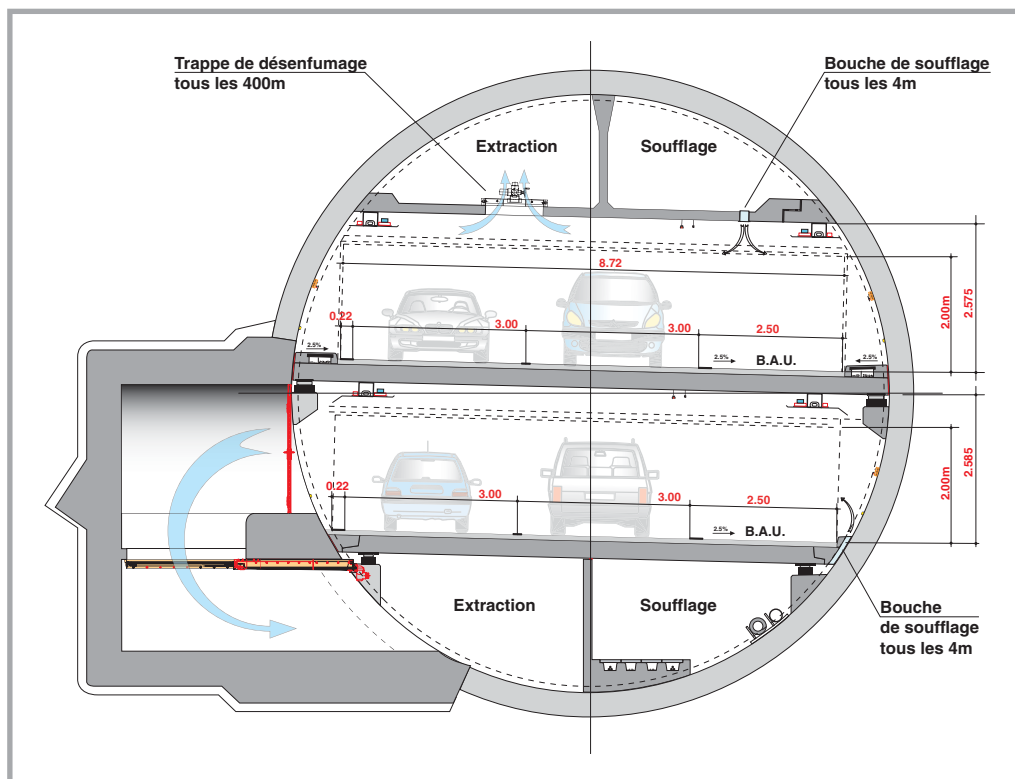


Figure 5
Coupe d'une niche de désenfumage grande ouverture
Cross section of a wide-opening smoke control recess

- ◆ découpage et dépose des voussoirs ;
 - ◆ excavation (généralement en deux demi-sections : supérieure et inférieure) ;
 - ◆ réalisation de l'étanchéité, du ferrailage et du bétonnage (comme pour les excavations en deux demi-sections supérieure et inférieure) ;
 - ◆ structures intérieures de la niche (palier, cloisons, escaliers pour les NSET...) ;
 - ◆ injections de clavage et finitions ;
 - ◆ fermeture en béton armé des trémies laissées dans la dalle basse au droit des niches.
- Le pourcentage d'avancement de ce chantier, en mars 2005, était de 70 %.

Structures internes du tunnel

Description des ouvrages

Afin de créer les voies de roulement des véhicules, les gaines de ventilation et les cheminements de câbles en caniveaux, pas moins de six ouvrages longitudinaux en béton armé sont à réaliser dans la section du tunnel Est.

En progressant du bas vers le haut, on rencontre successivement :

- ◆ le radier : sa fonction est de créer quatre caniveaux pour le cheminement des artères principales du tunnel. Section : 0,75 m² au ml en béton B35 ;
- ◆ la cloison basse : elle sépare en deux l'espace ventilation inférieur et crée ainsi la gaine de soufflage et la gaine d'extraction. Elle est continue sur 4,5 km. Epaisseur : 15 cm - Hauteur : 1,70 m - Béton B35 auto-plaçant ;
- ◆ la dalle basse : elle constitue le support des voies de circulation dans le sens Rueil vers Vélizy et délimite l'espace de ventilation inférieur. D'une

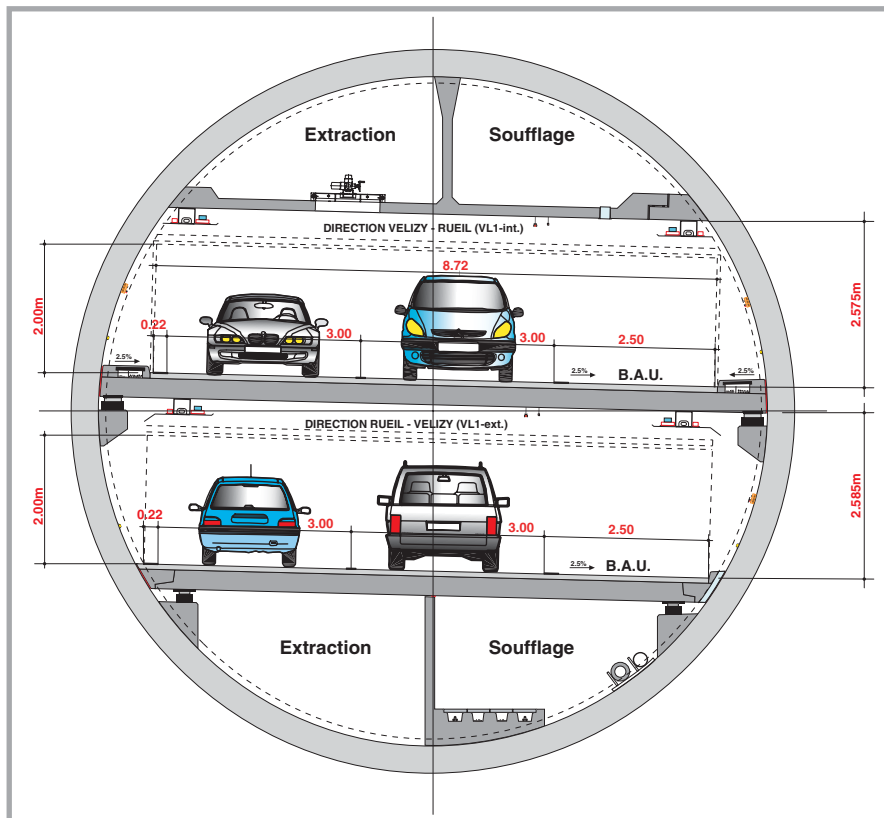


Figure 6
Coupe de profil
du tunnel VL

Profile section
of the commercial
vehicle tunnel

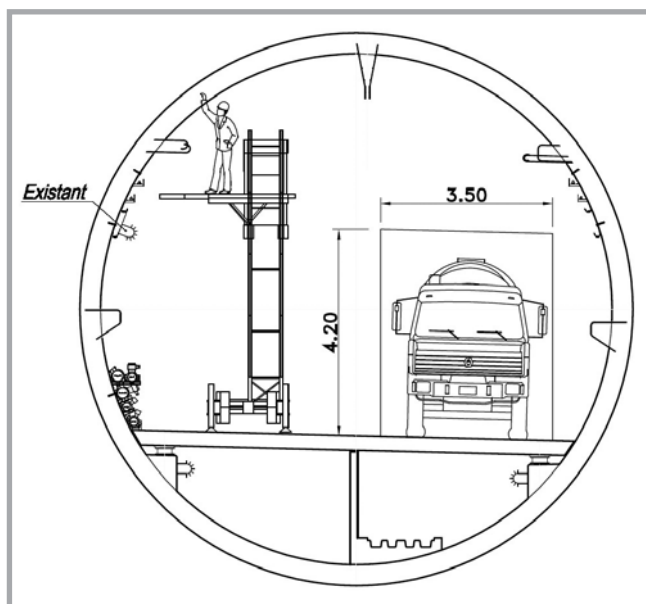


Figure 7
Atelier n° 5.
Scellement des attentes
depuis la nacelle

Plant No. 5. Grouting
of prepared holes
from the platform

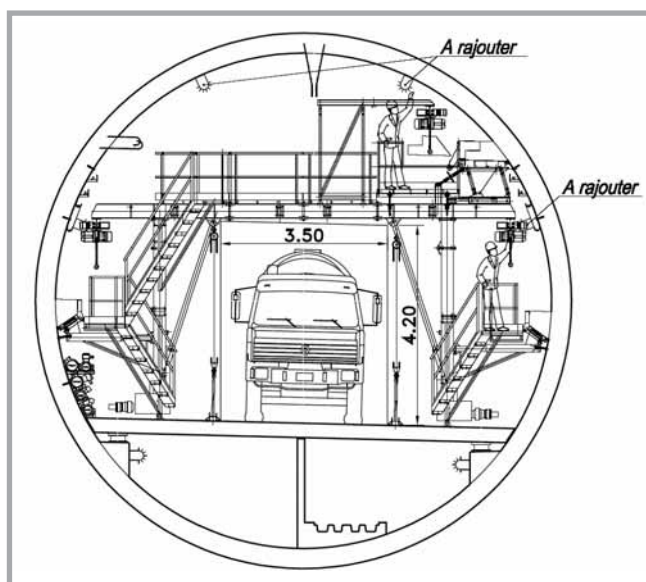


Figure 8
Atelier n° 6.
Coffrage outils
corbeaux

Plant No. 6. Bracket
sectional formwork

épaisseur de 30 cm, elle repose via des appuis en néoprène espacés de 2,67 m, sur des longrines filantes ancrées sur le revêtement en voussoir du tunnel.

C'est une dalle continue sur 4,5 km, d'une portée transversale de 8,40 m, réalisée en béton B50 ;

◆ la dalle médiane : elle constitue le support des voies de circulation dans le sens Vélizy vers Rueil et sépare le tunnel en deux espaces distincts :

- espace inférieur : espace de circulation et espace de ventilation pour le sens Rueil vers Vélizy,
- espace supérieur : espace de circulation et espace de ventilation pour le sens Vélizy vers Rueil.

C'est une dalle continue sur 4,5 km, d'une épaisseur de 30 cm et d'une portée transversale de 10,20 m, réalisée en B50 et reposant, via des appuis en néoprène espacés de 4 m, sur des corbeaux filants ancrés sur le revêtement du tunnel ;

◆ la dalle haute : elle permet de délimiter l'espace ventilation supérieur. D'une épaisseur de 15 cm et d'une largeur de 8,40 m elle est continue sur 4,5 km et réalisée en béton B50. Elle repose d'un côté par un appui continu sur un corbeau filant ancré au revêtement en voussoir du tunnel. De l'autre côté elle est encastrée dans ce même revêtement. Elle est, de plus, suspendue en son centre via la cloison haute ;

◆ la cloison haute : elle sépare en deux l'espace ventilation supérieur et crée ainsi la gaine de soufflage et la gaine d'extraction pour l'espace de circulation supérieur. Continue sur 4,5 km, elle a une épaisseur de 15 cm et une hauteur de 1,90 m. Réalisée en béton auto-plaçant B50, elle est, en partie supérieure, encastrée au revêtement tunnel (figure 6).

Phasage et méthodes de réalisation

Les méthodes d'exécution des structures internes sont exposées ci-dessous dans leur ordre chronologique de réalisation :

◆ **dalle basse** : elle est réalisée immédiatement à l'arrière du tunnelier afin de créer un espace de circulation sous dalle basse pour les trains d'approvisionnement du tunnelier, indépendant de l'espace de circulation sur la dalle basse destiné, lui, à la logistique des ateliers dalle basse et niches.

A l'arrière du train suiveur du tunnelier sont réalisés : la préparation de surface de reprise, les forations et scellements des aciers des longrines.

En moyenne, 300 m derrière le tunnelier, l'outil dalle basse d'une longueur de 54 m réalise tous les jours :

- 18 m de longrines (coulage),
- 18 m de préparation des bossages des appuis en néoprène,
- 18 m de pose puis clavage de dalles préfabriquées de 2,65 x 8,40 m x 0,30 m d'un poids de 16 t unitaire.

Après le percement du tunnel, les autres structures internes sont lancées ;

◆ **radier et cloison basse** : ils sont réalisés au moyen de deux coffrages outils d'une longueur unitaire de 24 ml chacun et espacé d'un plot de 24 ml. La cloison étant bétonnée en sous-œuvre de la dalle basse, un béton auto-plaçant est mis en œuvre ;

◆ **forations et scellements** : pour la réalisation des encastresments des dalles et cloisons hautes et des corbeaux filants des dalles médianes et hautes, les voussoirs du tunnel sont rabotés pour obtenir une surface de reprise rugueuse, et des scellements de barres aciers HA sont réalisés sur 4,5 km. Pas moins de 110 000 scellements sont à effectuer pour les 4,5 km du tunnel Est 1.

Pour ce faire, Socatop a adapté un robofore trois bras (matériel habituellement utilisé pour le creusement des tunnels à l'explosif, foration des tirs de mine), avec des glissières et des marteaux perforateurs en extrémité des bras, ce qui permet depuis la dalle basse de procéder de manière automatisée à la foration des trous de scellement pour toutes les structures.

Le rabotage des parois est effectué à l'aide d'une fraise montée sur un bras coulissant, lui-même fixé sur le premier bras d'une pelle hydraulique ;

◆ **corbeau** : un portique d'une longueur de 24 ml permet la réalisation des corbeaux gauche et droit de la dalle médiane et du corbeau droit de la dalle haute (figures 7 et 8).

◆ **dalle et cloison haute** : une table de ferrailage d'une longueur de 9 m permet la mise en place du ferrailage de la dalle et de la cloison haute avec des cages préfabriquées, ensemble qui est ensuite suspendu au tunnel.

Un train de tables de coffrage, prenant appui sur les corbeaux de la dalle médiane et recyclées à l'aide d'un portique spécifique est ensuite utilisé pour le coffrage et le bétonnage de la dalle haute. Pour garantir une cadence de 24 ml par jour, et compte tenu du temps de montée en résistance du béton et de la réalisation de la cloison haute avec un plot de décalage, cinq tronçons de 24 ml de table, soit 120 ml, sont nécessaires (figures 9 et 10) ;

◆ **dalle médiane** : cette dalle est réalisée en dernière phase car elle ne permet plus de disposer du gabarit poids lourds en tunnel dès le démarrage de son exécution.

Elle est coulée en place sur des tables avec en première phase, deux banquettes de rive, puis la partie centrale.

Ce phasage a été retenu pour permettre le recyclage des tables et pour disposer de références fiables pour le surfacage précis de la dalle dans sa partie centrale.

Comme pour la dalle haute, c'est un ensemble d'une longueur de 120 ml qui est nécessaire pour assurer une cadence de 24 ml/jour (figure 11).

Synthèse

Pour la réalisation des structures internes du tunnel après la dalle basse, c'est près de 30 000 m³

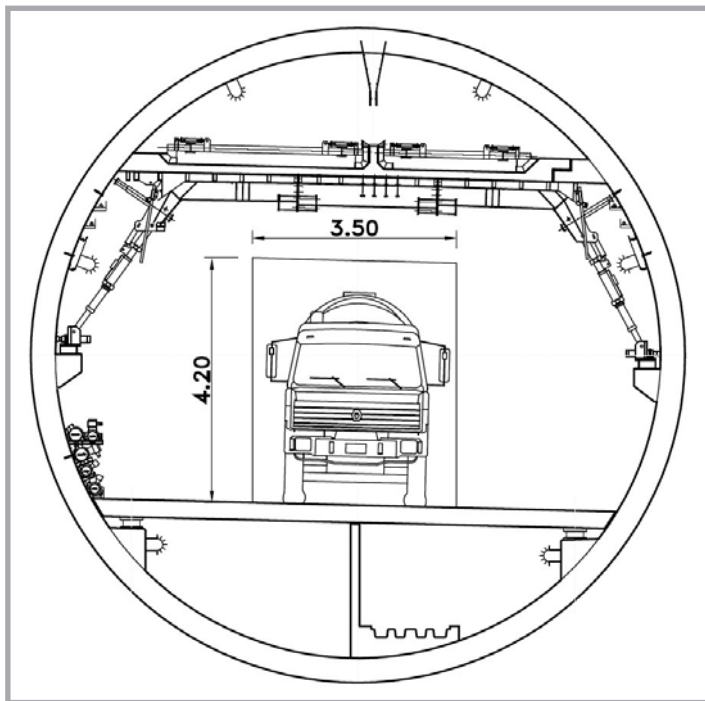


Figure 9
Atelier n° 9. Coffrage outils dalle haute

Plant No. 9. Top slab sectional formwork

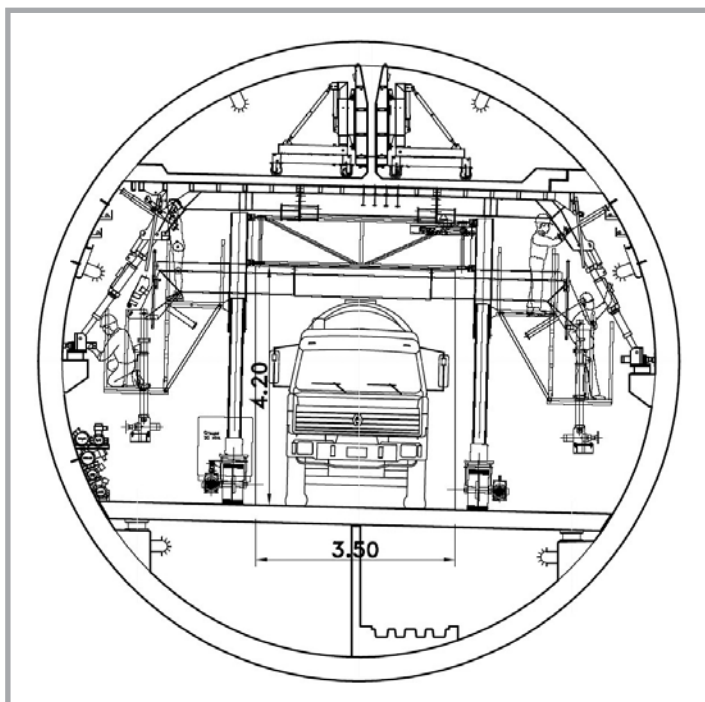


Figure 10
Atelier n° 10. Coffrage outils cloison haute

Plant No. 10. Partition top sectional formwork

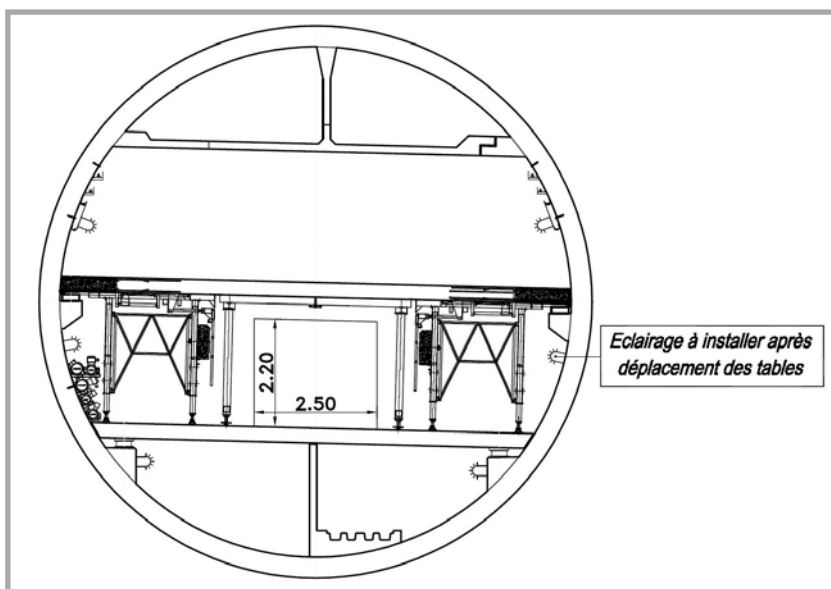


Figure 11
Atelier n° 11. Coffrage outils dalle médiane

Plant No. 11. Middle slab sectional formwork

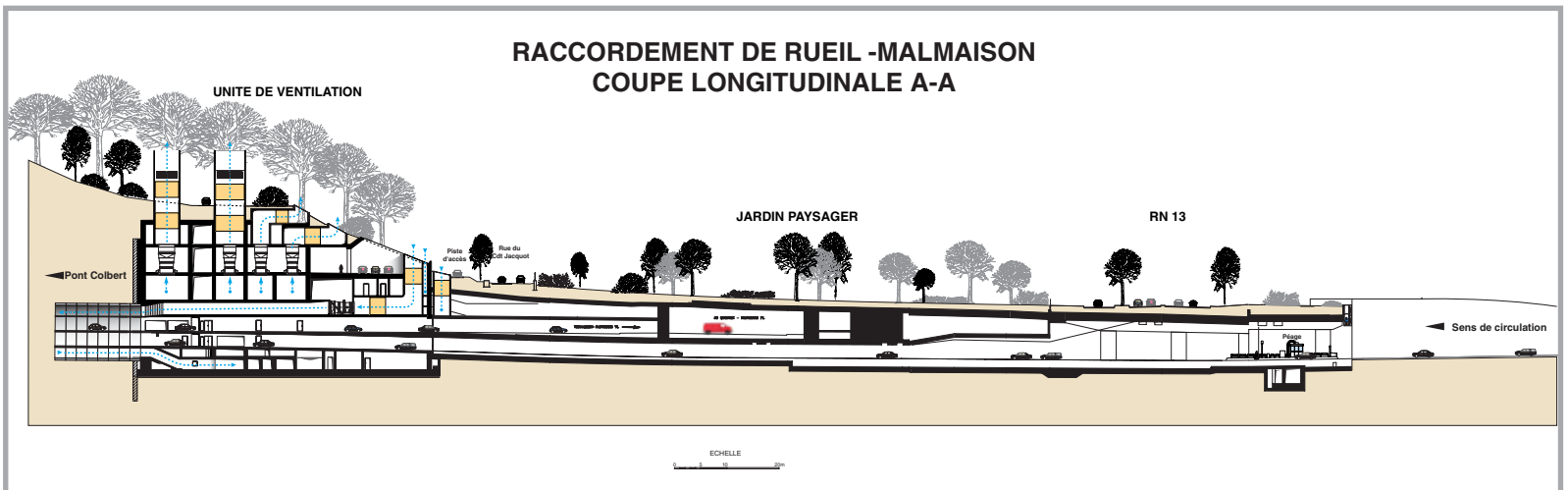


Figure 12
Coupe de profil de l'unité
de ventilation
de Rueil-Malmaison

Profile section
of the Rueil-Malmaison
ventilation unit



Photo 5
Travaux en cours
au niveau du raccordement
de Rueil-Malmaison

Work in progress
at the level
of the Rueil-Malmaison
connection

L'unité de ventilation

L'unité de ventilation de Rueil, de 50 m de long, 50 m de large et 28 m de profondeur est réalisée à l'abri de parois moulées, qui ont été réalisées dans une première phase en 1997.

Les méthodes de construction de l'unité de ventilation ont été définies en considérant deux contraintes. D'une part, assurer en permanence l'accès au tunnel VL au gabarit de 4,5 m en phase travaux, d'autre part prendre en compte la réalisation différée du tunnel TT, qui nécessite de laisser une grande trémie dans la dalle de couverture (17 m x 20 m) pour permettre le démontage du tunnelier.

En phase définitive, l'unité de ventilation de Rueil assurera les fonctions principales d'extraction d'air vicié et de soufflage d'air frais entre Rueil et le puits de la place Berthet (figure 12).

La tranchée couverte

La tranchée couverte est un ouvrage de transition à géométrie complexe (longueur 120 m et largeur variable de 35 m à 80 m), situé entre le pont existant de la RN 13 et l'unité de ventilation, qui permettra aux véhicules empruntant le tunnel Est de passer d'une position juxtaposée, au niveau de l'aire de péage, à une position superposée.

Les structures de la tranchée couverte sont réalisées à l'abri de parois provisoires.

De façon analogue à l'unité de ventilation, l'accès au tunnel VL au gabarit de 4,5 m doit être assuré en permanence pendant les phases travaux (photo 5).

L'aire de péage - Centre d'exploitation

L'aire de péage et le centre d'exploitation au nord du pont de la RN 13 permettent d'une part d'assurer les raccordements avec les voiries existantes (essentiellement la RN 13) et l'A86 non concédée, et d'autre part l'exploitation du tunnel en service. Les ouvrages de l'aire de péage se connectent au nord et à l'ouest avec le dernier tronçon de l'A86 existante qui a été réalisé par la DDE 92. Les radiers sont stabilisés contre les sous-pressions par des micropieux (1 100 u au total) (figure 13).

de béton et 5 000 t d'armatures qui sont à mettre en œuvre.
Les cadences à assurer sont de 24 ml par jour pour chacun des 11 ateliers, qui mis bout à bout, constituent un ensemble "train travaux" de 1 250 m de longueur, soit plus du quart de la longueur du tunnel Est 1.

Raccordement de Rueil-Malmaison

Le raccordement de Rueil-Malmaison est un ouvrage constitué :

- ◆ au sud du pont de la RN 13, d'une unité de ventilation, et d'une tranchée couverte. Cette couverture fera l'objet à la mise en service d'un aménagement paysager sous forme de jardin public ;
- ◆ au nord du pont de la RN 13, de l'aire de péage et bretelles de raccordement, et du centre d'exploitation.

L'ensemble des ouvrages est réalisé à ciel ouvert, soit à l'abri de murs de soutènements (parois moulées ou provisoires), soit en fouilles ouvertes.

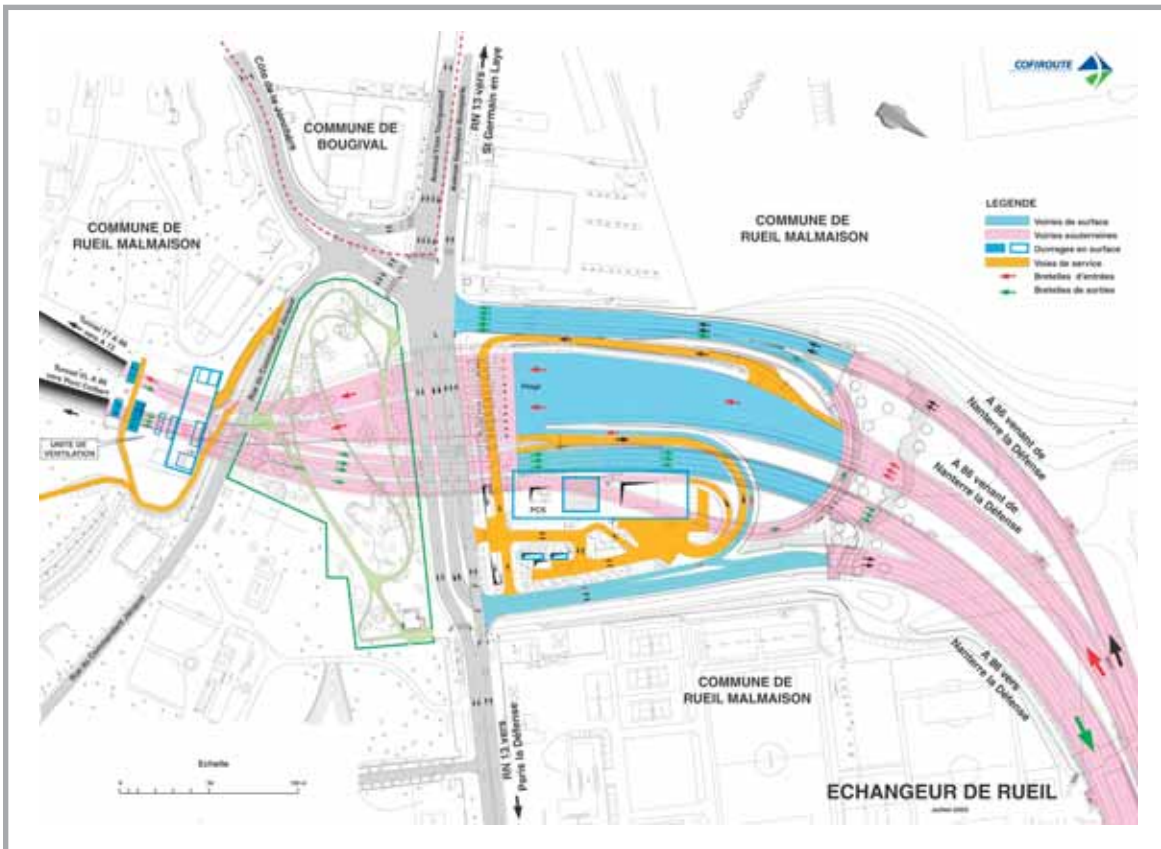


Figure 13
Fonctionnalités
du raccordement
de Rueil-Malmaison
*Functionalities
of the Rueil-Malmaison
connection*

Le centre d'exploitation est réalisé à l'abri de parois moulées d'épaisseur 0,80 m et 1,0 m, dont les fondations profondes se situent à 28 m au-dessous du niveau actuel de la RN 13. Cet ouvrage enterré comprenant les bâches de recueil des eaux, les groupes électrogènes, ... et connecté avec la galerie des péagers, sera coiffé par le bâtiment d'exploitation (R + 1).

Quelques quantités clefs

- Béton : 113 000 m³
- Armatures : 13 000 t
- Parements architecturés : 5 500 m²
- Parois moulées : 9 000 m²
- Parois provisoires : 6 000 m²
- Micropieux : 1 100 u

Réalisation des puits du tunnel VL

La réalisation des unités de ventilation et puits de secours n'occupe qu'un espace limité en phase travaux, de telle sorte que les travaux ont très peu d'impact sur la vie quotidienne et le déplacement des automobilistes.

En fin de travaux, la superficie occupée est environ réduite de moitié et des plantations nouvelles viennent remplacer un déboisement limité. A l'exception du puits de la place Berthet, qui apparaîtra comme un aménagement urbain incorporé au parking préexistant, les autres ouvrages, majoritairement isolés dans la forêt, seront masqués par la verdure.

Onze puits relie le tunnel à la surface (figure 14). Leur fonctionnalité commune est de permettre l'accès des secours extérieurs et l'évacuation des usagers en cas d'incident en tunnel.

Deux de ces puits ont également une fonction de ventilation :

- ◆ le puits du Butard (La Celle Saint-Cloud) a une fonction de soufflage d'air frais ;
- ◆ l'ouvrage de la RD 10 (Viroflay) a ponctuellement

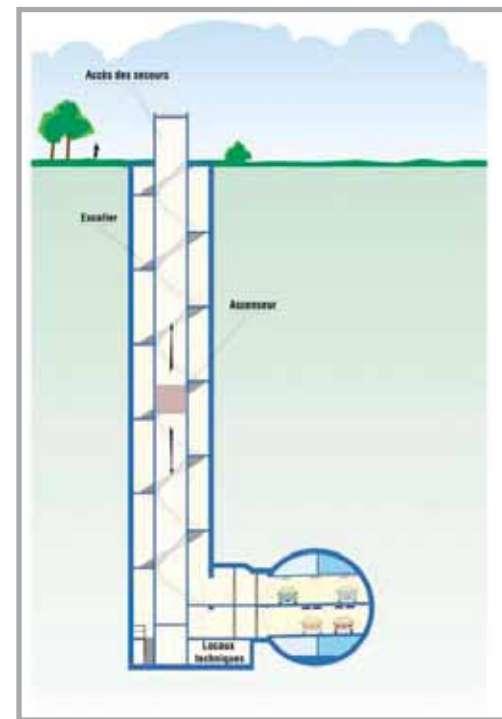


Figure 14
Schéma puits de secours
Diagram of emergency shaft

Particularités techniques

Géologie - Terrassements

Les terrains rencontrés au niveau de raccordement de Rueil sont essentiellement la craie (massive/altérée) et les alluvions (modernes et anciennes) lorsque l'on se rapproche de la Seine. 420 000 m³ de terre ont été déblayés et évacués par la Seine, et 90 000 m³ de terre seront nécessaires pour réaliser les remblais au-dessus des structures enterrées ou les aménagements paysagers.

Nappe phréatique

Une partie des ouvrages à construire étant située sous le niveau de la nappe phréatique, il a été mis en place un dispositif de rabattement de la nappe. Par ailleurs, pour les zones les plus profondes au droit du centre d'exploitation, des injections de sol au coulis de bentonite-ciment ont été réalisées, de façon à créer un bouchon étanche (épaisseur 2 m à 3 m) pour les travaux de génie civil, et limiter le niveau de rabattement.

Figures 15 et 16
Schéma puits
de secours combiné
à une unité
de ventilation de prise
d'air frais
et d'extraction
Diagram of emergency
shaft combined
with a ventilation unit
for the intake of fresh
air and air exhaust

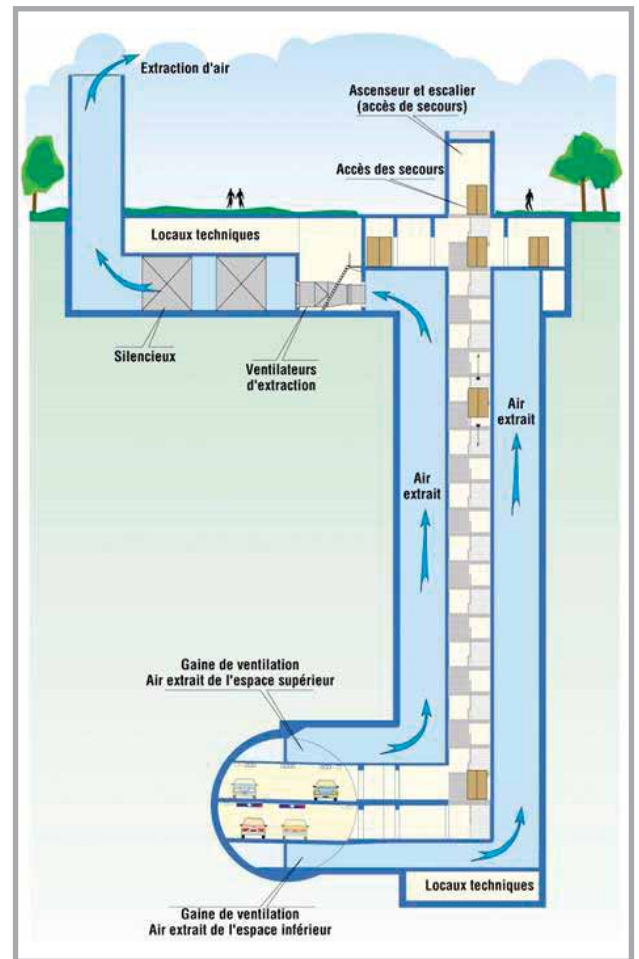
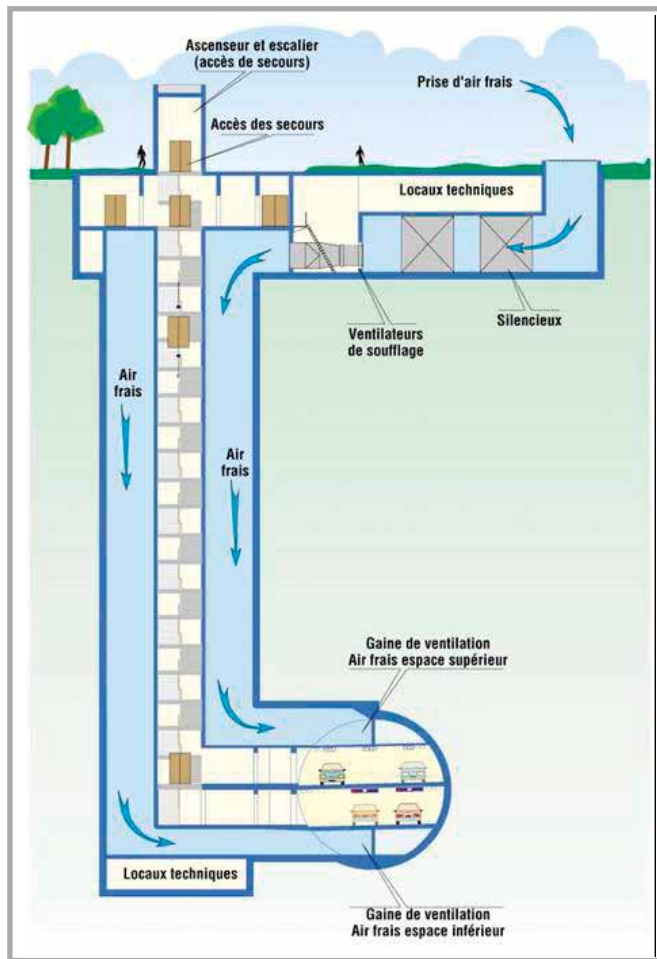


Figure 19
Exemple de panneau
implanté sur chaque site
pour informer
de la nature des travaux
réalisés et du planning
prévisionnel associé

Example of notice board
set up on each site
to provide information
concerning the nature
of the works performed
and the associated
forecast schedule

COFIROUTE

**Bouclage de l'A86 à l'ouest
Réalisation du puits
de secours du Bois de l'État**

Un ouvrage essentiellement souterrain
Le puits de secours du Bois de l'État est uniquement destiné à l'accès des services de secours et n'a pas de fonction de ventilation.

- Profondeur du puits : 90 m
- Diamètre intérieur : 7,25 m
- Hauteur de la paroi visible en surface : 4,80 m
- Surface occupée pendant les travaux : inférieure à 1 500 m²
- Surface finale de l'installation : 250 m²

Planning prévisionnel des travaux

- Février - Avril 2004 :** Travaux préparatoires (étude d'accès, installations de chantier, etc.)
- Printemps 2004 à Été 2005 :** Réalisation du puits
- Automne 2005 - Hiver 2006 :** Réalisation de la paroi entre le tunnel et le puits
- Printemps 2006 à mi-2006 :** Travaux de mise en place des locaux techniques
- 1^{er} semestre 2007 :** Installation des équipements locaux électriques et de communication, ascenseur
- 2007 :** aménagements paysagers
- Mise en service du tunnel entre l'État-Matignon et l'A13

Trafic des camions réduit :
Moins de 15 camions en moyenne accédant
et sortant du chantier.

Pas de travaux nocturnes :
Le chantier fonctionnera aux heures normales,
du lundi au vendredi.

010 06 00 00
www.a86ouest.com

Maître d'œuvre - Constructeur

une fonction d'extraction et de soufflage d'air frais (figures 15 et 16). Afin de dissocier au maximum la réalisation de ces puits et celle du tunnel, la géométrie retenue pour ces ouvrages est en forme de "botte". Le puits proprement dit est décalé de l'emprise du tunnel et raccordé à ce dernier par un rameau. Leurs caractéristiques principales sont les suivantes :

- ◆ **puits de secours** (sans fonction ventilation) :
 - diamètre intérieur utile puits : 7,25 m,
 - profondeur : allant jusqu'à 90 m ;
- ◆ **puits de ventilation** (avec fonction ventilation) :
 - diamètre intérieur utile puits : 10,25 m,
 - profondeur : 45 m.

Les puits rencontrent verticalement la même diversité de couches géologiques et de nappes que celle exposée dans le chapitre tunnel. L'importance de la panoplie de techniques mises en œuvre en découle donc directement.

Particularisme du puits de secours et unité de ventilation de la RD 10 à Viroflay

Cet ouvrage est une unité de ventilation combinée à un puits d'accès des secours. Au moment de l'enquête publique en 1994, il avait été prévu que cet ouvrage soit également un diffuseur. Au terme de cette enquête, ce diffuseur a été déclaré d'utilité publique mais sa réalisation a été différée, du fait

de son positionnement dans le périmètre de protection du château de Versailles principalement. Il ne fait pas partie de la concession de Cofiroute. Il est différé, c'est-à-dire qu'il est prévu mais la date de sa réalisation n'a pas encore été fixée. Il devra faire l'objet d'un accord préalable du ministère de la Culture et consultation des communes de Versailles et Viroflay. Ses émergences sont prévues le long de l'avenue de Paris, entre la place Louis XIV et l'avenue Porchefontaine. Afin de préserver la réalisation éventuelle du diffuseur, sans impact sur l'exploitation, des mesures conservatoires ont été prises dans le cadre de la construction de l'ouvrage de la RD 10 (cf. Les dimensions particulières de cet ouvrage) (figures 17 et 18).

Tous les puits de la première section du tunnel sont réalisés, à l'exception de celui du Bois de l'État dont les terrassements sont en cours. Quant aux puits de la seconde section du tunnel, seuls les travaux de l'ouvrage de la RD 10 sont engagés. Ceux du puits de Porchefontaine (Versailles) devraient débuter prochainement, ces ouvrages devant être réalisés préalablement au passage du tunnelier (photos 6 et 7).

L'ensemble des travaux relatifs à la réalisation des puits s'effectue à partir de la surface. Les différentes phases : parois moulées, terrassement et génie civil, nécessitent des installations particulières.

Les émergences de ces puits étant localisées dans des zones très sensibles du point de vue de l'environnement, les conséquences sur l'organisation des chantiers sont très importantes :

- ◆ surfaces d'emprises très réduites pour minimiser les déboisements et/ou insertion dans un tissu urbain très dense (puits place Berthet) ;
- ◆ accès chantier à ces emprises faisant tous l'objet d'une concertation large regroupant les élus, les associations, les riverains, l'ONF etc. ;
- ◆ pour chaque emprise, réalisation d'une étude acoustique phase chantier avec définition des protections acoustiques à mettre en œuvre ;
- ◆ des horaires parfois aménagés, notamment place Berthet, où du fait de la contiguïté du marché, les travaux démarrent à 14 h00 les mercredis (figure 19).

Echangeur A86/A13

C'est un échangeur autoroutier souterrain dans un environnement protégé. Il est situé à cheval sur les communes de Vaucresson (Hauts-de-Seine), du Chesnay (Yvelines) et partiellement de Marnes-La-Coquette (Hauts-de-Seine).

C'est un ouvrage complexe par sa géométrie car il réalise, en souterrain, l'échange complet entre un tunnel à deux étages et une autoroute de surface (l'autoroute A13), mais aussi avec la voirie locale (RD 182 et RD 184) dans une emprise exiguë (moins de 12 ha), à proximité d'un échangeur existant, l'échangeur de Vaucresson.

L'ensemble des ouvrages, à savoir les 11 bretelles souterraines ainsi que les deux unités de ventilation, est réalisé à ciel ouvert, soit à l'abri de murs de soutènement (parois moulées ou berlinoises) soit en fouilles ouvertes.

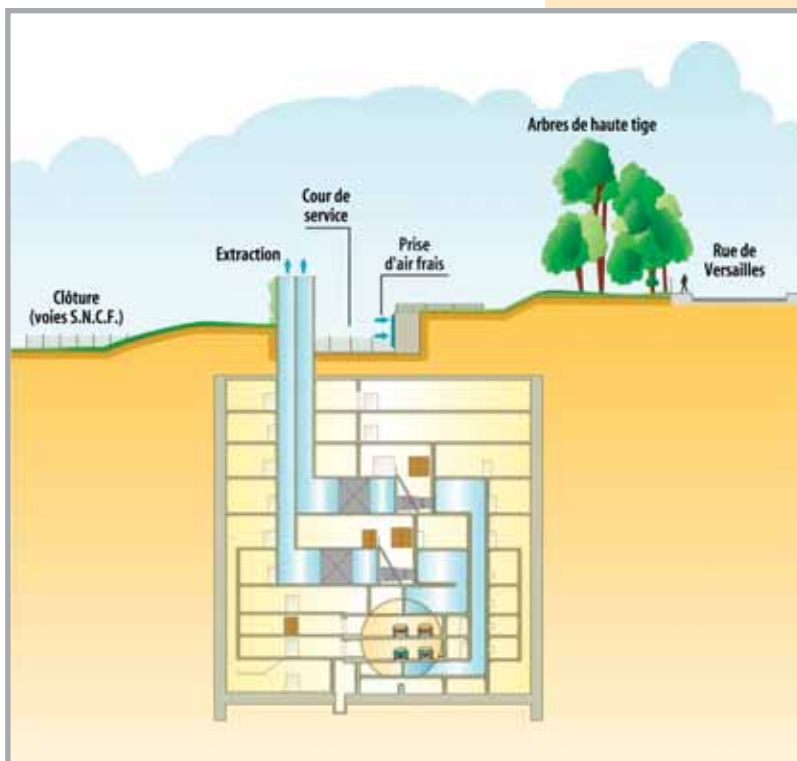


Figure 17
Coupe ouvrage de la RD 10 (Viroflay)
Cross section of structure on county road RD 10 (Viroflay)

Figure 18

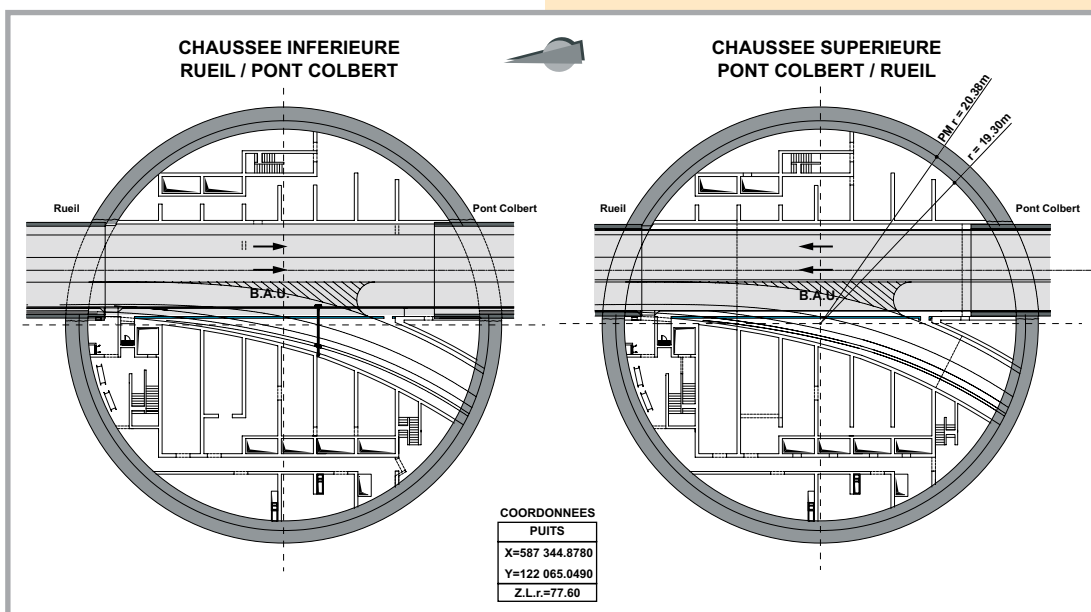


Photo 7
Puits de secours du bois de l'Etat (Rueil-Malmaison)

Emergency shaft in the state forest (Rueil-Malmaison)



Photo 6

Puits de secours de la place Berthet (La Celle Saint-Cloud)

Emergency shaft on Berthet Square (La Celle Saint-Cloud)



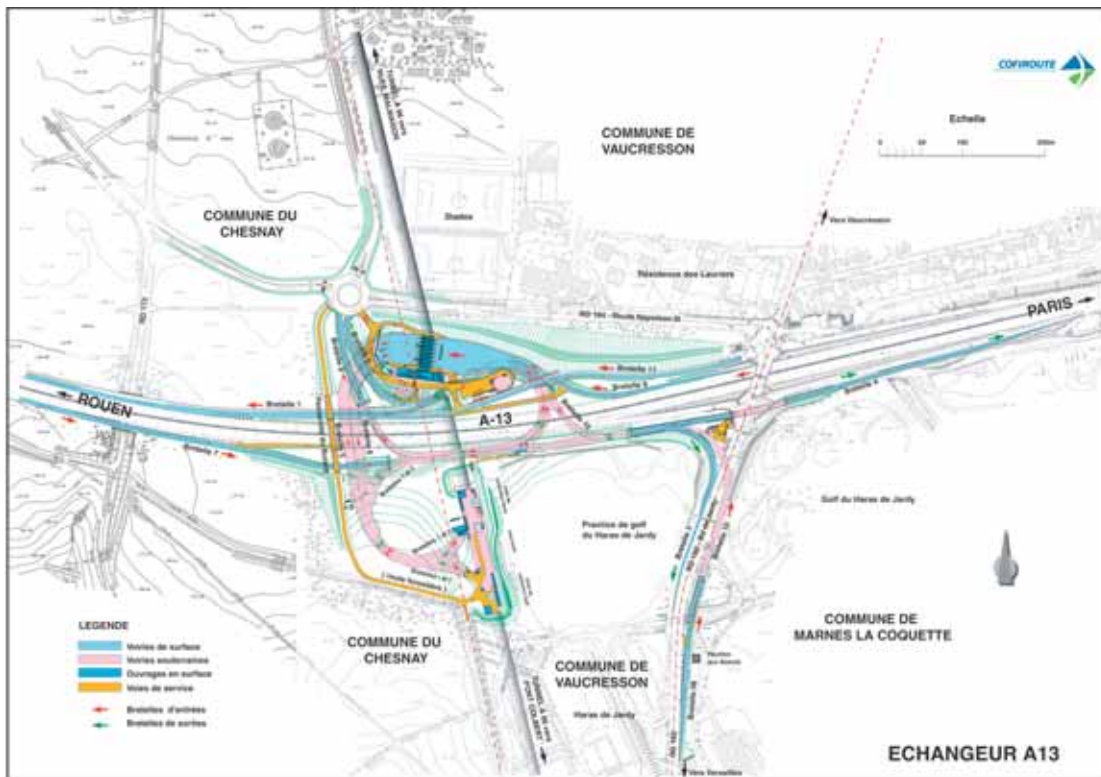


Figure 20
Fonctionnalités de l'échangeur
A86/A13

Functionalities of the A86/A13
interchange

Géologie

La géologie de l'échangeur A86/A13 est assez classique dans le contexte du Bassin Parisien : sous une couche irrégulière (de 0 à 6 m) de limon argileux, on rencontre une couche d'argile à meulière d'environ 3 m maximum d'épaisseur. Sous ces couches superficielles, les ouvrages se trouveront dans le sable de Fontainebleau, présentant quelques couches argileuses centimétriques, au-dessus de la nappe phréatique du Stampien (+ 140 NGF pour des ouvrages à + 152 NGF pour le plus profond).

Géométrie et fonctionnement de l'échangeur A13

Les unités de ventilation

Si l'aire de péage ainsi que le bâtiment d'exploitation associé se trouvent au nord de l'autoroute A13, le tronçon Rueil-Vaucresson du tunnel foré débouche quant à lui, au sud, dans l'unité de ventilation nord qui assurera la fonction principale d'extraction de l'air provenant du tunnel et des bretelles de l'échangeur. En phase provisoire, cette usine a tenu le rôle de puits de démontage du tunnelier venant de Rueil. Le tronçon Pont Colbert - Vaucresson du tunnel foré débouchera, quant à lui, dans l'unité de ventilation sud qui assurera la fonction principale de soufflage d'air frais dans le tunnel foré et les bretelles de l'échangeur. Ces deux usines de 55 m de long, 22 m de large et 23 m de profondeur sont reliées entre elles par une "boîte" de taille analogue, l'interboîte, qui servira en phase provisoire au démontage du tunnelier arrivant de Pont Colbert avant d'assurer la continuité entre les deux tronçons du tunnel, en phase définitive.

Les bretelles

Les bretelles de l'échangeur se développent sur deux puis trois niveaux à partir de ces structures principales. Les bretelles entrantes provenant de l'aire de péage rejoignent, après être passées sous l'A13, les bretelles sortantes en se superposant à celles-ci. Les bretelles sortantes longent l'A13 au nord du practice de Jardy, pour d'une part se diriger vers Versailles et Paris, ou d'autre part passer sous l'A13 pour se raccorder au réseau local et à l'autoroute A13 vers Rouen. Enfin l'accès à l'aire de péage peut se faire depuis A13 Paris et Province, et depuis la voirie locale au nord et au sud. L'accès pour les automobilistes provenant de Versailles s'effectue par une bretelle passant successivement sous la RD 182 et sous l'A13 (figure 20).

Principe de réalisation des ouvrages

Les unités de ventilation

Les unités de ventilation (unité nord, unité sud et interboîte) de l'échangeur A86-A13 seront réalisées à l'abri de parois moulées de 1 m d'épaisseur (28 m de profondeur). Ce sont les seules structures pour lesquelles les dalles définitives joueront le rôle de butons en phase provisoire. Dans l'unité de ventilation nord et l'interboîte, dalle de toit et dalle de reprise sont toutes les deux percées de deux grandes trémies (12 m x 24 m dans le premier cas et 13,70 m x 22 m dans le second) permettant le démontage rapide du tunnelier et des remorques de train suiveur. Dans l'unité de ventilation sud, les deux niveaux principaux de dalles seront construits avec les trémies définitives. Deux massifs en jet grouting seront réalisés contre les tympans de chaque unité de ventilation au débouché du tunnelier pour assurer la stabilité des parois moulées.

Les bretelles

Les bretelles les plus profondes de l'échangeur seront aussi construites à l'abri des parois moulées butonnées de 60 à 80 cm d'épaisseur jusqu'à environ 15 m de profondeur au radier. En deçà de 15 m, des parois berlinoises butonnées (le long du RD 182 en particulier) ou tirantées (le long de l'A13, en particulier) ont été retenues. L'ensemble des structures de l'échangeur A13 représente environ 90 000 m³ de béton armé, et 30 000 m² de parois de soutènement. Les terrassements seront ensuite réalisés à l'intérieur de ces soutènements. L'un des enjeux importants de ce chantier est la gestion des terres. En effet si environ 400 000 m³ de terre seront déblayés, 200 000 m³ de terre seront nécessaires pour réaliser les remblais au-dessus des structures enterrées de l'échangeur ou les merlons paysagers prévus afin de réduire l'impact acoustique de la nouvelle infrastructure et de l'autoroute A13 au droit de cet échangeur. Ces merlons représen-



Photo 8
Travaux en cours
le long de la RD 182
*Work in progress
along county road RD 182*

tent près de 100 000 m³ de matériaux. Même si 200 000 m³ de matériaux doivent être évacués à l'extérieur, l'objectif est de stocker sur site le maximum de terre ou de remblayer autant que possible certains ouvrages déjà réalisés avec les terres extraites des ouvrages en cours de terrassement (photo 8).

Aménagements routiers temporaires :
déviations de l'autoroute A13 et de la RD 182

Déviations de l'autoroute A13

Cinq bretelles de l'échangeur passent sous les chaussées de l'autoroute A13. Après approbation du projet de déviation par l'Etat, il a été décidé de déplacer le tracé de l'autoroute A13 de 40 m environ vers le nord sur 750 m entre l'échangeur de Vaucresson et le passage inférieur de la RD 173 de manière à pouvoir réaliser les bretelles souterraines à ciel ouvert (photo 9).

Les premiers travaux de terrassement de la déviation de l'A13 ont débuté en novembre 2000, avec la construction d'un merlon antibruit de 400 m de long permettant de maintenir, lors de la déviation, la protection acoustique des riverains. La majeure partie des travaux de construction de cette déviation a pu se faire sans interférence avec l'exploitation de l'autoroute, sur les emprises de chantier, y compris la déviation des réseaux électriques, l'assainissement et l'éclairage de la future déviation. Après enfouissement des réseaux du terre-plein central, les raccordements des chaussées ont été effectués avec l'assistance de la DDE 78 sous basculement nocturne de circulation par demi-chaussée en deux phases : le sens Paris-Provence a été mis en service le 30 mai 2001, et le sens Provence-Paris le 26 juin 2001, après 4 semaines de travaux en terre-plein central.

Un accès direct depuis l'A13 vers le sud du chantier de l'A86 a été réalisé dans le sens Provence-



Photo 9
Déviation
autoroute A13
*A13 motorway
diversion*

Paris ainsi qu'une sortie depuis le nord du chantier, qui se raccorde sur la bretelle nord de l'échangeur de Vaucresson vers Rouen. Ces deux aménagements seront utilisés par les camions de terrassement et de matériaux de chantier afin de respecter les engagements de l'Etat de faire emprunter l'autoroute A13 par les camions de déblai et/ou remblai du chantier.

L'autoroute A13 sera rétablie dans son tracé initial dès l'achèvement du génie civil des bretelles souterraines situées dessous, soit début 2006. Ce rétablissement libérera alors la zone nord nécessaire à la construction des ouvrages, en particulier la zone de péage.

Déviations de la RD 182 (boulevard de Jardy)

Les travaux du futur échangeur avec l'A13, et en particulier des bretelles d'accès et de sortie, rendent nécessaire la mise en place de deux dévia-

Photo 10
Pavillon aux bœufs
avant démolition
"Pavillon aux bœufs"
prior to demolition



► tions provisoires successives de la RD 182, entre le pont de Vaucresson sur l'A13 au nord et l'accès aux haras de Jardy au sud.

Ces déviations doivent permettre la réalisation de deux bretelles qui franchissent toutes deux la RD 182 en souterrain, la première en sortie de l'A86 vers A13 Paris, parallèlement à l'A13, sous le carrefour du pont de Vaucresson, et la seconde en entrée de l'A86 depuis Versailles, au sud de ce carrefour, parallèlement à la RD 182.

Ces déviations provisoires conservent les principes de circulation actuels : même nombre de voies dans les deux sens et même fréquence de feux de signalisation :

◆ 1^{re} phase de déviation = travaux à l'ouest = > déviation à l'est.

Période : mai 2004 pendant près d'un an après 3 mois de préparation (déboisement, déviation des réseaux et de la chaussée vers l'est) ;

◆ 2^e phase de déviation = travaux à l'est = > déviation à l'ouest.

Période : juin 2005 pendant près d'un an et demi soit jusqu'en février 2007.

Pour la circulation des piétons, il a été prévu, pendant les deux phases de déviation, un trottoir d'environ 1,40 m protégé par un dispositif de sécurité. A la fin des travaux de l'échangeur, la RD 182 sera restituée dans son état initial.

Réalisation d'ouvrages annexes

La passerelle du Butard

En parallèle avec la déviation de l'A13, un nouvel ouvrage a été construit au cours de l'année 2001 pour enjamber l'autoroute. Ce nouveau pont se situe à environ 100 m à l'ouest du pont du Butard construit à la fin des années 30 pour relier la route forestière du Butard à la route de la chasse Royale au nord de l'A13. Cet ancien ouvrage à une travée se trouvait en plein cœur de l'échangeur A86-A13 et ne pouvait être maintenu dans le cadre du projet. Il a donc été démoli et remplacé par un ouvrage mixte à trois travées, de 95 m de long, pour rétablir le passage forestier pour les cycles et pié-

tons. Cette passerelle du Butard sera également empruntée par les véhicules des services de l'ONF et l'exploitant du tunnel de l'A86.

Cet ouvrage permet, pendant la durée du chantier, la circulation entre les parties nord et sud de l'emprise du chantier.

La charpente métallique de la passerelle bipoutre de 1,40 m de haut, a été mise en place sur les appuis en deux temps : la travée nord CO-P1, au-dessus de la future déviation A13, pendant les travaux de terrassement et de chaussées de la déviation, puis les travées P1-P2 (travée au-dessus de l'A13 après son rétablissement) et P2-C3, après la mise en service des deux sens de circulation de déviation de l'A13. Tous les travaux de réalisation du tablier béton (dalle de 34 cm d'épaisseur) et la pose des équipements (BN4, corniches dont une corniche-caniveau pour le rétablissement d'une conduite d'eau Ø 200) ont suivi ce même phasage afin de réduire autant que possible les travaux à réaliser au-dessus de la circulation de l'autoroute.

Les rampes d'accès à l'ouvrage ont été construites avec les matériaux extraits des rampes de l'ancien pont.

Démolition puis reconstruction du Pavillon aux bœufs

Tout de briques et de colombages, le Pavillon aux bœufs, se situe à l'intérieur du domaine de Jardy, à l'emplacement de l'entrée d'une bretelle d'accès entre la RD 182 et le tunnel. Après sa démolition durant l'été 2004, il sera reconstruit courant 2005 à une trentaine de mètres plus au sud, suivant un cahier des charges défini par le Conseil général des Hauts-de-Seine (photo 10).

Raccordement de Pont Colbert

Le site de l'échangeur est délimité au nord par la RN 286 dans la continuité de l'A86, à l'Est par la forêt domaniale du Bois des Metz, et au sud par la RD 446, les voies SNCF de la grande ceinture et le golf de La Boulie.

Il s'inscrit sur le versant d'une ancienne vallée sèche, en lieu et place des pépinières Allavoine qui ont été transférées à Bièvres.

Le terrain est accidenté, avec des pentes et des dénivelées importantes de l'ordre de 35 m. Il est constitué de limons et argiles à meulière du plateau, et des sables de Fontainebleau sous-jacents sur les versants (figure 21).

Les travaux

Cette zone occupe 12 des 16 ha de l'emprise totale du chantier. Il a d'abord fallu réaliser un accès de chantier permettant d'assurer le fonctionnement de ce grand chantier sans trop perturber les circulations dans la zone. Après concertation avec les communes et la DDE 78, il a été décidé de créer

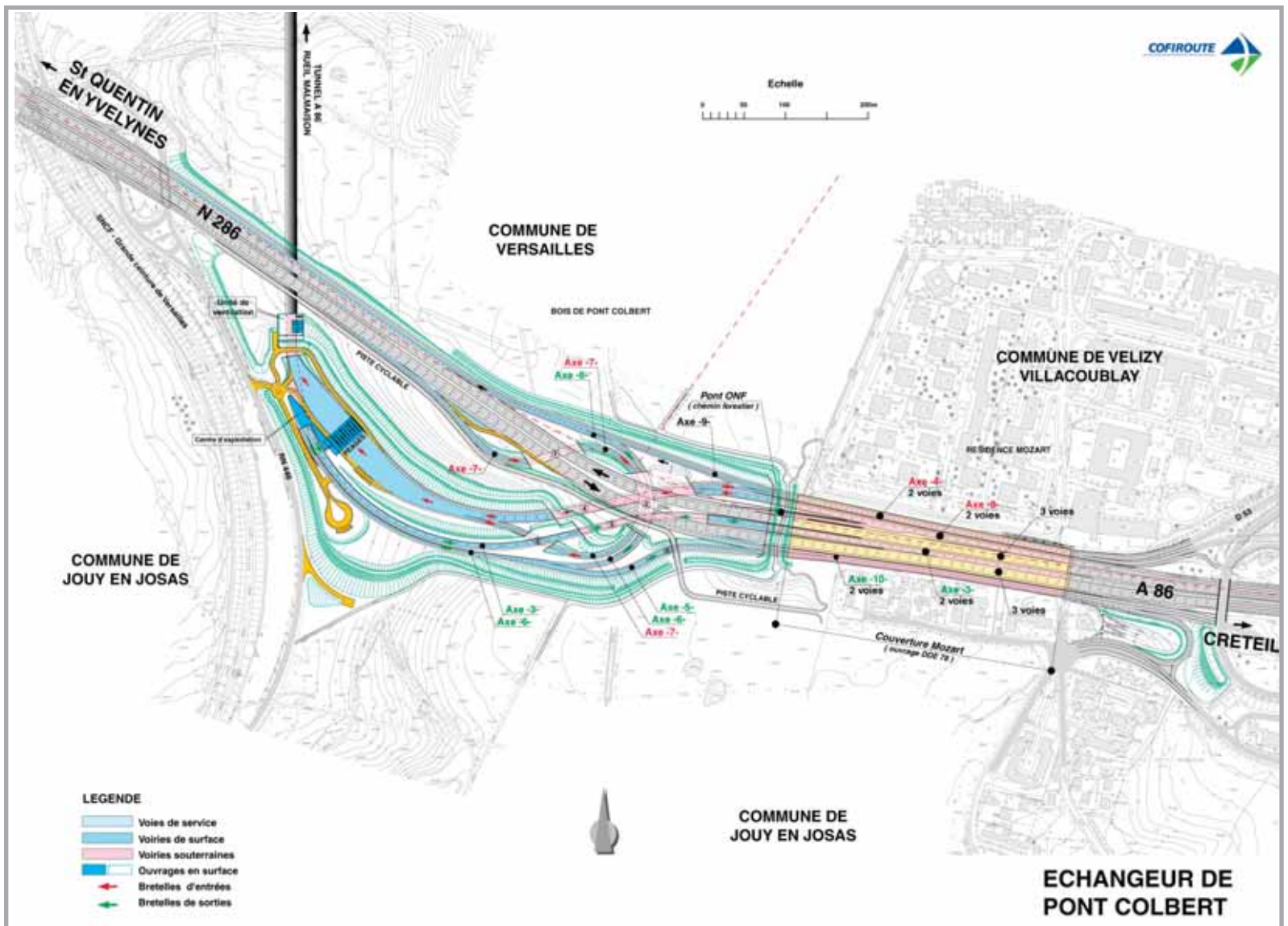


Figure 21
 Fonctionnalités
 du raccordement
 de Pont Colbert
*Functionalities
 of the Colbert Bridge
 connection*

un carrefour sur la RD 446 avec voie supplémentaire de stockage pour les tourne-à-gauche et signalisation tricolore. Ce carrefour permet aux poids lourds de rejoindre rapidement l'échangeur actuel de Pont Colbert et l'autoroute, sans passer en agglomération.

Il s'agit également d'assurer l'écoulement des eaux pluviales dans cette zone où le seul exutoire est la Bièvre, rivière sensible à très faible débit mais déjà sujette à des crues soudaines. La concertation avec les divers intervenants dont le Syndicat intercommunal de l'assainissement de la vallée de la Bièvre, ont conduit à la conception d'un réseau d'assainissement en phase travaux qui, d'une part, limitera autant que possible l'imperméabilisation des sols, et qui, d'autre part, assurera le passage des rejets dans un bassin de retenue de 2 400 m³. Ce bassin dimensionné pour un orage d'occurrence 20 ans, assurera les fonctions de régulateur de débit, de décanteur, de déshuileur, ainsi que de piège pour les déversements accidentels de pollution pendant le chantier.

Sur la partie boisée de l'emprise, l'ONF a procédé à la coupe puis à la récupération d'arbres, permettant la mise en place d'une clôture autour de l'ensemble des emprises.

En parallèle, Gaz de France, a procédé à la déviation de ses deux conduites de transport de gaz haute pression, par forages horizontaux à grande profondeur sous l'autoroute en service (photo 11).



Photo 11
 Tête de tunnel
 réalisée
*Tunnel portal
 constructed*

Photo 12
Installations
de chantier
Construction
plant



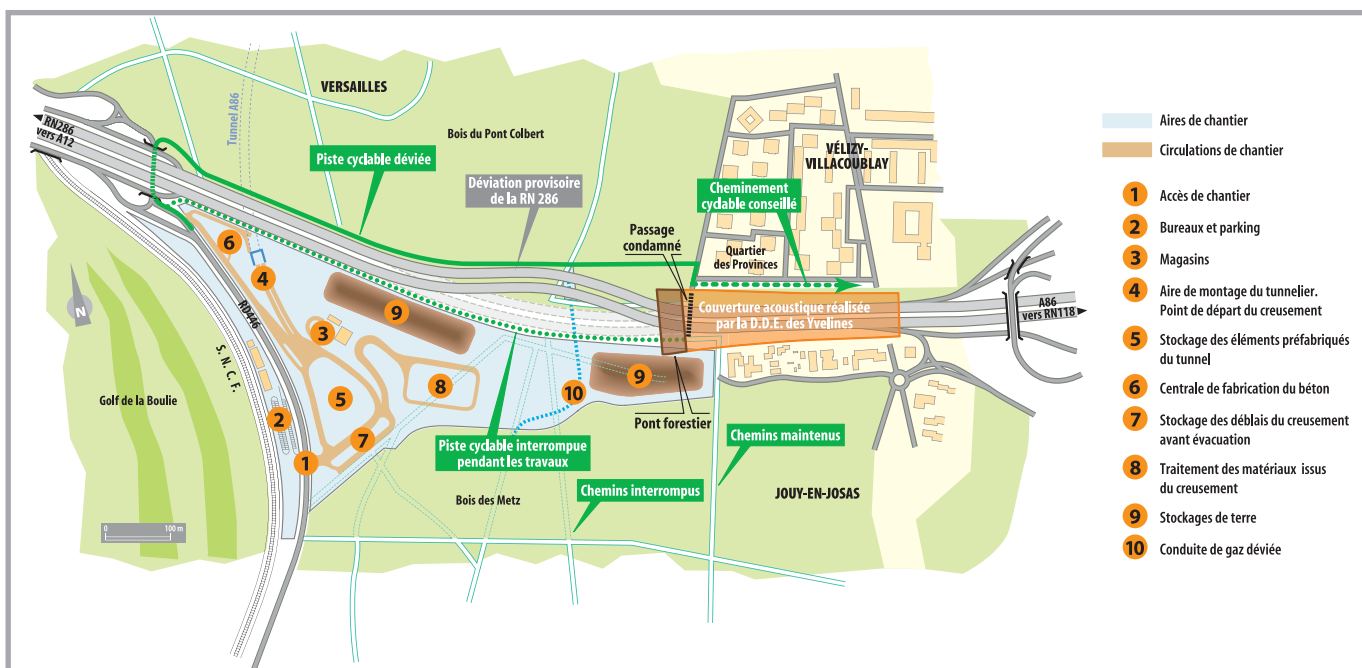
La tête de tunnel est réalisée. Cette boîte profonde de 26 m, longue de 63 m et large de 30 m, située le long de l'autoroute actuelle, a été réalisée en parois moulées et en parois berlinoises tirantées, ainsi qu'un massif en jet grouting pour assurer la pénétration du tunnelier. Après le terrassement des 60 000 m³ de déblais et l'exécution des 4 600 m de tirants, le radier de la future unité de ventilation a été construit, pour servir de plate-forme support à la tête du tunnelier et d'appui à son bâti de poussée.

La topographie accidentée du site se prête mal à l'installation d'un grand chantier et conduit à beaucoup de place perdue (talus et autres...). Les bureaux, cantonnements et parkings, sont donc installés, après accord avec Cofiroute, la commune de Jouy-en-Josas et le golf de la Boulie, sur un terrain complémentaire entre la RD 446 et la ligne SNCF (photo 12).

L'actualité est désormais dédiée au creusement de cette seconde section du tunnel de 5,5 km entre Pont Colbert et l'échangeur avec l'A13.

Figure 22
Schéma
des aménagements
en phase travaux

Diagram
of developments
during the works
phase



ZOOM SUR LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES UTILISÉES SUR LE PROJET

Techniques pour les échangeurs

- Parois moulées
- Parois au coulis
- Berlinoises (tirantées, poids)
- Micropieux
- Jet grouting
- Rabattement de nappes
- Génie civil : radier, voiles, contre-voiles
- Bâtiments

Techniques pour les tunnels

- Creusement au tunnelier
- Injection bentonite-ciment
- Injection gel-microciment
- Micropieux
- Boulons fibres de verre
- Drains
- Voûte parapluie
- Rabattements de nappe par puits et pointes filtrantes
- Galerie de traitement en cintres et bois
- Congélation de sol
- Soutènements (cintres - béton projeté - blindage tôle - bois boulonnage)
- Bétonnage en utilisant des coffrages outils

Gros plan sur la congélation

Le principe de la congélation de sol consiste à transformer l'eau libre du terrain de phase liquide en phase solide en faisant circuler un liquide froid dans des forages appelés congélateurs. Le terrain va alors se comporter comme un béton dont le liant n'est pas du ciment mais de la glace.

Cette technique est utilisée pour excaver le sol en terrain bouillant gorgé d'eau et difficilement injectable par les méthodes traditionnelles. On crée alors une enceinte étanche constituée de sol gelé autour de l'ouvrage à construire.

Lorsque l'épaisseur du terrain congelé est suffisante, on peut creuser le terrain à l'abri des venues d'eau et des éboulements. Ensuite, on peut bétonner la section excavée et quand le béton a une résistance suffisante pour s'opposer à la pression des terres, on arrête le processus de maintien en froid. La forme de résistance d'un matériau à la compression la plus performante étant la voûte, on dispose les congélateurs en fonction de cet impératif. L'épaisseur du mur de glace dépend du temps de mise en froid et peut atteindre plusieurs mètres.

La résistance de la glace varie avec la température et l'hypothèse de calcul est de ne tenir compte que de la glace à une température inférieure à moins de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ dont la résistance à l'écrasement est d'environ 10 MPa.

Techniques pour les puits

- Parois moulées
- ou puits en traditionnel (cintres et tôles)
- Rameau de raccordement sur le tunnel réalisé avec les mêmes techniques que les niches

Conclusion

Les techniques de construction mises en œuvre sur ce chantier sont extrêmement diversifiées et dans bien des cas très innovantes : pièce maîtresse de la construction de l'A86 à l'ouest le tunnelier utilisé a été le premier doté des deux modes de creusement (pression de terre et pression de boue) pour pouvoir traverser la grande diversité des terrains du Bassin parisien. La congélation de sol est aussi une technique de pointe car rarement utilisée à cause de sa complexité de mise en œuvre et de son coût.

Les compétences des entreprises qui forment Socatop sont largement utilisées pour relever le challenge que représente la construction de cet ouvrage, aujourd'hui le plus important chantier routier souterrain d'Europe.

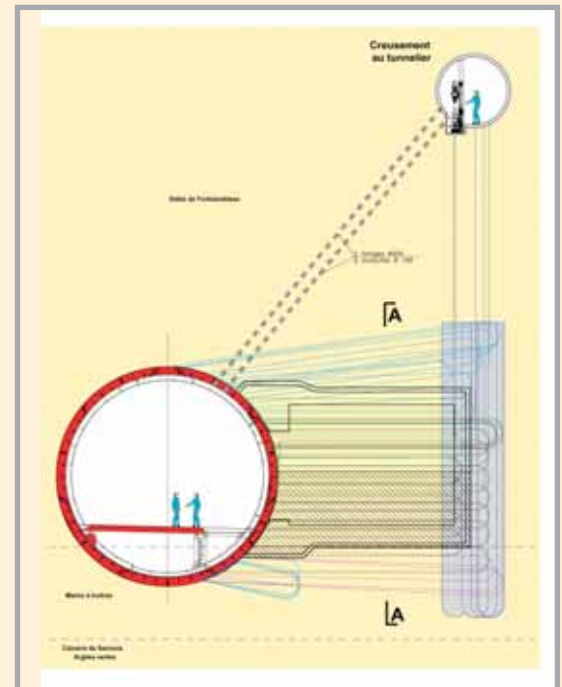


Schéma de principe sur la congélation
Schematic diagram of ground freezing

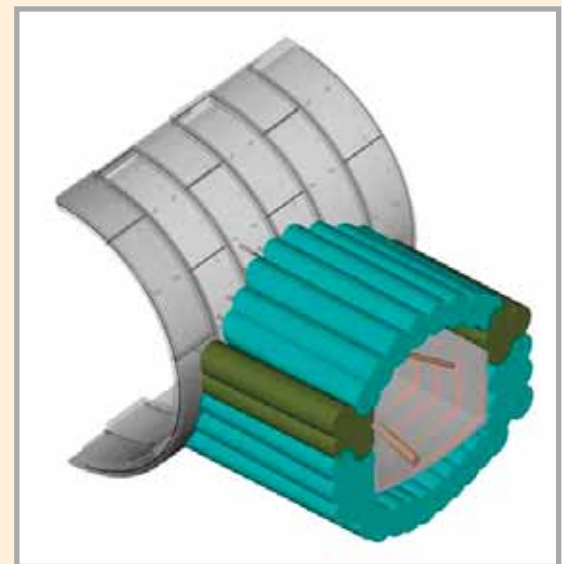


Schéma de principe de l'enceinte étanche
Schematic diagram of the sealed chamber



Installations en tunnel
Installations in tunnel

► Continuité des circulations douces pendant travaux

La continuité des chemins piétonniers des bois de Pont Colbert et des Metz est assurée pendant toute la durée des travaux jusqu'en 2009. Les quelques modifications d'itinéraire ont été portées à la connaissance des randonneurs grâce aux panneaux d'information implantés sur le site même.

La piste cyclable a été déviée au nord de la RN 286 jusqu'au terme des travaux. Étudiée en concertation avec les communes de Vélizy-Villacoublay, Versailles et Jouy-en-Josas, la déviation de la piste cyclable s'étend de l'échangeur de Pont Colbert au quartier des provinces via un accès situé à proximité des garages.

Courant janvier 2005, le passage souterrain situé au droit du futur pont forestier a été fermé. L'itinéraire conseillé pour assurer la liaison entre Vélizy-Villacoublay et Jouy-en-Josas sera précisé au cours de l'évolution des travaux (figure 22).

ABSTRACT

Description of geological constraints and work in progress

Various authors

Driving of the first tunnel section between Rueil-Malmaison and the interchange with the A13 motorway has been fully completed, driving of the second section between the Colbert Bridge and A13 interchanges has just started, while work is continuing on construction of internal structures, emergency shafts and ventilation units.

The works are carried out in a very diverse geological zone, which required the construction of a tunnel boring machine capable of adapting to the ground encountered, operating in slurry support and earth pressure balance modes for tunnel driving and construction. These geological constraints also influence construction of the emergency shafts and ventilation units, and the construction of tunnel internal structures, some of which require the prior use of ground freezing.

Currently the largest underground highway engineering project in Europe, the final section of the A86 in the west brings together sophisticated skills and, due to its specific features, provides precious feedback in the area of tunnel construction.

RESUMEN ESPAÑOL

Presentación de las tensiones geológicas y de las obras en curso

Autores diversos

La perforación del primer tramo del túnel entre Rueil-Malmaison y el enlace con la autopista A13 ya se encuentra totalmente ejecutada, aquella del segundo tramo entre los difusores de Pont Colbert y la autopista A13 acaba de dar comienzo, mientras se prosiguen las obras de ejecución de las estructuras internas, de las salidas de emergencia y unidades de ventilación. Estas obras se ejecutan en una zona geológica sumamente diversificada, lo cual ha precisado la construcción de una tuneladora capaz de adaptarse al terreno existente, que funciona en modos con presión de lodo y de tierra para la perforación y la ejecución del túnel. Estas tensiones geológicas también

ejercen una influencia en la ejecución de las salidas de emergencia y las unidades de ventilación, así como en la ejecución de las estructuras internas del túnel, entre las cuales, algunas exigen el empleo previo de la congelación del suelo.

Actualmente, la mayor obra vial subterránea de Europa, el cierre de la autopista A86 por el oeste reúne diversas competencias punteras y permite, debido a sus características específicas, una recuperación de experiencia benéfica en el ámbito de la ejecución de túneles.

Une hydrofraise sur le puits RD 10 à Viroflay : gros ouvrage, gros moyens

Daniel Viargues



**DIRECTEUR
DE L'EXPLOITATION
DE L'AGENCE PARIS
& CENTRE
Solétanche Bachy France**

Patrick Gauthier



**DIRECTEUR
DU CHANTIER DES PUIITS
Socatop Groupement Puits**

Le plus gros des puits disposés sur le parcours souterrain de l'autoroute A86 à l'Ouest de Paris est celui de Viroflay, appelé puits RD 10. Il est implanté en zone urbaine et à proximité des voies ferrées SNCF.

Avec un diamètre intérieur de 40 m et une profondeur utile de 42 m, cet ouvrage circulaire est remarquable par sa taille inhabituelle.

La paroi moulée de 1 m d'épaisseur et de 47 m de profondeur est exécutée à l'hydrofraise par Solétanche Bachy France pour Socatop. Elle comporte des réservations et des bouchons par injection pour le franchissement de la base du puits par le tunnelier.

Le puits RD 10 est le seul puits à être traversé dans sa partie basse par le tunnel.

Outre son rôle d'apport et d'extraction d'air ponctuel, cet ouvrage pourrait devenir un diffuseur avec la RD 10 si l'Etat le décide un jour. La réalisation de ce diffuseur, déclaré d'utilité publique mais pour lequel des mesures conservatoires ont été prises, est pour le moment différée et ne fait pas partie du cahier des charges de Cofiroute, maître d'ouvrage du bouclage de l'A86 Ouest.

Cet énorme puits est réalisé à l'abri d'une paroi moulée périmétrale de 1 m d'épaisseur et de 47 m de profondeur, dont l'exécution a été confiée par Socatop à Solétanche Bachy France. La paroi fait partie intégrante de l'ouvrage définitif.

Pour le franchissement de la base du puits par le tunnelier, des parties non ferrallées sont réservées dans la paroi et des bouchons de terrain injectés sont réalisés à l'extrados.

D'importants moyens, à la mesure de la tâche, ont été mobilisés tant pour l'exécution de la paroi moulée que pour celle des injections (photo 1). Les travaux spéciaux ont duré de décembre 2004 à mars 2005.

■ PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

Solétanche Bachy France a remporté l'appel d'offres lancé par Socatop Groupement Puits pour la réalisation de la paroi moulée du puits. Les dimensions du puits sont particulièrement impressionnantes : 40 m de diamètre intérieur et 42 m de profondeur. Ce sont les proportions d'une cathédrale. Pour prendre une autre comparaison, le célèbre gouffre de Padirac, dans le Périgord, a un diamètre de 30 m pour 75 m de profondeur.

Des spécifications très rigoureuses étaient fixées afin que ce puits soit apte à remplir ses diverses



fonctions. Au nombre de ces spécifications et des réponses que Solétanche Bachy France a su apporter, on retiendra les plus importantes, qui sont les suivantes :

- ◆ L'étanchéité de l'enceinte doit être parfaite. A cet effet, une formulation spécifique du béton a été étudiée et mise en œuvre, d'une part, et les joints entre panneaux, exécutés selon le procédé CWS, ont été garnis de lames waterstop, d'autre part.

- ◆ Le soutènement doit être autostable. Ceci impose une faible tolérance géométrique sur la paroi de manière que la voûte cylindrique inscrite dans la paroi ait l'épaisseur requise. La technologie mise en œuvre pour le contrôle et la correction de la trajectoire de l'hydrofraise a permis de rester dans la tolérance de $\pm 0,3 \%$.

Photo 1
Vue d'ensemble du chantier de paroi moulée et d'injection, à proximité des voies SNCF

General view of the diaphragm wall and grout injection works, close to the railway tracks

Figure 1
Coupe verticale
du puits
et des bouchons
injectés,
montrant
la géologie
Vertical section
of the shaft
and grouted
plugs, showing
the geology

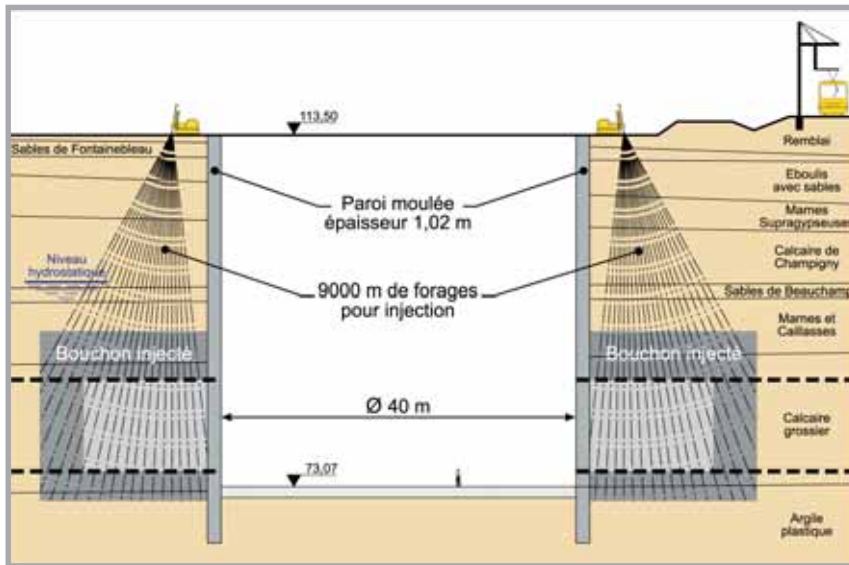


Photo 2
Hydrofraise évolution 2
pour la réalisation
de la paroi moulée
Évolution 2 hydro-cutter
for construction
of the diaphragm wall

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

Paroi moulée d'épaisseur 1,02 m

- 130 m de murettes-guides
- 6 150 m² d'excavation
- 6 300 m³ de béton
- 460 t d'acier

Injections

- 9 000 m de forage
- 700 m³ de coulis

◆ La forme effective du volume intérieur doit être compatible avec l'encombrement des équipements prévus. Là encore a joué le respect de l'engagement sur la tolérance de verticalité de 0,3 %, qui représente 12 cm au fond du puits à 42 m de profondeur.

Par ailleurs, Solétanche Bachy France et Botte ont obtenu en groupement auprès de Socatop Tunnel un marché de traitement de terrains par injection pour les bouchons d'entrée et de sortie du tunnelier.

■ LA MISE AU POINT DU PROJET

La géologie est représentée sur la figure 1. Nous sommes en présence, sur la hauteur de la paroi moulée de deux grands types de faciès : des terrains argileux en partie supérieure et en partie basse, des terrains rocheux entre les deux. La nappe phréatique exerce une charge hydrostatique sur les 25 m inférieurs du puits.

Trois bureaux d'études ont collaboré pour le dimensionnement du puits : Ingérop en qualité de bureau d'études de Socatop Groupement Puits, et les bureaux d'études de VINCI Grands Travaux et de Solétanche Bachy pour les parois proprement dites. Le comportement des parois a été étudié par la méthode aux éléments finis.

Plus particulièrement, l'incidence des deux ouvertures de 12 m de diamètre pour l'arrivée et la sortie du tunnelier a été étudiée au moyen du logiciel EFFEL 3D et du programme PARIS.

Ces outils de calcul ont permis de définir le ferrailage spécifique des panneaux entourant les zones à découper, ainsi que le phasage de construction tenant compte d'un anneau de renfort réalisé contre l'intrados sur les 15 m inférieurs, après excavation. La profondeur de la paroi moulée, compte tenu de la fiche mécanique et hydraulique nécessaire, a été fixée à 47 m.

L'épaisseur de la paroi est de 1,02 m.

■ LES TRAVAUX DE PAROI MOULÉE

Un atelier hydrofraise Evolution 2 (photo 2) et un atelier benne à câble ont été mis en œuvre. A chaque atelier est dévolue une tâche déterminée dépendant des conditions spécifiques du chantier. L'atelier benne à câble est utilisé pour excaver les huit premiers mètres très argileux ainsi que, au-delà de 41 m de profondeur, le pied de la paroi formant ancrage dans les argiles plastiques.

L'atelier hydrofraise réalise le reste de l'excavation dans les formations à dominante rocheuse.

L'hydrofraise est équipée d'un dispositif de contrôle de trajectoire en temps réel qui permet de lire et d'enregistrer la position en trois dimensions de l'ou-



Photo 3
Atelier de forage
et d'injection
pour la réalisation
des bouchons

*Boring and grout injection
plant for construction
of the plugs*

til, y compris le vrillage, et d'un dispositif de correction de trajectoire qui permet en quelque sorte de conduire l'outil. Grâce à cette technologie de pointe l'excavation a pu être réalisée en contenant sans problème la tolérance dans les limites prévues. Un maximum de 0,2 % a été enregistré.

En fait, le problème majeur de ce chantier a résidé dans la maîtrise de la boue bentonitique de forage. D'importantes pertes par infiltrations dans le terrain ont été constatées entre 14 m et 19 m de profondeur. Une injection de terrain préalable a été nécessaire pour permettre la poursuite des travaux. Dix-huit panneaux de paroi moulée ont ainsi été réalisés en deux mois. Chaque panneau comportait environ 350 m² de béton et 25 t d'armatures.

■ LA RÉALISATION DES BOUCHONS PAR INJECTION

Il s'agit de traiter préalablement, sur 20 m de longueur dans la direction du tunnel, à partir des parois et de chaque côté, les terrains autour du passage du tunnelier. On réalise ainsi deux bouchons creux en terrain consolidé et étanché qui vont permettre au tunnelier de percer la paroi moulée pour entrer dans le puits et ensuite en ressortir dans des conditions de sécurité optimales vis-à-vis des risques de venue d'eau et d'éboulement.

Comme cela est représenté sur la figure 1, les forages sont réalisés en auréoles depuis la surface pour traiter le terrain entre 22 m et 42 m de profondeur.

Deux foreuses de marque Domine, de type Alto et Tenor, sont mobilisées. Les forages doivent être réalisés avec une précision de verticalité de 1,5 %. Le positionnement exact des forages est mesuré sur 20 % d'entre eux par la société Sol Data. Sur la photo 3 on voit une des foreuses et les enrouleurs de flexibles d'injection par lesquels est acheminé le coulis sous pression jusqu'à l'obturateur positionné dans le forage sur la tranche en cours d'injection.

Les logiciels CASTAUR® pour la conception et la programmation des consignes d'injection, SPICE® pour le pilotage des presses d'injection et SPHINX® pour l'analyse cartographique des injections sont associés à la chaîne d'injection mise en œuvre par Solétanche Bachy France.

C'est un coulis micronisé à haut pouvoir pénétrant qui est injecté dans le calcaire grossier. Ce coulis est à base de ciment Spinor et de craie liquide. Un adjuvant lui confère une viscosité très faible, proche de celle de l'eau.

■ L'ENVIRONNEMENT A ÉTÉ RESPECTÉ, ET LES DÉLAIS AUSSI

L'ensemble des travaux a été organisé en deux postes de travail quotidien.

La photo 4, vue de l'intérieur du puits, donne une idée du résultat.

Préalablement à la mise en place de ces horaires de travail une étude acoustique du site avait été

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Cofiroute

Maître d'œuvre

Socatop

Entreprise générale (paroi moulée)

Socatop Groupement Puits

Sous-traitant paroi moulée

Solétanche Bachy France

Entreprise générale (injections)

Socatop Groupement Tunnel

Sous-traitants injections

Solétanche Bachy France - Botte

conduite afin de quantifier les éventuelles nuisances sonores du matériel.

Les résultats obtenus ont montré qu'en tout endroit du site la réglementation sur le bruit était respectée. Le déroulement des travaux a confirmé la justesse des analyses. Aucune plainte des riverains n'a été enregistrée.

Un strict respect des délais était nécessaire pour que ce puits soit prêt lors du passage du tunnelier sur son parcours entre le pont Colbert et l'auto-route A13.

L'engagement sur les délais a été tenu. Dès la fin des parois moulées et à mi-parcours des travaux d'injection, Socatop Groupement Puits a pu disposer des premières zones de travail pour démarrer ses propres travaux, en commençant par le recépage de la paroi moulée et la construction de la poutre de couronnement.



Photo 4
Vue de l'intérieur du puits en cours de terrassement
Interior view of the shaft in course of earthworks

ABSTRACT

A hydro-cutter on the RD10 shaft in Viroflay : large structure, large facilities

D. Viargues, P. Gauthier

The largest of the shafts sunk on the underground route of the A86 motorway west of Paris is at Viroflay, called the RD10 shaft. It is located in an urban area close to SNCF (French Rail) railway tracks.

With an inside diameter of 40 metres and a useful depth of 42 metres, this circular structure is remarkable for its unusual size.

The diaphragm wall 1 metre thick and 47 metres deep is constructed by hydro-cutter by Solétanche Bachy France for Socatop. It contains grout pockets and grouted plugs for the tunnel boring machine to cross the base of the shaft.

RESUMEN ESPAÑOL

Una hidrofresadora para el pozo RD10 en Viroflay : grandes estructuras, medios importantes

D. Viargues y P. Gauthier

El pozo más importante ubicado en el trayecto subterráneo de la autovía A86 por el Oeste de París corresponde a aquel de Viroflay, denominado pozo RD10. Este pozo está implantado en una zona urbana y en las inmediaciones de las vías férreas de la SNCF.

Con un diámetro interior de 40 m y una profundidad útil de 42 metros, esta obra circular es inédita ya que su dimensión no es frecuente.

La pantalla continua de 1 metro de espesor y de 47 metros de profundidad se ejecuta por medio de una hidrofresadora por Solétanche Bachy France por cuenta de Socatop. Este equipo consta de reservaciones y de conos de franqueo por inyección para la travesía de la base del pozo por la tuneladora.

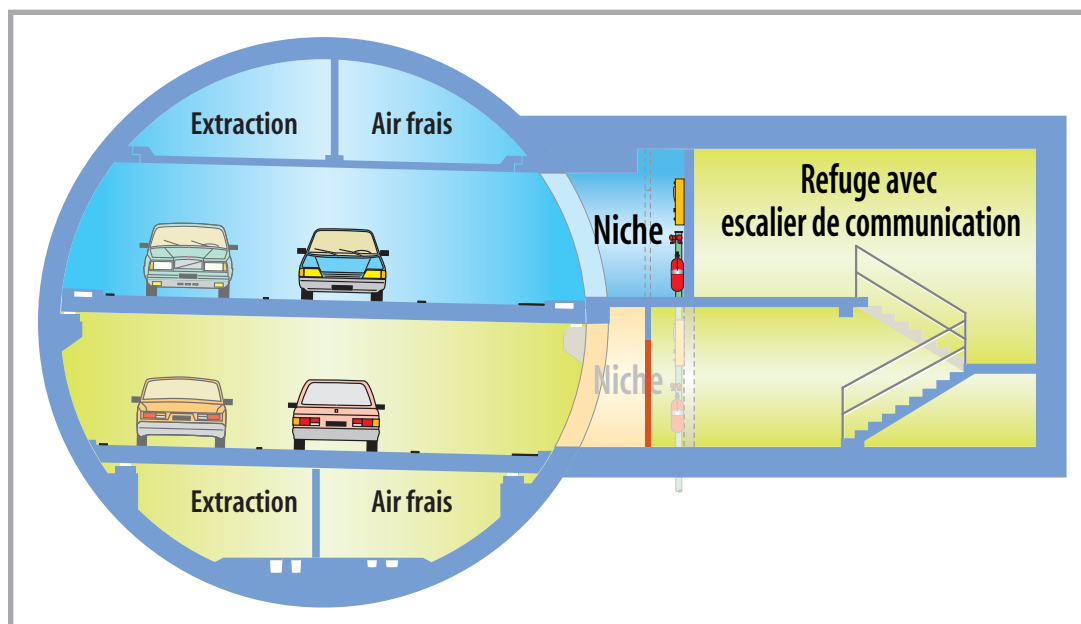
Sécurité : une priorité

Améliorer en permanence la sécurité dans un ouvrage routier souterrain de cette importance a toujours été une priorité.

La conception même du tunnel Est, entre Rueil-Malmaison et Versailles, en fait un ouvrage différent des tunnels existants.

Par ailleurs et eu égard aux enseignements tirés des incendies des tunnels du Mont-Blanc et du Saint-Gothard, l'Etat et Cofiroute ont souhaité prendre toutes les dispositions permettant de vérifier la fiabilité du dispositif de sécurité du tunnel et même de l'améliorer encore.

Figure 1
Coupe des escaliers de communication/transfert implantés tous les 200 m
Cross section of communication/transfer stairways located every 200 metres



UN NIVEAU D'ÉQUIPEMENT À LA MESURE DU PROJET

Détection et information (figure 3)

- Surveillance vidéo totale : 400 caméras
- Système de détection automatique d'incident (DAI) par analyse d'image : délai de réaction : 20 secondes
- Réseau d'appel d'urgence : 1 poste d'appel tous les 200 m
- Système de détection incendie : analyse de l'air, mesure de l'élévation de la température, surveillance de l'opacité de l'atmosphère, croisement des données
- Panneaux à message variable (PMV) tous les 400 m
- Signaux d'affectation de voie (SAV) tous les 200 m
- Incrustation de messages radio d'alerte sur les fréquences FM

Désenfumage (figure 4)

Le système retenu, par "poussée des fumées" est doté d'une capacité d'extraction supérieure à 100 m³/s

Donnée de départ de la conception de l'A86 Ouest au même titre que l'environnement, la sécurité a largement inspiré le concept inédit d'un ouvrage à deux niveaux de circulation unidirectionnels superposés et indépendants, ainsi que la mise au point de procédures d'intervention avec les services de secours public, ce dès 1991.

Par ailleurs et eu égard à l'évolution de la réglementation sur la sécurité dans les ouvrages routiers souterrains illustrée par la circulaire 2000-63 du 25 août 2000 publiée après la catastrophe du Mont-Blanc (mars 1999) –, l'A86 intègre les dernières spécifications de l'Etat et les nouvelles procédures d'approbation pour l'ensemble de ses aspects techniques : avis technique ; avis d'expert indépendant ; commission d'évaluation de la sécurité dans les tunnels routiers (CESTR) ; avis du préfet ; approbation par l'Etat.

Issus de ce cadre historique et réglementaire, quatre points destinés à garantir la rapidité et l'efficacité des secours ont été spécifiés dans le contrat de concession, complétant un dispositif d'ensemble (voir encadré) visant à offrir aux automobilistes un ouvrage très sûr :

- ◆ 13 puits équipés d'ascenseurs et destinés à l'intervention des secours depuis la surface seront ainsi construits, en moyenne tous les 1000 m, tout le long du parcours entre Rueil-Malmaison et Pont Colbert ;
- ◆ aménagés tous les 200 m et assortis de niches

de sécurité, 54 espaces étanches et pressurisés équipés d'interphones ont une double fonction de refuge pour une centaine de personnes ou de sas d'évacuation, grâce aux escaliers reliant les deux niveaux du tunnel (qui permettent également l'accès des secours depuis l'autre voie de circulation) (figure 1) ;

- ◆ en exploitation, les équipes de Cofiroute seront présentes 24 heures sur 24. Une équipe fixe assurera la surveillance au poste central de supervision situé à Rueil Malmaison, et une équipe mobile assurera le premier échelon d'intervention depuis chacun des accès. Ces équipes constituées de personnel spécialement formé auront pour mission d'alerter les secours publics, d'informer les personnes et si nécessaire de leur porter assistance, et le cas échéant de circonscrire un incendie en attendant l'arrivée des sapeurs pompiers ;

- ◆ l'exploitant mettra à la disposition des secours des moyens d'intervention au gabarit du tunnel. Chaque point d'accès sera ainsi doté d'une flotte comprenant une ambulance et deux modules permettant le transport de six sapeurs-pompiers ainsi que trois remorques équipées de moyens de lutte anti-incendie ou de matériel de désincarcération (figure 2).

Enfin, la vitesse, limitée à 70 km/h, est la plus adaptée pour conjuguer sécurité des automobilistes et fluidité du trafic. Des radars, installés en de multiples points, permettront par ailleurs de détecter à tout moment les excès de vitesse. Au moindre

permanente

Tristan Legendre
 CHARGÉ DE MISSION
 EXPLOITATION/ÉQUIPEMENTS A86
 Cofiroute

Christian Bouteloup
 CHARGÉ DE MISSION A86
 Cofiroute

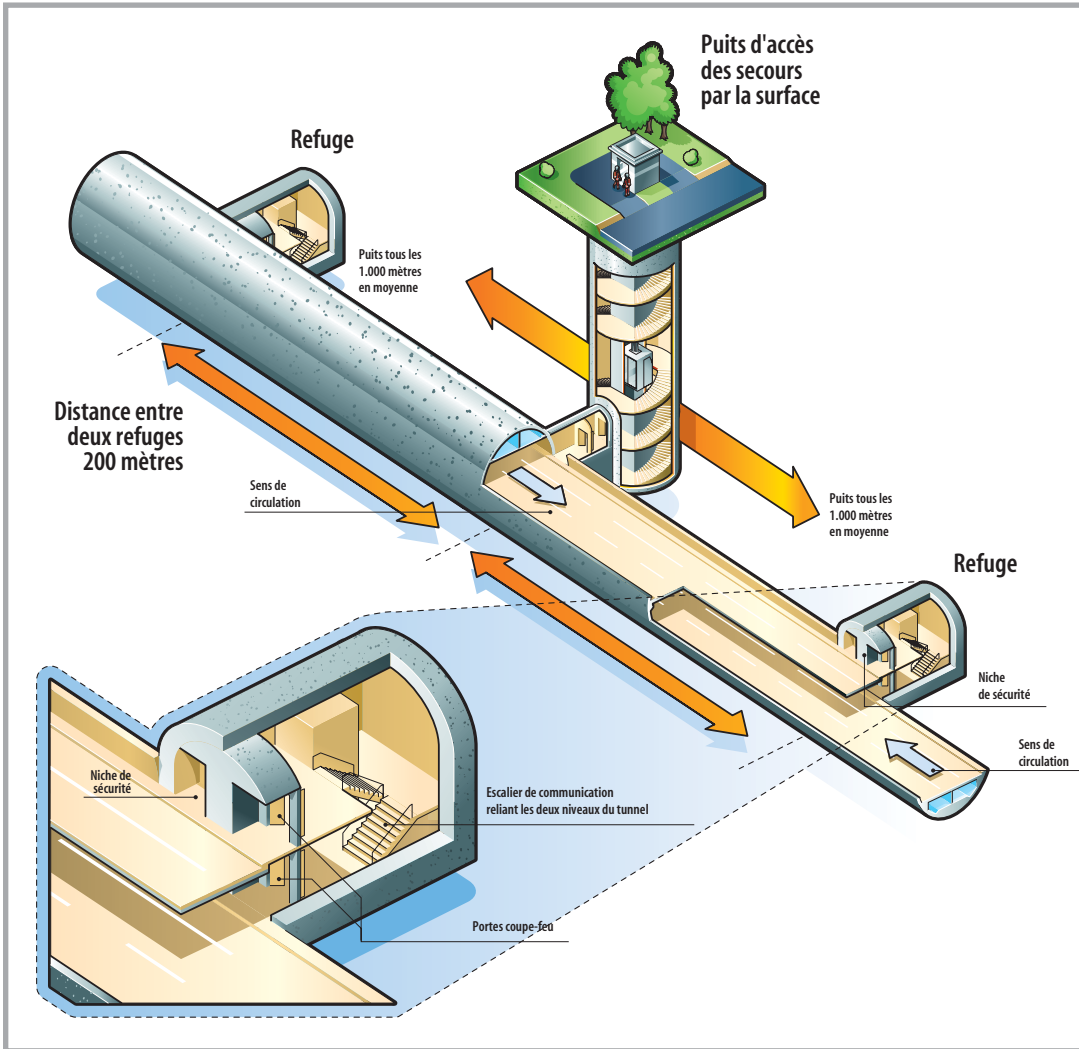


Figure 2
 Schéma du principe
 d'intervention multi-accès
*Schematic diagram
 of multi-access emergency
 response*



Illustrations
 des équipements
 de sécurité
*Illustrations
 of safety
 appurtenances*

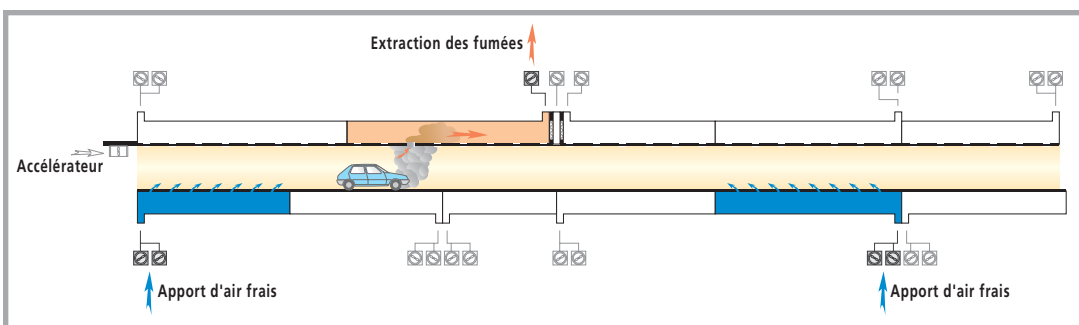


Schéma
 du principe
 de désenfumage
*Schematic
 diagram
 of smoke control*

► risque d'encombrement, l'accès au tunnel sera régulé par la temporisation des barrières de péage situées aux entrées (cf. détails dans l'article relatif aux équipements).

Equipements éprouvés, coordination de moyens humains spécialement formés, tout est mis au point pour assurer la sécurité des futurs utilisateurs d'un ouvrage actuellement parmi les plus sûrs. La démarche de sécurité est continue, elle est également coordonnée entre le concessionnaire, les services de secours publics et les clients.

DES ESSAIS INCENDIE EN CONFIGURATION RÉELLE

Dans le cadre de l'instruction du dossier de sécurité au stade de l'APOA du tunnel concédé de l'A86 réservé aux voitures, les services de l'Etat (Direction des Routes) ont demandé à Cofiroute de procéder à des essais incendie qui avaient pour objet :

- d'une part d'examiner les conditions de propagation éventuelle d'un incendie d'une voiture aux véhicules proches et d'en estimer les conséquences sur les conditions d'évacuation des usagers ;
- d'autre part d'approfondir les conditions d'intervention des agents de sécurité de Cofiroute ;
- puis d'évaluer l'efficacité d'un système fixe d'aspersion de brouillard d'eau.

Les essais se sont déroulés fin 2003 dans un tunnel de 200 m de long construit dans les galeries de test de la société V-S-H à Sargans (Suisse orientale), sous le contrôle du bureau d'étude BG et du CSTB, en présence des représentants des ministères français de l'Équipement et de l'Intérieur.

Ces essais ont été réalisés en situation d'embouteillage avec un accident simulé impliquant de nombreux véhicules. Toutes ces conditions étaient de nature à augmenter la gravité de l'incendie et donc l'intérêt des essais.

Les premiers constats des bureaux d'études en charge de ces opérations valident les principes d'intervention définis par Cofiroute.

ABSTRACT

Safety : a constant priority

T. Legendre, Ch. Bouteloup

Constantly improving safety in an underground road structure of this size has always been a priority.

The very design of the East tunnel, between Rueil-Malmaison and Versailles, makes it a structure that is different from the existing tunnels.

Moreover, in view of the lessons drawn from the fires in the Mont-Blanc and Saint-Gothard tunnels, the government and Cofiroute wanted to take all measures to verify the reliability of the tunnel safety system and even improve it further.

RESUMEN ESPAÑOL

Seguridad : una prioridad permanente

T. Legendre y Ch. Bouteloup

Mejorar constantemente la seguridad en una obra vial subterránea de semejante importancia, siempre ha sido una prioridad.

El concepto específico del túnel Este, entre Rueil-Malmaison y Versailles, constituye una obra distinta de los túneles ya existentes.

Por otro lado, y tomando en consideración las enseñanzas derivadas de los incendios de los túneles del Mont-Blanc y del Saint-Gothard, el Estado y Cofiroute han deseado adoptar todas las disposiciones que permiten comprobar la fiabilidad del dispositivo de seguridad del túnel e incluso proceder a su mejora.

Les équipements

La sécurité est une priorité absolue pour Cofiroute, depuis l'origine du projet. La conception même du tunnel Est, entre Rueil-Malmaison et Versailles, en fait un ouvrage différent des autres tunnels, plus sûr. Tout ce qui se fait de mieux en matière de détection des incidents, d'information des conducteurs, d'intervention des secours et de système d'extraction des fumées a été réuni pour la sécurité des automobilistes.

L'A86 à l'ouest est régulièrement présentée sous l'angle novateur d'un concept de tunnel à deux niveaux de circulation superposés unidirectionnels, réservés aux véhicules légers. Ce concept est nouveau. Il est permis aujourd'hui du fait des énormes progrès réalisés en matière de construction de tunnelier.

Dans cet ouvrage original les équipements et les techniques utilisés sont dans l'ensemble des systèmes éprouvés. Néanmoins certains équipements nouveaux sont intégrés à l'ouvrage. Ils font bénéficier au tunnel réservé aux voitures des derniers progrès notamment pour la sécurité des automobilistes. Ils illustrent la volonté d'ouverture du concessionnaire aux évolutions apportant une contribution prouvée en matière de sécurité et d'exploitation de l'ouvrage.

Il est d'usage de classer par catégories fonctionnelles les équipements. Ces catégories sont :

- ◆ les équipements généraux de sécurité ;
- ◆ la ventilation et le désenfumage ;
- ◆ les équipements électromécaniques ;
- ◆ les équipements d'exploitation de la route ;
- ◆ les équipements électriques d'exploitation ;
- ◆ les équipements informatiques d'exploitation et de gestion de l'ouvrage.

Ces équipements seront opérationnels dès l'ouverture de la première section du tunnel. Ils sont conçus pour s'adapter aux différentes phases du projet sans modifications importantes lors de la mise en service de la section sud comprise entre l'échangeur avec l'A13 et le raccordement à Pont Colbert avec l'A86 existante au sud de Versailles.

L'automobiliste qui emprunte le tunnel circule dans un ouvrage sous surveillance permanente pendant tout son trajet. Cette surveillance s'exerce 24 heures sur 24 depuis un poste de contrôle et de sécurité (PCS) par des agents de sécurité, trafic, péage (STP). Ils sont assistés par des agents d'intervention immédiate (A2I) qui interviennent auprès des automobilistes qui ont besoin d'aide ou d'assistance.

Il y a trois accès en voiture pour emprunter le tunnel. On y pénètre par les barrières de péage situées :

- ◆ à Rueil-Malmaison par le raccordement avec l'A86 et la RN13 : 11 voies au péage ;
- ◆ à Vaucresson et au Chesnay par l'échangeur avec l'A13 : 7 voies ;
- ◆ à Jouy-en-Josas par le raccordement avec la RN 286 : 8 voies.

Le système de péage fonctionne en mode fermé pour les abonnés et en mode ouvert pour les autres clients. Les barrières sont systématiquement en entrée. Cette disposition, retenue pour assurer la sécurité, permet de contrôler en permanence les accès au tunnel afin d'assurer la fluidité et la sécurité dans l'ouvrage soit en régulant les accès, soit en les fermant dès que nécessaire. La régulation se fait par conséquent en amont du réseau concédé en coordination avec les autres exploitants dans le cadre du "Plan de gestion du trafic" (PGT) et du "Plan d'intervention de sécurité" (PIS).

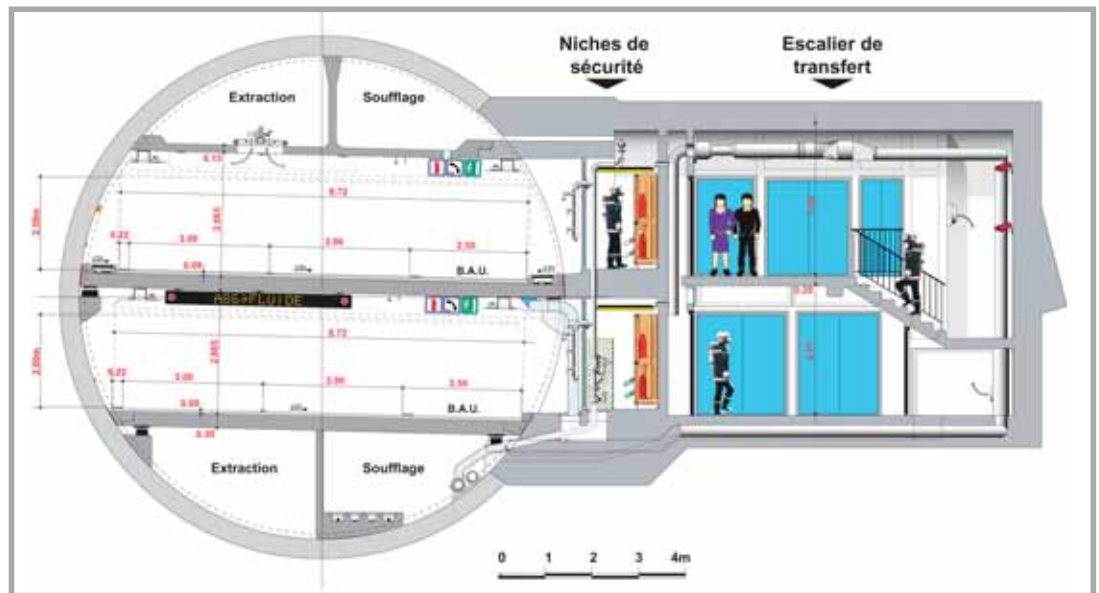
La circulation dans le tunnel s'écoule sur deux voies de circulation. Une bande d'arrêt d'urgence située du côté des ouvrages de sécurité permet aux automobilistes en difficulté de s'arrêter et de demander de l'aide en utilisant les postes d'appels d'urgence qui sont installés tous les 200 m environ dans les niches de sécurité. Celles-ci sont également dotées de deux extincteurs pour combattre un départ d'incendie et des équipements destinés à l'intervention des secours. Ces derniers comprennent :

- ◆ une conduite d'eau en permanence sous pression et des prises d'eau pour raccorder trois lances d'incendie ;
- ◆ les équipements électriques pour mettre en œuvre les moyens de désincarcération utilisés lors des interventions de secours routier (figure 1).

Chaque niche de sécurité est mitoyenne à une évacuation de secours constituée d'un escalier qui permet de gagner l'autre espace trafic et d'un refuge pressurisé coupe feu 2 heures qui, en cas de né-

Figure 1
Coupe d'une niche
de sécurité
et d'un escalier
de transfert

Cross section
of a safety recess
and transfer stairs



cessité, permet de mettre à l'abri jusqu'à une centaine de personnes. Ces ouvrages sont signalés par des panneaux lumineux avec pictogrammes normalisés et une signalétique peinte aux normes réglementaires. Une sur-signalisation lumineuse peut être activée pour renforcer leur visibilité dans la fumée si un incendie se développe. On trouve également dans les évacuations de secours, un poste d'appel d'urgence et un dispositif de vidéo surveillance qui permet aux agents STP de connaître le comportement des personnes dans les évacuations de secours (figure 2).

L'éclairage de la chaussée est conçu pour apporter un grand confort et un sentiment de sécurité. La luminance de la chaussée, les uniformités transversales et longitudinales sont d'un niveau supérieur aux règles en vigueur. Pour y parvenir avec un coût d'exploitation raisonnable, la chaussée est "blanche" et les parois du tunnel sont claires. L'aménagement intérieur est conçu pour donner une impression de volume. Pour faire face à une éventuelle panne du système d'éclairage ou guider les usagers dans la fumée en cas d'incendie un jalonnement lumineux réalisé par des lampes à diodes (espacement 10 m) est installé sur les piédroits des tunnels.

Si un véhicule doit s'arrêter sur la bande d'arrêt d'urgence ou sur la chaussée, le système de DAI¹ par analyse d'image (DIVA) alerte les opérateurs du PCS. Le réseau de caméras installées tous les 100 m assure la couverture totale de l'ouvrage. Il donne aux opérateurs STP le moyen de valider les états anormaux du trafic détectés par le système DAI-DIVA ou par le système de recueil automatique des données (de trafic RAD). La coopération entre les systèmes, rendue possible grâce à la gestion

1. DAI : Détection automatique d'incident

informatisée des données, signale au poste de contrôle de Rueil-Malmaison, dans un délai très court, tout incident ou anomalie de circulation. Elle permet d'identifier le type d'incident et la nature de l'intervention à mettre en œuvre.

Une information de sécurité, adaptée à l'événement en cours, est transmise aux conducteurs par l'intermédiaire des panneaux à messages variables (PMV) implantés tous les 400 m au-dessus des voies de circulation. Des signaux d'affectation de voies (SAV) espacés de 200 m renforcent cette information. En situation d'accident grave, des messages de sécurité sont transmis aux usagers du tunnel par l'intermédiaire des radios commerciales FM retransmises dans l'ouvrage par le système de retransmission des ondes radioélectriques. Par ailleurs les services de secours publics (pompiers, police et secours médicaux d'urgence) ainsi que les services de l'exploitant bénéficient de l'usage de leurs systèmes de radiocommunications dont la continuité est assurée par l'infrastructure.

La qualité de l'air dans le tunnel est maintenue en permanence en dessous des seuils réglementaires. La circulation des voitures est unidirectionnelle. Elle provoque une vitesse longitudinale de l'air du tunnel dans le sens de la circulation. Le système de ventilation est du type transversal pur, c'est-à-dire que les débits d'air frais et d'air extrait le sont en quantité égale (figure 3).

Les seuils de qualité de l'air sont :

- ◆ en valeur instantanée : 75 ppm de CO, 1 ppm de NO₂ et $k = 5 \cdot 10^{-3}$ pour l'opacité ;
- ◆ en valeur moyenne : 0,4 ppm de NO₂ en moyenne sur 15 minutes.

Le système de ventilation est conçu pour assurer également le désenfumage du tunnel et des bretelles. Le système de désenfumage, dimensionné pour faire face à des feux de véhicules pouvant atteindre 15 MW, est conçu pour pousser les fumées

dans le sens de la circulation fonctionnant ainsi comme un système longitudinal. Les fumées sont extraites par la première trappe d'extraction ($Q_{ext} = 130 \text{ m}^3/\text{s}$) située immédiatement en aval de l'incendie. Après avoir détecté et localisé le foyer de l'incendie à l'aide du dispositif de DAI par analyse d'image et du système de détection de température (système linéaire), l'ensemble des trappes d'extraction, espacées de 400 m sont automatiquement fermées à l'exception de celles situées en aval de l'incendie. Les cantons d'introduction d'air frais sont mis en marche de part et d'autre du feu pour maîtriser le sens d'écoulement des fumées vers la trappe d'extraction ouverte. La robustesse et la fiabilité du système sont assurées par la redondance des ventilateurs et de leurs équipements de contrôle commande.

Le désenfumage, par le contrôle du sens des fumées, permet l'évacuation des personnes et l'intervention des secours. Ces derniers disposent pour lutter contre le feu d'un réseau d'eau sous pression qui dessert les prises "pompiers" situées dans chaque niche de sécurité. Ce réseau comprend des surpresseurs situés sur chaque échangeur qui maintiennent en pression (6 à 8 bars) la conduite de lutte contre l'incendie et assure une autonomie minimale au système de 120 m^3 au système de lutte contre l'incendie. Les surpresseurs sont redondants. Un système d'exhaure et de traitement des eaux permet le rejet des eaux de lavage, d'incendie et de pluie pour les espaces non couverts vers le milieu naturel en respectant les normes de pollution à l'aide de dispositifs de traitement physique des eaux (dégrilleur, déboureur, déshuileur).

Pour leur accès aux tunnels à partir de la surface, les secours disposent, en plus, des accès par les échangeurs de 13 puits de secours équipés d'un ascenseur et d'une mise en surpression. Les accès aux puits de secours sont surveillés et contrôlés.

Pour faire fonctionner les nombreux équipements qui permettent l'exploitation et contribuent à la sécurité des automobilistes, le tunnel dispose d'un système de distribution et gestion de l'énergie électrique robuste et d'un haut niveau de fiabilité et disponibilité élevée. Trois postes haute tension situés à Rueil-Malmaison, sur l'échangeur avec l'A13 et au raccordement de Pont Colbert assurent le raccordement avec des réseaux d'alimentation indépendants et distribuent au moyen des deux artères 20 kV, chacune transportant la totalité de la puissance, l'énergie électrique vers les 13 sous-stations. Celles-ci assurent la distribution aux équipements en transformant la haute tension en basse tension au travers d'une architecture redondante. Cette organisation permet d'accepter un premier défaut sans atteindre à l'intégrité du fonctionnement des équipements. Cette logique est



Figure 2
Illustration de l'aménagement intérieur du tunnel
Illustration of the interior fittings of the tunnel

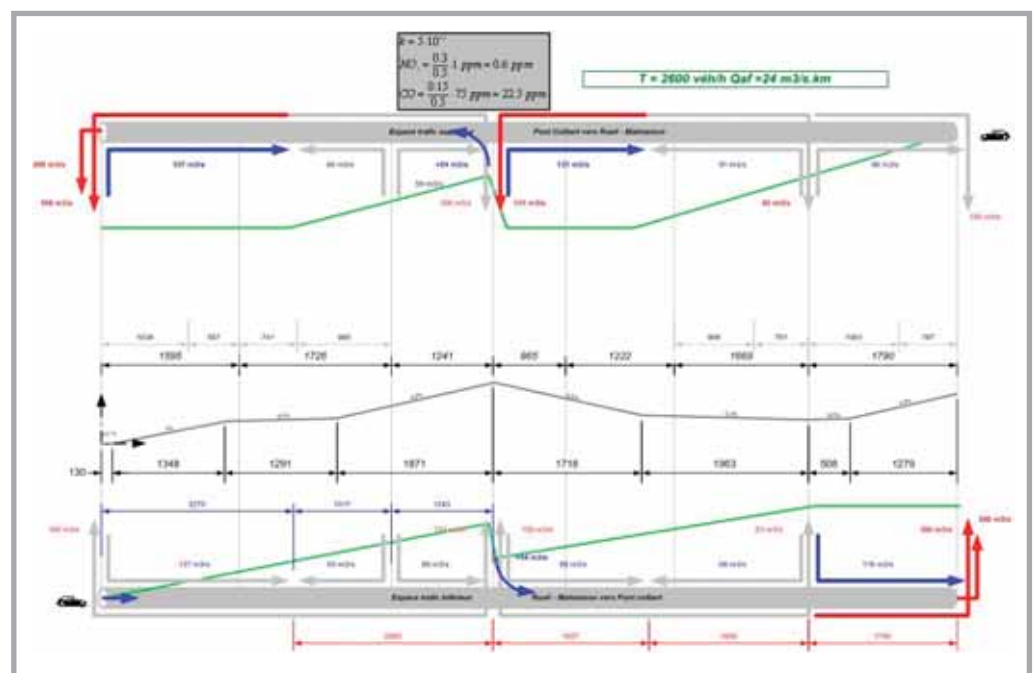


Figure 3
Système de ventilation du tunnel Est réservé aux véhicules légers
Ventilation system in the East tunnel reserved for passenger cars

maintenue jusqu'aux équipements de terrains, assurant ainsi une grande fiabilité de fonctionnement et une capacité de maintenance élevée.

Le tunnel de l'A86 concédée est un système complexe qui nécessite pour sa conduite l'aide d'un dispositif de contrôle commande performant, fiable et robuste. L'ergonomie du système est conçue autour de l'aide aux opérateurs dans la conduite du système de transport. L'architecture d'acquisition et de diffusion des données, des commandes et des informations intègre la linéarité du tunnel. Ses serveurs et API centraux dialoguent avec des API nodaux par l'intermédiaire d'un double anneau sécurisé. Les API nodaux distribuent et concentrent les informations vers les entrées/sorties déportées ou les automates métiers par l'intermédiaire de ré-

seaux de terrain redondants ou sécurisés. Le système de contrôle commande intègre les fonctions de la gestion technique centralisée, de la gestion informatique du trafic, des systèmes de sécurité (RAU, radio, vidéo, etc.). Il est en relation avec les opérateurs (STP) par l'intermédiaire d'une interface homme machine (IHM) située dans les locaux d'exploitation de Rueil-Malmaison. Cette IHM comprend des postes opérateurs STP et péage polyvalents, un synoptique d'exploitation, les administrateurs des systèmes techniques et les administrateurs des systèmes de traçabilité des événements (enregistrement numérique des images et des communications d'exploitation).

ABSTRACT

Appurtenances

Ch. Bouteloup

Safety has been an absolute priority for Cofiroute, since the outset of the project. The very design of the East tunnel, between Rueil-Malmaison and Versailles, makes it a structure that is different from other tunnels, safer. The very best equipment for problem detection, driver information, emergency response and fume exhaust systems has been brought together for motorists' safety.

RESUMEN ESPAÑOL

Los medios de funcionamiento

Ch. Bouteloup

Desde el inicio del proyecto, la seguridad constituye una prioridad absoluta para Cofiroute. El concepto específico del túnel Este, entre Rueil-Malmaison y Versailles, representa una obra distinta de los demás túneles, y más seguro. Todo aquello que mejor se puede encontrar en materia de detección de incidentes, de información de los conductores, de intervención de los equipos de emergencia y de sistema de extracción de humos se ha reunido aquí para la seguridad de los automovilistas.

Un concept, une ligne architecturale

L'architecture des quelques installations visibles en surface est conçue pour mettre davantage en valeur le paysage, en harmonie avec le caractère verdoyant des sites et du concept fondateur. Bien rouler dessous pour mieux vivre dessus. Une démarche qui peut surprendre pour un projet majoritairement en tunnels, mais qui souligne l'importance accordée par Cofiroute à l'esthétique de ses ouvrages pour ses clients, à leur meilleure insertion possible dans leur environnement local pour les riverains.

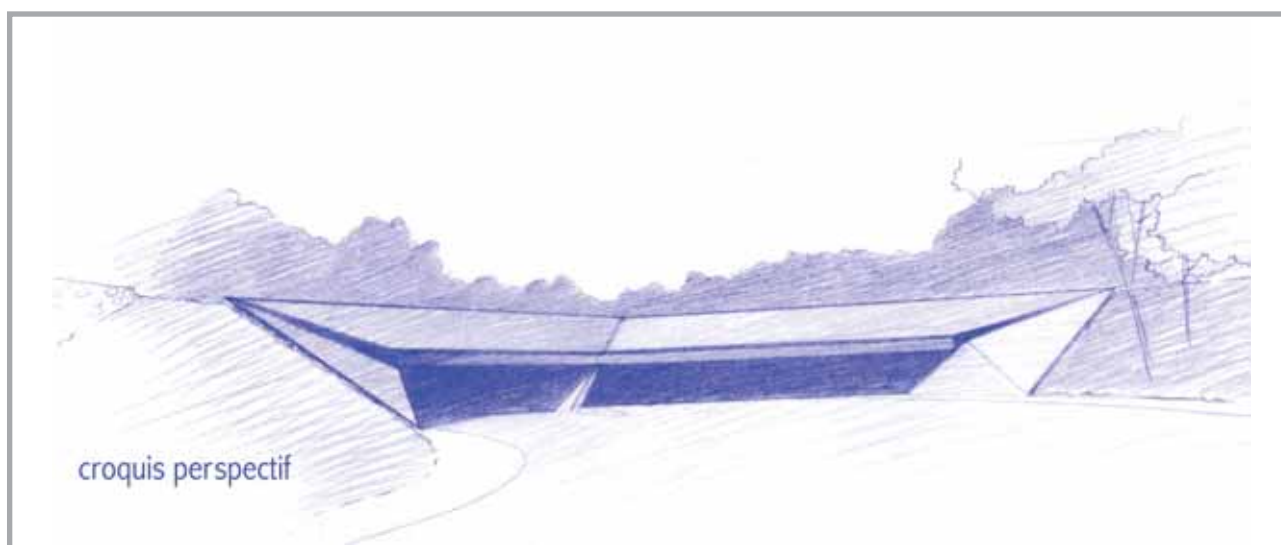


Figure 1
Croquis de l'entrée
en tunnel - Echangeur
A86/A13

Sketch of the tunnel
entrance - A86/A13
interchange

Concevoir la ligne architecturale d'un projet comme celui du tunnel A86, c'est se poser la question du sens et de l'image à lui donner, en l'occurrence de son adéquation au concept fondateur "Bien rouler dessous pour mieux vivre au-dessus" (figure 1).

Pour certains, parler d'architecture pour un projet enterré peut paraître paradoxal. C'est oublier que le bouclage de l'A86 à l'ouest n'est pas seulement un tunnel mais aussi un ensemble de points de contacts avec la surface, au travers des échangeurs, des aires d'exploitation, des péages, des têtes de tunnel, des puits d'accès de secours et des unités de ventilation qui jalonnent le parcours de l'autoroute, en s'insérant dans le paysage.

Il y a donc un lien sémantique à tisser à l'interface entre l'air libre et le souterrain, entre le dessus et le dessous, deux mondes qui se complètent et se chevauchent beaucoup plus qu'ils ne s'opposent.

Le choix d'un architecte unique pour l'ensemble du projet est donc la meilleure garantie d'une approche cohérente au service de deux populations qui se confondent en alternance :

- ◆ les habitants et visiteurs des villes traversées,

toujours plus soucieux de qualité de vie et de préservation de l'environnement ;

- ◆ les clients du tunnel, toujours plus exigeants en terme de qualité de service, de confort et de sécurité.

A l'instar de chacun d'entre nous qui pouvons être, tour à tour, piéton et automobiliste, en balade et pressé, avide de modernité et soucieux de préserver notre environnement, la ligne architecturale de l'autoroute A86 à l'ouest a pour ambition de ne renier ni les uns, ni les autres et de rassembler nos attentes pour mieux affirmer sa double identité.

■ SE GLISSER EN DOUCEUR DANS LE PAYSAGE

Se glisser en douceur sous un territoire, épargner le paysage, le façonner au bénéfice d'une qualité de vie maintenue pour longtemps, tel est le premier enjeu architectural et paysager.

Cette ambition suscite une réponse innovante, juste sans ostentation, à coup sûr rassurante et seraine.

Contrairement à un objet architectural unique, l'A86

Figure 2
 Vue d'une bretelle
 de raccordement
 au tunnel - Pont Colbert
*View of a tunnel
 connecting ramp -
 Colbert Bridge*



Figure 3
 Vue de l'aire de péage
 et du bâtiment
 d'exploitation -
 Raccordement
 de Rueil-Malmaison
*View of the toll system
 area and the operations
 building -
 Rueil-Malmaison
 connection*



est un projet multisites, investissant tout un territoire dans sa richesse urbaine, historique et naturelle. Notre souci a été d'assurer la cohérence du projet et son image sur toute la longueur du parcours. Nous avons donc imaginé un vocabulaire architectural commun répondant à la spécificité de l'ensemble des sites (figure 2).

Les ouvrages d'art

A l'image des origami japonais, les ouvrages prennent la forme de grands pliages obliques, épousant la topographie au plus juste en accompagnant les talus et les glacis à fleur du paysage. Cette géométrie inédite a été conçue pour ampli-

fier et mettre en valeur les trémies d'accès au tunnel. Elle établit un lien direct et vif entre le végétal et le construit, gommant la frontière entre architecture et paysage.

Les parements

Les parements, la palette des tonalités et des textures de bétons s'inspirent des paysages traversés. L'entrée en terre est matérialisée par le choix d'une matrice rugueuse (moulage d'un rocher), calpinée à une échelle cyclopéenne. Celle-ci contraste avec les ouvrages en pliage qui sont lisses et sans joints apparents, annonçant la fluidité à l'intérieur du tunnel (figure 3).

Les unités de ventilation

Les unités de ventilation ne laissent émerger que leurs superstructures techniques assurant le rejet de l'air provenant du tunnel. Ces émergences, aux formes parallélépipédiques, seront habillées de végétation. Un jeu géométrique à la frontière du Land-Art.

A l'interface des villes de Vaucresson et du Chesnay, à proximité du haras et du golf de Jardy, l'unité de ventilation de l'échangeur avec l'A13 se niche au creux de talus plantés, offrant l'image d'une clairière technique.

A Rueil-Malmaison, l'unité de ventilation investit la colline de la Jonchère qui sera reprofilée au plus juste de sa topographie d'origine. Seules les émergences végétalisées introduisent dans le paysage une géométrie nouvelle et discrète, atténuées par les masses végétales plantées en premier plan : plus de paysage et moins d'architecture dans ce site proche du domaine de la Malmaison (figure 4).

Les puits de secours

Les puits de secours, espacés d'un kilomètre environ, jalonnent le parcours de l'autoroute. Constituant un pointillé discret et presque virtuel du tunnel, tel un fil conducteur à l'échelle du territoire, ils apparaissent comme des objets isolés, présences insolites mais discrètes.

La majorité des puits étant situés au sein des massifs forestiers traversés, nous avons imaginé une forme douce, lisse, unitaire et elliptique qui se fond dans la forêt, grâce à une tonalité ocre-brune recouverte d'une treille végétale ; un bâtiment sobre et discret suffisamment neutre pour ne pas focaliser les regards (figure 5).

■ EN TUNNEL, UNE ESTHÉTIQUE DE LA FLUIDITÉ

En traitant avec le plus grand soin l'architecture intérieure d'un tunnel, Cofiroute veut offrir aux futurs utilisateurs tous les atouts spatiaux et lumineux pour permettre des déplacements agréables et apaisés. L'architecture du tunnel met ainsi en scène les notions de mobilité, de fluidité et de temps-plaisir.

L'utilisation des couleurs claires, presque blanches, a pour vocation d'atténuer les inquiétudes qui naissent d'un parcours en souterrain, en empruntant à l'esthétique des habitacles d'avions. En outre, les parois offrent un aspect lisse, sans qu'il soit besoin d'ajouter un traitement particulier à l'esthétique parfaite des voussoirs qui constituent les anneaux du tunnel. La neutralité de l'enveloppe et sa clarté augmentent ainsi la sensation de l'espace.



Figure 4
Vue des unités de ventilation - Raccordement de Rueil-Malmaison
View of ventilation units - Rueil-Malmaison connection



Figure 5
Vue d'un puits d'accès de secours en forêt
View of an emergency access shaft in the forest



Figure 6
Perspective de l'architecture intérieure du tunnel - Niveau inférieur de circulation
Perspective view of the tunnel's interior architecture - Lower traffic level

▶ Elle permet également de mettre en évidence la coloration vive de la signalétique au niveau des niches de sécurité et des escaliers de transfert qui viennent rythmer le parcours du tunnel tous les 200 m. Résultat de réflexions conjointes des ingénieurs, architectes et chercheurs en sciences sociales (démarche présentée dans un précédent article), tout est ainsi pensé pour la sécurité et le confort des futurs automobilistes (figure 6).

ABSTRACT

One concept, one architectural design

M. Regembal, C. Laurier

The architecture of the few facilities visible on the surface is designed to further enhance the landscape, in harmony with the verdant nature of the locations and with the founding concept. Drive well below the ground to live better above it. An approach that could seem surprising for a project consisting mostly of tunnels, but which emphasises the importance assigned by Cofiroute to the attractiveness of its structures for its customers, and their optimum integration into their local environment for the frontage residents.

RESUMEN ESPAÑOL

Un concepto, una línea arquitectónica

M. Regembal y C. Laurier

La arquitectura de las diversas instalaciones visibles desde la superficie se ha diseñado para hacer resaltar de mejor modo el paisaje, en armonía con el entorno arbolado de los emplazamientos y del concepto fundador. Circular correctamente en subterráneo para vivir mejor arriba. Un planteamiento que puede sorprender para un proyecto compuesto en su mayoría por túneles, pero en el cual destaca la importancia concedida por Cofiroute en cuanto a la estética de sus estructuras para sus clientes, a su mejor inserción posible en el medio ambiente local para el vecindario.

La culture de l'adhésion, une ligne directrice en matière de communication

Il s'agit de faciliter la compréhension du bouclage de l'A86 à l'ouest, tant en phase travaux qu'en phase exploitation à venir, de faciliter des comportements de coopération et de dialogue avec nos partenaires locaux que sont les élus et les associations, d'informer et d'être une écoute locale réactive. La maîtrise technique est certes indispensable, mais la qualité des relations instaurées entre les différents interlocuteurs concernés est tout aussi importante. Telles sont les grandes lignes directrices de notre stratégie de concertation et de communication.

Réussir un projet d'aménagement, qui plus est dans un contexte environnemental, technologique et politique tel que celui de l'A86 à l'ouest de Paris, c'est permettre à chacun d'y trouver sa place, d'y exercer son rôle : plus large sera la palette d'acteurs sollicités, plus large sera l'intérêt général recherché et plus grande sera la légitimité du projet final.

Les acteurs incontournables visés :

- ◆ les élus : à travers leurs mandats, ils sont les porteurs des enjeux de développement du territoire ;
- ◆ le monde associatif : composé d'associations de défense de l'environnement, d'usagers ou de consommateurs, de riverains, ... face au maître d'ouvrage, elles constituent en quelque sorte la "maîtrise d'usage". Certaines d'entre elles parviennent d'ailleurs à un niveau d'expertise et de professionnalisme élevé, avec la disponibilité en plus ;
- ◆ le monde économique : porteurs d'enjeux et d'attentes très spécifiques, ils sont vecteurs du développement du territoire, animateurs du dynamisme urbain ou rural et utilisateurs d'infrastructures ;
- ◆ le public : sa participation est réaffirmée collectivement comme une exigence démocratique, position confortée par les dernières orientations réglementaires, nationales comme communautaires. Au-delà de l'identification de ces acteurs, celle des personnalités, de leurs enjeux et intérêts est primordiale. Pour ce faire, Cofiroute a innové en ayant notamment recours à des chercheurs en sciences sociales.

de sur l'acceptation du projet par ses riverains et futurs utilisateurs. Menée au moment du démarrage des travaux, elle a permis d'avoir une vision novatrice et humaine de ce projet innovant et technique. Le partenariat des sciences sociales et de Cofiroute s'est traduit par des réunions de travail régulières qui ont permis aux responsables du projet de s'imprégner de la recherche en cours et de ses résultats.

Il est apparu, à l'issue de l'enquête, que le projet est majoritairement bien accueilli, avec une large amélioration depuis un premier sondage effectué en 1996. Cependant, un sentiment de manque d'informations demeurait, malgré les efforts entrepris. Cofiroute a donc développé plusieurs outils de communication : des journaux, un pavillon d'information, un site Internet, une boîte postale et un numéro de téléphone ont été mis à la disposition du public. L'enquête a permis de mieux percevoir les appréhensions et les facteurs de bien-être des automobilistes dans un tunnel : qualité de l'éclairage, présence d'une bande d'arrêt d'urgence, visibilité des sorties piéton, renouvellement de l'air, fluidité du trafic... Depuis l'incendie du tunnel du Mont-Blanc, la sécurité est devenue l'inquiétude principale des associations et des utilisateurs, avant l'environnement, qui demeure cependant une préoccupation importante.

Effectuée durant l'année 2000, cette recherche a permis à Cofiroute de mettre en place des mesures concrètes et de mieux communiquer sur les sujets qui préoccupent riverains et futurs utilisateurs (sécurité, environnement, bien-être dans le tunnel).

■ ÉTUDE EN SCIENCES SOCIALES : CONNAÎTRE LES ASPIRATIONS DES RIVERAINS ET DU PUBLIC

Après avoir remporté l'appel d'offres européen, Cofiroute a demandé à six chercheurs de différentes disciplines en sciences sociales de faire une étude

■ CONCERTATION AVEC LES ÉLUS : LE CADRE DE LA CHARTE D'ENGAGEMENT DE SERVICES

Cofiroute a mis en place en février 2000 une charte d'engagement de services qui reprend les engagements de l'entreprise en matière d'information

Photo 1
 Visite du chantier
 du futur échangeur
 A86/A13
 avec des partenaires
 locaux
*Visit to the site
 of the future A86/A13
 interchange with local
 partners*



Photo 2
 Exposition A86 ouest
 à Rueil-Malmaison
*A86 West exhibition
 in Rueil-Malmaison*



et de communication. Cette charte, animée par une volonté de transparence, de responsabilité, d'écoute et de proximité, pose les bases d'une démarche de dialogue et de coopération entre Cofiroute et les 14 communes concernées directement par les travaux. En février 2002, Socatop, maître d'œuvre et constructeur, s'y est associé en s'engageant par des mesures spécifiques aux travaux réalisés, à savoir des mesures relatives au respect des lois sur l'eau, le bruit, la circulation et la propreté des camions, ainsi que l'information des riverains en cas d'événement imprévu dans l'organisation du chantier (photo 1). Cofiroute a mis en place des interlocuteurs clairement identifiés auprès des élus. Alors que l'engagement de l'entreprise est de rencontrer tous les 3 mois les communes où se déroulent les travaux et tous les six mois celles où ils n'ont pas encore débuté, Cofiroute va souvent bien au-delà de ces engagements théoriques. Dans certaines com-

munes, des comités de concertation spécifiques se sont constitués. Ils rassemblent des représentants de la mairie, des associations et des riverains et sont la base d'une véritable concertation locale. Ces rencontres permettent concrètement la mise en place de mesures relatives à l'organisation des travaux (définition des itinéraires de camions de chantier, horaires de travail aménagées en fonction de l'environnement proche (marché, halte garderie), renforcement de protections visuelles boisées, aménagements acoustiques,...) mais permettent aussi l'association de ces partenaires à la prise de décisions relatives aux aménagements définitifs architecturaux et paysagers par exemple. Prises au-delà de la concertation préalable, ces mesures participent à améliorer la compréhension du projet, l'acceptation des contraintes liées aux travaux, les relations locales.

■ CONCERTATION PERMANENTE AVEC LES ASSOCIATIONS

Cofiroute rencontre régulièrement les associations et attache une grande importance à leur information. Les associations se sont souvent constituées pour la protection de l'environnement et des riverains, et depuis l'incendie du tunnel du Mont-Blanc, se montrent très préoccupées par la sécurité. Une quarantaine d'associations œuvrent dans le périmètre concerné par les travaux. Cofiroute, en concertation avec les élus, les riverains et les associations, s'est efforcée de répondre à toutes les questions dans ces domaines. Le dialogue se noue lors des réunions de concertation et d'information, des visites de chantier, des visites de l'Expo A86 ou des exposés faits à leur demande.

Quelques illustrations de cette démarche

Pour satisfaire aux exigences des associations et des élus concernant le traitement des eaux, Cofiroute a ouvert une station de traitement des eaux utilisées sur le chantier. Mis en place par Socatop, cet équipement révèle le souci de Cofiroute de s'engager volontairement pour le bien-être des riverains, en dépassant les obligations légales. Dans le domaine de la lutte contre le bruit, Cofiroute organise les horaires de chantier en concertation avec les élus et les riverains. La société renforce les lisières boisées et les palissades opaques pour limiter l'impact visuel et sonore sur le voisinage. Sur chaque chantier, Cofiroute s'est engagée à faire passer chaque camion par une aire de lavage avant de sortir du chantier, pour ne pas salir les voiries locales. L'engagement volontaire de Cofiroute dans la concertation fait de l'A86 à l'ouest un projet sans ces-



Figure 1
Home page du site Internet dédié au bouclage de l'A86 ouest

Home page of the website dedicated to the link-up of the A86 West

se mieux intégré dans son environnement naturel et humain : dans les communes directement concernées par les travaux, l'acceptation du projet a été considérablement améliorée depuis 2000. Cofiroute a pris un certain nombre d'engagements pionniers concernant la sécurité et l'environnement, pour répondre aux inquiétudes des riverains et futurs utilisateurs : la concertation a instauré de ce point de vue une véritable démarche de progrès commun.

■ PRINCIPAUX OUTILS DE COMMUNICATION

- ◆ Une exposition dédiée au projet, **l'A86 l'Expo** : Depuis son ouverture au public en mai 2001, riverains, entreprises, écoles, ... des Hauts-de-Seine et des Yvelines y sont accueillis par une équipe d'animation et découvrent tous les aspects du bouclage de l'A86 à l'ouest : historique, organisation des travaux, technologies utilisées, aménagements paysagers et architecturaux, ... jusqu'à la maquette grandeur nature d'un niveau de circulation du tunnel réservé aux voitures. A ce jour près de 68000 visiteurs y ont été accueillis (photo 2).
- ◆ Un magazine **Le Lien A86**, distribué à 230000 exemplaires dans les communes directement concernées par le bouclage de l'A86 ouest ou limitrophes. Il est conçu pour présenter de façon plus concrète l'avancement de l'A86 aux habitants de l'ouest parisien, au travers d'interviews, d'articles et de témoignages, dans une démarche permanente d'information et de proximité engagée par Cofiroute dès le début des travaux.
- ◆ Un **numéro de téléphone azur** 0810 86 86 86.
- ◆ Un **site Internet** www.a86ouest.com (figure 1).
- ◆ Une **adresse postale** : A86 à l'Ouest, BP 86, 92316 Sèvres Cedex.

ABSTRACT

The culture of public support, a guideline for communication

F. Laurenceau

The aim is to facilitate understanding of the link-up of the A86 West motorway, during both the works phase and the future operating phase, to facilitate cooperation and dialogue with our local partners, namely the elected representatives and associations, and to inform and be a responsive local listener. Technical expertise is no doubt essential, but the quality of relations established between the various spokespersons concerned is equally important. Such are the main guidelines of our strategy of consultation and communication.

RESUMEN ESPAÑOL

La cultura de la adhesión, una línea directriz en materia de comunicación

F. Laurenceau

Se trata de facilitar la comprensión del cierre de la autovía A86 por el oeste, tanto en su etapa de obras como en su futura etapa de explotación, facilitar los comportamientos de cooperación y de diálogo con nuestros copartícipes locales como los cargos electos y las asociaciones, informar y constituir una escucha local reactiva. El dominio técnico es, seguramente indispensable, pero la calidad de las relaciones instauradas entre los distintos interlocutores interesados también es primordial. Estas son las grandes líneas directrices de nuestra estrategia de concertación y de comunicación.

économie

Conjoncture

Les Travaux Publics au 4^e trimestre 2004

Selon les résultats de l'enquête trimestrielle de janvier 2005, l'opinion des chefs d'entreprise est marquée par le ralentissement de la fin de l'année. Pourtant, les contraintes de production touchant toujours une entreprise sur quatre demeurent stables et dans leurs commentaires les entrepreneurs se tournent vers les jeunes pour leur apprendre à aimer les métiers de TP, voire leur apprendre à travailler tout simplement.

■ L'OPINION SUR L'ACTIVITÉ FLÉCHIT

L'opinion sur l'activité récente dans les Travaux Publics a subi un net fléchissement à la fin de l'année 2004, tandis que celle sur l'activité future revient à son niveau de juillet 2004 après s'être redressée le trimestre précédent.

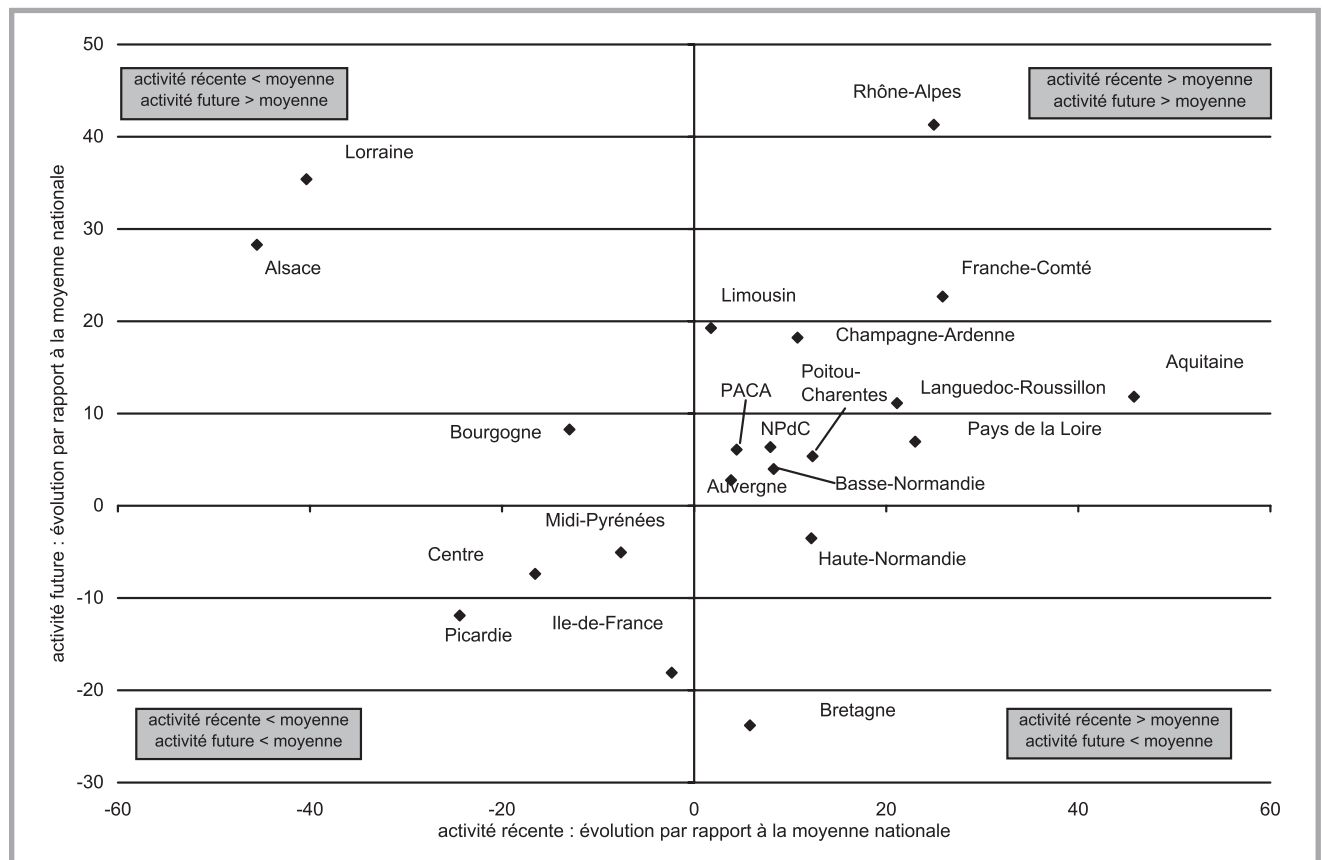
Pour affiner cette analyse, les résultats par région de réalisation sont présentés ci-dessous en

croisant pour chaque région les deux indicateurs – activité récente et future – ramenés à la moyenne nationale.

Les régions qui ont un indicateur à zéro correspondent à la moyenne nationale et non pas à une évolution nulle pour cet indicateur.

Ainsi, au niveau des régions, l'analyse fait ressortir au 4^e trimestre 2004 une meilleure tendance pour 12 régions qui ont les deux indicateurs positifs.

Opinion sur l'activité au 4^e trimestre 2004 - Activité récente et activité future



Source : enquête d'opinion FNTP/INSEE janvier 2005

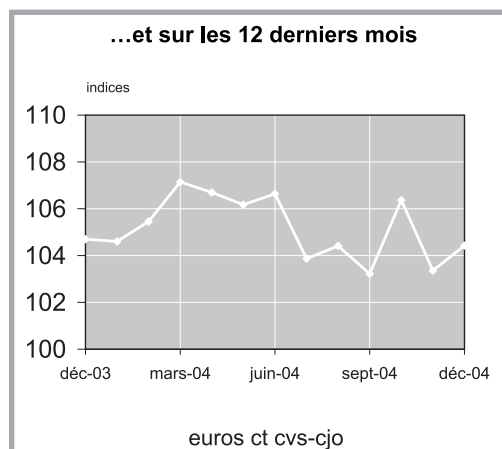
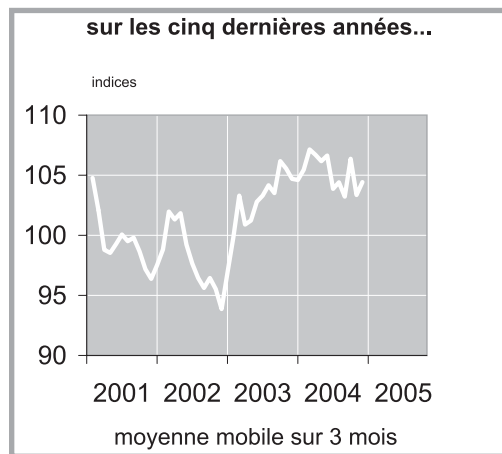
■ LA DÉCÉLÉRATION DE LA CROISSANCE À LA FIN 2004

Selon les résultats de l'enquête mensuelle à la fin de l'année 2004, les travaux réalisés avaient progressé en volume de 3,1 % par rapport à la même période de 2003 (données définitives) sans tenir compte des jours ouvrables et de 2,1 % si l'on tient compte de cette correction.

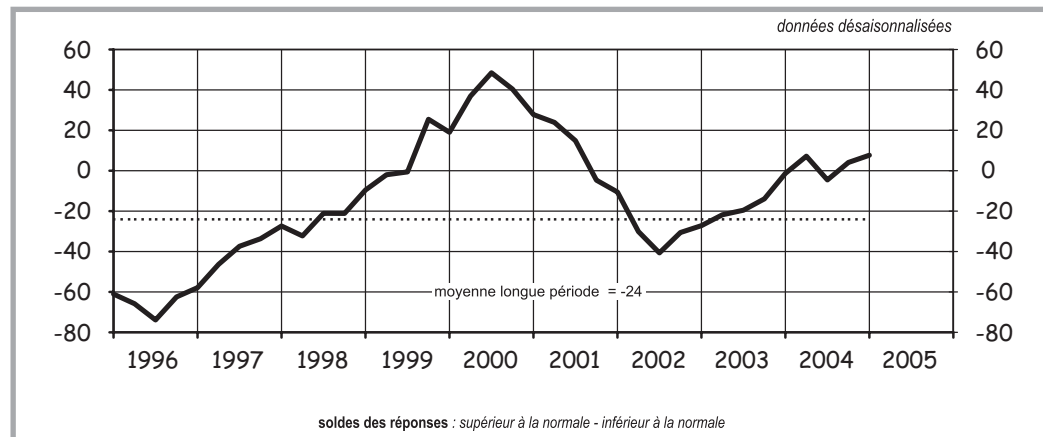
Si l'on fait le zoom sur les 12 derniers mois (graphique ci-dessous), après un début d'année exceptionnel sur la lancée de la fin de l'année 2003 et un commencement de retournement observé au 2^e trimestre, la croissance de l'activité a continué à décroître. Pour mémoire, le premier semestre avait connu une progression de 5,3 % tandis que le deuxième subit une décélération régulière jusqu'à la fin décembre.

Le mois de janvier 2005 a démarré avec un bon niveau d'activité. Le volume provisoire de janvier dépasse ceux des deux années précédentes, ainsi que ceux des derniers mois de l'année 2004.

Travaux réalisés



Source : enquête mensuelle FNTF janvier 2005



Opinion sur le carnet de commandes

Source : enquête d'opinion FNTF/INSEE janvier 2005

■ L'OPINION SUR LES COMMANDES RETROUVE UNE TENDANCE ASCENDANTE

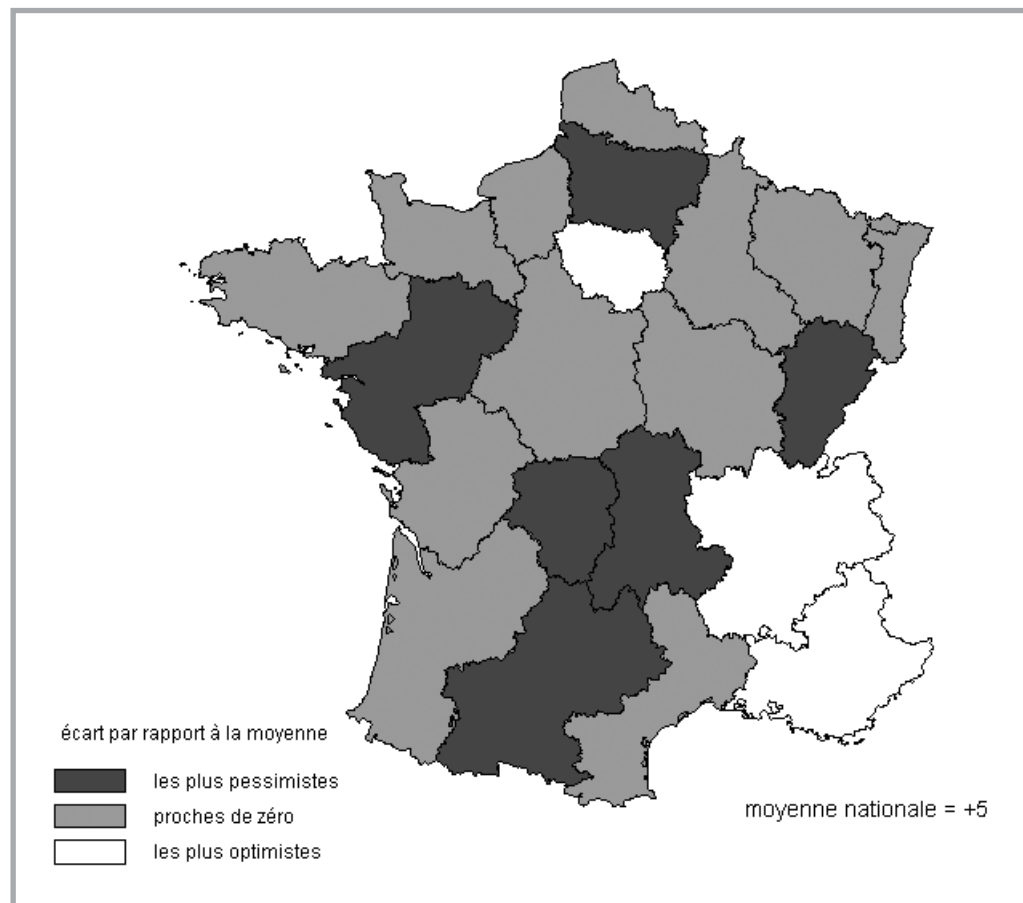
L'opinion sur les carnets de commandes remonte légèrement. L'écart avec la moyenne de longue période du solde d'opinion demeure important ; ainsi, le solde d'opinion au 4^e trimestre est au-dessus de 32 points, témoignant de la bonne tenue des carnets pour cette période de l'année.

■ LE NOMBRE DE MOIS DE CARNET REMONTE

Le nombre de mois de carnet remonte légèrement en janvier. La moyenne nationale est de 5 mois, à comparer avec 4,3 mois de janvier 2004. D'une région à une autre, le carnet se rapproche de la moyenne nationale. L'écart reste faible : il se situe entre -1,9 et +1,4 pour l'ensemble des régions.

Opinion sur le nombre de mois de travail assuré par le carnet de commandes au 4^e trimestre 2004

Source : enquête d'opinion FNTF/INSEE janvier 2005



► ■ L'OPINION SUR LES PRIX RÉCENTS SE STABILISE

L'opinion sur les prix se stabilise. Le solde d'opinion s'établit à -42 (donnée CVS). Par ailleurs, 45 % des chefs d'entreprise considèrent que les prix auxquels ils ont soumissionné ont été inférieurs à ceux du trimestre précédent, soit un pourcentage stable depuis 3 trimestres.

Les disparités régionales nous permettent de situer les régions en comparant les soldes d'opinion avec la moyenne nationale, d'une part, et avec le même trimestre de l'année 2003, d'autre part.

Le comportement des régions après un trimestre a subi des changements. Dans le tableau ci-contre, les régions ayant gardé la même place que le trimestre précédent sont en gras.

Les quatre cas de figure font ressortir des disparités :

◆ dans le premier groupe (4 régions), l'opinion sur les prix passés est au-dessus de la moyenne nationale mais en dessous de celle d'il y a un an ; l'Île-de-France garde la même tendance depuis deux trimestres ;

◆ une seule région présente une opinion en recul par rapport à la moyenne, tandis que sur un an l'opinion sur les prix est à la hausse, la Haute-Normandie, qui de plus a gardé la même position ;

◆ les régions qui affichent des opinions sur les prix en baisse et par rapport à l'année précédente et par rapport à la moyenne sont plus nombreuses, tandis que 5 d'entre elles ont gardé la même tendance (sur les 8 régions) ;

◆ huit régions affichent toujours des prix au-dessus de la moyenne et en hausse par rapport à l'année précédente, trois d'entre elles ayant gardé la même tendance.

Opinion sur les prix supérieure à la moyenne et en baisse sur 1 an

4 régions :

- Nord - Pas-de-Calais
- Champagne-Ardenne
- IDF
- PACA

Opinion sur les prix inférieure à la moyenne et en baisse sur 1 an

8 régions :

- Alsace
- Aquitaine
- Bretagne
- Languedoc-Roussillon
- Lorraine
- Midi-Pyrénées
- Picardie
- Poitou-Charentes

Opinion sur les prix supérieure à la moyenne et en hausse sur 1 an

8 régions :

- Auvergne
- Basse-Normandie
- Bourgogne
- Centre
- Franche-Comté
- Limousin
- Pays de la Loire
- Rhône-Alpes

Opinion sur les prix inférieure à la moyenne et en hausse sur 1 an

1 région :

- Haute-Normandie

Opinion sur les prix passés de soumission aux marchés

En gras : région ayant gardé la même tendance d'un trimestre à l'autre

■ LES EFFECTIFS : OPINION TOUJOURS AU-DESSUS DE LA MOYENNE

Les contraintes de production liées à l'insuffisance de personnel se stabilisent pour toucher une entreprise sur quatre depuis un an.

Les perspectives d'évolution des effectifs restent stables mais supérieures à la moyenne de longue période malgré les difficultés d'embauche dues surtout au manque de main-d'œuvre qualifiée, autant dans l'embauche des permanents que dans celles des intérimaires.

Les efforts portent dorénavant sur la formation des jeunes aux métiers des TP, leur motivation pour pouvoir préparer la relève avant des départs massifs à la retraite.

■ CONCLUSION : PRUDENCE POUR 2005

Malgré l'opinion qui, en ce début d'année, se tasse légèrement, les carnets raffermissent et les anticipations sur les effectifs prévus à un niveau supérieur à la moyenne de longue période permettent de dresser un tableau moins pessimiste : l'activité se stabilise à un bon niveau.

Pourtant, les entrepreneurs demeurent inquiets pour l'année 2005.

La prudence est de mise à l'issue du 1er trimestre 2005 compte tenu des écarts entre les commentaires inquiets des chefs d'entreprise et leurs opinions qui restent bien orientées.

(Source FNTF)

Travaux 2004

Table des matières

Table of contents



International (Janvier)

◆ Le pont du Corgo au Portugal. Pont en encorbellement conçu suivant un APS français et construit selon un "Projecto de Execução" portugais - <i>Corgo Bridge in Portugal. Cantilever bridge designed in accordance with a French preliminary design ("APS") and built in accordance with a Portuguese construction plan ("Projecto de Execução")</i> D. Mary, Fr. Sternheim, A. Rito, M. Guérinet, G. Le Riboter	16
◆ Autoroute A4 en Pologne : Batorego/Mikolowska. 4,4 km d'autoroute urbaine en zone minière - <i>A4 motorway in Poland : Batorego/Mikolowska. 4,4 km of urban motorway in a mining region</i> J.-P. Dupuy	22
◆ Bowstring sur la rivière Usk à Newport - Pays de Galles - <i>Bowstring over the Usk River at Newport - Wales</i> P. Villard, O. Colle, G. Garcia	26
◆ Injection de compensation à Moscou. Une technologie en temps réel - <i>Compensation grouting in Moscow. Real-time technology</i> N. Patrier, M. Beth, J.-P. Joubay, M. Rollet	32
◆ Afrique du Sud. Un écran étanche en paroi plastique est la clé de la construction du port de Ngqura - <i>South Africa. A watertight plastic-walled screen is the key to construction of the port of Ngqura</i> R. Marsden	36
◆ Réfection des allées latérales du Paseo de la Reforma à Mexico - <i>Renovation of the side lanes of Paseo de la Reforma in Mexico City</i> A. Foulard, J.-P. Marchand, A. Menendez	39
◆ Australie : construction d'un terminal sucrier - <i>Australia : construction of a sugar terminal</i> D. Julienne, G. Holding	42
◆ Asie Centrale : les corridors actuels des routes de la soie, de l'eau, du pétrole et du gaz - <i>Central Asia : Current silk, water, oil and gas road corridors</i> J.-A. Wingham	47

Travaux souterrains (Février)

◆ Le tunnel foré d'Anvers. Une liaison nord-sud à grande vitesse - <i>The Antwerp bored tunnel. A high-speed North-South link</i> J.-Ch. Vereerstraeten, H. Jacobs, M. Buckens	22
◆ Mitholz : tunnel de base du Lötschberg - Section nord - <i>Mitholz : Lötschberg Base Tunnel - Northern section</i> M. Huysman, H. Pialoux, Fr. Pogu, L. Spenle	30

◆ Le tunnel du Raimeux. Conception et exécution - Passage de la molasse - <i>Raimeux tunnel. Design and construction - Passing through the molasse</i> P. Kohler	34
◆ Des tunnels pour l'A380. 14 km de tunnels à construire en 4 ans sous Heathrow - <i>Tunnels for the A380. 14 km of tunnels to be constructed in four years under Heathrow</i> J.-L. Audureau, S. Thacker, I. Williams	41
◆ Le tunnel TGV du Groene-Hart. Un ouvrage exceptionnel qui ouvre de nouvelles perspectives - <i>The Groene-Hart high-speed train tunnel. An exceptional structure opening up new perspectives</i> P. Aristaghes, Ph. Autuori, V. Blanchet, J.-P. Hémerly, P. Longchamp	49
◆ Le tunnel sud de Saorge. L'incidence de la circulaire 2000-63 sur un tunnel prêt à être mis en service - <i>The southern Saorge tunnel. Consequences of circular 2000-63 for a tunnel ready to be commissioned</i> D. Charrin	54
◆ Le métro de Toulouse - Lot 2. Le tunnelier Carlos Gardel donne la cadence - <i>The Toulouse metro - Work section 2. The Carlos Gardel TBM sets the pace</i> A. Martinotto, A. Poloni, St. Campedelli, M. Roudanes	61
◆ Galerie technique pour la ZAC de l'Aéroconstellation de l'agglomération toulousaine - <i>Main services duct for the Aéroconstellation "ZAC" (mixed development zone) in the Toulouse urban area</i> J.-Ph. Aumoine, R. Angosto, E. Clayton, Th. Louge, B. Chavanne, J.-P. Brisard, R. Arab	67
◆ Evolution des techniques de monitoring temps réel sur les chantiers de percement de tunnels urbains - <i>Development of real-time monitoring techniques on urban tunnel driving projects</i> E. Gastine	70
◆ Le béton dans les travaux souterrains - <i>Concrete in underground works</i> P. Guiraud, J. Abdo	74
◆ AUTORIPAGE®, AUTOFONÇAGE®. Bientôt le 100 ^e pont - <i>AUTORIPAGE®, AUTOFONÇAGE®. Soon the 100th bridge!</i> J.-M. Beauthier	82

Tunnel de Toulon (1^{re} Partie) (Mars)

◆ Description générale du projet et insertion dans son environnement - <i>General description of the project and integration into its environment</i> A. Chabert, J.-P. Durand	20
◆ Contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique du site - <i>Geological, hydrogeological and geotechnical context</i> M. Rat, J.-Fr. Serratrice	26
◆ Les accès : trémies et tranchées couvertes - <i>Tunnel access : approaches and cut-and-covers</i> J.-P. Durand	31
◆ Description du tunnel foré - <i>Description of the bored tunnel</i> A. Chabert, J.-P. Durand	35
◆ L'étanchéité - <i>Waterproofing</i> J.-L. Mahuet	37
◆ Procédé initial de construction - <i>Initial construction process</i> B. Bizon, J.-P. Durand	39
◆ Le fontis du 15 mars 1996 - <i>The subsidence cavity of 15 March 1996</i> A.-A. Robert, A. Guilloux	44
◆ Adaptation des méthodes de creusement et de soutènement - <i>Adaptation of tunnel driving and supporting methods</i> P. Rolandetti, P. Dubois, M. Mermet	48

◆ La gestion des moyens humains
- *Human resource management*
G. Vertut, P. Rolandetti, A. Chabert 54

◆ L'organisation et le déroulement du chantier
- *Project organisation and execution*
P. Rolandetti 58

◆ Suivi du creusement en convergencemétrie et nivellement
- *Monitoring of tunnel driving by convergence measuring and levelling*
Fr. Lopez, Ph. Quemart 63

◆ Reconnaissances à l'avancement par sondages destructifs avec enregistrement de paramètres
- *Reconnaissance during tunnel advance by destructive boreholes with recording of parameters*
Fr. Lopez, Ph. Quemart 67

◆ Boulonnage de front - Etude expérimentale
- *Tunnel face rockbolting - Experimental study*
G. Mazzolèni, P. Dubois, B. Hodac 70

◆ La piézométrie
- *Piezometry*
J.-Fr. Serratrice 74

◆ Interprétation des déformations de surface
- *Interpretation of surface deformation*
J.-Fr. Serratrice, P. Dubois 76

◆ Le bâti
- *The building stock*
G. Teisseire, M. Beith, Fr. Marin 80

◆ Etudes et modélisation du creusement
- *Studies and modelling of tunnel driving*
P. Dubois 83

◆ Modélisation axisymétrique de jonction des deux fronts
- *Axisymmetric modelling of the junction between two faces*
L. Chantron 86

◆ Modélisation du confinement par une auréole de boulons divergents
- *Modelling of confinement by a ring of divergent bolts*
A. Guilloux 89

Sols et fondations (Avril)

◆ Projet Isséane à Issy-les-Moulineaux - Chantier des fondations profondes.
Des fondations complexes, réalisées avec des moyens exceptionnels
- *Isséane Project - Deep foundation works. Complex foundations, constructed with exceptional resources in Issy-les-Moulineaux*
Ch. Dal, N. Von der Hude, M. Perrin 22

◆ Les travaux de fondation à Monaco : ce n'est pas une sinécure !
- *Foundation works in Monaco : it's no easy task!*
L. Abada 28

◆ Une reprise en sous-œuvre de forte inertie à Bayonne
- *Underpinning with strong inertia in Bayonne*
G. Petit, P. Berthelot, P. Etcheber, Ch. Besson 34

◆ Comblement des vides de dissolution de gypse sous l'université Paris XIII à Bobigny
- *Filling of gypsum dissolution voids under Paris XIII University in Bobigny*
M. Yon, H. Grünwald, G. Dufour 40

◆ De nouvelles applications en forage horizontal dirigé. Installation de 1 250 m de canalisation PeHD de 630 mm de diamètre dans un massif rocheux
- *New applications for directional horizontal drilling. Installation of 1 250 linear metres of HD polyethylene piping 630 mm in diameter in a rock mass*
L. Casgrande, Fr. Gandard 45

◆ Marseille : parking des Archives municipales Belle de Mai
- *Marseilles : "Belle de Mai" municipal archives car park*
O. Deméo 52

◆ La Méthode observationnelle : réexaminer le dimensionnement d'un ouvrage géotechnique pendant les travaux
- *The observational method : reconsidering the structural design of a geotechnical structure during the works*
D. Allagnat 57

◆ Confortements rocheux à l'Aiguille du Midi. Travaux acrobatiques à 3 842 m d'altitude
- *Consolidation of rocks on l'Aiguille du Midi. Acrobatic work at an altitude of 3,842 metres*
M. Richard, D. Vallée, Fr. Vicard 65

Tunnel de Toulon (2^e Partie) Viaduc de Millau (Mai)

TUNNEL DE TOULON

◆ Conception générale du système de ventilation
Br. Brousse 24

◆ L'unité de ventilation Castigneanu (UV1)
R.-M. Baroni 29

◆ Construction de l'unité de ventilation Cdt Marchand (UV2)
G. Teisseire, C. Chabert, A. Blanc, A. Delmare 32

◆ Le matériel de ventilation
S. Legrand 36

◆ L'alimentation électrique
M. Janin, F. Rivière 39

◆ Intégration des conséquences de l'incendie du tunnel du Mont-Blanc
A. Chabert 42

◆ Revêtement de protection incendie
G. Hamaide, M. Dolizy, R. Gonnat 45

◆ Etude spécifique de dangers (ESD)
J. Lecointre 48

◆ Organisation des secours. Genèse et élaboration de la stratégie d'intervention
Y. Pizzocaro 50

◆ La mission de police en tunnel. Une spécificité pour une CRS autoroutière
J.-L. César 53

◆ La gestion technique centralisée (GTC) du tunnel
S. Mongeot, M. Janin 56

◆ La supervision du trafic
Ph. Barlier, E. Pérard 59

◆ Les retransmissions radios
A. Conangle, R. Peix 64

◆ Eclairage et perception de l'espace
J.-P. Durand, M. Janin 66

◆ La peinture des piédroits
J.-L. Mahuet 69

◆ Le véhicule de secours tunnel (VST)
M. Persoglio, H. Tocan 71

◆ Eléments de coût de l'opération
A. Chabert, J.-P. Durand 73

◆ Mise en service et premiers résultats de l'exploitation
J.-P. Gentil 76

◆ Les enseignements d'un grand chantier
M. Levy 78

◆ Une fabuleuse aventure humaine
M. Georges 80

VIADUC DE MILLAU

◆ Des procédures novatrices pour un ouvrage exceptionnel. Choix initiaux et projet
J.-Fr. Coste 82

◆ La concession, une nouvelle approche du partenariat concédant-concessionnaire dans le domaine autoroutier
P. Vieu, P. Lechanteur 89

◆ Le point de vue du concessionnaire
M. Legrand 96

Pont de Rion-Antirion (Juin)

◆ Avant-propos
- *Foreword*
J.-P. Teyssandier, G. de Maublanc 16

◆ Genèse du projet
- *Origins of the project*
J.-P. Teyssandier 18

◆ Conception et études d'exécution
- *Design and construction drawings*
J.-M. Tourtois 23

◆ La construction des embases des piles
- *Construction of the pier bases*
J.-L. Deslandes, S. Cornu, D. Pachoud, Ph. Tavernier 30

◆ Les fondations. Problèmes géotechniques - <i>The foundations. Geotechnical aspects</i>	
A. Pecker	34
◆ Etudes aérodynamiques - <i>Aerodynamic research</i>	
P. Gernigon, G. Grillaud	39
◆ Les travaux maritimes - <i>Maritime works</i>	
P. Morand	44
◆ Les pylônes du pont principal. Travailler en sécurité à 165 m au-dessus de la mer - <i>The towers of the main bridge. Working safely 165 metres above sea level</i>	
Cl. Jacquot-Preaux, Fr. Sciblo, H. Naceur	53
◆ Le tablier du pont principal. Des méthodes inédites ont permis l'assemblage, en un temps record, du plus grand tablier multahaubané au monde - <i>The deck of the main bridge. Novel methods were used to assemble, in record time, the biggest multiple-cable-stayed deck in the world</i>	
F. Lemaire, R. Avenier, Ph. Bouve, R. Boudon	62
◆ Les haubans et la stabilisation provisoire des fléaux. Une histoire parasismique - <i>The stay cables and temporary stabilisation of the cantilever deck sections. A story of earthquake resistance</i>	
L. Boutillon, D. Gibert, Ph. Guggemos, B. Lecinq	71
◆ Etude de la vibration des haubans - <i>Stay cable vibration study</i>	
J.-M. Tourtois	78
◆ Le parti architectural - <i>The architectural scheme</i>	
B. Mikaelian	83
◆ La mise en lumière du pont. Une mise en scène nocturne, mystérieuse et onirique - <i>Highlighting of the bridge. A mysterious, dreamy stage setting by night</i>	
R. Narboni	86

Terrassements (Juillet-Août)

◆ A29 Ouest. Neufchâtel-en-Bray - Amiens - <i>A29 West motorway. Neufchâtel-en-Bray - Amiens</i>	
J. Guichard, P. Chardard	20
◆ A51. Coynelle - Col du Fau. Des terrassements de montagne... - <i>A51. Coynelle - Col du Fau. Mountain earthworks...</i>	
J. Martin, D. Bouvier, D. Allagnat	24
◆ A75. Mise au gabarit autoroutier de la section Lodève Sud - Pégairolles. - <i>A75. Enlargement of the Lodève South - Pégairolles section to motorway gauge.</i>	
D. Poncet	33
◆ A89. Présentation générale de la section St-Julien/Sancy - Combronde - <i>A89. General description of the St-Julien/Sancy - Combronde section</i>	
O. Guérin, J.-M. Vermel, Th. Gomes	38
◆ A89. La section Terrasson - Brive Nord - <i>A89. The Terrasson - Brive North section</i>	
J.-P. Lejeune	51
◆ A89. Mussidan - Périgueux. Travaux et terrassements spéciaux - <i>A89 motorway. Mussidan - Périgueux. Special works and earthworks</i>	
G. Riondy, B. Mitte, M. Petit, Ch. Thomasson	59
◆ RD1 en Mayenne. Protection contre les éboulements rocheux - <i>Highway RD1 in Mayenne. Protection against rock falls</i>	
L. Boisnard	68
◆ Développement des barrages en béton compacté au rouleau - <i>Development of roller-compacted concrete dams</i>	
A. Carrère, M. Béraud	73
◆ Etude des mécanismes des perturbations de la stabilisation des sols traités dans les couches de forme - <i>Research on the mechanisms of disturbance of the stabilisation of treated soils in capping layers</i>	
N. Cabane, P. Gaudon, D. Nectoux	79

LGV Est européenne (Septembre)

◆ Avant-propos. Réseau ferré de France, maître d'ouvrage des investissements ferroviaires - <i>Foreword. Réseau ferré de France, contracting authority for capital expenditure on railways</i>	
J.-A. Schneck	22

◆ La LGV Est européenne : du mythe à la réalité - <i>The East European High-Speed Train Line : from dream to reality</i>	
P. Trannoy, A. Cuccaroni	24
◆ L'environnement intégré, un gage de réussite du projet - <i>Environmental planning, a guarantee of success for the project</i>	
S. Rabaseda	36
◆ Le lot 13 : de la vallée de l'Ourcq à Château-Thierry - <i>Work section 13 : from the Ourcq Valley to Château-Thierry</i>	
M. Le Goazigo, Ph. Bouquet, D. Hun, R. Dunand	46
◆ Le viaduc de l'Ourcq : une nouvelle contractualisation pour le lot 19 - <i>The Ourcq viaduct : a new form of contract for work section 19</i>	
M. Le Goazigo, Ph. Bouquet, D. Hun, Fr. Turbelin	56
◆ Le passage sous A4 à Janvry dans la Marne - <i>The A4 underpass at Janvry in the Marne region</i>	
D. Jouveaux, P. Mathern, B. Cantenot, Ph. Henriot	61
◆ LGV Est européenne - Tronçon C. Les ouvrages de génie civil du lot 23B - <i>East European High-Speed Train Line - Section C. The civil engineering structures for work section 23B</i>	
D. Friot, S. Gilson, E. Waffelaert	67
◆ Le lot 24 : de la Champagne humide au plateau calcaire du Barrois - <i>Work section 24 : from the wet Champagne Region to the Barrois calcareous plateau</i>	
D. Chazelle, A. Delhomel, N. Lafuente, R. Laville	75
◆ Le viaduc de Jaulny, au cœur du Parc naturel régional de Lorraine - <i>The Jaulny viaduct, in the heart of the Lorraine regional natural park</i>	
P. Charlon, Fr. Cuffel	84
◆ De la vallée de la Meuse à la vallée de la Moselle - <i>From the Meuse Valley to the Moselle Valley</i>	
G. Latroy	91
◆ Lot 34B : raccordement de la LGV Est à la ligne ferroviaire vers Strasbourg - <i>Work section 34B : linking of the eastern High-Speed Train Line to the railway line toward Strasbourg</i>	
J.-Cl. Mathieu, L. Hoffmann, L. Flouest, V. Poje	100
◆ De la gare de l'Est à Vaires-sur-Marne : adapter les installations terminales au TGV Est européen - <i>From "Gare de l'Est" station in Paris to Vaires-sur-Marne : adapting terminal facilities for the East European High-Speed Train</i>	
St. Coïc	107
◆ Focus sur le lot 10 à l'origine de la LGV, dans le triangle des batraciens - <i>Focus on work section 10 at the source of the High-Speed Train Line, in the batrachian triangle</i>	
Th. Meysembourg, J.-L. Del Tin	114

Routes - Travaux urbains (Octobre)

ROUTES	
◆ A75 - La Méridienne. Réalisation de la liaison "La Cavalerie" - Viaduc de Millau - <i>A75 motorway, "La Méridienne". Construction of the link between "La Cavalerie" and Millau viaduct</i>	
Ch. Alvarez, Y. Meunier	22
◆ Les ouvrages de la rocade L2 à Marseille - <i>Civil engineering structures on the L2 bypass in Marseilles</i>	
M. Dusserre, Ph. Lambert	26
◆ Autoroute D5 - Section Est de la déviation de Plzen. Un chantier majeur en cours de réalisation en République Tchèque - <i>D5 motorway - Eastern section of the Plzen diversion. A major project undergoing construction in the Czech Republic</i>	
Z. Procházka, J.-M. Seyvet	33
◆ 42 km d'autoroute en Roumanie - <i>42 km of motorway in Romania</i>	
Br. Laffaire	39

TRAVAUX URBAINS

◆ Grenoble : les travaux d'infrastructures de la 3 ^e ligne de tramway - <i>Grenoble : infrastructure work for the third tramway line</i>	
J.-P. Ravassard, L. Moussu, R. Callies	44
◆ Le parc de stationnement Saint-Georges à Lyon - <i>Saint-Georges car park in Lyons</i>	
C. Jan, B. Walbron	49

- ◆ Le parking Kennedy à Rennes. Paroi microberlinoise pour un parking souterrain
- Kennedy car park in Rennes. Micropile Berlin wall for an underground car park
Fr. Aury, B. Haentjens 56
- ◆ Un remblai auto-compactant : une solution adaptée pour limiter les nuisances sur les chantiers en site urbain
- Self-compacting backfill : an appropriate solution for limiting nuisances on projects on urban sites
Ph. Parisse, J.-M. Joussin 62
- ◆ Fort-de-France. Etude de vulnérabilité au séisme des installations d'eau potable
- Fort-de-France. Study of the earthquake vulnerability of potable water facilities
Ph. Schalkwijk, B. Couturier, T. Dumoulin, P. Plotto, V. Davidovici 66
- ◆ Le laboratoire national du Sénégal renforce son système qualité
- The Senegal national laboratory reinforces its Quality System
M. Amar Faye, M. Sankharé, P. Meuli 74

Réhabilitation d'ouvrages (Novembre)

- ◆ Le remplacement de la suspension du pont d'Aquitaine
- Replacing the Aquitaine bridge suspension system
Cl. Bois, Ph. Léger 18
- J. Ryckaert, J.-E. Croiset, Fr. Rouvillain, O. Sorensen** 25
- J.-M. Aubarterre, X. Dairaine** 33
- ◆ La réparation du pont de Cagnet après l'effondrement d'un tympan de l'ouvrage
- Repair of Cagnet Bridge after the collapse of a structure spandrel
J.-L. Genevois, J.-P. Zurdo, M. Monier 36
- ◆ Elargir sous trafic autoroutier des viaducs à poutres précontraintes : plus de 10 ans d'expériences
- Widening prestressed-beam viaducts under motorway traffic : more than ten years' experience
J. Morand, H. Rossignol, P. Trouillet 43
- ◆ Conservation du patrimoine. Réhabilitation du quai de Rio Tinto (Espagne) et du pont de Floirac
- Preservation of the cultural heritage. Renovation of Rio Tinto Quay (Spain) and Floirac Bridge
T. Palomares, P. Ladret, C. Lopez, Ch. Schmitt, E. de Pablo 52
- ◆ Deux restaurations d'ouvrages de montagne par l'utilisation de BSI®-Ceracem
- Two projects for restoration of civil engineering structures in mountainous areas through the use of BSI®-Ceracem
B. Monod, A. de Meyrignac, Fr. Aluni-Pierelli, A. Champenois, R.-G. Salé 58
- ◆ L'église Saint-Joseph du Havre. Un exemple de restauration à l'identique
- Saint-Joseph du Havre church. An example of restoration to the original condition
A. Legros 61
- ◆ Rénovation du musée Toulouse-Lautrec d'Albi
- Renovation of Toulouse-Lautrec Museum in Albi
S. Monleau, Fr. Weyland, D. Mazzieri 64
- ◆ Restructuration d'un immeuble parisien
- Restructuring of a Paris building
P. Genes, Fr. Alexandre, M. Novarin, A. Simon 68
- ◆ Travaux dans la galerie des Glaces. Versailles : 1678 - 1684/2004 - 2007
- Work in the Hall of Mirrors. Versailles : 1678 - 1684/2004 - 2007
P. Palem 71

Ponts (Décembre)

- ◆ Un pont levant pour le sixième franchissement de la Seine à Rouen
- A lift bridge for the sixth crossing over the Seine in Rouen
M. Virlogeux, A. Zublena, B. Gausset, M. Moussard, J.-P. Ghilardi, R. Desbats 22
- ◆ RN 104 - La Francilienne. Elargissement à 2 x 3 voies entre A6 et A5 et construction d'un nouvel ouvrage de franchissement sur la Seine
- National highway 104 - "La Francilienne". Enlargement to a three-lane dual-carriageway road between the A6 and A5 and construction of a new bridge over the Seine
Ph. Renier, N. Barasz 38
- ◆ À Roissy, le dernier maillon des viaducs de franchissement des aérogares 2. Sous le chantier, la vie continue...
- In Roissy, the last link on the viaducts passing through the No. 2 air terminals. Under the construction site, life goes on...
R. Vandernotte, J.-Ch. Dupoux, P. Bandera, D. Nortier 45

- ◆ Le pont de Pierre se protège. Protection des piles du pont de Pierre à Bordeaux pour le passage des éléments de l'Airbus A380
- The Stone Bridge is protected. Protecting the piers of the stone bridge in Bordeaux for crossing by Airbus A380 components
J. Garrissou, M. Morvan, E. Naudé 50
- ◆ Déviation nord-est de Clisson. Le viaduc sur la Moine
- Diversion northeast of Clisson. The viaduct over the Moine
J.-Cl. Bouley 56
- ◆ Le tablier du viaduc de la Sèvre Nantaise à Clisson
- The deck of the Sèvre Nantaise viaduct at Clisson
R. Dubois, F. Belblidia, N. Moronval 64
- ◆ Un concept de ponts métalliques industriels, modulables et évolutifs. Les ouvrages brevetés Matière type Unibrigde
- A variable-configuration, modular, industrial steel bridge concept. Unibrigde type Matière patented structures
Ph. Matière 71
- ◆ Ponts anciens en pierre de la région Shaoxing de la province de Zhejiang en Chine
- Existing antique stone bridges in Shaoxing Region, Zhejiang Province, China
L. Guangzhou, T. Jianghong, D. Dajun 76



Table par nom d'auteurs / Authors

L. Abada Avril 28	X. Dairaine Novembre 33	D. Jouveaux Septembre 61	M. Perrin Avril 22
J. Abdo Février 74	D. Dajun Décembre 76	D. Julienne Janvier 42	M. Persoglio Mai 71
Fr. Alexandre Novembre 68	Ch. Dal Avril 22	P. Kohler Février 34	G. Petit Avril 34
D. Allagnat Avril 57	V. Davidovici Octobre 66	P. Ladret Novembre 52	M. Petit Juil-Août 59
..... Juil-Août 24	A. de Meyrignac Novembre 58	Br. Laffaire Octobre 39	H. Pialoux Février 30
Fr. Aluni-Pierelli Novembre 58	E. de Pablo Novembre 52	N. Lafuente Septembre 75	Y. Pizzocaro Mai 50
Ch. Alvarez Octobre 22	G. de Maublanc Juin 16	Ph. Lambert Octobre 26	P. Plotto Octobre 66
M. Amar Faye Octobre 74	J.-L. Del Tin Septembre 114	G. Latroy Septembre 91	Fr. Pogu Février 30
R. Angosto Février 67	A. Delhomel Septembre 75	R. Laville Septembre 75	V. Poje Septembre 100
R. Arab Février 67	A. Delmare Mai 32	G. Le Riboter Janvier 16	A. Poloni Février 61
P. Aristaghes Février 49	O. Deméo Avril 52	M. Le Goazigo Septembre 46, 56	D. Poncet Juil-Août 33
J.-M. Aubaterre Novembre 33	R. Desbats Décembre 22	P. Lechanteur Mai 89	Z. Procházka Octobre 33
J.-L. Audureau Février 41	J.-L. Deslandes Juin 30	B. Lecinq Juin 71	Ph. Quemart Mars 63, 67
J.-Ph. Aumoine Février 67	M. Dolizy Mai 45	J. Lecoindre Mai 48	S. Rabaseda Septembre 36
Fr. Aury Octobre 56	P. Dubois Mars 48, 70, 76, 83	Ph. Léger Novembre 18	M. Rat Mars 26
Ph. Autuori Février 49	R. Dubois Décembre 64	M. Legrand Mai 96	J.-P. Ravassard Octobre 44
R. Avenier Juin 62	G. Dufour Avril 40	S. Legrand Mai 36	Ph. Renier Décembre 38
P. Bandera Décembre 45	T. Dumoulin Octobre 66	A. Legros Novembre 61	M. Richard Avril 65
N. Barasz Décembre 38	R. Dunand Septembre 46	J.-P. Lejeune Juil-Août 51	G. Riody Juil-Août 59
Ph. Barlier Mai 59	J.-Ch. Dupoux Décembre 45	F. Lemaire Juin 62	A. Rito Janvier 16
R.-M. Baroni Mai 29	J.-P. Dupuy Janvier 22	M. Levy Mai 78	F. Rivière Mai 39
J.-M. Beauthier Février 82	J.-P. Durand Mars 20, 31, 35, 39	P. Longchamp Février 49	A.-A. Robert Mars 44
M. Beith Mars 80 Mai 66, 73	C. Lopez Novembre 52	P. Rolandetti Mars 48, 54, 58
F. Belblidia Décembre 64	M. Dusserre Octobre 26	Fr. Lopez Mars 63, 67	M. Rollet Janvier 32
M. Béraud Juil-Août 73	P. Etcheber Avril 34	Th. Louge Février 67	H. Rossignol Novembre 43
P. Berthelot Avril 34	L. Flouest Septembre 100	J.-L. Mahuet Mars 37	M. Rouanes Février 61
Ch. Besson Avril 34	A. Foulard Janvier 39	J.-L. Mahuet Mai 69	Fr. Rouvillain Novembre 25
M. Beth Janvier 32	D. Friot Septembre 67	J.-P. Marchand Janvier 39	J. Ryckaert Novembre 25
B. Bizon Mars 39	Fr. Gandard Avril 45	Fr. Marin Mars 80	R.-G. Salé Novembre 58
A. Blanc Mai 32	G. Garcia Janvier 26	R. Marsden Janvier 36	M. Sankharé Octobre 74
V. Blanchet Février 49	J. Garrissou Décembre 50	J. Martin Juil-Août 24	Ph. Schalkwijk Octobre 66
Cl. Bois Novembre 18	E. Gastine Février 70	A. Martinotto Février 61	Ch. Schmitt Novembre 52
L. Boissard Juil-Août 68	P. Gaudon Juil-Août 79	D. Mary Janvier 16	J.-A. Schneck Septembre 22
R. Boudon Juin 62	B. Gausset Décembre 22	P. Mathern Septembre 61	Fr. Sciblo Juin 53
J.-Cl. Bouley Décembre 56	P. Genes Novembre 68	J.-Cl. Mathieu Septembre 100	J.-Fr. Serratrice Mars 26, 74, 76
Ph. Bouquet Septembre 46, 56	J.-L. Genevois Novembre 36	Ph. Matière Décembre 71	J.-M. Seyvet Octobre 33
L. Boutillon Juin 71	J.-P. Gentil Mai 76	D. Mazzieri Novembre 64	A. Simon Novembre 68
Ph. Bouve Juin 62	M. Georges Mai 80	G. Mazzolénì Mars 70	O. Sorensen Novembre 25
D. Bouvier Juil-Août 24	P. Gernigon Juin 39	A. Menendez Janvier 39	L. Spenle Février 30
J.-P. Brisard Février 67	J.-P. Ghilardi Décembre 22	M. Mermet Mars 48	Fr. Sternheim Janvier 16
Br. Brousse Mai 24	D. Gibert Juin 71	P. Meuli Octobre 74	Ph. Tavernier Juin 30
M. Buckens Février 22	S. Gilson Septembre 67	Y. Meunier Octobre 22	G. Teisseire Mars 80
N. Cabane Juil-Août 79	Th. Gomes Juil-Août 38	Th. Meysembourg Septembre 114 Mai 32
R. Callies Octobre 44	R. Gonnet Mai 45	B. Mikaelian Juin 83	J.-P. Teyssandier Juin 16, 18
St. Campedelli Février 61	G. Grillaud Juin 39	B. Mitte Juil-Août 59	S. Thacker Février 41
B. Cantenot Septembre 61	H. Grünwald Avril 40	S. Mongeot Mai 56	Ch. Thomasson Juil-Août 59
A. Carrère Juil-Août 73	L. Guangzhou Décembre 76	M. Monier Novembre 36	H. Tocan Mai 71
L. Casgrande Avril 45	O. Guérin Juil-Août 38	S. Monleau Novembre 64	J.-M. Tourtois Juin 23, 78
J.-L. César Mai 53	M. Guérinet Janvier 16	B. Monod Novembre 58	P. Trannoy Septembre 24
A. Chabert Mars 20, 35, 54	Ph. Guggemos Juin 71	J. Morand Novembre 43	P. Trouillet Novembre 43
..... Mai 42, 73	J. Guichard Juil-Août 20	P. Morand Juin 44	Fr. Turbelin Septembre 56
A. Champenois Novembre 58	A. Guilloux Mars 44, 89	N. Moronval Décembre 64	D. Vallée Avril 65
L. Chantron Mars 86	P. Guiraud Février 74	M. Morvan Décembre 50	R. Vandernotte Décembre 45
P. Chardard Juil-Août 20	B. Haentjens Octobre 56	M. Moussard Décembre 22	J.-C. Vereerstraeten Février 22
P. Charlon Septembre 84	G. Hamaide Mai 45	L. Moussu Octobre 44	J.-M. Vermel Juil-Août 38
D. Charrin Février 54	J.-P. Hémerly Février 49	H. Naceur Juin 53	G. Vertut Mars 54
C. Chaubert Mai 32	Ph. Henriet Septembre 61	R. Narboni Juin 86	Fr. Vicard Avril 65
B. Chavanne Février 67	B. Hodac Mars 70	E. Naudé Décembre 50	P. Vieu Mai 89
D. Chazelle Septembre 75	L. Hoffmann Septembre 100	D. Nectoux Juil-Août 79	P. Villard Janvier 2
E. Clayton Février 67	G. Holding Janvier 42	D. Nortier Décembre 45	M. Virlogeux Décembre 22
St. Coic Septembre 107	D. Hun Septembre 46, 56	M. Novarin Novembre 68	N. Von der Hude Avril 22
O. Colle Janvier 26	M. Huysman Février 30	D. Pachoud Juin 30	E. Waffelaert Septembre 67
A. Conangle Mai 64	H. Jacobs Février 22	P. Palem Novembre 71	B. Walbron Octobre 49
S. Cornu Juin 30	Cl. Jacquot-Preaux Juin 53	T. Palomares Novembre 52	Fr. Weyland Novembre 64
J.-Fr. Coste Mai 82	C. Jan Octobre 49	Ph. Parisse Octobre 62	I. Williams Février 41
B. Couturier Octobre 66	M. Janin Mai 39, 56, 66	N. Patrie Janvier 32	J.-A. Winghart Janvier 47
J.-E. Croiset Novembre 25	T. Jianghong Décembre 76	A. Pecker Juin 34	M. Yon Avril 40
A. Cuccaroni Septembre 24	J.-P. Joubay Janvier 32	R. Peix Mai 64	A. Zublena Décembre 22
Fr. Cuffel Septembre 84	J.-M. Joussin Octobre 62	E. Pérard Mai 59	J.-P. Zurdo Novembre 36