

Travaux

n° 784

ROUTES

- Elargissement de l'autoroute A10 au nord de Bordeaux
- Etanchéité de la plate-forme de l'autoroute A20 section Cahors Nord/Souillac
- A66 - Nouvelle liaison Toulouse/Pamiers
- A85 Tours/Vierzon - Section Villefranche-sur-Cher/Vierzon
- Le bouclage de l'autoroute A86 à l'ouest
- A87 Angers/La Roche-sur-Yon. Le tronçon Angers/Mortagne-sur-Sèvre
- A89 Tulle-Est/Egletons : Les travaux de chaussée

PISTES

- Aéroport de Strasbourg Entzheim : quarante jours pour une nouvelle piste

INTERNATIONAL

- Réalisation des couches de surface du tunnel El Azhar au caire

- Les grands défis marocains

DIVERS

- Un revêtement clair pour le tunnel de Dullin : le Lumichape

Routes

Travaux

numéro 784

mars 2002

Routes



Notre couverture

A87. Echangeur de Mürs-Erigné

© ASF/André Barathieu

éditorial

Daniel Tardy

1

actualités

6

matériels

13

PRÉFACE

Yves Ghiron

17

AUTOROUTES

◆ Elargissement de l'autoroute A10 au nord de Bordeaux
- Widening of the A10 motorway north of Bordeaux

M. Vial, C. Gergy

20

◆ Etanchéité de la plate-forme de l'autoroute A20
section Cahors Nord - Souillac

- Waterproofing the roadway of the North Cahors -
Souillac section of the A20 motorway

P. Lefebvre, P.-M. Spillemaecker, B. Steiner

31

◆ A66 - Nouvelle liaison Toulouse - Pamiers
- A66 - New Toulouse - Pamiers link

Y. Meunier

36

◆ A85 Tours - Vierzon. Section Villefranche-sur-Cher/
Vierzon

- A85 motorway Tours - Vierzon.
Villefranche-sur-Cher/Vierzon section

A. Revault, G. Alexis

41

◆ Le bouclage de l'autoroute A86 à l'ouest

- Completion of the A86 motorway west of Paris

A. Arlet, J.-L. Toris, M. Kowalski, M. Pigné, P. Van Honacker

46

◆ L'autoroute A87 Angers/La Roche-sur-Yon.

Le tronçon Angers/Mortagne-sur-Sèvre

- The A87 motorway Angers/La Roche-sur-Yon.

The Angers/Mortagne-sur-Sèvre section

J.-P. Boulet, A. Gagey

59

◆ A89 Tulle Est - Egletons : les travaux de chaussée
- A89 East Tulle - Egletons : pavement work

Ch. Alvarez

69

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

RÉDACTION

Roland Girardot et Henry Thonier

3, rue de Berri - 75008 Paris

Tél. : (33) 01 44 13 31 44

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

Olivier Schaffer

9, rue Magellan - 75008 Paris

Tél. : (33) 01 40 73 80 05

revuetravaux@wanadoo.fr

France : 155 € TTC

Etranger : 190 €

Prix du numéro : 19 € (+ frais de port)

MAQUETTE

T2B & H

8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris

Tél. : (33) 01 44 64 84 20

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle

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



Sommaire

mars 2002

Routes

Dans les prochains numéros

Sols

et fondations

Travaux urbains

Terrassements

Environnement

Eau

Réhabilitation

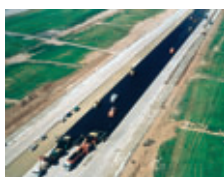
d'ouvrages

International

Ponts

Travaux

souterrains



PISTES

◆ Aéroport de Strasbourg Entzheim : le défi relevé.
Quarante jours pour une nouvelle piste...
- *Strasbourg's Entzheim Airport : taking up the challenge.*
Forty days for a new runway...

M. Ballié, D. Desmoulins, A. Desvaux

72



INTERNATIONAL

◆ Réalisation des couches de surface du tunnel
El Azhar au Caire
- *Construction of the surface courses of El Azhar
tunnel in Cairo*

V. Bacconin, J. Holzer, J.-P. Marchand

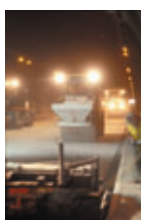
79



◆ Les grands défis marocains
- *Major challenges for Morocco*

E. Le Bouteiller

84



DIVERS

◆ Un revêtement clair pour le tunnel de Dullin :
le Lumichape
- *Clear surfacing for the Dullin tunnel : the "Lumichape"*

Ph. Bardet, M. Bezacier

88

**répertoire
des fournisseurs**

91

Si chaque mois, la *Revue générale des routes* (RGRA) présente les avancées techniques qui font évoluer en permanence la construction et l'exploitation routières, il reste indispensable que *Travaux* consacre aussi chaque année un numéro à la branche phare des travaux publics qui représente à elle seule plus de 35 % de l'activité de la profession.

Aujourd'hui, la route s'installe dans ce numéro, pour souligner l'importance de ses recherches, de ses innovations qui font de notre profession la première du monde.

Les structures de chaussées, de leur conception à leur réalisation par les entreprises comme par l'Administration, l'exécution des chantiers, tout concourt à rendre notre savoir-faire l'un des plus performants. Nos entreprises sont implantées dans le monde entier et nos publications largement diffusées en dehors de nos frontières en sont également le témoignage.

Tout ce potentiel acquis repose sur l'expérience. Pendant des décennies, directions départementales, réseau technique de l'Équipement et entreprises ont étroitement collaboré pour faire progresser et adapter nos techniques aux besoins existants. Tant dans les laboratoires, les bureaux d'études que sur les chantiers, tout a convergé pour favoriser les progrès nécessaires à la pérennité de nos ouvrages. Avec des réseaux autoroutier, national et secondaire incomparables, nous avons mené des expérimentations en vraie grandeur, mis à l'épreuve toutes nos recherches pour construire mieux et bien.

Cette émulation entre entreprises, prises au jeu de la performance et en réponse aux exigences de l'Administration, a permis de développer de nombreuses innovations, source de progrès et à l'origine de notre réputation.

Mais les entreprises ne s'en sont pas seulement tenues à une conception capable de supporter l'augmentation régulière du trafic. Elles ont aussi, ces dernières années, apporté une forte contribution à la préservation de l'environnement, à la prise en compte de la sécurité. Elles ont conçu des gammes de revêtements performants, résistants, drainants, antibruit..., recherché une intégration de la voirie dans la variété de ses usages en milieu urbain. Elles ont aussi "habillé" la route de murs antibruit, de marquages visibles la nuit par temps de pluie, de panneaux

de signalisation interactifs, etc. Elles ont amené l'utilisateur à une conduite plus responsable en les informant en temps réel des incidents de parcours, des intempéries...

En un mot, non seulement la route dans sa conception, son tracé, ses caractéristiques physiques, s'est considérablement améliorée mais tout ce qui entoure son emprise a suivi la même évolution. Les sections autoroutières dernièrement inaugurées en sont le témoignage et vous trouverez dans les articles qui suivent des exemples de cette qualité.

Toutes ces avancées placent les entreprises françaises

dans les meilleures positions sur le plan mondial et constituent des atouts exceptionnels pour l'exportation de notre savoir-faire, et bien au-delà.

Ne retrouve-t-on pas l'une d'entre elles implantée dans plus de quarante pays sur les cinq continents? Nos concessionnaires publics et privés ne participent-ils pas à la course aux grands projets autoroutiers à travers le monde?

Autant de raisons pour lesquelles *Travaux* consacre chaque année un numéro aux réalisations de nos entreprises routières.



■ **YVES GHIRON**

**Président-directeur
général de la Revue
générale des routes
(RGRA)**

Elargissement de l'A10

Comment réaménager une infrastructure périurbain



Figure 1
Situation de chantier
Site location

L'axe Nord-Sud Atlantique, dont l'autoroute A10 constitue le maillon central, a une importance majeure à l'échelle internationale, nationale, régionale et locale. En effet, elle constitue :

- ◆ une liaison privilégiée entre l'Europe du Nord et la péninsule ibérique;
- ◆ un support d'échanges, vecteur d'aménagement du territoire entre les régions de la façade atlantique;
- ◆ la liaison vitale nord/sud entre l'Aquitaine et la moitié nord du pays;
- ◆ la desserte périurbaine du nord de l'agglomération bordelaise.

Cet axe est devenu, au gré de l'évolution du trafic, un goulet d'étranglement en raison principalement :

- ◆ des caractéristiques insuffisantes du viaduc sur la Dordogne;
- ◆ de l'insuffisante capacité de l'actuel aménagement à 2 x 2 voies ne pouvant absorber les pointes de trafic journalières et saisonnières.

Compte tenu de la vocation principale de l'autoroute A10, grand axe Nord-Sud concédé pour l'essentiel, de l'importance du coût des travaux et de leur urgence, l'Etat a décidé de concéder la mise à 2 x 3 voies de la section d'autoroute comprise entre Virsac et Lormont et le doublement du viaduc sur la Dordogne. A l'issue d'un appel d'offres, ASF a été désignée concessionnaire des 14 km concernés, prolongeant ainsi l'autoroute A10 qu'elle exploite depuis 1981 par décret du Conseil d'Etat le 18 novembre 1997.

Le challenge à relever était double :

- ◆ réaliser les travaux d'élargissement à 2 x 3 voies (section courante et viaduc sur la Dordogne) et réhabiliter le patrimoine existant (ouvrages d'art, mise aux normes des équipements);
- ◆ intégrer une autoroute dans un environnement périurbain contraignant (mise en conformité en matière de protections acoustiques, hydrauliques et intégration paysagère), tout en maintenant à tout moment la circulation des véhicules avec le minimum de gêne vis-à-vis de leurs déplacements domicile-travail.

Ce projet a nécessité une organisation spécifique adaptée à l'intensité du trafic :

- ◆ une équipe d'exploitation dédiée;
- ◆ des travaux de nuit;
- ◆ un calendrier tendu.

A titre d'exemple, on peut noter qu'en deux années complètes de travaux, les dispositifs

béton GBA de protection de chantier ont nécessité 250 interventions de pose-dépose; la nuit essentiellement.

Ce chiffre met l'accent sur la difficulté du maître d'ouvrage ASF, de ses équipes d'exploitation, du maître d'œuvre et des entreprises pour assurer la qualité nécessaire à la bonne réalisation des travaux.

Enfin, un effort particulier a été porté en matière de protection de l'environnement :

- ◆ eau : tous les milieux naturels exutoires du réseau d'assainissement ont été protégés contre les risques de pollution;
- ◆ paysage : des plantations sur les abords et une touche architecturale sur les ouvrages ont été mises en œuvre;
- ◆ bruit : des protections par écrans acoustiques ont été implantées sur toutes les zones le nécessitant. De plus, des partenariats avec les collectivités ont été engagés pour tenir compte de l'attente des riverains (en allant au-delà des obligations réglementaires) dans des secteurs où l'urbanisation s'était imprudemment rapprochée de l'autoroute.

Depuis juin 2001, cette section est mise en service à trois voies; les travaux d'équipements latéraux et le revêtement général se poursuivent jusqu'au deuxième semestre 2002. Grâce à ce réaménagement, le nord de Bordeaux bénéficiera d'une qualité de service autoroutière propice au développement de l'agglomération et de sa région.

Jacques Tavernier
DIRECTEUR GÉNÉRAL
Autoroutes du Sud de la France



au nord de Bordeaux

majeure dans un environnement

Marcel Vial



DIRECTEUR RÉGIONAL
D'EXPLOITATION
DE NIORT
Autoroutes du Sud de la France

Cyril Germy



CHEF DU DISTRICT
D'AMBARÈS
Autoroutes du Sud de la France

■ PRÉSENTATION DE L'OPÉRATION

La situation avant l'été 2001

Réputée pour ses embouteillages quotidiens et son caractère accidentogène, la section de l'autoroute A10 au nord de Bordeaux entre le demi-échangeur de la RN10 (situé à 16 km de la ville) et l'accès aux rocales bordelaises n'était plus en mesure de répondre à ses deux fonctions principales :

- ◆ desserte d'une des principales agglomérations françaises ;
- ◆ écoulement d'un trafic de transit important entre la péninsule Ibérique et l'Ouest de la France (figure 1).

Cette section à 2 x 2 voies exploitée par la DDE supportait en 1998 avant le démarrage des travaux un TMJA (trafic moyen journalier annuel) variable entre 55 000 véh./j au nord (jonction A10/RN10) et 85 000 véh./j à l'arrivée sur les rocales bordelaises.

Le taux de croissance annuel moyen constaté de l'ordre de 5 %, le fort pourcentage de poids lourds (15 %), ainsi que les pointes enregistrées lors des grands départs (4 800 véh./h et par sens de circulation) soulignaient l'urgence de cet aménagement. Enfin, avant le début des travaux, le franchissement de la Dordogne s'effectuait par un seul viaduc à 2 x 2 voies dont les caractéristiques mécaniques ne permettaient pas la mise en place d'un séparateur central (figure 2).

Le challenge

L'autoroute A10 représente l'unique accès nord de l'agglomération de Bordeaux exempt de toute contrainte de gabarit. Par ailleurs aucun itinéraire alternatif ne permet d'absorber un trafic significatif.

L'élargissement devait donc s'effectuer sous circulation en minimisant au maximum la gêne aux automobilistes.

Il s'agissait alors de concevoir une organisation de chantier compatible avec les contraintes d'exploitation, l'exiguïté des sections en travaux, les nombreuses interfaces entre les différents intervenants ainsi que la préservation de l'environnement et des conditions de vie des riverains.

Le projet

Il comporte les aménagements suivants :

- ◆ élargissement par l'extérieur sur la partie nord

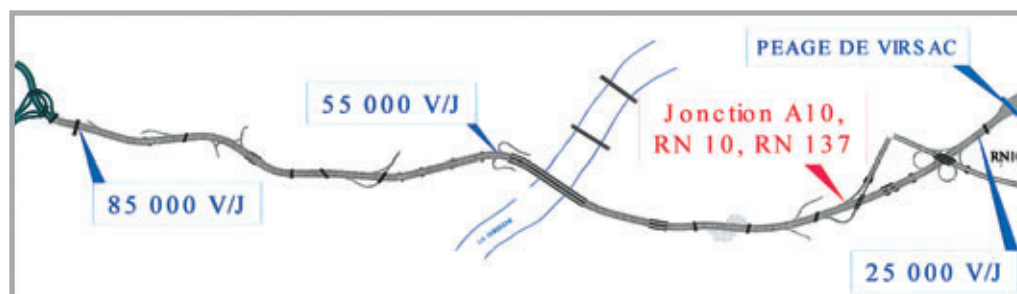


Figure 2
Décomposition du trafic
sur la section

*Breakdown of traffic
on the section*

déjà concédée à ASF entre Virsac et St-André-de-Cubzac ;

- ◆ élargissement par l'intérieur (TPC) de la partie sud sur le secteur nouvellement concédé entre St-André-de-Cubzac et Lormont (échangeur de la Gardette) pour une longueur de 14 km ;

- ◆ construction d'un nouveau viaduc franchissant la Dordogne et réhabilitation du viaduc existant sur une longueur de 1,2 km ;

- ◆ modification et aménagement de la jonction A10/RN10 avec l'échangeur local de St-André-de-Cubzac des échangeurs de St-Vincent-de-Paul, Ambarès, et la Gardette.

■ HISTORIQUE ET ÉTUDES PRÉALABLES

Par décret du Conseil d'Etat du 18 novembre 1997, Autoroutes du Sud de la France a été désignée concessionnaire des 14 km qui séparent l'échangeur de la Gardette de St-André-de-Cubzac, prolongeant ainsi la section d'A10 qu'elle exploite depuis 1981 avec pour objectif l'élargissement à 3 voies avec une mise en service le 30 juin 2001. Auparavant, le programme d'élargissement avait été approuvé par décision ministérielle le 4 janvier 1995, après présentation d'un dossier synoptique d'élargissement élaboré en 1994. Le 21 mars 1996, ce projet a été déclaré d'utilité publique. La réalisation a alors été scindée par ASF en deux opérations distinctes :

- ◆ le doublement du viaduc sur la Dordogne et la réhabilitation du viaduc existant dont les travaux se sont réalisés entre septembre 1998 et juin 2001 (la description de cette opération ne fait pas l'objet du présent article) ;

- ◆ l'élargissement proprement dit avec la reprise des échangeurs et la mise à niveau de l'existant (ouvrages courants, chaussées, dispositifs de protection liés à l'environnement). Cette dernière opération a nécessité les procédures suivantes :

Photo 1
Viaduc
sur la Dordogne
Dordogne viaduct



Figure 3
Demi-profil type
avant travaux
Typical half-profile
before works

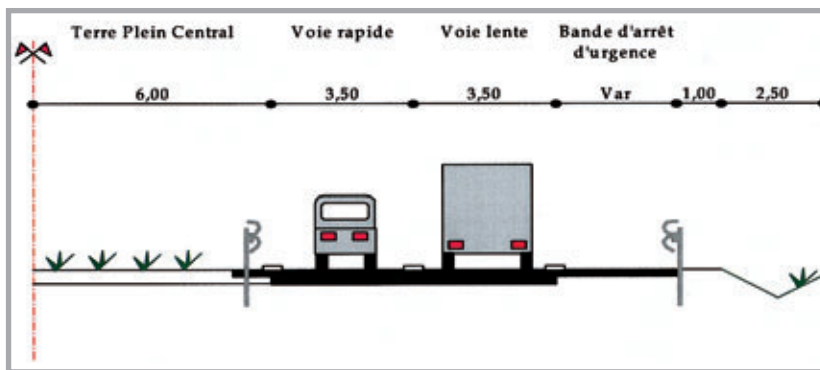


Figure 4
Demi-profil type
pendant travaux.
Le jour
Typical
half-profile
during works -
By day

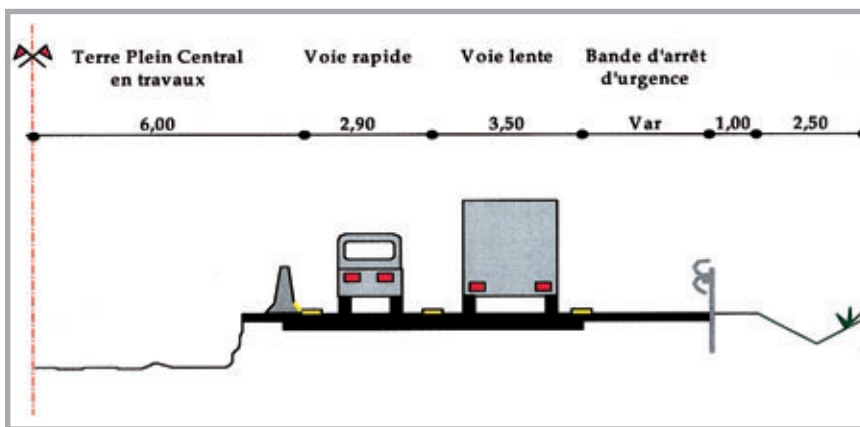
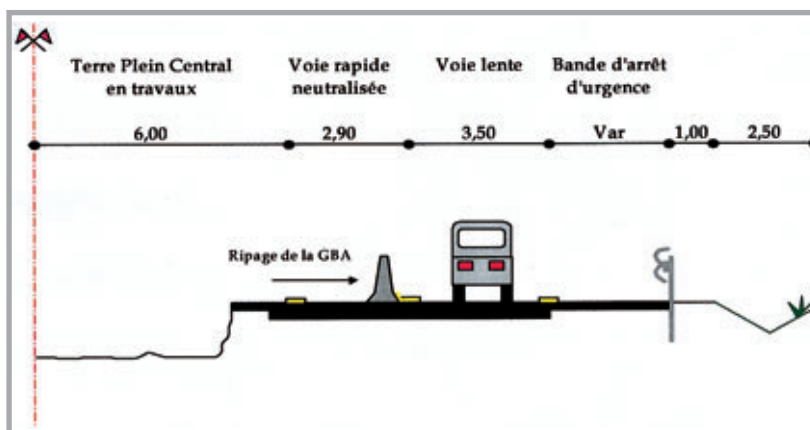


Figure 5
Demi-profil type
pendant travaux.
La nuit
Typical half-profile
during works -
By night



- dossier d'autorisation au titre de la loi sur l'eau,
- enquête parcellaire en vue des acquisitions foncières,
- reprise du schéma directeur de signalisation,
- avis du Conseil général et de la DDE de Gironde sur les liaisons des échangeurs aux voiries locales,
- avis de RFF sur l'aménagement de passages inférieurs au-dessus de voies ferrées,
- dossier modificatif de la géométrie de l'autoroute transmis à la Direction des Routes.

Sur ces bases, ASF a préparé un avant-projet d'élargissement en 1998, dont l'approbation a été notifiée par le président d'ASF le 27 janvier 1999.

Au premier semestre 1999, le maître d'œuvre Sceaurooute retenu par ASF, a préparé les dossiers de consultation des entreprises qui ont conduit à des appels d'offres selon la procédure européenne.

Les marchés ont été notifiés aux entreprises début novembre 1999 (cf. encadré "Principaux intervenants").

En parallèle, des marchés d'équipements ont été attribués pour la signalisation verticale, et les équipements d'exploitation de l'autoroute (équipements électriques, éclairage public, panneaux à message variable, fibre optique, vidéo surveillance, recueil de données de trafic, bornes d'appel d'urgence, petits panneaux à message variable).

■ L'ÉLARGISSEMENT DE L'A10 : DES TRAVAUX COMPLEXES

Le traitement de l'élargissement à 2 x 3 voies de l'autoroute A10 a nécessité plusieurs campagnes de travaux, avec pour objectif principal l'amélioration rapide du trafic, c'est-à-dire la réalisation rapide des troisièmes voies, (les travaux latéraux se faisant dans un deuxième temps).

En effet, 35 000 véhicules par jour constituent le seuil habituel à partir duquel ASF lance la réalisation de mise à 2 x 3 voies. A ce stade, un programme de travaux peut parfaitement s'intégrer au trafic sans amener un niveau de gêne notable, ce qui n'était pas le cas sur cette section périurbaine où ce seuil était très largement dépassé.

Une étude du trafic (pointes, répercussion sur les réseaux extérieurs...) a rapidement montré que les restrictions de voies ne peuvent intervenir qu'en deçà de 1800 véh./h le soir, et la levée des balisages avant le seuil de 1650 véh./h le matin.

Tous les paramètres ont donc été passés en revue, de l'état des chaussées aux largeurs de voies en passant par la signalisation pour prendre en compte les nombreuses contraintes auxquelles ASF a été confrontée et développées ci-après.

La bande d'arrêt d'urgence

La largeur de la BAU variait de 3,00 m à 0 m au droit des ouvrages, notamment des passages in-

férieurs et sa structure très légère ne permettait en aucun cas d'accueillir le trafic existant. La reprise et l'élargissement de la BAU ne pouvaient donc se faire qu'en travaux nocturnes et par l'extension de certains ouvrages.

Si le coût de sa réalisation pouvait effectivement se comparer avec celui des transpositions répétées des séparateurs, ces travaux pénalisaient le planning et avait pour effet de retarder la date de mise en service.

Le choix a donc été fait de ne pas envisager un élargissement systématique à 3 m.

Les accès de chantier

L'accès au terre-plein central (TPC) présente le risque de voir des usagers "suivre" le véhicule de chantier entrant, malgré la signalisation et le dispositif en vigueur.

De même, la sortie du TPC de jour présente les dangers d'insertion à gauche d'engins de chantier. Le trafic de la section a conduit ASF à écarter toute possibilité d'accès et de sortie du TPC de jour pour des raisons de sécurité : les approvisionnements et autres circulations de chantier ont donc été programmés de nuit dès lors que les séparateurs étaient transposés.

Mise en service du viaduc neuf à l'été 2000

Dès l'origine du projet, l'engagement a été pris de mettre en service le viaduc neuf pour l'été 2000 de façon à permettre une révision complète de l'ancien viaduc.

De ce fait, il était nécessaire de réaliser en priorité les travaux de chaussée (raccordement) pour permettre le transfert du trafic (photo 1).

Zone compressible

Depuis leur réalisation, les remblais de cette zone de marais, située au nord des viaducs n'ont cessé de se déformer. Les ondulations longitudinales et transversales, les nombreuses réparations et expérimentations effectuées sur cette section de 1,5 km ainsi que la détérioration de la structure la rendaient inacceptable en l'état.

Une restauration complète de cette zone a donc été nécessaire afin de restituer un uni convenable et diminuer l'évolution ultérieure des tassements de fluage, qui ne pourront être supprimés totalement.

Après étude, il a été choisi d'abaisser le profil en long d'environ 1,00 m afin de décharger les matériaux compressibles et de réaliser la nouvelle structure sur le principe "tout bitume" pour privilégier la souplesse.

Ces travaux volumineux sont réalisés de jour par demi-plate-forme.

Les chaussées

Au-delà de la création de la troisième voie, il faut procéder à un reprofilage de toute la section et surtout à un rechargement structurel (BBSG anti-ornière) avant la mise en œuvre du revêtement final (BBTM).

Ces travaux conduisent à de nombreux basculements de chaussée toutefois limités en raison de la proximité des échangeurs.

En intégrant ces contraintes, les différentes phases de travaux ont été programmées et réalisées selon le découpage décrit ci-après.

Élargissement par l'intérieur (TPC) sur 14 km

Les travaux généraux (création des troisièmes voies) se sont déroulés de nuit avec neutralisation des voies rapides utilisées alors dans chaque sens comme voies de chantier.

Cette opération a nécessité chaque nuit la transposition de séparateurs en béton mobiles. Ce principe permettait de maintenir en journée le trafic sur 2 x 2 voies. Les voies lentes ont été maintenues à 3,50 m et les voies rapides réduites à 2,90 m, l'avancement programmé en phases successives se faisant par plots de 2 à 4 km.

En TPC les travaux ont été les suivants :

- ◆ décapage de la terre végétale ;
- ◆ décaissement du terre-plein ;
- ◆ traitement à la chaux de l'arase ;
- ◆ mise en place de la couche de forme ;
- ◆ caniveau à fente dans les zones déversées ;
- ◆ génie civil de fourreaux et chambres de tirage ;
- ◆ massifs de lampadaires d'éclairage public ;
- ◆ couche de réglage en GNT ;
- ◆ couche de grave bitume de rugosité permettant une circulation provisoire ;
- ◆ double glissière en béton extrudé GBP ;
- ◆ remplissage du TPC en grave 0/31,5.

L'organisation du chantier a été établie pour construire les deux voies rapides simultanément.

L'évolution des profils en travers est reportée sur les figures 3, 4, 5 et sur la photo 2.

Élargissement par l'extérieur sur 2 km

Le trafic, moins important sur ce "petit tronçon" (25000 véh./j) a autorisé des travaux de jour avec des restrictions de circulation sur une voie. Les remblais et les différentes couches de chaussées ont été réalisés en accédant par la bande neutralisée.

Les travaux d'élargissement par l'extérieur ont consisté à élargir d'abord trois ouvrages passages inférieurs dont l'un sur une voie ferrée.

Sur ce dernier ouvrage un demi-tablier a dû être ensuite vériné afin de maintenir un gabarit suffisant



Photo 2
Élargissement du TPC par l'intérieur
Widening of the central reservation from the inside

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'œuvre

Scetauroute - Agence de Bordeaux

Travaux généraux (sud)

Groupement : Colas - Valerian - CMR - Moter - BRS - TSS

Travaux généraux (nord)

Groupement : Guintoli - DTP Terrassement - Malet - Routière Morin - SCR - Arbex - Maia Sonnier - Dallavera

Echangeurs Ambarès - St-Vincent-de-Paul

Groupement : Valerian - Siorat - Freysinnet

Echangeur A10/RN10

Groupement : Razel - Ducler - Rogard/Razel - Pico Sud

Ecrans acoustiques

Groupement : EJL Sud Ouest - EJL Sud Est - Locatelli

MÉTIER MAÎTRE D'ŒUVRE... ÉLARGISSEMENT DE L'AUTOROUTE A10

Scetauroute s'est vu confier par Autoroutes du Sud de la France, la maîtrise d'œuvre de l'élargissement de l'autoroute A10 à l'entrée nord de Bordeaux.

Concevoir et réaliser le projet

Bouffée d'air vers Bordeaux, la 2 x 3 voies est ouverte depuis juin 2001 sur la route des vacances en direction de l'Espagne. Le programme de cette opération était parfaitement défini par le maître d'ouvrage, avec des caractéristiques fonctionnelles, des exigences techniques et des objectifs de qualité exigeants. Le coût et le délai devaient être réduits dans un contexte où les services à l'utilisateur, en termes de sécurité et de circulation, devaient être permanents. C'est cette mission de conception et de direction de la réalisation qui était confiée à Scetauroute.

Optimiser par rapport aux exigences techniques

Optimiser le projet fût l'objectif principal de cette opération. L'analyse de la valeur a été utilisée dans une approche fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire pour la mise au point du projet dans la vallée compressible de la Dordogne.

Les expertises hydraulique, géotechnique et de chantier étaient contradictoires. Là où l'intérêt de l'hydraulicien était d'élever la "ligne rouge" (cote altimétrique du projet), le géotechnicien répondait "il faut abaisser les remblais". Là où le chantier dictait la réalisation d'ouvrages de terrassements et de chaussées provisoires pour accueillir le trafic pendant les travaux, l'économiste répondait : "trop cher", le géotechnicien : "attention aux difficultés des remblais spéciaux allégés".

L'analyse de la valeur

Face à ce problème, l'utilisation de cette méthode de travail en groupe de 10 personnes, animée avec le maître d'œuvre, a permis de faire converger les points de vue.

Le résultat fût une meilleure prise en compte des crues en intégrant l'apport du système existant d'endiguement de la Dordogne, la simplification des problèmes de terrassement par abaissement du profil en long (la protection contre les crues est assurée par les chaussées et BAU : c'est-à-dire au juste nécessaire!). Ceci entraîne aussi l'amélioration du niveau de service pendant les travaux (le décaissement des chaussées actuelles libère des surlargeurs – puisque le niveau est abaissé – gagnées sur les talus inclinés : 1 m gagné en altitude fait gagner en latéral 2 m utiles pour la largeur des voies latérales).

Le résultat est donc trois fois positif : la solution adoptée fait gagner de l'argent au maître d'ouvrage (7 M € de dépenses évitées par rapport aux classiques déblais allégés), fait gagner du temps (plusieurs mois évités pour les sondages, l'appareillage des terrains et les phases de préchargement) et fait aboutir la décision très rapidement (le maître d'ouvrage a remis en cause la conception antérieure et argumenté sa décision sur un ensemble cohérent d'expertises techniques, de documents de conception et d'analyses juridiques en quelques réunions seulement).

Pourtant le problème était évoqué depuis plusieurs années et avait nécessité des travaux confortatifs dans les années 1980 et 1990.

Maître d'œuvre : entraîner et coordonner un grand nombre d'entreprises

La complexité de l'opération résidait dans une multiplicité de problèmes techniques tels que la vallée compressible, et la maîtrise d'œuvre a dû maîtriser une cinquantaine d'autres problèmes de même nature.

Une fois l'optimisation aboutie, la mise en œuvre dans un délai réduit restait à assurer malgré des périodes très pluvieuses. Le planning a été réorganisé et les techniques adaptées en conséquence. Ce travail permanent de maîtrise a permis d'entraîner et de coordonner un très grand nombre d'intervenants et d'entreprises dans ce chantier pour aboutir à la mise en service le 28 juin 2001 et le parachèvement des renforcements de chaussées au printemps 2002.

Michel Duret ⁽¹⁾
DIRECTEUR DE PROJET A10

1) Aujourd'hui directeur général d'Infraplan, société de conseil et de management de projet, Michel Duret était antérieurement chef de l'agence Scetauroute de Bordeaux et à ce titre directeur du projet A10.

sur la voie ferrée. Sur cette section déjà en remblai sur toute sa longueur, les élargissements de plate-forme ont été réalisés par l'extérieur jusqu'au niveau de la couche de forme. La BAU a été décaissée et les chaussées nouvelles exécutées après neutralisation de la voie lente. Un revêtement de type BBTM a ensuite été appliqué sur la largeur totale de l'autoroute. Le demi-profil type pendant travaux est reporté sur la figure 6 et la photo 3.

Traitement de la zone compressible

Cette zone de 1,5 km située dans le prolongement nord des viaducs de la Dordogne était fortement déformée. Bien que cet élargissement se fasse par l'intérieur, ce tronçon a été totalement terrassé de manière à ôter les matériaux impropres et à reprendre les structures de chaussée. Après certains renforcements provisoires, le trafic a été basculé sur une demi-plate-forme en un système 2 + 2/0 puis déplacé symétriquement.

Afin d'abaisser le profil en long d'environ 1 m, il a fallu démolir entièrement l'ancienne chaussée, déblayer la plate-forme, remettre en œuvre la couche de forme en grave naturelle propre, poser les différentes couches de chaussées (réglage en GNT, grave bitume, béton bitumineux anti-orniérant). Sur la première demi-plate-forme ainsi reconstruite la circulation a été mise en 2 x 2 voies séparées par des séparateurs béton de chantier, et la deuxième demi-plate-forme a ensuite été traitée de la même façon. Ces travaux ont été réalisés de jour puisque la circulation était maintenue en permanence sur deux voies (sans BAU) (figure 7).

Aménagement des échangeurs

La mise à 2 x 3 voies de l'autoroute ne pouvait se faire sans une reprise totale du système d'échanges existant avec pour objectif de fluidifier la circulation y compris sur les voiries locales et de supprimer ainsi les phénomènes récurrents d'embouteillage aux abords d'A10 bien connus des automobilistes bordelais.

Les échangeurs suivants ont été réaménagés :

- ◆ l'échangeur de la RN10 à St-André-de-Cubzac (échangeur n° 39) a été transformé en une bifurcation A10/RN10 pour le trafic de la RN10 venant ou allant vers Bordeaux en y associant un échangeur complet pour les trafics locaux ;
- ◆ le demi-échangeur de St-Vincent-de-Paul (échangeur n° 41) a été complété en un carrefour giratoire aménagé sur la voirie secondaire (RD 115) ;
- ◆ le demi-échangeur d'Ambarès (échangeur n° 42) a été complété en forme de losange avec des carrefours giratoires de raccordement sur les voiries secondaires (RN10 et RD 242 E 2). De plus, cet échangeur donne accès au district d'exploitation d'ASF ;

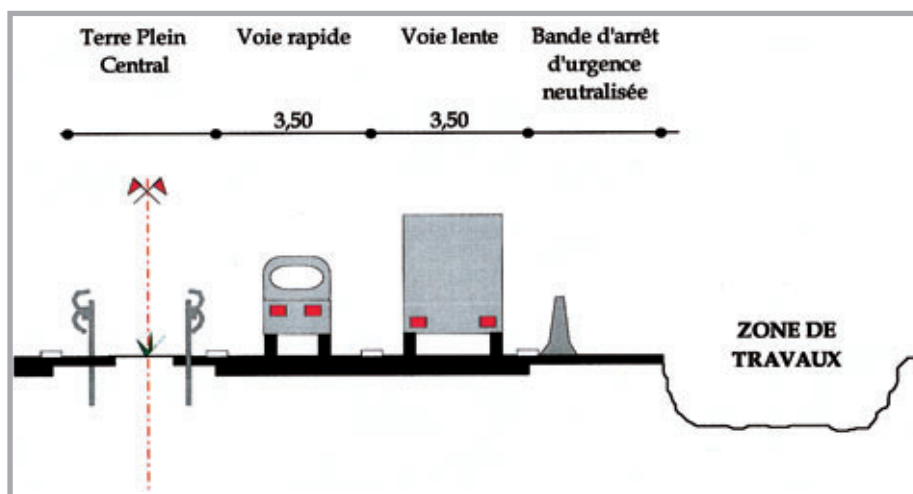


Figure 6
Demi-profil type pendant travaux
Typical half-profile during works



Photo 3
Elargissement du TPC par l'extérieur
Widening of the central reservation from the outside

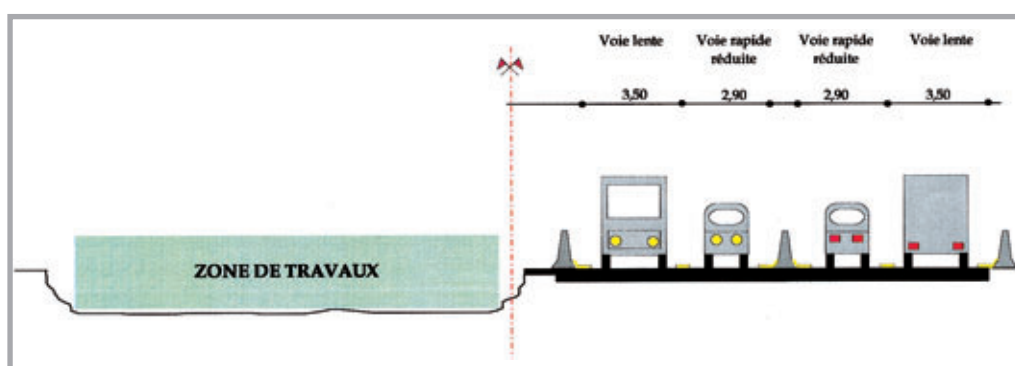


Figure 7
Profil type lors du traitement de la zone compressible
Typical profile during treatment of the compressible zone

- ◆ l'échangeur de la Gardette (échangeur n° 1) a vu ses bretelles réaménagées totalement notamment le convergent de la rocade RN230 et de la rocade A630, pour constituer une section à quatre voies de l'autoroute A10.

Les travaux latéraux

Du fait de l'élargissement à 2 x 3 voies, il était nécessaire de mettre la section d'A10 concernée aux normes autoroutières et ceci dans le respect des règles environnementales en vigueur et des standards en matière d'équipements d'exploitation. Tous les travaux, en cours actuellement, sont réa-

lisés après création des troisièmes voies en neutralisant la voie lente et la BAU.

Protection des eaux

Les milieux naturels exutoires du réseau d'assainissement ont été protégés contre les risques de pollution liés à l'exploitation de l'autoroute. Les milieux traversés ont un faible degré de vulnérabilité à l'exception d'un secteur localisé situé dans la vallée de la Dordogne.

Les systèmes de protection adoptés sont donc simples et répondent aux principes suivants :

- ◆ en zone peu ou pas vulnérable, l'intervention curative après pollution accidentelle est suffisante ;
- ◆ en zone moyennement vulnérable, les rejets transitent dans des biefs de confinement/décantation ou des fossés subhorizontaux ;
- ◆ en zone fortement vulnérable, les rejets transitent dans des fossés subhorizontaux dont la perméabilité est rendue très faible.

Ces ouvrages (une trentaine sur l'ensemble de la section) dimensionnés pour la pollution accidentelle, permettent en outre de réduire la pollution chronique en dessous des seuils autorisés.

Certains exutoires se déversant dans des cours d'eau sensibles aux inondations ont été également équipés de dispositifs d'écèlement des débits (débits limites des rejets imposés par les règles de la Communauté urbaine de Bordeaux).

Les murs écrans acoustiques, d'une surface d'environ 21.000 m², ont des structures courantes. L'optimisation du projet a fait l'objet d'études spécifiques sur le plan architectural, acoustique et économique. De plus, pour faire face aux préoccupations des populations riveraines, les collectivités ont souhaité certains aménagements supplémentaires. Sur les sites de trois communes, il a été convenu, dans le cadre d'un partenariat, de construire des écrans supplémentaires pour les protections allant au-delà des seuils réglementaires. Le partenariat reposera sur un financement dont le tiers sera pris en charge par ASF, les deux tiers restant étant assurés par les collectivités (photo 4).

Les équipements d'exploitation

Après inventaire, les réseaux exploités par des concessionnaires extérieurs (EDF, France Télécom...) ont été déplacés lorsque les travaux d'élargissement le nécessitaient.

Les réseaux d'exploitation de l'autoroute ont été totalement repris totalement, à savoir :

- ◆ équipements électriques, réseaux haute tension et basse tension. La sécurisation par double alimentation est ainsi assurée ;
- ◆ équipements télécom, réseaux d'appel d'urgence, système d'aide à l'exploitation et réseaux de vidéo surveillance ;
- ◆ éclairage public en section courante (du viaduc de la Dordogne aux rocade) et des échangeurs. Le système est équipé d'un système de gestion technique centralisé.

De plus, des refuges latéraux (tous les 2 km) et des sites techniques ont été réalisés sur l'ensemble de la section.

Enfin, les réseaux d'équipements de sécurité (GBA béton et glissières métalliques) et la signalisation verticale et horizontale ont été entièrement remis à neuf.

Aménagements paysagers

Le paysage a fait l'objet d'une réflexion d'ensemble, d'une part avec un traitement architectural du viaduc de la Dordogne, des écrans acoustiques et du raidissement des perrés d'ouvrages d'art et d'autre part avec des aménagement paysagers sur les délaissés et les échangeurs réalisés avec des plantations adaptées au contexte et aux rigueurs du milieu.

DES MOYENS ADAPTÉS MIS EN ŒUVRE

Le maître d'ouvrage ASF avait sur cette opération deux missions :

- ◆ financer l'investissement nécessaire à la réalisation du projet A10 Bordeaux ;
- ◆ concevoir et réaliser le projet détaillé de la mise à 2 x 3 voies du tronçon, dont la construction d'un

Photo 4
Ecrans acoustiques montés sur dispositifs GBA
Noise barriers mounted on concrete safety barriers



Protections contre le bruit

Les protections acoustiques initialement prévues dans le cadre du dossier synoptique de 1994 étaient étudiées sur des seuils sonores moins contraignants que ceux imposés par la réglementation actuelle. La décision ministérielle d'approbation puis l'arrêté de déclaration d'utilité publique datant de 1996 ont exigé d'adopter les seuils les plus stricts en matière de protection (5 mai 1995).

En conséquence, une nouvelle étude acoustique a été réalisée et le scénario le plus intéressant sur le plan technico-économique a été retenu après une analyse comparative.

nouveau viaduc sur la Dordogne et la restauration de l'ancien.

Dans le cadre du projet, ASF a implanté une nouvelle unité d'exploitation : le district d'Ambarès. Elle lui permet de gérer en temps réel le trafic et la sécurité, en s'appuyant sur des moyens spécialement mis en œuvre pendant les travaux.

Le district d'Ambarès

Pour favoriser l'exploitation d'A10 Bordeaux, ASF a choisi d'implanter ce nouveau district au niveau de l'échangeur d'Ambarès et Lagrave, c'est-à-dire au milieu de la section Virsac/Lormont et au sud des viaducs de la Dordogne. Le centre d'exploitation de St-Aubin-de-Blaye situé au nord du département pouvant intervenir en renfort, notamment en cas de grave perturbation sur le franchissement de la rivière.

Le district est le centre névralgique de l'exploitation de la section. Une cinquantaine de personnes est directement impliquée dans le fonctionnement du chantier, dont une dizaine affectée uniquement pour l'opération.

Le parc est le lieu de mouvements perpétuels de fourgons et autres remorques de signalisation, le "PC" quant à lui ne cesse de donner et recevoir de nombreuses informations. L'investissement de chacun, l'esprit d'équipe et d'initiative auront été des facteurs déterminants dans la réussite de l'exploitation sous chantier.

Cette unité est installée dorénavant de manière définitive dans des bâtiments d'exploitation neufs réalisés au cours de l'année 2001, pour lui permettre ainsi d'assurer l'exploitation courante de la section concernée.

Le réseau d'appel d'urgence

Le réseau d'appel d'urgence (RAU) existant et fonctionnant par câble a été détruit ; ASF a très rapidement opté pour la mise en place d'un RAU radio pour la phase chantier.

Directement relié au PC radio du district et densifié au droit des travaux, le RAU permet de faire face aux situations d'incidents ou d'accidents qui, chaque fois mettent en jeu la sécurité des automobilistes et risquent d'engendrer de fortes perturbations.

L'astreinte dépannage

Durant toute la période de travaux, ASF a mis en place une astreinte dépannage au droit des chantiers.

Cet atelier composé d'une dépanneuse poids lourds et d'une dépanneuse véhicules légers est systématiquement positionné à l'approche immédiate des travaux de jour comme de nuit. En contact radio permanent, il intervient dans les plus brefs délais sur tout véhicule en difficulté dans la zone.

Les panneaux à messages variables

Dix panneaux à messages variables (PMV) pilotés depuis le district d'Ambarès sont implantés sur les échangeurs afin d'informer les usagers de l'état du trafic leur permettant ainsi de modifier leur itinéraire avant qu'ils ne s'engagent sur l'autoroute. Cette information ne s'accompagne d'aucune signalisation de déstagement et est destinée à faciliter la circulation des automobilistes locaux qui connaissent les échappatoires.

La section courante quant à elle, est équipée de six PMV, eux aussi installés dans le cadre de l'opération afin de prévenir l'automobiliste d'un danger immédiat (accident ou bouchon).

A ces éléments viennent s'ajouter deux remorques à messages programmés et dynamiques qui sont mises en place pour des situations particulières.

La communication

Au-delà du transit et du trafic saisonnier, la section connaît un fort trafic pendulaire. ASF a donc engagé une action de communication auprès des riverains et des communes traversées.

En effet, en partenariat avec une agence de communication, ASF a édité à fréquence régulière et selon l'évolution du projet, des bulletins d'information qui présentent les différentes phases du chantier et son état d'avancement (objectif A10, flash actualités...).

Il faut ajouter à cela une présence à l'édition 1999 de la Foire internationale de Bordeaux sur un stand qui a permis de présenter le projet et la mission d'exploitation d'ASF.

Un service téléphonique "Info travaux" est également disponible. Opérationnel 24 heures/24, il permet de répondre dans de très brefs délais à toutes les demandes pouvant être formulées.

Ce service est complété par une information régulière diffusée par Radio Trafic (107.7 FM) ainsi que par deux radios locales, la communication portant avant tout sur la localisation des travaux et les restrictions mises en place.

L'ensemble de ces systèmes vient renforcer les moyens du district et plus particulièrement l'action des patrouilleurs qui veillent en permanence à la sécurité des usagers/clients.

■ OBJECTIF ATTEINT : LA DÉCONGESTION DE L'ENTRÉE NORD DE BORDEAUX

Les travaux relatifs à l'ensemble de l'opération sont en grande partie achevés. En juin 2000, le viaduc neuf de franchissement de la Dordogne était opérationnel. En juin 2001, le viaduc ancien était ré-

habilité et l'ensemble de la section mise à 2 x 3 voies en phase provisoire : une diminution considérable des bouchons a été constatée à l'occasion des grands départs estivaux. Seuls les travaux latéraux (en cours actuellement) et les revêtements définitifs des chaussées restent à faire avec pour objectif une mise en service complète pour juin 2002.

L'opération ainsi menée, présentera un coût final avoisinant les 200 millions d'euros (HT).

Cet aménagement restera exceptionnel, par la complexité du chantier, le poids des contraintes dues au fort trafic ainsi que son environnement urbain. Conformément à sa mission de concessionnaire, ASF a reconfiguré une autoroute urbaine en autoroute à 2 x 3 voies aux normes de conception et de sécurité en vigueur, avec une nette amélioration des échanges et un respect de l'environnement conforme aux dispositions actuelles.

Le challenge relevé lors de ce chantier n'a été possible qu'avec l'engagement fort des entreprises, maîtres d'œuvres et personnel d'exploitation d'ASF. Cet aménagement apporte une solution temporaire aux problèmes de trafic du nord de l'agglomération bordelaise; quelques années à mettre à profit pour imaginer de nouvelles solutions aux problèmes de transport de demain.

ABSTRACT

Widening of the A10 motorway north of Bordeaux

M. Vial, C. Germy

The contract for widening the section of the A10 motorway between Virsac and Lormont was awarded to ASF in November 1997. The difficulty of this project was due to the fact that :

- **the widening works had to be conducted while traffic continued without interruption and with a minimum of hindrance in a sector in which traffic peaks are in the vicinity of 90,000 vehicles/day :**
- **the motorway had to be rehabilitated in compliance with current environmental standards, and this in a highly urbanised area.**

This work was carried out over three years during which the contractors, the project manager and the operating personnel strived constantly to reconcile construction quality with the maintenance of acceptable traffic conditions for the frontagers with the result of decongesting the northern entrance to Bordeaux.

RESUMEN ESPAÑOL

Ensanche de la autopista A10 por el norte de Burdeos

M. Vial y C. Germy

El ensanche de la sección de la autopista A 10, entre Virsac y Lormont fue concedido a Autoroutes du Sud de la France (ASF) en noviembre de 1997. La dificultad de unas obras semejantes consistía en :

- **proceder a las obras de ensanche sin interrumpir el tráfico rodado y ello causando las menores molestias para los automovilistas, en un sector en que los picos de tráfico rondaban los 90.000 vehículos diarios,**
- **rehabilitar una autopista respetando siempre las normas medioambientales actuales y ello, en una zona ampliamente urbanizada.**

Estas obras se han desarrollado en un plazo de tres años durante los cuales las empresas, el responsable técnico y el personal operativo se han movilizado de forma permanente para combinar la calidad de ejecución y el mantenimiento de condiciones de circulación aceptables para el vecindario y todo ello teniendo como resultado la descongestión de la entrada norte de Burdeos.

Étanchéité de la plate-forme de l'autoroute A20 section Cahors Nord/Souillac

Pour répondre aux contraintes environnementales issues de la loi sur l'eau et traiter entre autres les problèmes du ruissellement des eaux sur les plates-formes autoroutières, Autoroutes du Sud de la France (ASF) a, dès la conception de ses autoroutes, intégré ces contraintes. Cet article rappelle les dispositions prises par ASF en matière de protection de l'environnement lors de la construction de la section Cahors Nord/Souillac de l'autoroute A20 concédée Montauban/Brive. Il décrit également la réalisation des travaux exécutés par Eurovia et Entreprise Jean Lefebvre avec les produits d'étanchéité de la société Siplast.

■ PRÉSENTATION

Autoroutes du Sud de la France (ASF) est le premier réseau d'autoroute à péages en France. Avec plus de 2500 km en service, ASF a acquis depuis les années 1970 et la construction des axes A7 et A9, un savoir-faire particulier dans leur conception et leur construction. C'est à ce titre l'un des plus gros investisseurs en France : chaque semaine, ASF construit 1 km d'autoroute. Jusqu'en 2006, 500 km environ seront mis en œuvre dont 22 km pour le contournement de la ville de Cahors.

Ce chantier constitue la dernière phase de travaux de l'autoroute A20 Montauban/Brive, concédée à ASF le 7 février 1992. L'A20 s'inscrit dans un axe européen nord/sud qui va de Paris à l'Espagne via Toulouse et qui permettra à terme en 2003 d'offrir une alternative au couloir rhodanien.

La particularité de cet axe est de traverser des paysages peu marqués par l'empreinte de l'Homme comme le parc naturel régional des Causses du Quercy et d'être situé dans des zones sensibles au niveau écologique. Ainsi, les 46 km de la section Cahors nord/Souillac sillonnent les vallées de la Dordogne et de la Rauze classées en zone de conservation au niveau européen (Natura 2000). Le viaduc de la Dordogne s'inscrit en outre dans le méandre du Cingle de Pinsac classé en Zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF). La protection de cet environnement fait partie intégrante de la conception et de la réalisation de l'infrastructure autoroutière. Cette section lotoise est caractéristique de l'attention toute particulière portée par ASF à la protection des milieux naturels conjuguée à la volonté d'insertion de l'autoroute dans son environnement naturel.

Marquées par d'importantes cavités souterraines, les difficultés d'adaptation liées notamment à un sous-sol karstique, n'ont pas été simples à résoudre de prime abord sur cette partie de l'A20. En effet, construite dans une zone karstique, elle se ca-

ractérise par d'importants réservoirs d'eaux souterrains. Ces réservoirs naturels au cœur des massifs calcaires sont vulnérables et à ce titre imposent une grande vigilance face aux risques de pollution accidentelle et chronique.

Ainsi, ASF a mis en place un dispositif de protection des eaux particulier : établi le long des voies de circulation, un réseau étanche de cunettes permet de recueillir intégralement les eaux de pluie issues de la plate-forme autoroutière. Ces eaux sont ensuite acheminées vers de vastes bassins conçus pour stabiliser et décanter les matières en suspension, piéger les hydrocarbures et écrêter les crues lors d'orages. Ces bassins sont équipés pour stocker en cas d'urgence lors de déversements accidentels au cours d'averse biennale ou décennale, tous les types de polluants.

Trois niveaux de protection ont été définis sur cette section suivant le degré de sensibilité des zones traversées.

Sur les zones de sensibilité 1, où le risque est majeur du fait du sous-sol et de l'utilisation de celui-ci (par exemple sous-sol karstique et utilisation humaine de la nappe phréatique), le dispositif associe une étanchéité parfaite de la chaussée, du terre-plein central, des fossés et des bassins à ce système de prétraitement de la pollution chronique, saisonnière et accidentelle.

La traversée de zones de sensibilité 2, moins vulnérables au niveau aquifère, n'impose pas de dispositifs anti-déversement au-delà des zones étanchées. Mais les eaux de ruissellement sont, là aussi, collectées après un prétraitement des pollutions potentielles.

En zone 3 (la moins vulnérable), le réseau de collecte est imperméabilisé par matériaux fins en déblais alors qu'en remblai il est constitué par un caniveau en béton ou par un fossé engazonné.

On comprend donc l'attention toute particulière portée par ASF sur la conception et sur la mise en place de l'étanchéité de ces éléments vitaux qui

Pierre Lefebvre
DIRECTEUR D'OPÉRATIONS ASF
POUR L'A20
Autoroutes du Sud de la France

Pierre-Marie Spillemaecker
DIRECTION DES TECHNIQUES
ET DE LA PROMOTION
Eurovia

Benoît Steiner
CHEF DES VENTES GÉNIE CIVIL
Siplast



Bassin nu
Bare reservoir



Géotextile sur bassin
Geotextile on reservoir

**Pose de géomembrane
et terre végétale
sur talus et cunette**

**Laying of geomembrane
barrier and top soil
on earth bank and gutter**



**Pose d'Enkamat
sur talus et cunette**
**Laying of Enkamat
on earth bank and gutter**



► répondent aux engagements de l'Etat sur la protection du milieu naturel et la préservation de ces paysages.

ASF, assisté de son maître d'œuvre Scetauroute, a fait confiance aux sociétés Eurovia et Entreprise Jean Lefebvre, titulaires des marchés chaussées sur cette section. Elles se sont adjointes les conseils et les compétences de Siplast, fabricant de produits d'étanchéité, pour concevoir ce dispositif de protection des eaux. Ces travaux d'étanchéité ont été réalisés par Eurovia Etanchéité secteur de Charvieu (Isère) pour la partie sud entre Cahors nord et la tranchée couverte de Sol de Roques et par le secteur Géomembranes de l'agence Jean Lefebvre de Dijon pour la partie nord entre Sol de Roques et Souillac. Ils ont commencé en novembre 2000 et se sont terminés en avril 2001.

Ils consistaient, d'une part à étancher des cunettes dans les zones en déblais à l'aide d'un dispositif d'étanchéité à base d'une géomembrane bitumineuse et d'autre part à étancher des bassins de réception par un dispositif faisant appel à une géomembrane en polyéthylène haute densité PEHD.

■ RECUEIL DES EAUX DE RUISSELLEMENT DE SURFACE

L'objectif est de canaliser toutes les eaux de ruissellement de la chaussée vers des bassins de traitement étanches sans déperdition vers l'extérieur. Il faut donc traiter la chaussée, les fossés et les bassins et évidemment les jonctions enrobés/fossés et fossés/bassins.

Dans le cas des travaux décrits dans cet article, la plate-forme routière a été considérée comme suffisamment étanche, d'une part parce qu'elle présente un coefficient de perméabilité faible, et, d'autre part, parce que les formes de pentes acheminent les eaux de ruissellement vers les fossés rapidement et sans risques de stagnation. Par contre, des solutions particulières ont été adoptées pour les fossés et les bassins.

■ ÉTANCHÉIFICATION DES CUNETTES

Les paramètres à prendre en compte sont les suivants :

- ◆ connexion de l'étanchéité sur l'enrobé pour qu'il y ait continuité d'étanchéité ;
- ◆ connexion de l'étanchéité sur les ouvrages béton implantés dans les fossés : regards, ouvrages d'art, etc.
- ◆ tenue des terres pour la végétalisation et l'intégration des fossés dans le paysage ;
- ◆ enfin, la sensibilité au climat pour permettre le respect des cadences de mise en œuvre de l'étanchéité, puisque celle-ci doit être appliquée après la réception de la plate-forme et avant la mise en œuvre de la couche de roulement. Le respect des délais est donc impératif.

Compte tenu de ces paramètres, la solution retenue a été une géomembrane en bitume élastomère SBS de 3 mm d'épaisseur Teranap 331 TP, certifiée Asqual.

■ TECHNIQUE D'ÉTANCHÉITÉ PAR GÉOMEMBRANE BITUMINEUSE

Les géomembranes bitumineuses sont utilisées en France depuis plus de 25 ans dans tous les domaines : barrages, canaux, bassins industriels, bassins routiers, centres de stockage de déchets, etc. Toutefois, à la différence des géomembranes PEHD, leur utilisation dans le domaine du génie civil nous apparaît comme une spécificité française et il semble intéressant de décrire brièvement leurs caractéristiques.

Les géomembranes bitumineuses sont issues de la technologie du bâtiment où l'on utilise des membranes bitumineuses pour l'étanchéité des toitures terrasses depuis plus de 40 ans dans le monde entier. De plus, on utilise également les liants à base de bitume modifié aux polymères dans l'industrie routière.

Ce large éventail d'application a permis l'accumulation de données sur le comportement et la durabilité des matériaux à base de bitume modifié par les grands laboratoires français du domaine du bâtiment et du génie civil, comme le Centre scienti-

fique et technique du bâtiment (CSTB), les laboratoires du réseau des Ponts et Chaussées (LRPC), etc.

Caractéristiques

Les géomembranes bitumineuses sont constituées d'une armature en non tissé de polyester, imprégnée à cœur, puis surfacée par un liant bitumineux : le liant apporte les qualités d'étanchéité et de soudabilité, l'armature apporte les propriétés mécaniques (résistance en traction, au poinçonnement...) et la stabilité dimensionnelle (surface lisse sans plis de dilatation thermique).

On rencontre généralement deux types de liants bitumineux :

- ◆ le bitume oxydé de comportement plastomérique avec une température d'utilisation comprise entre 0 et 70 °C ;
- ◆ le bitume élastomère SBS qui, lui, a un comportement élastique et une température d'utilisation comprise entre -20 °C et 80 °C.

La localisation du chantier et la période des travaux en hiver ont conduit Scetauroute à préconiser une géomembrane en bitume élastomère SBS, dont la plage de température d'utilisation correspondait aux exigences du chantier.

Mise en œuvre

L'assemblage des lés entre eux est réalisé par soudage au chalumeau propane et marouflage manuel. La flamme du chalumeau atteint des températures entre 600 °C et 1000 °C et le bitume ramollit vers 100 °C. Il suffit donc au soudeur et au maroufleur d'ajuster leur vitesse pour obtenir une soudure de bonne qualité.

Les pièces de réparations, que ce soit pendant la phase de chantier ou pendant la vie de l'ouvrage, utilisent la même technique : soudage à la flamme et marouflage.

Enfin, l'un des avantages propres aux géomembranes bitumineuses est d'être soudables sur ouvrages béton, sur acier et sur enrobés bitumineux en utilisant toujours la même technique de soudage à la flamme et marouflage.

Sur le plan de la résistance chimique, notamment aux hydrocarbures, le complexe géomembrane bitumineuse associée à de la terre végétale en protection, présente une résistance supérieure à 7 jours, ce qui est compatible avec les exigences du site et le fonctionnement des cunettes.

Conclusion

C'est certainement cette technique d'assemblage simple, peu sensible aux conditions climatiques et compatible avec les différentes surfaces que l'on rencontre dans les travaux routiers qui ont conditionné le choix de ce matériau pour ce chantier.

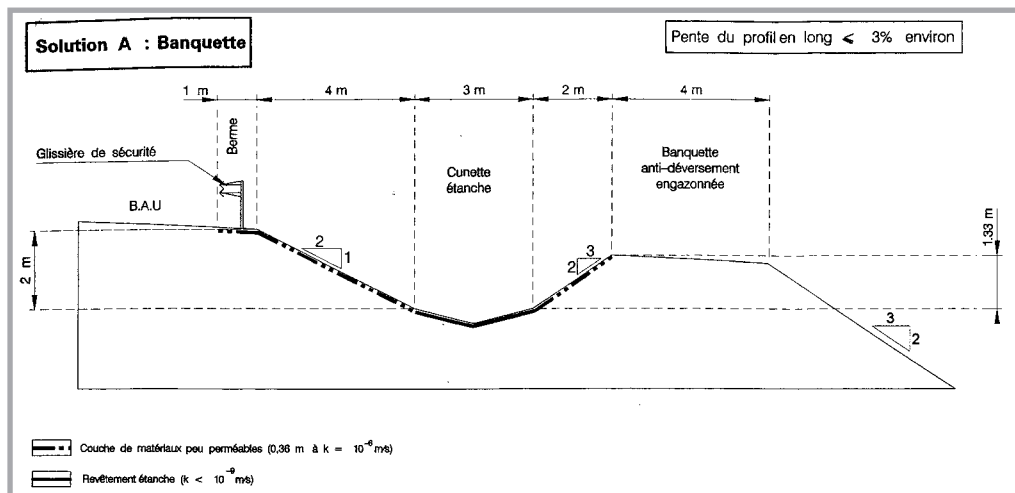


Figure 1
Terrassements des cunettes - Profil en travers

Earthworks for gutters - Cross section

TRAVAUX D'ÉTANCHÉIFICATION DES CUNETTES

La géomembrane bitumineuse Teranap 331 TP est livrée en rouleaux de 4 m de largeur et de 100 m de longueur, avec un poids de 1900 kg.

Les terrassements des cunettes (figure 1) ont été réalisés à la niveleuse dans une grave 0/20, sur laquelle est posée la géomembrane.

Approvisionnés par un chariot élévateur ou un camion grue de 15 t, les rouleaux sont mis en œuvre à l'aide d'une pelle hydraulique sur pneus circulant sur la chaussée en construction de l'autoroute et équipée d'une poutre à largeur variable (de 3 m à 7,5 m, en éléments démontables transportables dans un fourgon).

Sur la partie sud, de sensibilité 1, la largeur du profil de la cunette à étancher est uniformément de 4 m. Après implantation par un géomètre, les rouleaux sont donc simplement déroulés longitudinalement sans joints longitudinaux. Les joints transversaux en extrémité de rouleaux sont réalisés à chaud en respectant le sens d'écoulement de l'eau. Longueur traitée : 7 920 m.

Sur la partie nord, de sensibilité 1 et 2, les largeurs des cunettes sont variables suivant quatre profils types (5,30 m, 3,90 m, 6,60 m et 4,70 m) ce qui nécessite d'utiliser des géomembranes en 4 m, 2 m et 1 m de largeur. Dans les zones de sensibilité 1, la géomembrane remonte côté talus de 1,50 m au-dessus du fil d'eau et dans les zones de sensibilité 2, elle s'arrête au niveau final de la couche de roulement. Surface traitée : 88 000 m².

Selon les zones, la géomembrane est raccordée au béton des ouvrages d'évacuation ou de visite du réseau de drainage par soudage à chaud sur le béton préalablement imprégné d'un enduit bitumineux Siplast Primer (70 ouvrages sur la partie nord), ou ces ouvrages béton sont coulés directement sur la géomembrane (50 ouvrages sur la partie nord). La partie de la géomembrane en contact avec le talus extérieur de la cunette, partie la plus pentue, reçoit un géotextile d'une largeur uniforme de 2 m au sud et de largeur variable selon les zones au nord. Ce géotextile (Enkamat 7009 C100 ou WD110) a pour but de maintenir la terre végétale côté talus appliquée sur 15 cm d'épaisseur.

La partie horizontale de la géomembrane côté chaus-



Pose de géomembrane sur talus et cunette

Laying of geomembrane barrier on earth bank and gutter

Pose de géomembranne
Laying of geomembrane barrier



Pose de terre végétale sur bassin avant enherbement
Laying of top soil on reservoir before putting under grass



Vue aérienne bassin et réseau de cunettes
Aerial view of reservoir and network of gutters



► sée est recouverte par la grave 0/20 constituant la couche de base de la structure de la bande d'arrêt d'urgence de l'autoroute. Un tapis général d'enrobé assure la fonction de couche de roulement ainsi que la continuité de l'écoulement des eaux de ruissellement vers les fossés latéraux. Sur la partie sud, le rendement moyen de pause est de l'ordre de 500 ml/jour. Au nord, il est d'environ 3000 m²/jour. Les travaux sur cette zone sont plus complexes à mener par suite de la largeur variable du profil à revêtir et de l'obligation de ficher la membrane pour l'empêcher de glisser sur les talus de pentes variables, parfois importantes jusqu'à 1/1. Cette fixation nécessite de nombreuses perforations dans le rocher (tous les 1,50 m).

■ ÉTANCHÉIFICATION DES BASSINS

La présence des eaux de ruissellement sur la chaussée et dans les fossés est courte, par contre, elle peut être longue dans les bassins.

Dans les fossés, le problème de la tenue des terres est la lutte contre l'érosion et l'entraînement lors des épisodes orageux (phénomène rapide). Dans les bassins, le problème est tout autre : les talus sont végétalisés et le niveau de l'eau est variable. Il faut donc gérer les problèmes de glissement qui pourrait se produire dans la zone de marnage.

On a donc utilisé un dispositif de maintien des terres sur les talus, dissocié de la géomembrane, constitué par un géotextile tridimensionnel associé à une grille de renforcement. Dans ces conditions, les paramètres de choix de la géomembrane sont moins immédiats et ouvrent le choix sur plusieurs types de géomembranes (polypropylène, PEHD, géomembranes en bitume élastomère).

La géomembrane retenue a été une géomembrane en polyéthylène haute densité (PEHD), en raison de sa haute résistance aux agressions chimiques, en épaisseur 1,5 mm, certifiée Asqual.

Celle-ci est protégée en sous-face et en surface par deux géotextiles et le maintien des terres est assuré par un géoconteneur.

La continuité des étanchéités depuis les fossés vers les bassins est assurée par des ouvrages en béton. Côté fossé, la géomembrane bitumineuse est soudée sur le béton assurant ainsi le passage sans perte des flux entrants. Côté bassin, la géomembrane PEHD est raccordée généralement par fixation mécanique. Le problème du raccord des types d'étanchéité ne s'est donc pas posé.

■ TRAVAUX D'ÉTANCHÉIFICATION DES BASSINS

Au total, 37 bassins d'une surface moyenne de 2300 m² (de 1100 à 2900 m²) sont étanchés sur l'ensemble de la section.

La structure du dispositif d'étanchéité est la suivante :

- ◆ un géotextile Bidim S 61 ou Datex TH 300 ;
- ◆ une géomembrane PEHD de 1,5 mm d'épaisseur ;
- ◆ un géotextile Bidim S61 ou Datex TH300 ;
- ◆ un géotextile tridimensionnel Enkamat 7010 H20.20 PET 90P.

Les bassins de la partie sud implantés sur une zone karstique font l'objet d'un renforcement par une géogrille de type Agrunet 450 de 1 m de large positionnée selon un maillage perpendiculaire de 3 m de côté.

Chaque bassin fait l'objet d'un calepinage très précis pour la mise en œuvre des lés de géomembranes.



Vue aérienne bassin étanchéifié avec eau
Aerial view of waterproofed reservoir with water

Tous les joints longitudinaux des géomembranes sont réalisés par doubles soudures. Celles-ci sont systématiquement contrôlées par mise en pression (0,2 MPa).

Les raccordements aux ouvrages en béton d'arrivée et de sortie des effluents sont exécutés par serrage mécanique d'un réglet en acier inoxydable ou en aluminium. Dans certains cas, l'arrivée des effluents se fait sans raccordement, par déversement direct sur la membrane protégée par des enrochements.

Dix centimètres de terre végétale sont ensuite appliqués sur les talus et 30 à 40 cm de tout-venant dans le fond ainsi que sur les rampes d'accès au fond des bassins.

Dans les zones non rocheuses, les talus en terre végétale sont ensuite immédiatement végétalisés pour s'intégrer dans le site de façon la plus harmonieuse possible.

■ CONCLUSION

En tant que "bâtitteur" d'autoroute, ASF consacre une grande partie de son activité à la conception de systèmes permettant un moindre impact sur l'environnement traversé. Le "devoir de veiller à la sauvegarde du patrimoine naturel" qui échoit à chacun d'entre nous selon la loi du 10 juillet 1976 (article 1) est présent sur l'ensemble du tracé de l'A20 Montauban/Brive. La conception et la construction de cette autoroute ont nécessité une réflexion poussée sur les contraintes environnementales, notamment l'impact des différentes pollutions possibles en zones karstiques.

En concertation avec son maître d'œuvre Scetauroute, la société Siplast et les entreprises Eurovia et Jean Lefebvre, des solutions spécifiques sur l'étanchéité ont pu être mises en œuvre.

La prise en compte du milieu naturel et le respect de cet environnement permettent à ASF de réaliser une autoroute sûre écologiquement.

ABSTRACT

Waterproofing the roadway of the Cahors-Souillac section of the A20 motorway

P. Lefebvre, P.-M. Spillemaecker, B. Steiner

To meet the environmental constraints resulting from the legislation on water and deal, among other things, with problems of water runoff on motorway roadways, motorway operator Autoroutes du Sud de la France (ASF) allowed for these constraints as of the motorway design stage. This article recalls the measures taken by ASF with regard to environmental protection during construction of the northern Cahors/Souillac section of the A20 motorway Montauban/Brive operated under franchise. It also describes performance of the works carried out by Eurovia and Entreprise Jean Lefebvre with the waterproofing products of Siplast company.

RESUMEN ESPAÑOL

Impermeabilización de la plataforma de la autopista A20 sección Cahors-Souillac

P. Lefebvre, P.-M. Spillemaecker y B. Steiner

Para responder a los imperativos medioambientales derivados de la ley de aguas y, entre otras cosas, solucionar los problemas de la escorrentía de las aguas en las plataformas de las autopistas, Autoroutes du Sud de la France (ASF) ha integrado tales imperativos, desde la etapa del proyecto de sus autopistas. En este artículo se da cuenta de las disposiciones tomadas por ASF en el aspecto de la protección del medio ambiente al proceder a la construcción de la sección Cahors Norte/Souillac de la autopista A20 concedida entre Montauban/Brive. También se describe la ejecución de las obras emprendidas por Eurovia y Entreprise Jean Lefebvre mediante los productos de impermeabilización de la sociedad Siplast.

A66 - Nouvelle liaison

L'autoroute A66 va assurer la liaison entre Toulouse et Pamiers, à partir de l'autoroute A61 existante (Toulouse/Narbonne) depuis Montesquieu-Lauragais jusque son intersection avec la RN 20 à Pamiers. Cette nouvelle liaison constituera un itinéraire de délestage entre Toulouse et Foix en doublant la RN 20. Son exploitation est concédée à la société ASF qui exploite déjà A61, A62 et A64. Le chantier réalisé par Générale Routière concernait la section 1, longue de 23 km située entre Montesquieu-Lauragais (bifurcation de A66 avec A61) et Mazères.

Photo 1
Centrale mobile de fabrication TSM 25 Major
Mobile mixing plant : TSM 25 Major



■ SITUATION (figure 1)

La section 1 de l'autoroute A66 traverse les départements de la Haute-Garonne et de l'Ariège sur une longueur de 23 km.

Le groupe Générale Routière a largement participé à la construction de cette autoroute. L'ensemble des travaux concernait en tranche ferme la réalisation de travaux de chaussées, d'assainissement de séparateurs en béton et de terrassements divers de la section 1 Montesquieu-Lauragais/Mazères (PK 0 à 23) de l'autoroute A66, ainsi que la bifurcation A66/A61 sous circulation, les accès de service et les accès aux bassins.

Une tranche conditionnelle concernait la réalisation des enrobés des V.R.D. de l'échangeur de Nailloux (parkings de la gare de péage).

Les terrassements complémentaires ont été réalisés par Guintoli Grands Travaux.

Les travaux de chaussée ont été réalisés par Routière Morin Grands Travaux et Arbex a réalisé l'assainissement et la pose des DBA, GBA et glissières métalliques sur les ouvrages de raccordement. Toutes ces entreprises font partie du groupe Générale Routière.

■ STRUCTURE DE CHAUSSÉE EN SECTION COURANTE

En section courante (entre Montesquieu-Lauragais et Mazères) la structure de chaussée adoptée par ASF est de type bitumineuse épaisse. Elle est constituée de plusieurs couches de matériaux bitumineux sur une plate-forme de classe PF 2 (module de rigidité > 80 MPa) en matériaux non traités et réalisée dans la phase terrassements (figures 2a et

2b). Ces couches bitumineuses se composent d'une couche de roulement en BBSG 0/14 (7 cm d'épaisseur), sur des couches d'assise en GB 0/14, (GB de fondation et base sur 11 et 10 cm).

Sur la bifurcation A66/A61, la structure adoptée comporte deux couches de GB 0/14 en 13 et 12 cm d'épaisseur et une couche de BBME 0/14 de 7 cm au lieu du BBSG 0/14 de la section courante.

Pour les ITPC, TPC et BAU en section courante, la structure se réduit à 7 cm de BBSG 0/14 sur 31 cm de GNT 0/20.

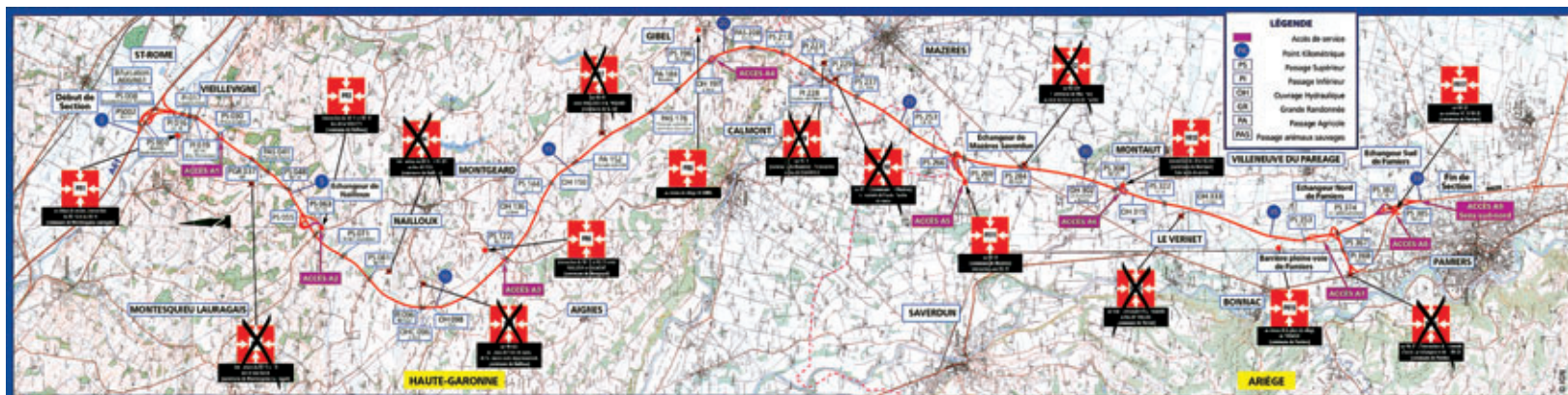
■ PARTICULARITÉS DU CHANTIER

Des matériaux d'origine différente ont été employés pour une même coupure granulaire : cette décision qui conduit à multiplier les contrôles de conformité a permis d'utiliser de manière rationnelle les moyens locaux en granulats et sables et d'optimiser les délais de production de chaque fournisseur. Par exemple la coupure 6/14 de la GB 3 provenait de deux origines distinctes, mais les granulats étaient gerbés sur le même stock. Cette pratique a été possible par l'engagement des fournisseurs de respecter le contenu d'une même fiche technique produit unique.

Ce chantier a été l'occasion d'appliquer intégralement les termes de la norme XP P18-540, ce qui était stipulé dans le DCE du marché. C'est aussi la première fois que des essais alternatifs ont été employés :

- ◆ l'indice de concassage a été remplacé par l'essai d'écoulement des sables et gravillons ;
- ◆ l'essai R.P.A. réalisé par le LRPC de Toulouse a été remplacé avantageusement l'essai traditionnel de C.P.A.

Figure 1
Carte du tracé de l'autoroute A66 - Map showing the route of the A66 motorway





Toulouse - Pamiers

■ AIRE DE STOCKAGE ET DE FABRICATION

Une aire de stockage des matériaux et de fabrication des enrobés (aire de Mazères Est) a été aménagée en bordure de l'autoroute.

Elle sera aménagée après travaux pour constituer une future aire de repos dans le sens Pamiers-Toulouse (photo 1).

■ LA COUCHE DE FORME EN GNT 0/150 ET LA COUCHE DE RÉGLAGE EN GNT 0/20

La couche de forme a été réalisée en GNT 0/150 prélevée sur différentes zones du chantier.

La couche de réglage en GNT 0/20 était constituée de matériaux alluvionnaires de l'Ariège de catégorie C III a (Ic = 100 %) qui provenait de plusieurs carrières et gisements : Le Vernet, Cintegabelle et Saverdun; la fiche technique produit des matériaux de chaque gisement devant respecter des spécifications uniques.

Pour chaque origine de matériaux, des essais Proctor et une planche d'essai spécifique ont été réalisés. Leur mise en œuvre a été réalisée selon chacune de leur origine par journée d'application. Enfin, des matériaux du site ont été réglés par rabotage (raboteuse CMI guidée par plate-forme laser). Ils ont été revalorisés et réemployés sur TPC et BAU en partie.

La mise en œuvre des GNT a été réalisée à la niveleuse Caterpillar 140G et le compactage était assuré par deux compacteurs à pneus type P5 et deux compacteurs vibrants Dynapac CA 51.

■ LES COUCHES DE FONDATION ET DE BASE EN GB 0/14

Le choix des matériaux s'est orienté vers des matériaux alluvionnaires de l'Ariège et des Sablières de Garonne communément employés dans la région et qui répondent aux spécifications de CCTP : catégorie C III a et Ic = 100 %.

La formulation des GB 0/14 de classe 3 appliquée sur le chantier est la suivante :

- ◆ 6/14 : 54 %;
- ◆ 2/6 : 17 %;
- ◆ 0/2 : 28 %;
- ◆ filler d'apport MEAC : 1 %;
- ◆ liant : bitume pur Total Fina Elf 35/50 : 4,75 ppc.

Fabrication des GB et du BBSG

Deux centrales d'enrobage ont été nécessaires pour réaliser la fabrication des bétons bitumineux : un poste Ermont TSM 25 Major de Routière Morin (photo 1) et un poste Ermont TSM 21 XL de l'en-

Figure 2a
Profil en travers type section courante

Typical cross section of standard section

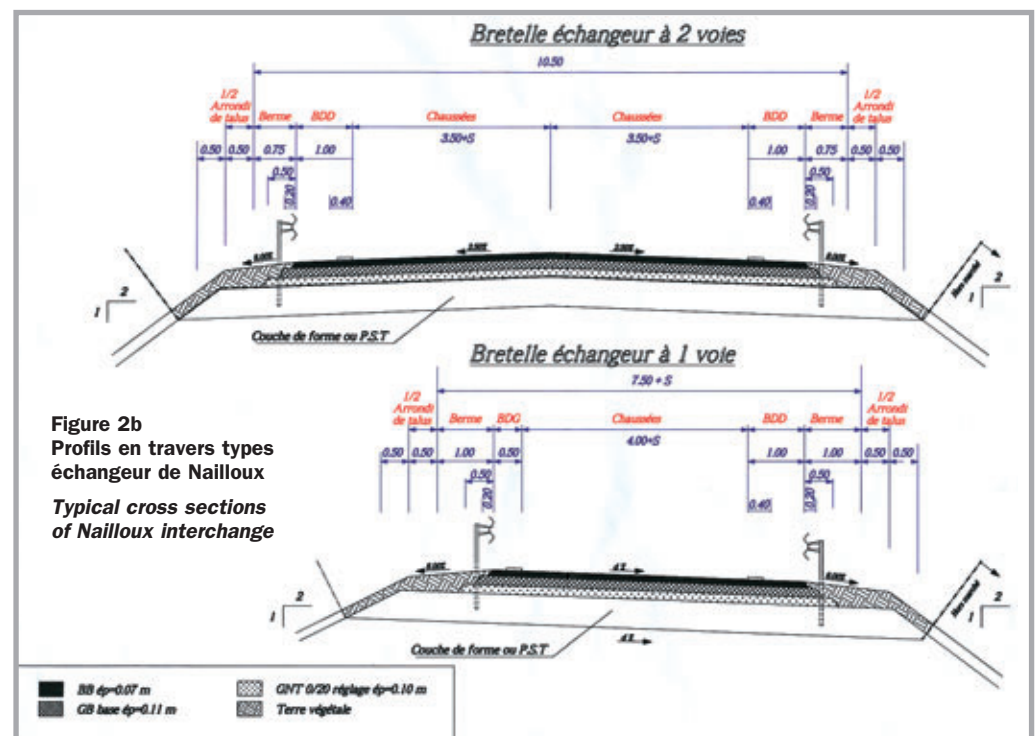
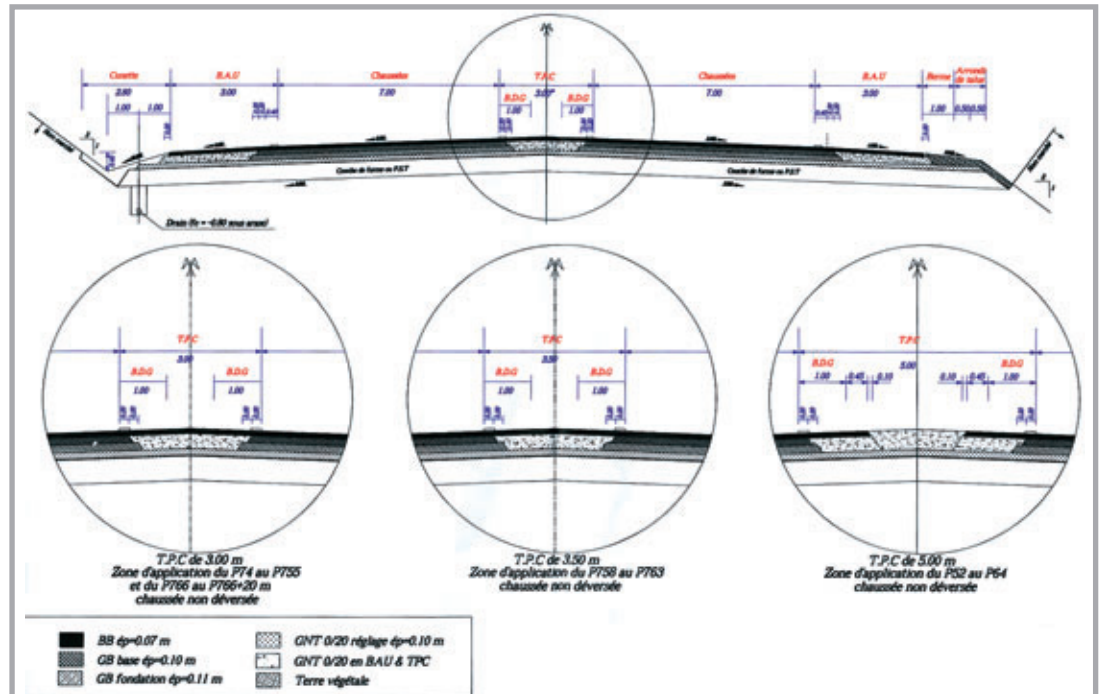


Figure 2b
Profils en travers types échangeur de Nailloux
Typical cross sections of Nailloux interchange



Photo 2
De haut en bas : vues d'ensemble de l'atelier de mise en œuvre (finisseur ABG Titan et alimentateur Franex) sur section courante + ITPC (GB de base)

From top to bottom : overall views of application equipment (ABG Titan paver finisher and Franex feeder) on standard section + central reservation gap (basic bituminous-bound graded aggregate)

reprise Lefoll qui réalisait la section suivante. Les cadences maximales étaient respectivement de 400 et de 300 t/h.

Mise en œuvre des GB 0/14 de fondation

La mise en œuvre a été réalisée par un finisseur ABG 525 Titan couplé à un alimentateur Franex, le finisseur étant guidé par poutres.

Ce dispositif d'alimentation en continu favorise l'homogénéité du matériau mis en œuvre et, notamment, la qualité de l'uni, du fait de l'absence d'arrêts du finisseur pendant une journée d'application.

La grave bitume était compactée par deux compacteurs Dynapac CC 522 (quatre passes en petite amplitude) et un compacteur Dynapac CC 501 (deux passes en petite amplitude).

L'ensemble de ces ateliers a permis de mettre en

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Société des Autoroutes du Sud de la France (ASF)

Maitre d'œuvre

Scetauroute, Direction opérationnelle de Toulouse, Direction de projet A66

Entreprise

Groupe Générale Routière : Routière Morin Grands Travaux, mandataire

Entreprises sous-traitantes

- Guintoli Grands Travaux (terrassements)
- Arbex (assainissement)
- SAT TP et 45^e Parallèle (transport)
- SAR (signalisation horizontale)
- BSS (balisage de chantier)

Fournisseurs

Etudes de formulation : laboratoire central Routière Morin à Ciry-Salsogne (02)

GB 0/14

- Granulats et sables : Sablières de Garonne et carrières d'Ariège (09)
- Bitume pur 35/50 Total Fina Elf

BBSG 0/14

- Granulats et sables : Sablières de Garonne et carrières d'Ariège (09)
- Bitume pur 35/50 Total Fina Elf

BBME 0/14

- Granulats et sables : Sablières de Garonne (09)
- Bitume pur 20/30 Viatotal, Total Fina Elf

GNT 0/20

- Le Vernet/Cintegabelle/Saverdun

œuvre un tonnage journalier moyen de 2772 t de GB 0/14 en fondation (couche de 11 cm).

Mise en œuvre des GB 0/14 de base (photos 2)

La mise en œuvre a été réalisée par un finisseur ABG 511 Titan couplé à un alimentateur Franex, le finisseur étant guidé par poutres de 18 m.

La GB était compactée par deux compacteurs à pneus Caterpillar PS 500 (quatre passes en petite amplitude) et deux compacteurs Dynapac CC 501 (quatre passes en petite amplitude).

L'ensemble de ces ateliers a permis de mettre en œuvre un tonnage journalier moyen de 2644 t de GB 0/14 en base (couche de 10 cm).

■ LA COUCHE DE ROULEMENT EN BBSG 0/14

Les matériaux utilisés provenaient des gisements alluvionnaires de la Garonne pour les granulats, et de l'Ariège pour le sable. Ces matériaux répondaient aux spécifications du CCTP : catégorie B III a et Rc \geq 2.

La formulation du BBSG 0/14 de classe 3 appliquée sur le chantier est la suivante :

- ◆ 10/14 : 28 % ;
- ◆ 6/10 : 26 à 27 % ;
- ◆ 2/6 : 20 % ;
- ◆ 0/2 : 25 à 26 % ;
- ◆ filler d'apport : 0 %.
- ◆ liant : bitume pur Total Fina Elf 35/50 : 5,13 à 5,20 ppc.

La fabrication de l'enrobé n'a nécessité que le seul poste Ermont TSM 25 Senior de Routière Morin.

Mise en œuvre des BBSG 0/14 de roulement

La mise en œuvre a été réalisée par un finisseur ABG 525 Titan couplé à un alimentateur Franex, le finisseur étant guidé par poutres. Le BBSG était compacté par quatre compacteurs Dynapac CC 501 (quatre passes en petite amplitude).

L'ensemble de ces ateliers a permis de mettre en œuvre un tonnage journalier moyen de 2838 t/j de BBSG 0/14 (couche de 7 cm).

Résultats d'essais de contrôle sur chantier :

- ◆ densités en place : 5,5 à 5,8 % de vides ;
- ◆ hauteurs au sable vraies : 0,8 mm en moyenne.

■ LA COUCHE DE ROULEMENT EN BBME 0/14

Les matériaux utilisés, identiques à ceux utilisés pour le BBSG répondaient aux spécifications de CCTP : catégorie B III a et Rc \geq 2.

Formulation du BBME 0/14 appliquée sur le chantier :

- ◆ 10/14 : 26 % ;
- ◆ 6/10 : 23 % ;
- ◆ 2/6 : 22,5 % ;
- ◆ 0/2 : 27,5 % ;
- ◆ filler d'apport : 1 % ;
- ◆ liant : bitume pur Viatotal 20/30 Total Fina Elf : 5,3 ppc.

Mise en œuvre du BBME 0/14 de roulement

La mise en œuvre a été réalisée par les finisseurs Voegelé 2500, Voegelé 1800 S et Dynapac F15 C. Le BBME était compacté par deux compacteurs Dynapac CC 522 (trois passes en vibrant + passes en lisse). L'ensemble de ces ateliers a permis de mettre en œuvre un tonnage journalier moyen de 587 t de BBME 0/14 (couche de 7 cm).

Résultats d'essais de contrôle sur chantier :

- ◆ teneur en fines totale moyenne = 6,2 % ;
- ◆ teneur moyenne en liant = 5,27 ppc ;
- ◆ teneur en vides moyenne = 5,7 %, écart type = 1 ;
- ◆ HS vraie = 0,67, écart type = 0,10 (72 valeurs).

■ LE RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

Comme on a pu le constater en particulier sur ce chantier, le respect de l'environnement constitue aujourd'hui une prestation à part entière, incontournable au même titre que la qualité et qui demande aux entreprises des moyens en organisation, en personnel mais surtout une motivation certaine afin que tous les exécutants soient sensibilisés à cette démarche commune avec le maître d'œuvre. Un manuel de respect de l'environnement (M.R.E.) a été mis au point par l'entreprise, puis soumis à l'approbation du maître d'œuvre.

Conçu sous la forme d'un PAQ, il précise les mesures adoptées par l'entreprise et ses sous-traitants en matière de prévention et d'organisation interne pour limiter l'impact des travaux sur l'environnement du chantier.

Comme le PAQ, le M.R.E. présente un caractère évolutif en fonction de l'expérience acquise au fur et à mesure de l'avancement du chantier.

■ CONCLUSIONS

Comme sur beaucoup d'autres chantiers grands travaux, une synergie efficace entre entreprises et maître d'œuvre permet d'optimiser les rendements et de réaliser des travaux de qualité dans les meilleurs délais.

L'emploi rationnel de productions locales de matériaux a été rendu possible par l'adoption de

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- **Grave bitume 0/14** :
 - fondation : 101 000 t
 - base : 97 500 t
- **Béton bitumineux semi-grenu 0/14** : 99 000 t
- **Béton bitumineux à module élevé** : 2 750 t
- **Grave non traitée 0/20** pour couche de forme et grave non traitée 0/20 pour BAU + TPC : 200 000 t

A66 - New Toulouse-Pamiers link

Y. Meunier

The A66 motorway will link Toulouse (A61 motorway) to Pamiers over about 40 km for which a franchise has been granted to Autoroutes du Sud de la France (ASF). This new link will constitute an alternative route between Toulouse and Foix, relieving the RN 20 highway.

The pavements for section 1, located between Montesquieu-Lauragais and Mazères, were constructed by companies of the Générale Routière group. The structure, of the "thick bituminous" type, consists of two bedding courses of bituminous-bound graded aggregate and one wearing course of semi-rough asphalt concrete, all this on a roadway of PF 2 class. The feature of this site is that materials from different origins were used to supply stocks by particle size grading. This approach, which was based on full application of French standard XP P18-540, enabled rational use to be made of the local aggregate and sand resources while optimising production times for each supplier.

Alternative tests were employed :

- The index of crushing was replaced by the sand and gravel flow test;
- The R.P.A. accelerated polishing test performed by the LRPC Toulouse laboratory replaced to good effect the traditional PSV test.

This industrial type site required specific actions to meet the project manager's requirements with regard to quality and environmental protection aspects.

A66 - Nuevo enlace Toulouse - Pamiers

Y. Meunier

La autopista A66 pondrá en comunicación Toulouse (autopista A61) con Pamiers sobre, aproximadamente, 40 km concedidos a la empresa Autoroutes du Sud de la France (ASF). Este nuevo enlace habrá de constituir un itinerario alternativo entre Toulouse y Foix duplicando así la carretera nacional RN 20. Los pavimentos de la sección 1, situada entre Montesquieu-Lauragais y Mazères se han ejecutado por parte de las empresas constructoras del grupo Générale Routière. La estructura del tipo "bituminosa espesa" está formada por dos capas de base GB y una capa de rodadura (pavimento) de hormigones bituminosos semigranulares, y todo ello sobre una plataforma de clase PF 2. La particularidad de estas obras consiste en que los materiales de distinto origen se han utilizado para alimentar los stocks por fracciones granulares. Este enfoque, que se fundaba en una aplicación completa de la norma XP P18-540 ha permitido utilizar de forma racional los medios locales en cuanto a áridos y arenas y optimizar los plazos de producción de cada proveedor.

Se ha procedido a pruebas alternativas, o sea :

- el índice de fragmentación se ha sustituido por la prueba de fluencia de las arenas y gravillas;
- la prueba de Resistencia al Pulido Acelerado (R.P.A.) realizada por el LRPC de Toulouse ha venido a sustituir ventajosamente a la prueba tradicional de Coeficiente de Pulido Acelerado (C.P.A.).

Estas obras de características industriales han precisado acciones específicas para atenerse a los requerimientos de la entidad contratante en los aspectos de la calidad y de protección del medio ambiente.

mesures particulières basées sur l'application de la norme XP P18-540.

Le niveau d'exigence de la maîtrise d'œuvre a permis à Routière Morin sur ce chantier de se remettre en cause et d'affiner ainsi ses démarches qualité et environnement.

Cette remise en question dans l'objectif de faire toujours mieux dans les meilleurs délais avec une utilisation optimale des matériaux locaux est la meilleure façon de progresser.

Autoroute A85 Tours/Vierzon

Section Villefranche-sur-Cher/Vierzon

Alain Revault
DIRECTEUR DES ETUDES
Société de Construction d'Autoroutes de l'Ouest
(SCAO)

Gérard Alexis
CHEF DE PROJET
Société de Construction d'Autoroutes de l'Ouest
(SCAO)

Fin octobre 2001, Cofiroute, concessionnaire de cette autoroute a mis en service sa première section Villefranche-sur-Cher/Vierzon qui engage par l'est le maillage transversal de A85 Angers/Tours/Vierzon déjà en partie en service à l'ouest entre Angers et Bourgueil sur 55 km.

Cette section, d'une longueur de 22 km, assure la liaison entre l'autoroute A71 Orléans/Bourges et la RD 922 (depuis une bifurcation située au nord immédiat de Vierzon sur la commune de Theillay jusqu'au premier échangeur à Villefranche-sur-Cher). La liaison vers Blois se fait ensuite par la RD 765, et la continuité vers Tours est temporairement assurée par la RN 76.

La continuité vers l'ouest est en cours de travaux sur 32 km jusqu'à la vallée du Cher à Saint-Romain-sur-Cher, elle devrait être mise en service à la fin 2003. Au delà vers Tours jusqu'à la jonction avec A85 Angers/Tours, également en travaux, les concertations sont faites, les tracés arrêtés et les procédures d'enquêtes publiques engagées (parcellaire, loi sur l'eau...).

Il aura fallu 5 ans et demi entre les premières réunions de concertation en communes et la mise en service. La collaboration des communes, du Conseil général de Loir-et-Cher, des services de l'Etat dans le département et les associations de riverains, d'élus et du monde agricole aura permis de trouver un compromis satisfaisant entre les justes inquiétudes des riverains, les besoins de l'économie locale et l'équilibre financier du projet.

Comme toutes les autoroutes dites d'aménagement du territoire, cette section supportera un trafic durablement faible (TMJA inférieur à 10 000 véh./j dans 10 ans). Aussi, fidèle à sa tradition d'investissement progressif, Cofiroute a décidé de réaliser en accord avec la Direction des Routes, un profil en travers réduit (voies rapides de 3,00 m), des accotements stabilisés jusqu'au premier rechargement, des aires de repos minimales et une structure de chaussée évolutive.

■ GÉNÉRALITÉS

Cofiroute poursuit la réalisation de sa seconde génération d'autoroutes dites d'aménagement du territoire. Après la section ouest Corzé/Bourgueil de l'A85 Angers/Tours (55 km) arrêtée aux portes de Langeais et mise en service en 1997, puis l'ouverture progressive de l'A28 Alençon/Le Mans/Tours en service entre Alençon Nord et Ecommoy depuis juin 2001 (87 km), Cofiroute engage la réalisation de A85 Tours/Vierzon par l'est en ouvrant la première section Villefranche-sur-Cher/Vierzon de 22 km de longueur (figure 1).

L'autoroute Tours/Vierzon a fait l'objet d'une déclaration d'utilité publique (12 juillet 1995) et a été concédée à Cofiroute par décret du 26 septembre 1995.

Comme sur l'ensemble de son réseau, Cofiroute confie par des marchés forfaitaires, la maîtrise d'œuvre et les travaux aux sociétés SCAO à Nanterre et Socaso à Antony qui regroupent ses entreprises actionnaires, respectivement Colas, Eiffage, GTM Terrassement et VINCI. C'est la société SCAO qui a réalisé la présente section.

Les nouvelles générations d'autoroutes supporteront des trafics faibles (de 6000 à 10000 véh./jour aux horizons 2010-2020) et sont conçues avec des

caractéristiques réduites en terme de géométrie et de structure mais avec des mesures de protections de l'environnement particulièrement importantes conformes aux orientations actuelles (protections acoustiques, aménagements paysagers, préservation des milieux naturels...).

■ LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

Cette section se développe intégralement en partie sud-ouest de la Sologne, région caractéristique au relief peu marqué, fortement boisée mais très humide avec un habitat très diffus. Ce milieu naturel particulier marque nettement le projet où la géométrie (conforme à l'ICTAAL 1985 pour une vitesse de catégorie L120) est fluide, le réseau hydraulique complexe et le paysagement très lié aux boisements (photo 1).

Tracé en plan

Le tracé est très tendu avec de grands alignements droits, il ne présente pas de point particulier, le rayon minimal est de 1 800 m, aucune zone déversée n'a été nécessaire.



Figure 1
Tracé de la section
Layout of the section



Photo 1
Ambiance de milieu boisé
Wooded environment atmosphere

Photos 2 et 3
Passages supérieurs
à deux et quatre travées
Overpasses
with two and four spans



Profil en long

Le relief de Sologne est peu marqué. Le profil en long ne présente pas de pente importante, il est majoritairement en remblai du fait des fortes contraintes hydrauliques et de la mauvaise qualité des matériaux de surface. Seules deux zones d'environ 2 à 3 km présentent un relief suffisamment marqué permettant des déblais de l'ordre de 7 m. Des élargissements paysagers de ces déblais ont d'ailleurs permis de couvrir sensiblement les besoins en matériaux du projet.

Profil en travers

L'autoroute est du type 2 x 2 voies. Son profil en travers type comporte un aménagement réduit particulier :

- ◆ 2 chaussées de 6,50 m (3,50 m pour la voie lente + 3,00 m pour la voie rapide) ;
- ◆ 1 terre-plein central (TPC) de 2,80 m revêtu, équipé de glissières métalliques doubles, ménageant une bande dérasée de gauche minimale de 1,00 m respectant ainsi la "règle" des 4 m du bloc de gauche ;
- ◆ 2 accotements stabilisés de 2,50 m ;
- ◆ 2 bermes engazonnées de 1 m.

Il en résulte une plate-forme de 22,80 m de large. Ce profil en travers évolutif permettra de réaliser ultérieurement une plate-forme de 2 x 2 chaussées de 7 m avec bandes d'arrêt d'urgence de 2,50 m. Les ouvrages d'art sont dimensionnés pour permettre la réalisation du profil définitif normal.

Le gabarit minimum réglementaire sous ouvrage, sur l'autoroute est de 4,75 m. Il est de 5,00 m à

la construction pour tenir compte des rechargements ultérieurs de la chaussée évolutive.

Echangeurs

Un échangeur avec le réseau routier est réalisé en extrémité ouest avec la RD 922 à Villefranche-sur-Cher. Il assure la liaison vers Tours par la RN 76 et vers Blois par la RD 765.

A l'est, la section se raccorde à l'autoroute A71 Orléans-Bourges en service, au nord de l'échangeur de Vierzon, par une bifurcation autoroutière orientée vers le sud. Elle assure tous les mouvements en direction de Vierzon et d'Orléans.

Centre d'exploitation

Cette section n'en comporte pas, elle est exploitée à partir du centre de Vierzon Nord d'A71. Lors du prolongement vers l'est en direction de Tours, un centre sera implanté à Saint-Romain-sur-Cher et les limites d'exploitation seront alors réajustées.

Aires annexes

Un couple d'aires de repos est implanté sur la commune de Châtres-sur-Cher. Il est réalisé en première phase en configuration réduite adjacente à l'autoroute (14 places de stationnement pour VL dont deux handicapés et trois pour PL) avec toutes les fonctionnalités sanitaires habituelles. Il pourra être étendu ultérieurement en fonction des besoins du trafic.

Le péage

De type fermé en extension à celui de A71 existant, la gare de péage de l'échangeur de Villefranche-sur-Cher assure la distribution des tickets en entrée et le paiement en sortie.

A noter l'implantation nouvelle sur le réseau Cofiroute de "maxi-cabines" sur la gare de péage et d'un bâtiment technique annexe, solution retenue pour les gares à faible trafic.

LES TERRASSEMENTS

Le tracé est constitué de cinq déblais et de cinq remblais ainsi que de quelques zones rasantes de faible extension. Il n'y a pas de grand déblai sur cette section, la profondeur maximale est de 7,00 m environ. En période humide, la nappe des sables de Sologne est affleurante ou sub-affleurante dans toutes les zones basses.

Les terrains rencontrés sont principalement constitués :

- ◆ de sables limoneux superficiels surmontant des sables argileux (sables de Sologne), formant l'assise des remblais et la couverture des déblais ;

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

Terrassements

- Décapage : 400 000 m³
- Déblais en remblai : 1 820 000 m³
- Déblais en dépôts et merlons : 380 000 m³

Ouvrages

- 17 passages supérieurs (PS)
- 6 passages inférieurs (PI)

Chaussées

- Matériaux bitumineux : 194 000 t
- Couche de fondation traitée : 152 000 m³

- ◆ d'argiles sableuses dans la partie supérieure des déblais ;
- ◆ d'argiles à silex plus ou moins graveleuses, parfois plastiques ou spongolithiques dans la partie inférieure des déblais ;
- ◆ d'argiles et calcaires marneux, localisés en milieu de tracé, en fond de remblais et en zones rasant.

Le volume des déblais réutilisables en remblais étant insuffisant, le complément provient essentiellement de deux grands déblais dans lesquels des modelés paysagers latéraux ont été réalisés. Les déblais impropres ont été mis en dépôt sous forme de modelés paysagers. L'implantation de ces modelés a été définie en concertation avec les riverains afin de réduire l'impact acoustique de l'ouvrage au droit des habitations.

Les zones humides ou compressibles du sol support ont fait l'objet d'une substitution systématique. Les principales quantités mises en service sont :

- ◆ décapage : 400 000 m³ ;
 - ◆ déblais mis en remblais : 1 820 000 m³ ;
 - ◆ déblais mis en dépôts et merlons : 380 000 m³.
- Lors des études géotechniques détaillées, il a été trouvé dans le grand déblai ouest plusieurs poches de sable argileux mio-pliocène (formation des sables de Sologne) pouvant fournir un volume de 150 000 à 200 000 m³ de matériaux réutilisables en assise de chaussée (couche de fondation de la chaussée). Les caractéristiques d'acceptabilité des sables traités ont été les suivants :

- ◆ classe de performances mécaniques (normes NF P 98-113 et NF P 98-114-2) ≥ 1 ;
- ◆ gonflement au gel (normes NF P 98-234-2) non gélif.

L'étude a été menée conformément à la norme NF P 98-114-2 "Méthodologie d'étude en laboratoire des matériaux traités aux liants hydrauliques", complétée par les essais d'aptitude au traitement et de tenue au gel-dégel.

L'essentiel des essais a été réalisé par le laboratoire central de GTM Terrassement, les essais spéciaux tels que la tenue gel-dégel ont été confiés à des laboratoires extérieurs (LRPC de Nancy en particulier). La solution retenue a été la suivante :

- ◆ sélection et prétraitement effectué au moins 28 jours à l'avance avec 1 % de chaux vive ;
 - ◆ traitement avec 6 % de Rolac 645 (contenant plus de 80 % de laitier de haut-fourneau).
- Pour la formulation retenue, les caractéristiques mécaniques à 360 jours étaient les suivantes : $R_{tb} = 0,27$ MPa et $E = 3900$ MPa.

Un plan de contrôle a été soigneusement élaboré et appliqué et les résultats obtenus sont conformes aux objectifs fixés.

Le traitement a été effectué en centrale et le réglage de la couche de sable-ciment a été réalisé à l'aide d'un rotograde guidé par un ordinateur qui calcule la trajectoire à l'aide des données reçues des satellites (GPS).



Photo 4
Passage animaux sauvages (PAS)
Game passage

LES OUVRAGES D'ART

La section courante comporte 16 passages supérieurs (PS) réalisés en dalle pleine précontrainte sur étaie avec ou sans passe charretière suivant les contraintes de chantier. Ils sont à deux ou quatre travées suivant la configuration du site (photos 2 et 3). Un passage inférieur pour piétons en cadre préfabriqué a été réalisé pour rétablir un chemin de randonnée. Quatre passages pour la grande faune (PAS) ont été également mis en œuvre. Ils sont de type portique double en béton armé avec un tablier évasé pour assurer un passage naturel en "diabolo" favorable à leur fréquentation (photo 4). Un ouvrage innovant, réalisé dans le cadre de la Charte innovation ouvrages d'art de la Direction des Routes a également été réalisé par GTM Construction. Il s'agit d'un passage supérieur mixte, constitué de poutres métalliques couvertes par un hourdis en béton précontraint présentant deux particularités : l'emploi d'un béton précontraint à hautes performances et la mise en œuvre différée de la liaison béton-acier pour limiter les contraintes de retrait.

Enfin, la bifurcation de Theillay comporte cinq ouvrages particuliers (photo 5) :

- ◆ deux ouvrages à quatre travées à poutres béton préfabriqué type PRAD réalisés sur l'autoroute A71 en service ;
- ◆ trois ouvrages isostatiques à tablier mixte acier-béton fondés sur culées en terre armée sur la voie ferrée Paris/Clermont-Ferrand jouxtant l'A71.

LES CHAUSSÉES

Conformément à la politique d'aménagement progressif adoptée depuis l'origine par Cofiroute, les chaussées ont une structure évolutive. Les rechargements sont adaptés au trafic réellement supporté et l'investissement est ainsi étalé dans le temps.

La chaussée initiale étant du type chaussée mixte, la méthode de dimensionnement de ce type de chaussée a dû être adaptée à l'aménagement progressif.

La structure à la mise en service est la suivante :

- ◆ 6 cm de béton bitumineux (BB) ;



Photo 5
Ouvrages de la bifurcation de Theillay
Civil engineering structures
for the Theillay junction

Photo 6
Modèle
des déblais élargis
Surface pattern
of enlarged earth cuts



- ◆ 12 cm de grave bitume (GB);
- ◆ 35 cm de sable ciment (SC).

La plate-forme est classée PF2, ce qui a nécessité sur la majeure partie de la section, le traitement à la chaux de l'arase jusqu'à 40 cm pour garantir une arase AR2 par tous temps.

Les quantités mises en œuvre sont les suivantes :

- ◆ 152 000 m³ de sable traité en couche de fondation;
- ◆ 132 000 t de grave-bitume en couche de base;
- ◆ 62 000 t de béton bitumineux en couche de roulement.

■ L'ENVIRONNEMENT

Archéologie

Une prospection systématique a été effectuée avant le début des travaux, suivie de fouilles sur des sites particulièrement intéressants. Parmi ceux-ci, les découvertes remarquables sont :

- ◆ à Mennetou-sur-Cher (Les Barres) : un tumulus et les vestiges d'un bâtiment en bois qui ont livré des silex taillés, les restes de trois statuettes en terre cuite, une hache polie et une importante collection de céramiques des XIII^e - XV^e siècles;
- ◆ à Châtres-sur-Cher (Les Augeries), à Villefranche-sur-Cher (Les Fontaines), à Theillay (Les Petits Bois), les fouilles ont permis de mettre au jour :
 - des vestiges d'une exceptionnelle maison en bois,
 - plusieurs amas de débitage de silex,
 - quelques vases en céramique,
 - une habitation du Moyen Age avec enclos, fossés et fosses.

Hydraulique

Les rétablissements des cours d'eau franchis par l'autoroute, s'effectuent grâce à une vingtaine d'ouvrages hydrauliques. Les eaux de ruissellement de l'autoroute sont traitées avant rejet dans le milieu naturel. Ces dispositions sont étudiées et réalisées dans le cadre de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et de ses décrets d'application. En particulier les eaux de ruissellement de l'autoroute sont recueillies et décantées (matières en suspension et métaux lourds) dans des bassins de rétention (22 unités),

ou des fossés stockeurs. Elles sont ensuite rejetées dans le milieu naturel avec un débit contrôlé, après passage dans un ouvrage de vidange à cloison siphonée et vanne de fermeture permettant de piéger une pollution accidentelle.

Bruit

Les ouvrages de protection acoustique sont dimensionnés dans l'hypothèse du trafic prévisible à l'horizon 2010 sur cette section soit 9400 véh./jour, dont 20 % de poids lourds. Ces protections répondent à la réglementation actuelle, et conduisent à ce que, pour aucun site, la contribution sonore due à l'autoroute A85 ne dépasse 60 dB (A) de jour (6 h - 22 h) et 55 dB (A) de nuit (22 h - 6 h). Compte tenu de la faible densité de construction rencontrée le long du tracé, seuls trois sites sont traités par merlons en terre d'une longueur totale de 1520 m dont un comporte une partie en écran acoustique. Des aménagements complémentaires pourront éventuellement être réalisés si l'évolution du trafic était telle que les seuils de bruit réglementaires (cités ci-dessus) se trouvaient dépassés.

Faune - Flore

Les dispositions mises en œuvre pour protéger la faune et la flore comprennent principalement :

- ◆ deux mares de substitution équipées de dispositifs de protection des batraciens. Elles ont été réalisées au début des travaux;
- ◆ cinq ouvrages spécifiques ainsi que trois ouvrages hydrauliques mixtes permettant le passage de la petite faune sous l'autoroute;
- ◆ un ouvrage pour les randonneurs, réalisé sous l'autoroute, assurant également le passage de la petite faune;
- ◆ quatre passages pour animaux sauvages (P.A.S) en passage supérieur en forme de "diabolo", limitant l'effet de coupure de l'autoroute sur les populations des grands animaux.

Paysage

Le traitement du paysage (modèles des terrassements, enherbements et plantations) a été confié à Bernard Lassus.

Le risque de monotonie engendré par une région relativement peu accidentée et très boisée (la Sologne), a été diminué par l'aménagement des élargissements d'emprises en déblais évoqués précédemment. Cet aménagement a consisté à introduire des variations dans les pentes avec des mouvements amples allant du convexe au concave et inversement. Bernard Lassus s'est toujours efforcé de raccorder le terrassement aux courbes de niveau du terrain existant, de telle sorte que ce modèle artificiel apparaisse à terme tout à fait naturel (photo 6).

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Cofiroute

Maitre d'œuvre

SCAO

Entreprises (travaux réalisés en système intégré)

Terrassements et ouvrages d'art :

- GTM Terrassement
- GTM Construction
- Fougerolle Ballot
- Blandin

Chaussées :

- Colas Centre Ouest
- Appia



Photo 7
Gare de péage de Villefranche-sur-Cher
Villefranche-sur-Cher toll plaza

L'enherbement, outre le fait qu'il contribue à la tenue des pentes, évite également l'impression d'uniformisation par le choix des herbacées semées. En effet, le choix des mélanges de graines est lié aux différents contextes longés par la voie. Ainsi, les herbacées jouxtant des prairies ne seront pas les mêmes que celles proches des parties boisées ou elles doivent favoriser l'émergence et la perpétuation des boisements ainsi que la reconstitution des lisières.

En ce qui concerne les arbustes et les arbres, indépendamment des surfaces entièrement contrôlées, par exemple les échangeurs traités en "jardins", ceux-ci servent le plus souvent à mettre en valeur les résultats des terrassements et la qualité sensible des pentes. De temps à autre, ici ou là, un ou quelques arbres peuvent rompre les masses arbustives et introduire une autre échelle de hauteur. Afin de marquer les vues qui seront choisies par les études liées au 1 % Paysage, un principe d'encadrement par deux bosquets d'importance et d'essence différentes pourra être réalisé de chaque côté de la perspective.

Architecture

L'architecture de l'ensemble des ouvrages ainsi que celle de la gare de péage de Villefranche (photo 7) et des bâtiments des aires de repos ont été confiées à l'agence architecture Neel de Courbevoie.

LE COÛT DE L'OPÉRATION

Le coût de réalisation de cette section d'autoroute intégralement pris en charge par le concessionnaire s'élève à 131 M€ TTC en euro courant, soit environ 6 M€ TTC par kilomètre.

La décomposition des dépenses est la suivante :

- ◆ études et travaux : 117 M€ ;
- ◆ foncier et remboursements : 6 M€ ;
- ◆ archéologie : 3 M€ ;
- ◆ divers (équipements...) : 5 M€ ;

Total : 131 M€.

ABSTRACT

A85 motorway Tours/Vierzon. Villefranche-sur-Cher/Vierzon section

A. Revault, G. Alexis

At the end of October 2001, Cofiroute, franchise operator of this motorway, commissioned its first section, Villefranche-sur-Cher/Vierzon, which enters from the east the A85 Angers/Tours/Vierzon transverse mesh already partly in operation to the west between Angers and Bourgueil over 55 km.

This section, 22 km long, links up the A71 motorway Orléans/Bourges and the RD 922 highway (from a junction located immediately north of Vierzon in the commune of Theillay up to the first interchange at Villefranche-sur-Cher). A link towards Blois is then provided via the RD 765 highway, and the road continues toward Tours temporarily via the RN 76 highway.

Work is in progress on the western extension over 32 km up to the Cher Valley at Saint-Romain-sur-Cher, which should be commissioned by end 2003. Beyond this, toward Tours up to the junction with the A85 Angers/Tours, also undergoing works, consultation has been performed, the routes have been defined and the public enquiry procedures are under way (land register, water legislation, etc.).

Five and a half years went by between the first local consultation meetings in the communes and commissioning. Through collaboration by the communes, the "Conseil général" of Loir-et-Cher, state services in the region and the associations of frontagers, elected officials and the agricultural world, a satisfactory compromise was able to be found between the legitimate concerns of the frontagers, the needs of the local economy and the project's financial balance.

As for all so-called national development motorways, the traffic on this section will remain light (less than 10,000 vehicles/day on average in 10 years' time). So, faithful to its tradition of gradual investment, Cofiroute decided, by agreement with the "Direction des Routes" road authority, to create a reduced cross section (fast lanes 3.00 m wide), road shoulders stabilised up to the first resurfacing, minimal rest areas and an evolving pavement structure.

RESUMEN ESPAÑOL

Autopista A85 Tours/Vierzon. Sección Villefranche-sur-Cher/Vierzon

A. Revault y G. Alexis

A finales de octubre de 2001, Cofiroute, concesionaria de esta autopista ha puesto en servicio su primera sección Villefranche-sur-Cher/Vierzon que penetra por el este el mallado transversal de la A85 Angers/Tours/Vierzon ya en servicio, en parte, por el oeste entre Angers y Bourgueil sobre una distancia de 55 km.

Esta sección, de una longitud de 22 km, permite el enlace entre la autopista A71 Orléans/Bourges y la carretera departamental RD 922 (desde una bifurcación situada hacia el norte inmediato de Vierzon en el municipio de Theillay hasta el primer enlace en Villefranche-sur-Cher). El enlace hacia Blois se efectúa a continuación por la RD 765, y la continuidad hacia Tours se obtiene provisionalmente por la carretera nacional RN 76.

La continuidad hacia el oeste se encuentra en curso de construcción sobre 32 km hasta el valle del Cher a Saint-Romain-sur-Cher, y debería entrar en servicio a finales de 2003. Más allá, hacia Tours hasta el enlace con la autopista A85 Angers/Tours, también en construcción, se han obtenido ya las concertaciones, los trazados decididos y los procedimientos de encuestas públicas comenzados (parcelaciones, ley del agua, etc.).

Así, habrán transcurrido cinco años y medio entre las primeras reuniones de concertación con los municipios y la puesta en servicio. La colaboración de los municipios, de la Diputación provincial de Loir-et-Cher, de los servicios del Estado en el departamento y las asociaciones de vecinos, del personal político y del mundo agrícola habrá permitido así encontrar un compromiso satisfactorio entre las justas incertidumbres del vecindario, las necesidades de la economía local y el equilibrio financiero del proyecto.

Así como ocurre en todas las autopistas denominadas de "ordenación del territorio", esta sección habrá de soportar un tráfico sosteniblemente reducido (TMDA inferior a 10.000 vehículos diarios en 10 años). Por todo ello, siempre fiel a su tradición de inversiones progresivas, Cofiroute ha tomado la decisión de ejecutar, de acuerdo con la Dirección de Carreteras, un perfil transversal reducido (canales rápidos de 3,00 m), arcenes afirmados hasta la primera recarga, áreas de descanso mínimas y una estructura evolutiva del firme.

Le bouclage de l'A86

L'autoroute A86 est la seconde rocade de l'Île-de-France. La construction de la dernière section entre Rueil-Malmaison, Versailles et Bailly est maintenant commencée et l'Etat a attribué ce projet qui comporte deux tunnels en concession à Cofiroute.

Ce grand chantier se déroule presque exclusivement en sous-sol. Les travaux en cours réalisés par Socatop concernent en première phase le tunnel Est, long de 10 km. Ce tunnel à deux niveaux de circulation est exclusivement réservé aux véhicules légers. Il a un diamètre intérieur de 10,40 m pour un diamètre d'excavation de 11,56 m. Le tunnelier, à confinement mixte, peut fonctionner à pression de terre ou à pression de boue. Deux mille mètres ont été creusés fin janvier 2002.

Il y a également trois échangeurs et neuf puits à construire, avec des contraintes environnementales très importantes.

Les puits situés latéralement par rapport au tunnel, ont des profondeurs allant jusqu'à 100 m. Ils sont réalisées en paroi moulée dans les zones des sables de Fontainebleau, et en blindage traditionnel ailleurs.

L'échangeur A13 relie le tunnel avec l'autoroute A13 et la voirie locale. C'est un ouvrage complexe à plusieurs niveaux en tranchée couverte, construit entre parois moulées ou berlinoises. L'autoroute A13 a été dévié sur 750 m pour la construction de cinq bretelles enterrées. La boîte de raccordement au tunnel qui contient les unités de ventilation sera utilisée pour la sortie du tunnelier.

Les travaux engagés au sud sur le site de l'échangeur de Pont Colbert, consistent dans un premier temps à préparer la zone qui accueillera le tunnelier fin 2002.

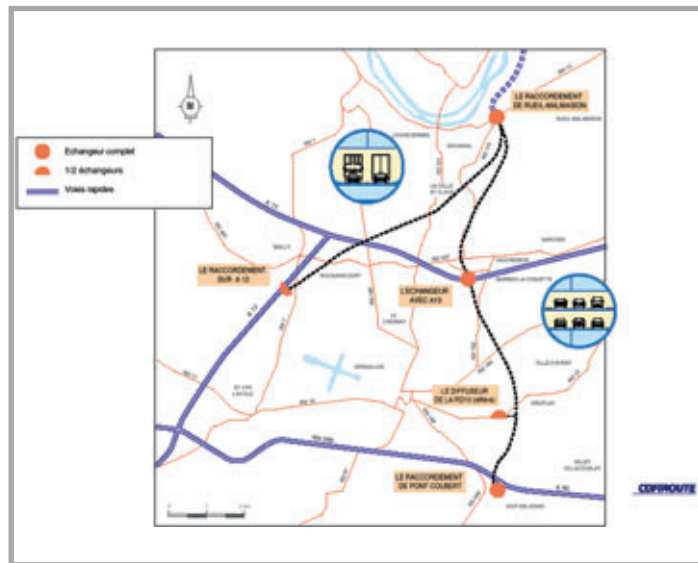


Figure 1
Plan général de situation
General location drawing

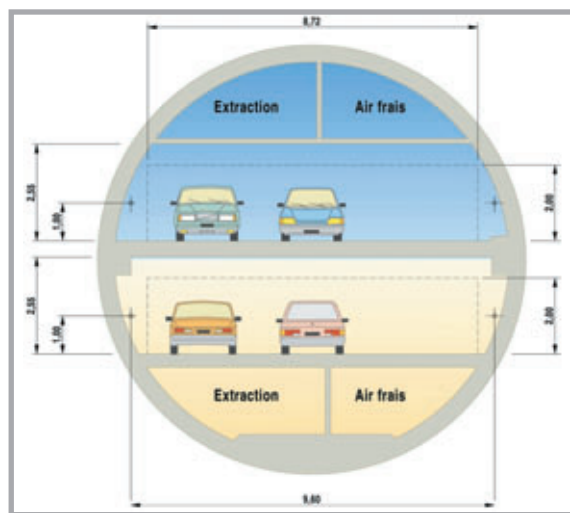
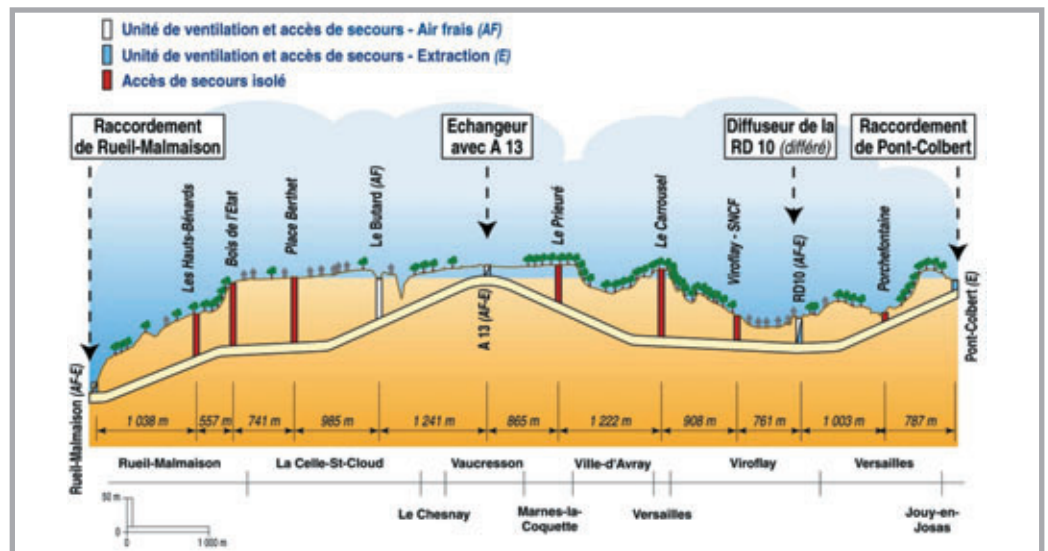


Figure 2
Tunnel Est - Coupe type
Eastern tunnel - Typical cross section

Figure 3
Le profil en long
Longitudinal section



L' autoroute A86 est la seconde rocade de l'Île-de-France, à 10 km environ du boulevard périphérique parisien. Elle est en service sur l'ensemble de son itinéraire à l'exception de la section d'une dizaine de kilomètres située entre Rueil-Malmaison et Versailles Sud. Cette section, réalisée en totalité en souterrain, est maintenant en cours de travaux.

En effet, l'importance du trafic en Île-de-France et les perspectives de son accroissement rendent indispensable la réalisation de ce maillon manquant, déclarée d'utilité publique par décret du 8 décembre 1995. Il permettra à l'A86 d'assurer plus efficacement sa vocation : compléter le boulevard périphérique parisien, faciliter les déplacements entre banlieues, alléger la circulation sur les voiries locales. La solution souterraine retenue par l'Etat, répond à la double exigence d'améliorer sensiblement et durablement les conditions de circulation, et de préserver l'environnement et le cadre de vie de l'Ouest parisien.

à l'ouest

Suite à un appel d'offres pour la conception et la réalisation de ce projet en concession l'Etat a choisi un concessionnaire Cofiroute qui puisse prendre à sa charge la totalité du financement et la construction du projet et qui en assure l'exploitation et l'entretien.

La durée de la concession est de 70 ans après la mise en service complète des deux tunnels. Les tarifs de péage seront modulables suivant l'horaire des passages.

Ce projet complexe est un ouvrage majeur qui intéresse beaucoup tous les pays confrontés à des problèmes similaires de circulation et d'environnement. Cofiroute a confié la maîtrise d'œuvre du projet et la réalisation des travaux à Socatop (Société de construction de l'autoroute de traversée de l'Ouest parisien) regroupant les entreprises Vinci Construction Grands Projets, GTM Génie civil et Services, Eiffage TP, Eurovia et Colas.

■ DEUX TUNNELS

Deux tunnels séparés, avec une extrémité commune à Rueil-Malmaison, constituent l'A86 à l'ouest. Le tunnel Est, long de 10 km, est exclusivement réservé aux véhicules légers. Il se raccorde à l'A86 et à la RN286 au sud de Versailles (Pont Colbert), avec un point d'échange intermédiaire avec l'autoroute A13, à Vaucresson et au Chesnay. Un autre échangeur, rejoignant l'avenue de Paris à Versailles (RD10), est prévu ultérieurement.

Le tunnel ouest, long de 7,5 km, accepte tous les véhicules dont les poids lourds. Il aboutit à l'autoroute A12, à la hauteur de Bailly, au sud du triangle de Rocquencourt (figure 1).

■ LE TUNNEL EST

Dans un même tube, le tunnel Est comporte deux chaussées superposées à deux voies + BAU chacune, pouvant être mises à trois voies ultérieurement en fonction de l'évolution du trafic. Les deux niveaux – un dans chaque sens – sont totalement indépendants et étanches. Chaque niveau est partagé en deux espaces, un pour le trafic, l'autre pour la ventilation. Le diamètre intérieur du tunnel est de 10,40 m. La hauteur maximale des véhicules acceptés – 2 m – autorise la circulation de la quasi-totalité du parc des voitures particulières et commerciales circulant en France.

Sa profondeur varie de 20 à 80 m. Tracé entre Rueil-

Malmaison et Versailles, le tunnel Est passe successivement sous les communes de La Celle-Saint-Cloud, Vaucresson, Le Chesnay, Marnes-la-Coquette, Ville d'Avray, Viroflay, Versailles et Jouy-en-Josas. La pente maximale est de 4,5 % et la vitesse maximale autorisée de 70 km/h (figures 2 et 3).

■ LE TUNNEL OUEST

De conception plus traditionnelle, le tunnel ouest comporte une chaussée bidirectionnelle à une voie dans chaque sens. La ventilation est assurée dans les parties supérieure et inférieure de l'ouvrage. Le diamètre intérieur prévu est de 10,90 m et la hauteur maximale des véhicules acceptés de 4,5 m. Tracé à une profondeur variant de 20 à 110 m, le tunnel ouest passe successivement sous Rueil-Malmaison, La Celle-Saint-Cloud, Louveciennes, Rocquencourt et enfin Bailly.

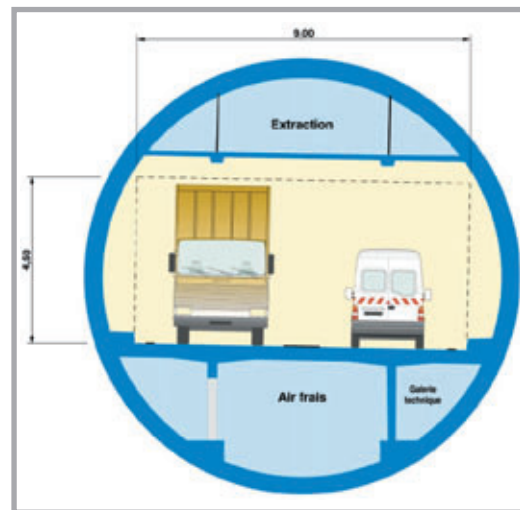


Figure 4
Tunnel ouest
Coupe type
Western tunnel -
Typical cross section

La pente douce (1 % en moyenne) favorise une circulation fluide des poids lourds et des véhicules légers. La vitesse maximale autorisée est de 70 km/h, comme pour le tunnel Est (figure 4).

■ LES ÉCHANGEURS

Rueil-Malmaison

Le raccordement de Rueil-Malmaison constitue la porte d'entrée des tunnels Est et ouest et assure les échanges avec la RN13.

Le projet se décline en deux parties principales :
◆ l'une au nord de la RN13, visible, enfoncée de

Antoine Arlet
DIRECTEUR DES ÉTUDES
Socatop

Jean-Luc Toris
DIRECTEUR DES TRAVAUX
DU TUNNEL EST
Socatop

Matthieu Kowalski
ADJOINT TRAVAUX DE L'ÉCHANGEUR
AVEC A13
Socatop

Marc Pigné
DIRECTEUR DES TRAVAUX
DU RACCORDEMENT DE RUEIL
ET DE PONT COLBERT
Socatop

Patrick Van Honacker
INGÉNIEUR ENVIRONNEMENT
Socatop

Photos : Alex Béraud, photothèque Cofiroute et Socatop

Photo 1
Vue générale du projet
à Rueil-Malmaison
General view of the project
in Rueil-Malmaison

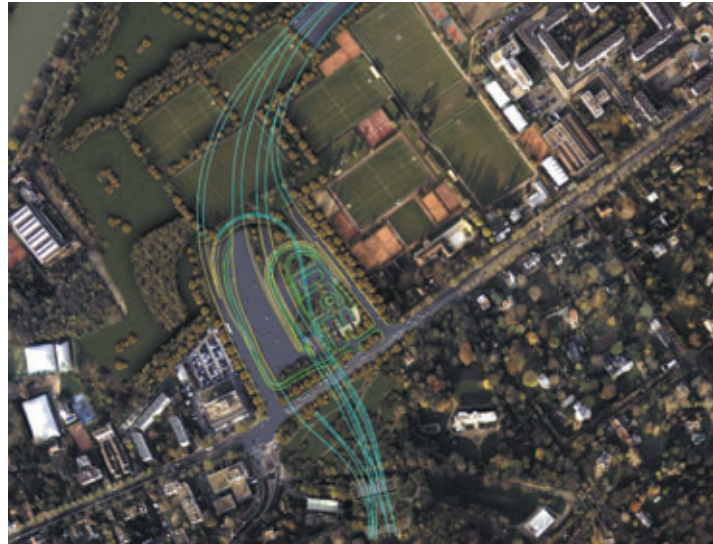


Photo 2
Vue générale du projet
A13 à Vaucresson
et au Chesnay
General view of the A13
project at Vaucresson
and Le Chesnay



Photo 3
Vue générale du projet
- Pont Colbert
à Versailles
et Jouy-en-Josas
General view
of the project - Colbert
Bridge in Versailles
and Jouy-en-Josas



8 à 10 m sous le niveau des voiries existantes, comporte la zone d'échange entre l'autoroute et la ville et le bâtiment d'exploitation, centre névralgique des tunnels ;
 ◆ l'autre, enterrée, s'étend de la RN 13 aux cotés de la Jonchère ; un parc paysager recouvre la tranchée couverte jusqu'à l'unité de ventilation qui a été entièrement enfouie sous la colline laissant apparaître seulement l'accès et quelques émergences (photo 1).

A13 à Vaucresson et au Chesnay

L'échangeur assure tous les mouvements entre l'A86 et l'A13 ou la voirie locale. C'est un ouvrage qui est visuellement de taille modeste en comparaison des échangeurs autoroutiers habituels puisque

la plupart des bretelles de raccordement sont enterrées.

L'aire de péage et les bâtiments d'exploitation ont pris la place de la piste moto-école au nord de l'A13. Cet espace est fermé par un talus planté assurant la protection phonique des habitations riveraines. L'unité de ventilation prend place au sud de l'A13 en limite du practice du golf du haras de Jardy. A l'ouest la vocation forestière de la Route du Butard est restituée avec le franchissement de l'A13 par une passerelle (photo 2).

Pont-Colbert à Versailles et Jouy-en-Josas

Le raccordement de Pont-Colbert assure l'ensemble des mouvements entre l'A86, la RN 286 et la voirie locale au niveau de l'échangeur de Vélizy. Situé à Jouy-en-Josas, entre Versailles et Vélizy-Villacoublay, il s'installe en lieu et place des pépinières Allavoine. Son aménagement s'inspire des grandes lignes directrices du paysage existant. Un pont forestier de 30 m de large rétablit et améliore les liaisons cavalières et piétonnes au-dessus de l'autoroute A86.

Une couverture de l'A86 est réalisée par la DDE des Yvelines en continuité du pont forestier pour protéger les habitations riveraines du bruit (photo 3).

A12 à Bailly (tunnel ouest)

Cet échangeur assure le raccordement du tunnel ouest sur l'A12 et les mouvements allant ou venant vers la province.

Trois entités paysagères remarquables caractérisent ce site, la plaine de Versailles, le parc et le château de Versailles et la zone horticole de la ferme de Gally-Voluceau.

L'échangeur vient s'inscrire en creux dans ce site et ne sera perçu que comme une légère ligne sur le vallonnement, encadrée de part et d'autre par des mouvements de terre plantés (photo 4).

■ LES TRAVAUX

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 accès de secours.

Six chantiers sont en cours sur la première section du tunnel Est tandis que le percement de ce tunnel s'effectue entre Rueil-Malmaison et l'échangeur avec l'A13 :

- ◆ le raccordement de Rueil-Malmaison ;
- ◆ l'échangeur avec l'autoroute A13 à Vaucresson et au Chesnay ;

- ◆ le puits de secours des Hauts-Bénards (Rueil-Malmaison);
- ◆ le puits de secours du Bois de l'Etat (Rueil-Malmaison);
- ◆ le puits de secours de la place Berthet (La Celle-Saint-Cloud);
- ◆ l'unité de ventilation et puits de secours du Butard (La Celle-Saint-Cloud).

Le chantier sur le site de Pont-Colbert a été ouvert récemment pour les travaux préparatoires.

Les travaux de l'échangeur de Rueil reprendront vers la fin du creusement du premier tronçon du tunnel Est.

Le phasage de la réalisation

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

- ◆ Rueil-Malmaison, pour la section nord du tunnel Est, jusqu'à l'autoroute A13;
- ◆ 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 servira pour le tunnel Est. Après avoir creusé la section entre Rueil-Malmaison et l'échangeur avec l'A13, il sera 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 deuxième tunnelier, d'un diamètre légèrement supérieur au précédent, servira au creusement ultérieur du tunnel ouest.

Tunnelier (tunnel Est)

Le tunnel Est du bouclage de l'A86 à l'ouest a un diamètre intérieur de 10,40 m pour un diamètre d'excavation de 11,56 m. Cela en fait le tunnel de plus grand diamètre jamais creusé en France au tunnelier.

La très grande hétérogénéité des terrains a été prise en compte pour concevoir le tunnelier. Le tracé du tunnel Est franchit tous les horizons géologiques de la région parisienne : sables de Fontainebleau, marnes calcaires, craies et argiles vertes. Les couches les plus instables correspondent à des zones extrêmement sensibles aux tassements, en raison de la présence d'habitations, de voies ferrées ou de routes (figure 5).

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.



Photo 4
Vue générale du projet - A12 à Bailly

General view of the project - A12 at Bailly

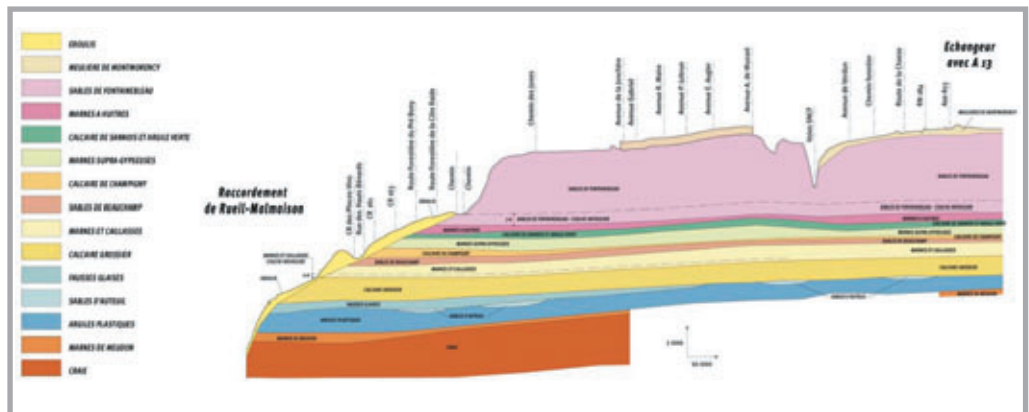


Figure 5
Horizons géologiques du tracé
Geological horizons on the route

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

C'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.

Critères économiques

Il s'agit des critères économiques liés à l'extraction des matériaux – incidence des additifs à mettre

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
Les différents modes
de fonctionnement
du tunnelier
*The various operating
modes of the tunnel
boring machine (TBM)*

Figure 6
Tunnelier -
Fonctionnement
en mode pression
de terre
*TBM - Operation
in Earth Pressure
Balance mode*

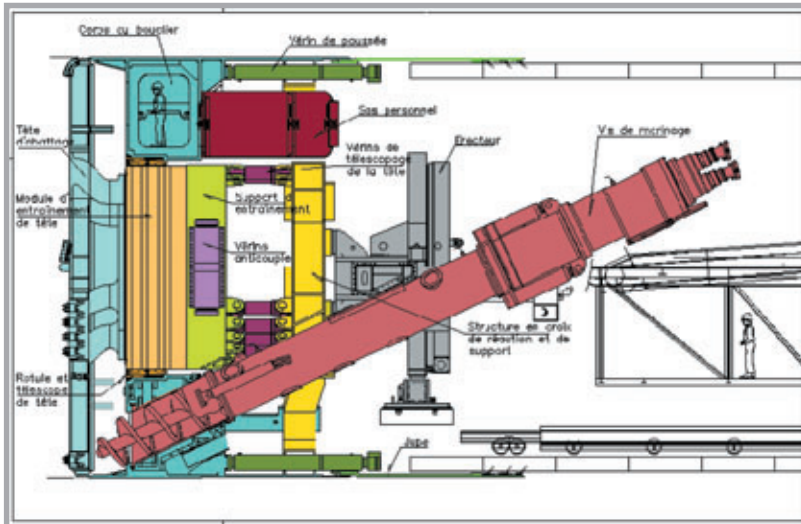


Figure 7
Tunnelier -
Fonctionnement
en mode pression
de boue
*TBM - Operation
in Slurry Support
mode*

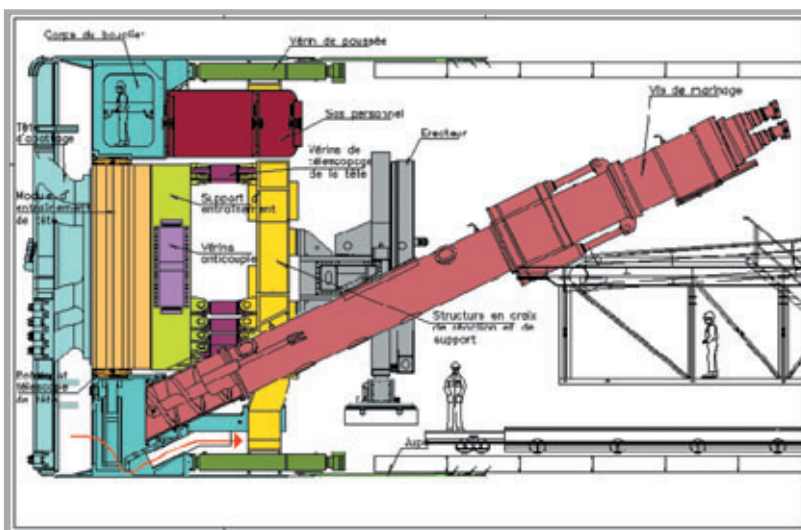


Photo 5
Vue générale
des installations
*General
installation view*



en œuvre lors de l'excavation, et transport des déblais en tunnel – ainsi que les critères économiques liés au conditionnement des déblais :

- ◆ traitements des boues ;
- ◆ contraintes de transport (selon la cohésion des déblais) ;
- ◆ impact sur l'environnement au niveau des décharges.

Le tunnelier retenu

L'analyse des différents critères permet de conclure que la machine à mettre en œuvre devrait "coller" au mieux aux impératifs techniques et économiques à maîtriser, tout 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/m³) 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 doit 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 sont différents (cf. tableau I).

Sur le premier tronçon du tunnel VL de 4,5 km, creusé de Rueil vers Vaucresson (échangeur avec A13), il est prévu de fonctionner avec le mode "extraction par vis" sur les 3500 premiers mètres, puis de passer en mode "pression de boue" dès le contact avec les sables de Fontainebleau (figures 6 et 7).



Photo 6
Le tunnelier en phase de montage à Rueil

The TBM in the assembly stage at Rueil



Photo 7
Le train d'approvisionnement dans le backup

The backup train

■ LES INSTALLATIONS DE CHANTIER

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 (échangeur de Rueil);
- ◆ 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 ouvrages 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 (photo 5).

Les zones principales des installations sont les suivantes :

- ◆ évacuation des déblais et traitements des eaux : un ensemble de convoyeurs permettant le chargement direct des barges 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 : cette station, pour un débit de marinage de 2 000 m³/h, 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 rejet en Seine;

- ◆ approvisionnement tunnelier : les voussoirs d'un poids de 10,4 t pièce sont fabriqués à Sainte-Julie dans l'Ain. Ils sont acheminés par rail jusqu'au port de Gennevilliers puis par barge jusqu'au site de Rueil (la capacité de stockage est de 100 anneaux soit 800 voussoirs) où ils sont déchargés à l'aide

d'une grue à tour de forte capacité (Potain MD 830) équipée d'un palonnier orientable de type "pince à sucre". 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;

- ◆ centrale à béton : le niveau élevé des spécifications béton (alcali-réaction niveau C, tenue au feu) et les contraintes logistiques (approvisionnement des agrégats par la Seine, au lieu d'une livraison des bétons par toupie) ont conduit Socatop à fabriquer sur le site les bétons des ouvrages internes du tunnel (dalles et niches) et ceux de l'échangeur de Rueil. Cinq formules sont principalement utilisées allant du B15 au B50 (utilisé pour les ouvrages en tunnel).

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

■ DÉMARRAGE DU TUNNELIER

Préalablement au montage du tunnelier, le front d'attaque a été dégagé en réalisant une boîte en paroi moulée dans laquelle prendra place l'unité de ventilation de Rueil. Le pont de rétablissement de la RN13 et une partie des radiers des futures tranchées couvertes de l'échangeur de Rueil ont été exécutés.

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 mi-juillet et mi-décembre 2000.

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 3 000 t a été installé avec un ancrage en pieds effectué par 2 x 4 tirants.

Le creusement effectué depuis le démarrage est de 2 000 m environ (fin janvier 2002) (photos 6, 7 et 8).

■ APPROVISIONNEMENT DU TUNNELIER

Le revêtement du tunnel VL est composé d'anneaux de voussoirs en béton armé préfabriqués, d'épaisseur 0,42 mètre et d'une longueur de 2 mètre.

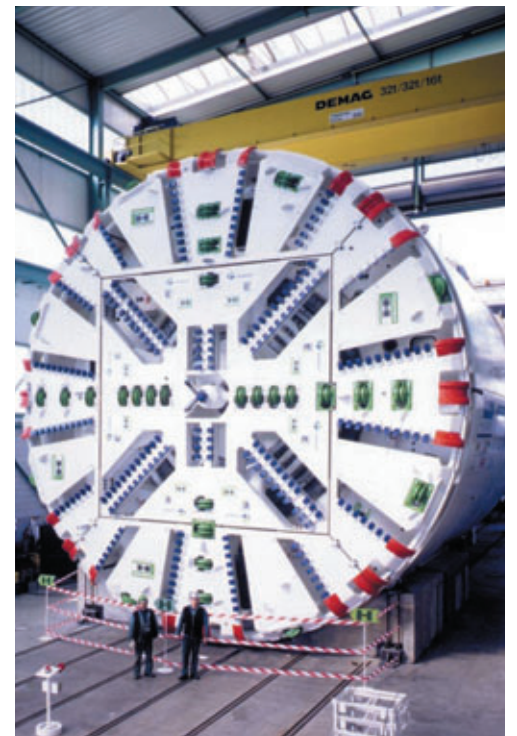


Photo 8
Le tunnelier Herrenknecht retenu
The Herrenknecht TBM selected

Photo 9
Le tunnel à l'arrière
du tunnelier

*The tunnel
behind the TBM*



Photo 10
L'aire de préfabrication
des dalles

*The slab
prefabrication area*



Photo 11
La pose des dalles
préfabriquées

*Laying
of prefabricated slabs*

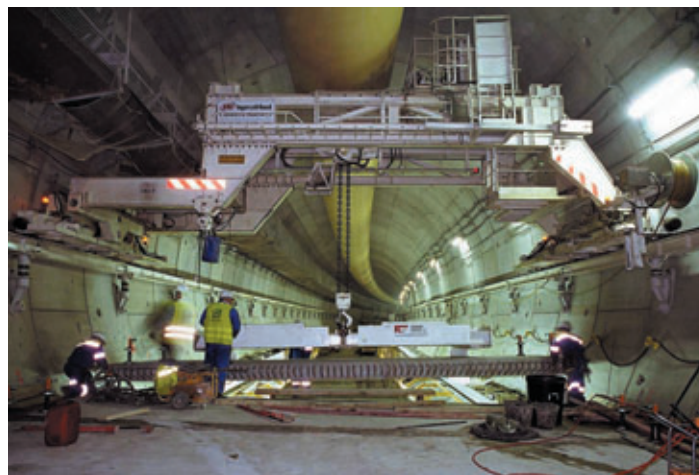


Photo 12
Vue sous la dalle
inférieure

*View
under the lower
slab*



Pour la mise en place de chaque anneau, il est nécessaire d'amener au tunnelier de l'ordre de 120 t par anneau :

- ◆ un anneau de huit voussoirs (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, deux remorques à mortier, deux remorques matériel, et un tracteur.

Dans la phase de démarrage du creusement, Socatop a été confrontée à deux difficultés principales dans la mise en exploitation de ces trains : le guidage, du fait de l'exiguïté de fenêtres de passage avec des trains de 80 m de long, et l'adhérence sur les voussoirs.

■ RÉALISATION DE LA DALLE BASSE

Le délai général du tronçon VL1 impose la réalisation en parallèle de l'excavation du tunnel, des structures internes et des niches.

Pour ce faire, le seul accès en tunnel se faisant par Rueil, tant que le tunnelier n'a pas percé à Vaucresson (A13), la logistique d'approvisionnement de ces différents ateliers a été organisée de la manière suivante :

- ◆ approvisionnement du tunnelier par des trains sur pneus circulant sous la dalle basse ;
- ◆ approvisionnement de tous les autres ateliers (structures internes, niches) sur la dalle basse, renforcée dans ce but pour supporter un trafic poids lourds (en exploitation, la circulation se limite à des véhicules légers).

De plus, les services de secours ont très fortement milité pour que la dalle basse soit réalisée au plus près de l'arrière du tunnelier afin, compte tenu de l'installation dans l'espace bas d'un ventilateur de désenfumage, de bénéficier d'un espace protégé des fumées pour une éventuelle intervention en phase chantier sur un incendie sur le tunnelier. La méthodologie mise au point par Socatop, pour la réalisation, est la suivante :

- ◆ préfabrication de tronçon de dalles de 2,65 m de longueur et de 8,70 m de largeur représentant un poids de 16 t ;
- ◆ puis, avec un coffrage outil en tunnel, laissant un passage libre pour la circulation des trains d'approvisionnement du tunnelier :
 - réalisation des longrines continues d'appuis (le scellement des armatures dans les voussoirs se fait à partir de la dernière remorque du tunnelier),
 - réalisation sur ces longrines des bossages et pose des appuis néoprènes ;
- ◆ pose et clavage des dalles préfabriquées (photos 9, 10, 11 et 12).

■ Puits du tunnel est

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, isolés dans la forêt, seront masqués par la verdure.

Sur le tronçon VL1, allant de Rueil Malmaison à Vaucresson (A13), d'une longueur de 4,5 km, quatre puits relient le tunnel à la surface.

Leur fonctionnalité commune est de permettre l'accès des secours extérieurs et l'évacuation des usagers en cas d'incident en tunnel. Pour l'un d'entre eux (puits du Butard) vient s'ajouter une fonction ventilation (amenée d'air frais).

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.

Puits de secours (figures 8 et 9)

Pour les puits de secours (Hauts Bénards, Bois de l'Etat et place Berthet) les caractéristiques principales sont les suivantes :

- ◆ diamètre intérieur utile puits : 7,25 m ;
- ◆ profondeur allant jusqu'à 80 m.

Puits de ventilation du Butard

Principales caractéristiques :

- ◆ 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 décrite précédemment pour le tunnel. L'importance de la panoplie de techniques mises en œuvre en découle donc directement.

■ LES TRAVAUX DES Puits

Pour le puits des Hauts Bénards (hauteur 63 m) (photos 13 et 14) :

- ◆ terrassement par passe de 0,75 à 1,5 m avec blindage par cintres et bois sur 40 m ;
- ◆ traitement par jet grouting des sables d'Auteuil sous nappe au niveau du rameau ;
- ◆ reprise excavation du puits ;
- ◆ bétonnage revêtement du puits en remontant ;
- ◆ excavation du rameau en trois passes successives descendantes avec butonnage du tunnel après mise en œuvre d'une voûte parapluie ;
- ◆ ouverture revêtement tunnel ;

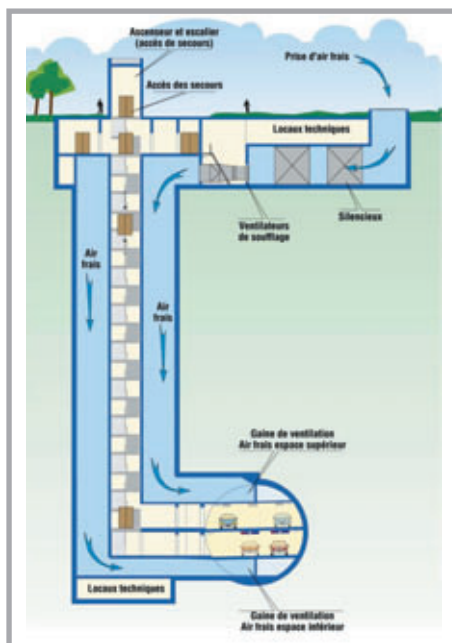


Figure 8
Plan du puits de ventilation du Butard

Drawing of the Butard ventilation pit

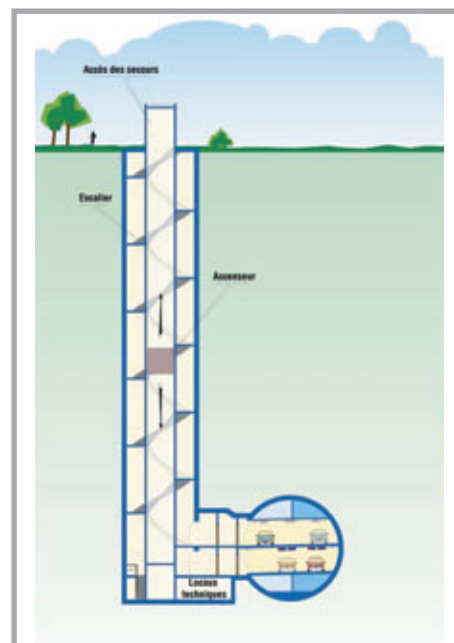


Figure 9
Plan des puits de secours
Drawing of emergency pits



Photo 13
Tête du puits des Hauts Bénards en limite du bois de Saint-Cucufa

Head of the Hauts Bénards pit on the edge of Saint-Cucufa wood

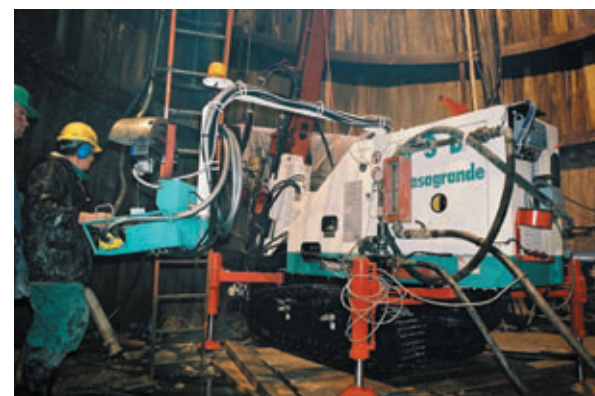


Photo 14
Jet grouting en fond de puits
Grouting jet at bottom of pit



Photo 15
Exécution de la paroi moulée du puits de la place Berthet
Construction of the diaphragm wall of the pit in Berthet square

- ◆ structures internes du puits ;
 - ◆ réalisation des locaux techniques en surface.
- Pour les autres puits :
- ◆ réalisation de parois moulées (photo 15) sur environ 45 m de profondeur jusqu'aux marnes à huîtres situées sous les sables de Fontainebleau sous nappe ;
 - ◆ terrassement à l'abri des parois moulées ;
 - ◆ terrassement avec blindage (cintres et bois) du pied des parois moulées jusqu'en fonds de puits (compris arrêt intermédiaire pour traitement par injection bentonite ciment du terrain au droit du rameau) ;
 - ◆ réalisation du revêtement du puits en remontant ;
 - ◆ réalisation du rameau avec butonnage du tunnel en section successive ;
 - ◆ ouverture revêtement tunnel ;
 - ◆ structures internes du puits ;
 - ◆ locaux techniques en surface.

► Pour le puits de ventilation du Butard, après la réalisation des parois moulées, Socatop procède au terrassement à l'abri de parois berlinoises de l'emprise nécessaire à la réalisation de l'usine de ventilation enterrée, puis au génie civil de cette dernière avant de démarrer le terrassement du puits (photo 16).

Photo 16
Berlinoise de l'unité de ventilation du Butard
Berlin-type wall of the Butard ventilation unit



L'ensemble des travaux relatifs à la réalisation des puits s'effectue donc 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 au niveau de l'environnement, les conséquences sur l'organisation des chantiers sont très importantes :

- ◆ surfaces d'emprises très réduites pour minimiser les déboisements (Hauts Bénards, Bois de l'Etat, Butard) 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;
- ◆ les horaires aménagés, notamment place Berthet, où du fait de la contiguïté du marché, les travaux démarrent à 14h00 les mercredis.

Les travaux de forage du puits du Bois de l'Etat devraient démarrer rapidement après concertation approfondie avec les communes riveraines.

■ L'ÉCHANGEUR A13

C'est un échangeur autoroutier souterrain dans un environnement protégé. Il est situé à cheval sur les communes de Vaucresson (Hauts-de-Seine) et Le Chesnay (Yvelines), et partiellement 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 (RD182 et RD184) 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 huit 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.

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 limons 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 les sables 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 débouchera 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 unité de ventilation tiendra 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 unités de ventilation 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 d'une part, 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 l'A13 Paris et Province, et depuis la voirie locale au nord et au sud. L'accès pour les usagers provenant de Versailles se fait par une bretelle passant successivement sous la RD182 et sous l'A13.

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, les dalles de toit et 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, ce sont des parois berlinoises butonnées (le long du RD 182) ou tirantées (le long de l'A13) qui ont été choisies.

L'ensemble des structures de l'échangeur A13 représente environ 90 000 m³ de béton armé, et 30 000 m² de parois de soutènements.

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 représentent 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.

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 du RD 173 de manière à pouvoir réaliser les bretelles souterraines à ciel ouvert.



Photo 17
La déviation A13 peu de temps avant sa mise en service

The A13 diversion shortly before its commissioning



Photo 18
La déviation A13 mise en service

The A13 diversion commissioned

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 des Yvelines 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 province/Paris le 26 juin 2001, après quatre 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 Province-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. Ce rétablissement libérera alors la zone nord nécessaire à la construction des ouvrages, en particulier la zone de péage (photos 17 et 18).



Photo 19
Construction
de la passerelle
du Butard

*Construction
of the Butard
foot bridge*



Photo 20
La passerelle
du Butard

*The Butard
foot bridge*



Photo 21
Démolition
de l'ancien pont
du Butard

*Demolition of the old
Butard Bridge*



► **La passerelle du Butard**

En parallèle à la déviation de l'A13, un nouvel ouvrage a été construit au cours de l'année 2001 pour franchir l'autoroute. Ce nouveau pont se situe à environ 100 m à l'ouest du pont du Butard construit à la fin des années 1930 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 permettra, 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 passage afin de réduire au mieux 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 (photos 19, 20 et 21).

Aménagements paysagers préalables

Pendant les travaux de terrassement de la déviation de l'A13 et la construction de première travée de la passerelle du Butard au cours du printemps 2001, les premières plantations étaient réalisées aux abords des Haras de Jardy. Avant même le démarrage effectif des travaux de l'échangeur, Socatop a réalisé des aménagements paysagers préalables pour préserver l'environnement fragile du chantier.

La lisière boisée le long de la route Napoléon III à Vaucresson a fait l'objet d'une revalorisation (maintien des sujets sains, élagage, plantations de jeunes marronniers, création d'un sous-bois) au nord de l'emprise. Au sud, un merlon planté a été créé le long du practice du golf des Haras de Jardy afin de réduire l'impact visuel du chantier pour les adeptes de la petite balle. Plus à l'Est, un aménagement planté a été réalisé autour du départ du trou n°1 du golf alors même que l'une des futures bretelles de l'échangeur sera construite à son pied.

Les aménagements paysagers au nord de l'A13 et le long de l'autoroute ou les plantations forestières (au sud de l'A13) seront entrepris dès que les ouvrages auront été exécutés et les remblais ou merlons achevés (photo 22).

■ **RACCORDEMENT DE PONT COLBERT**

Le site de l'échangeur est délimité au nord par la RN286 dans la continuité de l'A86, à l'est par la

forêt domaniale du bois des Metz, et au sud par la RD446, 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.

Les travaux

Les travaux engagés consistent à préparer la zone qui accueillera le tunnelier fin 2002. Cette zone occupe 12 des 16 ha de l'emprise totale du chantier. Il s'agit d'abord de 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 des Yvelines, il a été décidé de créer un carrefour sur la RD446 avec voie supplémentaire de stockage pour les tourne-à-gauche et signalisation tricolore. Ce carrefour permettra 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 aussi sujette à des crues soudaines.

La concertation avec les divers intervenants dont le Syndicat intercommunal de l'Assainissement de la vallée de la Bièvre, a 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 2400 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 (photo 23).

Ces travaux bien avancés ainsi qu'une plate-forme déjà terrassée et revêtue vont permettre d'exécuter prochainement les parois moulées de la future tête de tunnel (photo 24).

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

Début 2002, vont commencer l'enlèvement de l'ensemble des bois et broussailles et des souches, le terrassement de plates-formes en terrasses pour permettre la mise en place des installations nécessaires au creusement du tunnel.

En parallèle, Gaz de France, va procéder à la déviation de ses deux conduites de transport de



Photo 22
Merlons paysagers
préalables le long
du practice de Jardy
*Preliminary landscaped
embankments
along the Jardy golf
driving range*



Photo 23
Les travaux d'accès
de chantier
à Pont Colbert
*Site access work
at Colbert Bridge*



Photo 24
Préterrassements
de la zone tête
de tunnel
*Preliminary earthworks
in the tunnel head area*

gaz haute pression, par forages horizontaux à grande profondeur sous l'autoroute en service.

La réalisation de la tête de tunnel devrait également débuter très rapidement.

Cette boîte profonde de 26 m, longue de 63 m et large de 30 m, située le long de l'autoroute actuelle, sera réalisée en parois moulées et en parois berlinoises tirantées.

Un massif en jet grouting sera injecté pour assurer la pénétration du tunnelier.

Après le terrassement des 60 000 m³ de déblais et l'exécution des 4 600 ml de tirants, le radier de

la future unité de ventilation sera 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 laisse beaucoup de place perdue (talus et autres...).

Les bureaux, cantonnements et parkings seront 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.

ABSTRACT

Completion of the A86 motorway west of Paris

A. Arlet, J.-L. Toris, M. Kowalski, M. Pigné, P. Van Honacker

The A86 motorway is the second ring road in the Ile-de-France region. Construction of the last section between Rueil-Malmaison, Versailles and Bailly has now begun and the state has awarded this project, which includes two tunnels, to Cofiroute under a franchise agreement.

This major project is executed almost exclusively underground. The work in progress performed by Socatop concerns in the initial phase the eastern tunnel, 10 km long. This tunnel with traffic on two levels is reserved exclusively for light vehicles. It has an inner diameter of 10.40 m for an excavation diameter of 11.56 m. The mixed-shield tunnel boring machine (TBM) can operate in Earth Pressure Balance or Slurry Support mode. Two thousand metres had been dug at end January 2002.

There are also three interchanges and nine pits to be built, with major environmental constraints.

The pits, located laterally relative to the tunnel, are as deep as 100 m. They are constructed by the diaphragm wall method in the sandy areas of Fontainebleau, and with traditional lining elsewhere.

The A13 interchange links the tunnel to the A13 motorway and the local road system. It is a complex structure on several levels in a cut-and-cover tunnel, built between diaphragm walls or Berlin-type walls. The A13 motorway was diverted over 750 m for the construction of five underground ramps. The connection box to the tunnel which contains the ventilation units will be used to bring out the TBM.

The works underway to the south on the site of the Colbert Bridge interchange consist initially of preparing a zone which will receive the TBM at the end of 2002.

RESUMEN ESPAÑOL

Cierre de la circunvalación de la autopista A86 por el oeste

A. Arlet, J.-L. Toris, M. Kowalski, M. Pigné y P. Van Honacker

La autopista A86 es la segunda circunvalación de la región Ile-de-France. La construcción de la última sección entre Rueil-Malmaison, Versailles y Bailly ha dado ya comienzo y el Estado ha atribuido este proyecto que consta de dos túneles en régimen de concesión a Cofiroute.

Estas grandes obras se desarrollan, casi exclusivamente, en subterráneo. Los trabajos en curso ejecutados por Socatop se refieren en su primera etapa al túnel Este, de una longitud de 10 km. Este túnel, de dos niveles de tráfico está reservado exclusivamente a los vehículos de turismo. Su diámetro interior se eleva a 10,40 m para un diámetro de excavación de 11,56 m. La tunelera, de confinamiento mixto, puede funcionar con presión de tierra o presión de lodo. Hacia finales de enero de 2002 se habían excavado ya dos mil metros.

También consta de tres enlaces y nueve pozos a construir, con imperativos medioambientales sumamente importantes.

Los pozos ubicados lateralmente con respecto al túnel, tienen profundidades que alcanzan hasta 100 m y se ejecutan por medio de pantallas continuas en las zonas de las arenas de Fontainebleau, y en entibación tradicional en los demás puntos.

El enlace A13 pone al túnel en comunicación con la autopista A13 y las vías de tráfico locales. Constituye así una estructura compleja de varios niveles en trinchera cubierta, construida entre paredes moldeadas o berlinesas. La autopista A13 se ha desviado sobre una distancia de 750 m para la construcción de cinco empalmes enterrados. La unidad de conexión con el túnel que contiene las centrales de ventilación se habrá de utilizar para dar salida a la tunelera. Las obras emprendidas por el sur del emplazamiento del enlace de Pont Colbert, consisten, en una etapa preliminar, en preparar la zona que recibirá la tunelera hacia finales de 2002.

L'autoroute A87 : Angers/La Roche-sur-Yon

Le tronçon Angers/Mortagne-sur-Sèvre

Jean-Pierre Boulet

DIRECTEUR
D'OPÉRATIONS
Autoroutes du Sud de la France
(ASF)



Alain Gagey

DIRECTEUR DE PROJET
Scetauroute



Le tronçon Angers/Cholet Sud de l'autoroute A87 Angers/La Roche-sur-Yon, long de 56,6 km a été mis en service le 22 janvier 2002.

Les travaux ont duré 38 mois depuis le démarrage des ouvrages d'art prioritaires.

Ils ont été réalisés dans un délai et pour un coût conformes aux objectifs de la société Autoroutes du Sud de la France (ASF), concessionnaire de l'opération, malgré des conditions météorologiques très défavorables durant toute la durée des travaux en grande masse.

Ce tronçon comporte des équipements tout à fait originaux : deux séquences de fermeture de l'autoroute de part et d'autre d'une zone inondable en cas de rupture d'un barrage situé en amont du tracé.

■ PRÉSENTATION DE L'AUTOROUTE A87

La liaison autoroutière Angers/La Roche-sur-Yon, longue de 129 km environ, reliera directement l'Île-de-France à la Vendée et au littoral atlantique, via les autoroutes A10, A11 et la rocade Est d'Angers. Elle prend son origine sur la commune de Mûrs-Erigné, immédiatement au sud de la Loire, et se terminera à l'ouest de La Roche-sur-Yon, où elle se raccordera à la RN160, en cours de mise à 2 x 2 voies dans son prolongement jusqu'aux Sables d'Olonne.

Sa construction se fait en quatre étapes fonctionnelles, dont les trois premières sous la responsabilité de la société ASF :

- ◆ le premier tronçon Angers/Cholet sud (56,6 km) a été mis en service le 22 janvier 2002 et désenclavera le dynamique bassin d'emplois du choletais, qui jusqu'à présent n'était pas correctement relié à sa préfecture et à la région parisienne ;

- ◆ le second tronçon Cholet sud/Les Essarts (36 km) sera raccordé à l'autoroute A83 Nantes/Niort (et au-delà Bordeaux) au plus tard début 2004 ;

- ◆ le troisième tronçon Les Essarts/La Roche-sur-Yon Est (20 km) sera mis en service au printemps 2005 ;

- ◆ le quatrième, constituant le contournement sud de La Roche-sur-Yon (16 km environ) doit être réalisé par l'Etat ; après les études de projet prévues en 2003, les travaux pourraient débuter courant 2004, sous réserve du bouclage d'ici là du plan de financement.

A terme, après réalisation des autoroutes en projet inscrites aux Schémas de Services collectifs de transport, la liaison Angers/Les Essarts constituera un maillon important de l'axe autoroutier le plus direct entre l'Europe du Nord et la péninsule ibérique, et devrait écouler près de 20 000 véh./jour (figure 1).

Figure 1

Le réseau autoroutier français au 1^{er} trimestre 2002
French motorway network in the first quarter of 2002



Figure 2
Le tracé de l'A87 Angers/
La Roche-sur-Yon

The route
of the A87 motorway
Angers/La Roche-sur-Yon

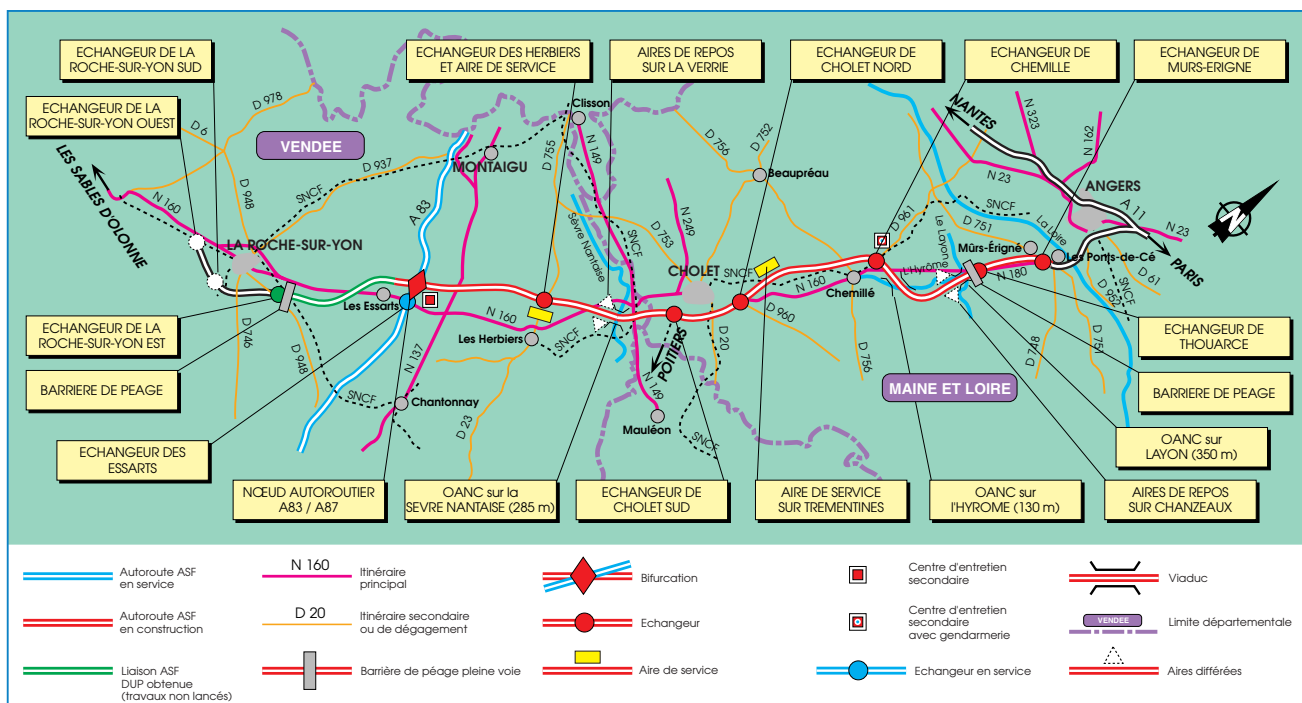


Photo 1
Le déblai D115,
entre la barrière pleine voie
de Beaulieu-sur-Layon
et le viaduc du Layon
The D115 earth cut,
between the Beaulieu-sur-Layon
mainline barrier toll station
and the Layon viaduct



La réalisation de cette autoroute est très attendue localement par tous les élus et milieux socio-économiques pour favoriser la croissance et les échanges économiques, et en raison par ailleurs d'une insécurité routière dramatique : plus de 90 morts ces cinq dernières années sur la RN 160 entre Mûrs-Erigné et La Roche-sur-Yon.

HISTORIQUE

Le tracé a fait l'objet d'une délicate concertation au début des années 1990, liée à la traversée

Tableau 1
Volumes géométriques
Geometric volumes

	Déblais (m ³)	Remblais (m ³)
Echangeur de Mûrs-Erigné et raccordement RN 260	280 000	246 000
TOARC 1	3 854 000	2 318 000
TOARC 2	1 775 000	1 071 000
TOARC 3	1 548 500	1 078 000
TOTAL	7 457 500	4 713 000

de nombreux crus renommés de l'Anjou. Il a fallu deux décisions ministérielles successives pour fixer complètement la bande d'étude du kilomètre, arrêtée en janvier 1994.

Entre-temps, l'Etat avait désigné la société ASF comme concessionnaire en février 1992.

L'APS a été approuvé en janvier 1995, la DUP signée en septembre 1996 et les études d'avant-projet autoroutier (APA) engagées immédiatement après, la phase de désignation du maître d'œuvre ayant été engagée par anticipation dès le début 1996.

Le sous-dossier "Terrassements - Couche de forme - Hydraulique" de l'APA, conditionnant le démarrage des travaux en grande masse, a été approuvé par le président d'ASF en janvier 1999 et les travaux lancés à partir du printemps 1999 sur 63,3 km, jusqu'à Mortagne-sur-Sèvre, à mi-chemin entre Cholet et Les Herbiers (figure 2).

Pourquoi jusque là, alors qu'il n'y a pas d'échangeur prévu par la DUP sur cette commune ?

En fait, entre la date de signature de la DUP et le démarrage des travaux avait été abandonné le projet d'autoroute concédée Cholet/Mauléon sur l'axe Nantes/Poitiers. Il n'y avait donc plus de raccordement possible sur le réseau national immédiatement au sud de Cholet et la décision avait été prise de réaliser un raccordement provisoire sur la RN 149 à Mortagne-sur-Sèvre.

Ultérieurement cependant, et parallèlement à la construction de l'A87 par ASF, l'Etat a construit par anticipation un barreau de raccordement à deux voies entre Cholet sud et la RN 160, s'intégrant à la future route à 2 x 2 voies Cholet/Mauléon remplaçant l'autoroute initialement prévue.

La mise en service du premier tronçon est intervenue 38 mois après le démarrage des ouvrages d'art prioritaires, en janvier 2002, conformément à l'objectif de début 2002 affiché sur le terrain dès le printemps 1999, et cela malgré des conditions météorologiques extrêmement défavorables (cf. encadré "Intempéries").

INTEMPÉRIES

Des intempéries exceptionnelles pendant toute la période des terrassements et des travaux de chaussées

- Mars 1999 à septembre 2000 : 1136 mm d'eau. Quatrième période comparable la plus pluvieuse depuis 1966
 - Mars 2000 à septembre 2001 : 1252 mm d'eau. Période comparable la plus pluvieuse depuis 1966
- Globalement, depuis le début des terrassements jusqu'à la fin de chantier, hors finitions, soit de mai 1999 à décembre 2001 : 242 jours d'arrêt dus aux intempéries sur 640 jours potentiels de travail, soit 38 %!

■ CARACTÉRISTIQUES DU TRACÉ ENTRE ANGERS ET MORTAGNE-SUR-SÈVRE

Le premier tronçon de l'A87 parcourt un paysage de vignes et de bocage, en passant à l'écart de toutes les agglomérations dès l'origine de la concession franchie. Le tracé est composé en totalité de grandes courbes, à l'exception de tout alignement droit, y compris sur viaducs.

Les caractéristiques minimales sont les suivantes :

- ◆ déclivité : 4,6 % ;
- ◆ rayon en plan : 1 300 m ;
- ◆ profil en long :
 - angle saillant : 10 000 m,
 - angle rentrant : 7 000 m.

Ce tronçon comprend cinq échangeurs, dont celui de Mûrs-Erigné à l'origine du tracé offrant le choix entre le parcours Angers/Cholet par l'autoroute et celui par la route nationale.

■ TERRASSEMENTS

Dévolution des travaux

Compte tenu de la spécification du raccordement de l'autoroute A87 sur les RN160 et 260 au droit de l'échangeur de Mûrs-Erigné, la section du PK 0 au PK 1.60 a fait l'objet de deux marchés : un marché hors circulation comprenant les bretelles de l'échangeur et le raccordement à la RN260, et un marché prenant en compte les autres travaux sous circulation.

La section courante a été découpée en trois marchés TOARC de la façon suivante :

- ◆ TOARC n° 1 : du PK 1.6 au PK 34.1 (Mûrs-Erigné/Chemillé) ;
- ◆ TOARC n° 2 : du PK 34.1 au PK 48 (Chemillé/Cholet nord) ;
- ◆ TOARC n° 3 : du PK 48 au PK 63.3 (Cholet nord/Mortagne-sur-Sèvre).

Ce découpage comprenant deux marchés couvrant 15 km chacun environ a permis d'élargir la concurrence et a effectivement permis à une entreprise régionale d'être attributaire de l'un des TOARC.

Mouvement des terres

L'équilibre global du mouvement des terres très excédentaire au départ a permis de réaliser un linéaire important de modelés paysagers et de merlons acoustiques.

Sur le TOARC n° 1, le déblai du Layon (D 115) a été élargi de manière à augmenter la ressource en matériaux de couche de forme et d'arase. Son volume est ainsi passé de 350 000 m³ à 500 000 m³. Cette modification de la géométrie du déblai a notamment permis de diminuer l'effet de "tranchée" initial (photo 1).

On notera une zone compressible de part et d'autre de l'Aubance au PK 1.6 ; cette zone a fait l'objet d'un traitement par drains verticaux et préchargement.

Les volumes géométriques sont reportés sur le tableau I.

Arase et couche de forme

PK 0 au PK 1.6

Compte tenu des matériaux rencontrés sur place et du déroulement en hiver du chantier de terrassements, une arase AR12 a été réalisée avec des matériaux granulaires de provenance extérieure. Au droit du raccordement sur la RN260 entre le PK 0 et le PK 1.1, une plate-forme PF3 a été obtenue en mettant en œuvre 50 cm de matériaux granulaires de provenance extérieure sur l'arase AR12.

Entre le PK 1.1 et le PK 1.6, une plate-forme PF2



PARTENARIAT

Un partenariat exemplaire... avec l'Etat

Celui-ci s'est concrétisé au travers de trois réalisations ou actions particulièrement notables :

- ◆ l'Etat a construit en moins de quatorze mois le barreau de raccordement de 2,5 km à Cholet sud, entre l'extrémité actuelle de l'A87 et la RN160 ; les travaux de l'A87 et de ce barreau ont été menés en étroite concertation pour permettre une mise en service simultanée le 22 janvier 2002, dans les meilleurs délais possibles à partir du lancement des deux opérations ;
- ◆ la future route express à 2 x 2 voies Cholet/Mauléon/Bressuire passera sous l'autoroute A87 à proximité immédiate de l'échangeur de Cholet sud et en amont de celui-ci, c'est-à-dire sous la section déjà en service ; pour éviter de devoir construire une déviation provisoire de l'autoroute lors de la construction de ce PI, diminuer ainsi très largement son coût et éviter tout risque d'insécurité, ASF a construit par anticipation l'ouvrage, sur préfinancement de l'Etat, en liaison avec tous les services concernés du ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement (mais après de difficiles négociations avec le ministère de l'Economie et des Finances pour l'approbation de la convention de financement Etat/ASF, de type tout à fait inhabituel!) ;
- ◆ la Direction départementale de l'Equipement de Maine-et-Loire a assuré avec brio la difficile maîtrise d'œuvre des travaux sous circulation de l'échangeur de Mûrs-Erigné.

... avec le Conseil général de Maine-et-Loire

Le Conseil général de Maine-et-Loire a réalisé une route nouvelle de 5 km en rocade autour de Chemillé, la "Route des Mauges", pour rabattre le trafic de plusieurs routes départementales sur l'échangeur autoroutier de Chemillé.

Son tracé étant parallèle à celui de l'autoroute et situé dans la bande de 300 m, les acquisitions foncières ont pu être faites dans le cadre de la DUP autoroutière et par le biais du remembrement ; les négociations ont été menées par ASF, le coût d'acquisition restant naturellement à la charge du Conseil général.

La mise en service de cette route nouvelle a été quasiment concomitante à celle de l'A87.

... et avec les communes

De très nombreuses réunions de travail et de concertation ont été tenues avec les maires et les services techniques des communes, de façon à réaliser des rétablissements de communication et de façon plus générale, des aménagements répondant au mieux à leurs attentes. Une mention particulière doit être apportée au cas de Mûrs-Erigné, où la concertation tripartite Etat/ASF/Commune a conduit à améliorer notablement le projet initial et a conduit la Direction des Routes à signer une décision ministérielle modificative approuvant le projet final.

Photo 2
Le viaduc
du Layon
*The Layon
viaduct*



Photo 3
Le viaduc
de l'Hyrôme
*The Hyrôme
viaduct*



Photo 4
L'aire de fabrication
de chaussées
de Chemillé
*The Chemillé
pavement
manufacturing area*



► a été réalisée en mettant en œuvre une couche de forme granulaire extérieure sur 35 cm d'épaisseur.

PK 1.6 au PK 34.1 (TOARC 1)

Les solutions couche de forme granulaire (AR12 - PF2) et couche de forme traitée (AR12 - PF4) ont été mises en concurrence lors de l'appel d'offres. A l'issue de l'appel d'offres, la solution "couche de forme granulaire" est apparue comme la solution la plus favorable pour l'économie globale du projet. Compte tenu des arases naturelles et des ressources de matériaux rencontrées, une proposition technique de surclassement de la PST d'AR12 en AR2 a permis :

- ◆ d'améliorer le réemploi des matériaux du site ;
- ◆ de limiter très largement le recours à des matériaux extérieurs ;
- ◆ de maîtriser les coûts des terrassements dans

un contexte de deux années très pluvieuses (précipitations trentennales).

Ce surclassement s'est accompagné d'une diminution de l'épaisseur de la couche de forme de 35 à 20 cm.

PK 34.1 au PK 48 (TOARC 2)

L'arase AR12 a été réalisée soit avec des matériaux granulaires du site (0/250), soit en traitant au liant routier à 2,5 % un linéaire de 7 km sur 10 m de large pour permettre une traficabilité tout temps du chantier compte tenu des intempéries.

Deux déblais près de Cholet n'ont permis de produire que 55 000 m³ de couche de forme d'épaisseur 35 cm. Le déficit de 50 000 m³ a été approvisionné à partir des carrières extérieures.

PK 48 au PK 63.3 (TOARC 3)

La solution retenue était un couple PST/Couche de forme de type AR2/PF2, avec une arase AR2 en matériaux granulaires du site et une couche de forme de 20 cm d'épaisseur en GNT 0/31,5 produite en carrière extérieure.

Cette stratégie a dû être revue en cours de chantier compte tenu des intempéries exceptionnelles de l'année 2000. En effet, les matériaux rencontrés évolutifs n'ont pas permis d'obtenir les portances prévues et se sont avérés insuffisants pour supporter le trafic du chantier.

L'arase a été déclassée en AR12 et réalisée pour partie en matériaux extérieurs 0/250. La plate-forme PF2 a été obtenue en augmentant l'épaisseur de la couche de forme de 20 à 35 cm.

■ OUVRAGES D'ART

Le tronçon Angers/Mortagne-sur-Sèvre comprend en moyenne un ouvrage d'art tous les 810 m.

Ouvrages d'art courants

Ils sont au nombre de 75 sur l'ensemble du tronçon Angers/Mortagne-sur-Sèvre, selon la décomposition suivante :

- ◆ PS routiers : 35 ;
- ◆ PI routiers : 22 ;
- ◆ ouvrages hydrauliques : 13 ;
- ◆ ponts routes SNCF : 2 ;
- ◆ ponts rails SNCF : 2 ;
- ◆ passage agricole : 1.

Ouvrages d'art non courants

Deux viaducs ont été construits pour le franchissement des deux principales vallées interceptées par le tracé, composés chacun de deux tabliers avec une structure mixte béton métal et une architecture identique :

- ◆ le viaduc du Layon (photo 2) a une longueur de

350 m ; c'est le plus important de l'ensemble de l'A87, avec huit travées et une hauteur maximale des piles égale à 30 m. L'ouverture de 48 m des cinq travées centrales permet sous l'une d'elles le passage du lit mineur du Layon, large de 30 m. La RN160 est franchie par un passage inférieur contigu au viaduc ;

◆ le viaduc de l'Hyrôme, est long de 130 m seulement ; la vallée sera franchie en moins de quatre secondes à 130 km/h, et les automobilistes n'en verront pour la plupart malheureusement rien, alors qu'il s'agit d'un site remarquable sur le plan paysager ; le viaduc comprend trois travées, dont une travée centrale de 50 m, et des piles de hauteur maximale 25 m (photo 3).

■ CHAUSSÉES

Dimensionnement des chaussées (section courante)

C'est une structure de type BB/GB/GB qui a été retenue :

◆ entre Angers et Cholet nord, pour un couple PF2/t1+ :

- couche de roulement : 7 cm de BB,
- couche de base : 11 cm de GB,
- couche de fondation : 12 cm de GB ;

◆ entre Cholet nord et Mortagne, pour un couple PF2/t1 :

- couche de roulement : 7 cm de BB,
- couche de base : 9 cm de GB,
- couche de fondation : 12 cm de GB.

Fabrication et mise en œuvre des chaussées

Granulats

Les quantités de granulats nécessaires à la fabrication des chaussées ont représenté un total de 1 240 000 t.

Ces granulats proviennent de gisements de diorite ou de spilites exploitées par les carrières des départements du Maine-et-Loire, des Deux-Sèvres et de la Vendée.

Aires de stockage et de fabrication (photo 4)

Après un inventaire détaillé des gisements possibles d'approvisionnement, trois aires de stockage ont été définies afin d'optimiser les transports des granulats des carrières existantes jusqu'au chantier :

- ◆ aire à Chemillé (645 000 t) ;
- ◆ aire dans le délaissé de l'échangeur de Cholet nord (290 000 t) ;
- ◆ aire à proximité de l'échangeur de Cholet sud (305 000 t).

De plus, le choix d'une aire à Chemillé a permis de transporter par chemin de fer environ 350 000 t de

granulats depuis les carrières des Deux-Sèvres jusqu'à la gare de Chemillé, aménagée à cet effet.

Mise en œuvre des chaussées

La dévolution des travaux a conduit à retenir trois entreprises de chaussées dont les marchés correspondent aux trois aires de stockage des matériaux. Les travaux ont démarré en avril 2001 pour se terminer en octobre 2001.

L'échangeur de Mûrs-Erigné



Photo 5
L'échangeur
de Mûrs-Erigné
The Mûrs-Erigné
interchange

La géométrie de cet échangeur a fait l'objet de très longues et délicates négociations en raison des multiples contraintes qu'il était impératif de respecter :

- ◆ proximité de l'agglomération ;
- ◆ proximité du site sensible de la vallée de l'Aubance ;
- ◆ minimisation de l'effet de coupure de part et d'autre de l'A87, et nécessité d'assurer tous les échanges possibles ;
- ◆ nécessité de préserver la possibilité de créer une bretelle d'entrée nouvelle vers l'échangeur depuis la principale zone commerciale de Mûrs-Erigné, immédiatement en amont de celui-ci ;
- ◆ nécessité d'assurer ultérieurement à partir de l'échangeur une bonne desserte de la future zone d'activités prévue par la commune.

Cela s'est traduit par une décision ministérielle d'approbation de la géométrie fin juillet 2000 seulement et un démarrage des travaux en septembre 2000, cinq mois plus tard que ne le prévoyait le calendrier initial (photo 5).

La réalisation des travaux n'a pas été moins difficile car cet échangeur constitue le raccordement entre la route express à 2 x 2 voies Angers/Mûrs-Erigné (RN260) et l'A87, avec un trafic supérieur à 20 000 véh./j à écouler sans perturbations ex-

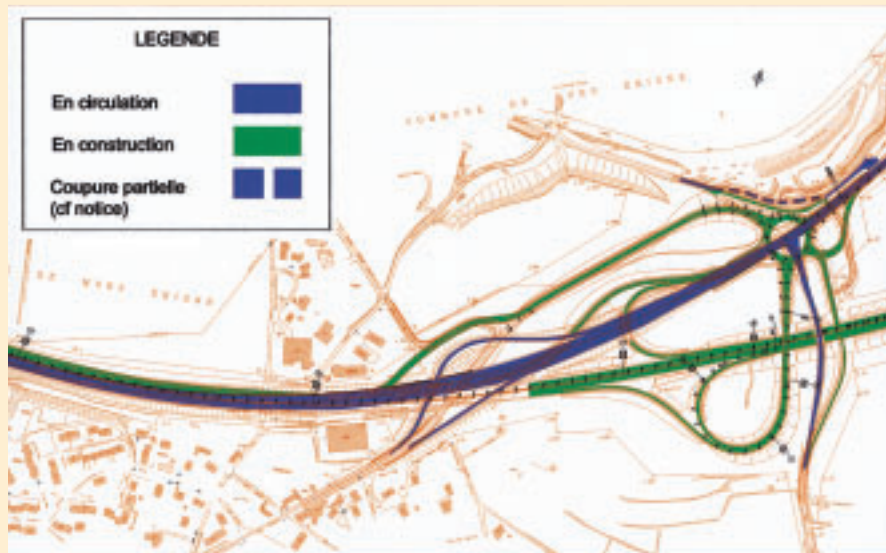


Figure 3
 La phase n° 1 : septembre 2000 - mars 2001
 Stage 1 : September 2000 - March 2001

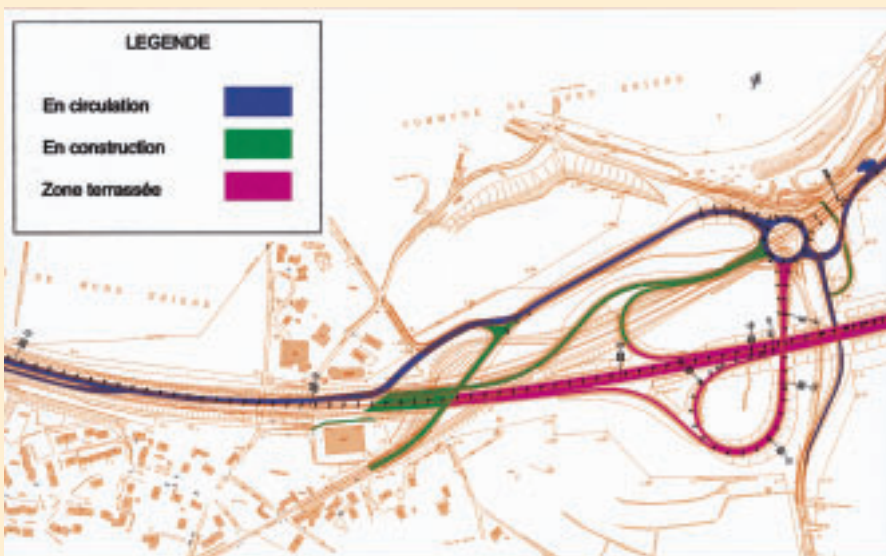
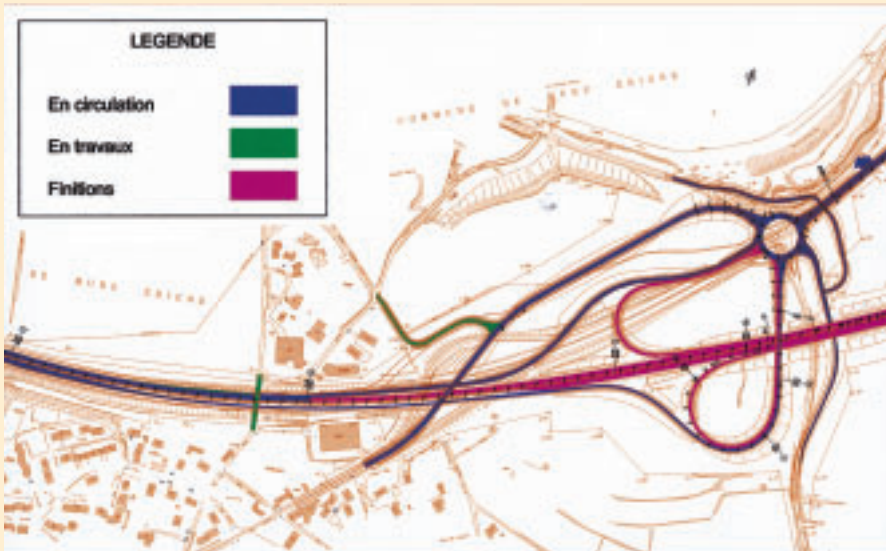


Figure 4
 La phase n° 2 : avril 2001 - octobre 2001
 Stage 2 : April 2001 - October 2001

Figure 5
 La phase n° 3 : novembre-décembre 2001
 Stage 3 : November-December 2001



cessives malgré un bouleversement complet du site.

Trois phases de travaux successives ont eu lieu, avec plusieurs déviations provisoires et de nombreux basculements du trafic. Une extrême attention a été portée à la signalisation du chantier et de très nombreux articles ont été suscités dans la presse locale pour décrire les travaux et sensibiliser les automobilistes aux changements successifs de configuration des voiries. Ces efforts ont été couronnés de succès car aucun accident grave n'a été à déplorer (figures 3, 4 et 5).

■ LES INSTALLATIONS FIXES D'EXPLOITATION : GARES DE PÉAGES ET CENTRE D'ENTRETIEN

Le système de péage

L'A87 est exploitée en système fermé entre la barrière pleine voie de Beaulieu-sur-Layon, à 10 km environ de l'origine de la concession, et l'échangeur de Cholet sud; ultérieurement, le système de péage sera fermé par la barrière pleine voie de La Roche-sur-Yon, à proximité immédiate de l'extrémité sud de la concession.

Elle est exploitée en système ouvert entre l'origine de la concession et la commune de Beaulieu-sur-Layon, avec une gare de péage située sur la bretelle de l'échangeur orientée vers Angers.

La barrière pleine voie comporte à la mise en service onze voies entrée/sortie au total, avec une possibilité d'extension ultérieure. Elle est située sur un point haut, visible de part et d'autre à plusieurs kilomètres de distance. Son architecture et son insertion paysagère ont été particulièrement soignées, avec un arc métallique de plus de 80 m d'ouverture sans le moindre support intermédiaire, s'appuyant d'un côté sur le bâtiment d'exploitation et de l'autre sur une culée noyée dans un merlon paysager (photo 6).

Les quatre gares de péage sur échangeurs (Thouarcé, Chemillé, Cholet nord et Cholet sud) comportent 4 à 7 voies d'entrée/sortie, avec une architecture rappelant celle de la barrière pleine voie. La gare de Cholet sud, qui verra passer pendant 2 ans la totalité du trafic autoroutier allant au-delà de Cholet en venant d'Angers, a été surdimensionnée (5 voies de sortie) pour écouler le trafic sans attente pour les clients de l'autoroute (photos 7, 8, 9 et 10).

Toutes les gares de péage sont naturellement équipées du télépéage inter-sociétés dit "liber-t". Sur un maximum de gares, un couloir est dédié au télépéage pour offrir le meilleur service possible aux clients titulaires de cette formule de paiement, partout où cela est possible sans créer de files d'attente sur les couloirs voisins classiques.

De plus, depuis deux ans, ASF développe sur son réseau des voies de péage automatique "tous paiements", ce qui permet de réduire les coûts d'exploitation en limitant le nombre de transactions manuelles. La nuit, trois des cinq gares de péage du tronçon Angers/Mortagne-sur-Sèvre sont exploitées de façon entièrement automatique, avec malgré tout une assistance à distance par interphone auprès des clients qui en éprouvent le besoin.

Sur les voies tous paiements en système fermé, une signalétique adaptée indique les trois séquences successives :

- ◆ 1 - Introduction du ticket d'entrée ; apparaît alors le montant à payer ;
- ◆ 2 - Paiement, par carte magnétique, monnaie ou billet (avec reçu de monnaie) ; les pièces de 0,05 - 0,10 - 0,20 - 0,50 - 1 - 2 euros sont acceptées, ainsi que les billets de 5 - 10 - 20 et 50 euros ;
- ◆ 3 - Sortie du justificatif de paiement (photo 11).

Le centre d'entretien de Chemillé

Situé au milieu du tronçon Angers/Cholet sud, il comprend :

- ◆ les locaux administratifs du district de Chemillé, responsable de l'exploitation de l'ensemble de l'A87



Photo 6
La barrière pleine voie de Beaulieu-sur-Layon

The Beaulieu-sur-Layon mainline barrier toll station



Photo 7
La gare de péage de Cholet nord

The Cholet North toll station



Photo 8
L'échangeur de Thouarcé, sur la commune de Beaulieu-sur-Layon

The Thouarcé interchange, in Beaulieu-sur-Layon commune



Photo 9
La gare de Cholet sud
The Cholet South station



Photo 10
L'échangeur de Cholet sud et au fond, le barreau de raccordement à la RN160
The Cholet South interchange and, in the background, the connecting section to the RN160 highway



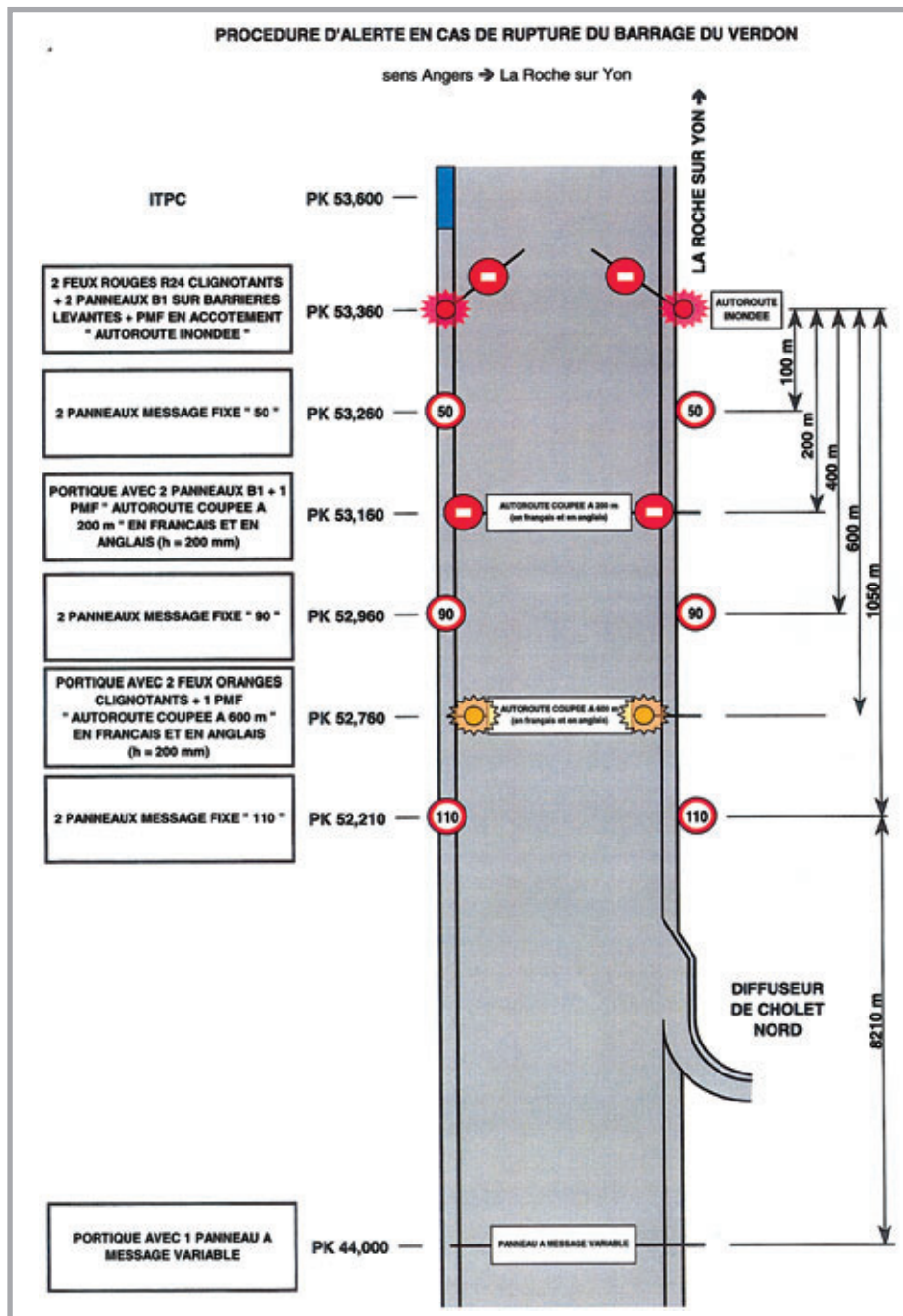
Photo 11
La signalétique de la séquence de paiement des voies automatiques
Signing for the automatic lane payment sequence

Photo 12
Le centre d'entretien
de Chemillé
*The Chemillé
maintenance centre*



Figure 6
A87 Angers/La Roche-sur-Yon. Section Angers/Mortagne-sur-Sèvre. La séquence de fermeture de la section courante de l'autoroute en amont de la zone inondable

A87 Angers/La Roche-sur-Yon. Angers/Mortagne-sur-Sèvre section. Sequence for closing the standard motorway section upstream of the area subject to flooding



(avec à la mise en service du second tronçon l'aide d'un point d'appui situé aux Essarts);

- ◆ les garages, ateliers, station de carburant et parc à sel;

- ◆ huit logements, disposés en arc de cercle et entourés de merlons plantés, pour le personnel d'astreinte;

Sur le même site est implanté une brigade de gendarmerie (photo 12).

■ LES ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ ET D'EXPLOITATION

En dehors des équipements courants et habituels de nos jours (refuges et réseau d'appel d'urgence, stations de recueil de données trafic, réseau de transmission par fibre optique, stations météo, radio d'exploitation, PMV...), une particularité est à signaler.

ASF était dans l'obligation de respecter les dispositions suivantes, inscrites au dossier des engagements de l'Etat au titre des risques technologiques : "Le concessionnaire entreprendra des études qui devront permettre de définir et de mettre en place un dispositif d'alerte prévenant immédiatement le centre d'exploitation de l'autoroute en cas de rupture de barrage (barrages de Ribou et du Verdon) au passage de la rivière de La Moine, au sud-est de la ville de Cholet.

Le centre d'exploitation interdira alors le franchissement par tout véhicule de la vallée de La Moine sur toute la longueur nécessaire. Il interdira également l'accès des véhicules à la section RN 160/RN 249 en faisant sortir les véhicules de l'autoroute aux échangeurs de Cholet nord et de la RN 249".

ASF a cherché le meilleur compromis possible entre deux exigences :

- ◆ limiter le coût d'un dispositif dont la probabilité d'utilisation, en situation autre que de test, est fort heureusement hautement improbable;

- ◆ respecter pleinement les engagements de l'Etat, en offrant un dispositif dont le fonctionnement et l'efficacité vis-à-vis des clients soient garantis en cas de besoin.

Le barrage du Verdon, le plus important, se situe à 6 km environ en amont du franchissement de La Moine par l'A87. Sa capacité de retenue est de 14 millions de mètres cubes (contre 3,2 pour le barrage de Ribou, situé à 5 km en aval du premier). Dans l'hypothèse d'une rupture du barrage, la préfecture de Maine-et-Loire, la ville de Cholet et la société ASF (Centre d'exploitation de Chemillé) seraient simultanément et automatiquement informées. L'alarme entraînerait le déclenchement de sirènes, mises en place début 2001 par la ville de Cholet à proximité des habitations.

La lame d'eau atteindrait l'autoroute au bout d'une

douzaine de minutes et la submergerait. La zone submersible s'étend sur une longueur maximale de 1,3 km, entre les PR 53,7 et 55.

Les dispositions suivantes ont été mises en place pour interdire l'accès à cette zone :

- ◆ implantation d'un PMV en amont de l'échangeur de Cholet nord dans le sens Angers/La Roche-sur-Yon (PK 45,6), avec quatre lignes de 15 caractères d'une hauteur de 320 mm pour indiquer la sortie obligatoire ;

- ◆ implantation d'un PMV en amont de l'échangeur de Cholet sud (PK 59 environ) dans le sens La Roche-sur-Yon/Angers, mêmes caractéristiques ;

- ◆ fermeture des entrées sur les diffuseurs de Cholet nord et Cholet sud, avec informations données aux usagers par petit panneau à message variable. Le point le plus délicat concernait l'impératif d'arrêter en section courante les clients qui auraient déjà franchi les diffuseurs de Cholet nord ou Cholet sud avant d'avoir été informés de la coupure de l'autoroute.

Une séquence comprenant six équipements d'alerte successifs a été mise en place, après concertation entre ASF et la Mission de contrôle des sociétés concessionnaires d'autoroutes, pour garantir le respect des feux rouge implantés en fin de séquence (figure 6).

■ COÛT DE RÉALISATION

Le coût du tronçon Angers/Mortagne-sur-Sèvre s'établit à 361 millions d'euros HT aux conditions économiques de janvier 2001 selon la décomposition par postes de dépenses reportée sur le tableau II.

Tableau II
Coûts de réalisation
Construction costs

Libellé	Coût final	%
Etudes et direction des travaux	40,2	11,10%
Foncier	35,2	9,80%
Dégagement des Emprises - Hors Archéologie	10,9	3,00%
Dégagement des Emprises - Archéologie	5	1,40%
Terrassements	98,2	27,20%
Ouvrages d'art courants	36,2	10,00%
Ouvrages d'art non courants	11,7	3,20%
Assainissement	21,4	5,90%
Chaussées	44,9	12,40%
Equipements Sécurité Exploitation	25,4	7,00%
Bâtiments	12,4	3,40%
Réseaux, V.R.D.	7,7	2,10%
Plantations	3,6	1,00%
Installations fixes d'exploitation	4,6	1,30%
Protection environnement	3,6	1,00%
Total	361	100,00%

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Autoroutes du Sud de la France (ASF)

Maître d'œuvre général

Scétauroute

Maître d'œuvre particulier pour les travaux sous circulation à Mûrs-Erigné

DDE de Maine-et-Loire

Architectes/Concepteurs

- Bâtiments des gares de péage et centre d'entretien : Camborde Lamaison/Parquet
- Viaducs du Layon et de l'Hyrôme : Cabinet Fraleu
- Ouvrages d'art courants : cabinet Lavigne
- Aménagements paysagers - Section courante : cabinet Soberco
- Aménagements paysagers - Aire de Trémentines : H. Coumoul (ASF - DIAME)

Exécution des travaux

Ouvrages prioritaires :

- Passage inférieur RN 160 à Chemillé : Demathieu et Bard
- Pont-route voie ferrée Angers/Cholet à Chemillé : Demathieu et Bard
- Passage supérieur RN 160 à Cholet : groupement Blandin/Lepine TP/TPPL
- Pont-rail voie ferrée Angers/Cholet à Trémentines : Lang
- Viaduc du Layon : groupement Demathieu et Bard/Baudin Chateaufort
- Viaduc de l'Hyrôme : groupement Maia-Sonnier/Eiffel
- Echangeur de Mûrs-Erigné : groupement Razel RNF/Eurovia/TPPL/Blandin
- RN 260 et RN 160 à Mûrs-Erigné : groupement Sacer/GTM/SAE

TOARC 1

- Lot principal : groupement Guintoli/DTP Terrassement
- Lot accessoire OA : groupement Maia-Sonnier - Sonnier/Dalla Vera
- Lot accessoire rétablissements : Colas Centre Ouest

TOARC 2

- Lot principal : groupement Fougerolle-Ballot/Pertuy/Grands Travaux Beugnet/TP Tinel/Roland/SGTN
- Lot accessoire OA : Dodin Sud
- Lot accessoire rétablissements : Colas Centre Ouest

TOARC 3

- Lot principal : groupement Charier/Semen TP/SERTP
- Lot accessoire OA : Muller TP
- Lot accessoire rétablissements : groupement Charier/Charrier

Chaussées 1 : groupement Appia/Roy

Chaussées 2 : groupement Routière Morin/SNCM

Chaussées 3 : groupement Le Foll/La Roche-Atard

Equipements de sécurité

- RN 260/RD 960 : Somaro
- RD 960/Cholet sud : Gaulier

Signalisation

- Verticale de direction Angers/Chemillé : Franche Comté Signaux
- Verticale de direction Chemillé/Cholet sud : groupement SES/Signature
- Horizontale Angers/Chemillé : groupement Sar/Vialis
- Horizontale Chemillé/Cholet sud : Prosign
- Signalisation de police et rabattement :
 - Angers/Chemillé : Lacroix Signalisation
 - Chemillé/Cholet sud : Nadia

Gares, barrière de péage pleine voie et centre d'entretien

Bâtiments :

- Gare de Thouarcé : groupement Duchemin/SMB
- BPV de Beaulieu-sur-Layon : Brochard-Gaudichet
- Gare de Chemillé : groupement Duchemin/SMB
- Centre d'entretien et peloton de Gendarmerie de Chemillé : Sogea
- Gares de Cholet nord et Cholet sud : EGTP Le Guillou

Le coût kilométrique est de 5,70 millions d'euros HT; il est tout à fait comparable, voire inférieur, au coût moyen des travaux autoroutiers réalisés ces dernières années.

La valeur haute de la fourchette de ratio kilométrique donnée par le Setra pour les autoroutes en site vallonné avec environnement contraignant, ce qui est le cas de l'A87, est de 6,30 millions d'euros HT (mêmes conditions économiques).

Dans l'Ouest de la France plus particulièrement, on peut noter les coûts kilométriques HT suivants, toujours aux mêmes conditions économiques :

- ◆ A83, section Oulmes/A10 : 6,40 millions d'euros/km;
- ◆ A85, section Vierzon/Saint-Romain-sur-Cher : 5,47 millions d'euros/km;
- ◆ A28, section Arçonnay/Ecommoy : 5,92 millions d'euros/km.

■ CONCLUSION

Malgré des conditions météorologiques absolument déplorables d'octobre 1999 à avril 2001 inclus, le calendrier de l'opération a été respecté, avec une mise en service en pleine période hivernale, ce qui n'est jamais facile, un coût de réalisation tout à fait conforme à la normale et une exigence de qualité et de respect de l'environnement toujours accrue de la part de la société ASF, de sa tutelle et de la société française tout entière, de plus en plus vigilante pour minimiser les nuisances que pourraient apporter les grandes infrastructures.

ABSTRACT

The A87 motorway Angers/La Roche-sur-Yon. The Angers/Mortagne-sur-Sèvre section

J.-P. Boulet, A. Gagey

The Angers/South Cholet section of the A87 motorway Angers/La Roche-sur-Yon, 56.6 km long, was commissioned on 22 January 2002.

The works lasted 38 months from the start of the priority civil engineering structures.

They were performed within a deadline and for a cost in line with the objectives of the Autoroutes du Sud de la France company (ASF), franchise operator in charge of the project, despite very unfavourable weather conditions during the entire period of mass earthworks.

This section includes very original appurtenances : two motorway closing sequences on either side of a zone subject to flooding in the event of failure of a dam located upstream of the route.

RESUMEN ESPAÑOL

La autopista A87 Angers/La Roche-sur-Yon. Tramo Angers/Mortagne-sur-Sèvre

J.-P. Boulet y A. Gagey

El tramo Angers/Cholet Sur de la autopista A87 Angers/La Roche-sur-Yon, de una longitud de 56,6 km ha entrado en servicio el 22 de enero de 2002.

Las obras se han desarrollado durante 38 meses desde el inicio de las estructuras prioritarias.

Su ejecución se ha efectuado según un coste de conformidad con los objetivos de la empresa Autoroutes du Sud de la France (ASF), concesionaria de la operación, y ello a pesar de las condiciones meteorológicas sumamente desfavorables durante toda la duración de las obras en gran escala.

Este tramo incluye los equipos que presentan una gran originalidad : dos secuencias de cierre de la autopista, por ambas partes de una zona inundable en caso de ruptura de una presa ubicada aguas arriba del trazado.

A89 Tulle Est - Egletons : les travaux de chaussée

Le service Grands Travaux d'Appia s'est vu confier par Autoroutes du Sud de la France (ASF) – maître d'ouvrage – les travaux de chaussée d'un tronçon de l'autoroute A89 qui reliera à terme Bordeaux à Clermont-Ferrand.

De Tulle Est à Egletons, le chantier d'une longueur de 19 km comprenait :

◆ **la réalisation des revêtements de la section courante : 2 x 2 voies non élargissables avec bandes d'arrêt d'urgence de 3 m;**

◆ **l'aménagement des diffuseurs de Tulle Est et d'Egletons à chaque extrémité de la section traitée;**

◆ **le traitement des bretelles d'accès et des abords de l'aire de service de la Corrèze.**

La maîtrise d'œuvre était assurée par Scetauroute depuis son antenne basée à Egletons.

Des délais partiels de livraison par tronçon de l'ouvrage "chaussée" ont permis :

◆ **de réaliser à l'avancement les travaux d'équipement : glissières de sécurité, peinture, plantations;**

◆ **et de respecter ainsi le délai de réalisation global de 10 mois.**

■ LES TRAVAUX DE CHAUSSÉE

La plate-forme constituée de matériaux calcaire 0/40 était livrée au présent lot par une tierce entreprise. La structure à réaliser en section courante, après découpe de la couche de forme à l'autograde, était la suivante :

◆ couche de fondation en grave bitume 0/14 de classe 3, épaisseur de 13 cm, matériaux de la carrière Rol et Pompier;

◆ couche de base en grave bitume 0/14 de classe 3, épaisseur de 13 cm, matériaux de la carrière Siorat à Saint-Rémy;

◆ couche de roulement en BBSG 0/14 de classe 3, épaisseur de 7 cm, matériaux de la carrière Thiviers.

Les produits issus du rabotage de la couche de forme et des apports complémentaires de matériaux constituaient, sur une épaisseur moyenne de 25 cm, l'assise des bandes d'arrêt d'urgence revêtues d'un tapis en matériaux enrobés d'une épaisseur de 7 cm. Les ouvrages d'assainissement en béton – caniveaux en "U" ou à fente et cunettes – ont été réalisés par l'entité Star, filiale de spécialité du groupe et les cunettes en terre par Appia Grands Travaux.

■ LES ÉTUDES DE FORMULATION

Les matériaux des couches de fondation, de base et de roulement étaient fournis par le maître d'ouvrage. Les trois études de formulation avaient



Découpe de la couche de forme à l'autograde et réutilisation des matériaux en assise de BAU
Cutting out of the subgrade by Autograde machine and recycling of materials as hard shoulder base reinforcement

Coupures granulométriques	Grave bitume 0/14 de fondation	Grave bitume 0/14 de base
10/14	25%	25%
4/10	25%	25%
0/4	48,5%	48%
Filler	1,5%	2%
Bitume 35/50	4,7 ppc	4,9 ppc

Tableau I
Formules des GB pour couches d'assises
Bituminous-bound graded aggregate formulas for bedding courses

Tableau II
Formule du BBSG de la couche de roulement
Semi-rough asphalt concrete formula for the wearing course

Coupures granulométriques	Béton Bitumineux 0/14 "Thiviers"
10/14	28%
6/10	24%
2/4	16,5%
0/40/2	30%
Filler	1,5%
Bitume 35/50	5,3 ppc

été réalisées par celui-ci. Elles ont été soumises à l'entreprise pour vérification et approbation. Pour des raisons de délais, ces études complémentaires ont été menées à la fois dans les laboratoires du groupe Appia et dans un laboratoire extérieur à l'entreprise.

Grâce à la connaissance des matériaux établie lors des essais, seule une modification de la teneur en liant pour la formulation de la grave bitume de base a été décidée (tableaux I et II).



Centrale de fabrication des enrobés TSM 25 de 450 t/h
Asphalt mixing plant TSM 25, capacity 450 tonnes/h

Atelier de mise en œuvre des enrobés
Equipment for application of asphalts

Atelier de mise en œuvre des enrobés en 11,5 m de large
Equipment for application of asphalts over a width of 11.5 m



Compactage de la couche de roulement
Compacting the wearing course



Centrale de fabrication des enrobés TSM 21 de 250 t/h
Asphalt mixing plant TSM 21, capacity 250 t/h



LES MOYENS

La fabrication

Les matériaux enrobés ont été fabriqués à partir de deux postes mobiles installés à proximité du ruban :

- ◆ TSM senior 25 Ermont d'une capacité théorique de fabrication de 450 t/h;

- ◆ TSM 21 Ermont d'une capacité de 250 t/h.

Le fort taux d'humidité des matériaux (moyenne supérieure à 4 % sur l'ensemble du chantier) associé à la porosité des matériaux granitiques, n'a pas permis d'obtenir les rendements prévus.

Les mises en œuvre

En section courante les différentes couches ont été mises en œuvre en grande largeur par un finisseur ABG 525 associé à un alimentateur type Franex et un finisseur ABG 511, le cylindrage était assuré par deux compacteurs à pneus lestés à 5 t par roue et deux cylindres Dynapac CC 501.

La configuration des surfaces à traiter pour la réalisation des travaux annexes (diffuseurs et aires de repos) a permis d'utiliser le même type de matériel mais dans des compositions différentes (nombres et équipements).

Pour le traitement de la bande d'arrêt d'urgence, l'alimentation du complément de fourniture en matériaux non traités était assurée par un épandeur latéral et le cylindrage par des compacteurs à pneus et des cylindres lisses vibrants.

Un épandeur latéral a été également utilisé pour l'approvisionnement de la terre végétale et la finition des cunettes.

Le personnel d'encadrement et d'exécution

Le directeur du chantier était assisté par trois, voire quatre conducteurs de travaux, et par les équipes d'exécution formées autour des chefs de chantier (travaux de "blanc"), d'application (travaux de noir), de poste (fabrication).

Une antenne mécanique assurait sur place la maintenance et le suivi du matériel.

A sa plus forte période d'activité, le chantier y compris les transports a mobilisé près de 100 personnes.

Le personnel de contrôle

Les travaux de réception altimétrique des différentes couches et d'implantation de tous les ouvrages avaient été confiés à un cabinet de topographie extérieur au groupe.

La vérification de la conformité des différents composants et prestations a été assurée par une cel-

lule technique formée de quatre personnes du service Appia Grands Travaux.

■ CONCLUSION

Les moyens mis en place par Appia Grands Travaux pour la réalisation de l'ouvrage et l'adaptation de ceux-ci en fonction des aléas habituels liés à l'activité et aux baisses de rendement dues aux conditions météorologiques, ont permis de respecter le délai global fixé au marché.

Une collaboration administrative et technique fructueuse régulière avec les représentants du maître d'œuvre a permis de résoudre les problèmes rencontrés au cours du chantier dans des délais qui ont favorisé la tenue de l'objectif.

De plus, tous les contrôles effectués par le maître d'œuvre, le LRPC de Clermont-Ferrand et l'entreprise, à tous les niveaux de la chaîne de réalisation, n'ont pas mis en évidence de non conformités pénalisantes.

Des délais respectés, des travaux conformes aux prescriptions du marché, des relations cordiales entre tous les intervenants... Appia Grands Travaux a rempli sa mission de constructeur.



Réalisation des ouvrages d'assainissement en béton par Star, filiale d'Appia

Construction of concrete drainage structures by Star, subsidiary of Appia

ABSTRACT

A89 East Tulle/Egletons : pavement work

Ch. Alvarez

The Major Works department of Appia was awarded by Autoroutes du Sud de la France (ASF) – the contracting authority – the pavement works for a section of the A89 motorway which will eventually link Bordeaux to Clermont-Ferrand.

From East Tulle to Egletons, the works, over a length of 19 km, comprised :

- execution of surfacing for the standard section : dual carriageway with two lanes, not widenable, with 3-metre hard shoulders for emergency stops;
 - improvement of the East Tulle and Egletons road interchanges at either end of the section treated;
 - treatment of the access ramps and surrounds of the Corrèze service area.
- Project management was performed by Scetauroute from its office based in Egletons.

Partial delivery deadlines by section of the "pavement" structure made it possible to :

- perform equipment work as the project progressed : safety barriers, painting, plantation, and
- in this way to comply with the overall performance deadline of 10 months.

RESUMEN ESPAÑOL

A89 Tulle Este/Egletons : las obras del pavimento

Ch. Alvarez

El servicio de Grandes Obras de Appia ha recibido un encargo procedente de la empresa Autoroutes du Sud de la France (ASF) – como entidad contratante – consistente en las obras del pavimento de un tramo de la autopista A89 que pondrá en comunicación las ciudades de Burdeos y Clermont-Ferrand.

Desde Tulle Este a Egletons, las obras se desarrollan sobre una longitud de 19 km e incluyen :

- la ejecución de los revestimientos de la sección corriente : 2 x 2 canales de tráfico, no ampliables, con bandas de parada de emergencia de 3 m de anchura;
- el acondicionamiento de los difusores de Tulle Este y de Egletons por cada extremo de la sección tratada;

- el tratamiento de las bifurcaciones de acceso y de las inmediaciones del área de servicio de la Corrèze.

La dirección técnica ha estado a cargo de Scetauroute desde su establecimiento con base en Egletons.

Los plazos parciales de entrega por tramos de la estructura "pavimento" han permitido :

- ejecutar de antemano los trabajos de equipamiento : barreras de seguridad, pintura, plantaciones;
- y, de este modo, respetar así el plazo de ejecución global de 10 meses.

Aéroport de Strasbourg Quarante jours pour une

Construite dans les années 1950 pour supporter des avions militaires, la piste de l'aéroport de Strasbourg Entzheim, inadaptée aux contraintes du trafic aérien civil actuel, a dû faire l'objet d'une démolition et d'une reconstruction totale de sa structure durant l'été 2000 et d'une mise en conformité de son assainissement au printemps de la même année.

Provoqué par un trafic d'avions gros porteurs en constante augmentation et par la mauvaise protection au gel du support de la structure en place, l'état avancé de dégradation de la piste a imposé cette solution radicale menée en moins de 40 jours - période durant laquelle l'aéroport a été fermé. L'assainissement a été réalisé de nuit, sans perturber l'exploitation de la piste, de mars à juin 2000.

A ce titre, le chantier mené par le groupement Screg Est (pilote) - Colas Est - Eurovia - Transroute constitue l'un des plus grands et des plus rapides chantiers de déconstruction-reconstruction réalisés sur site aéroportuaire en France.

■ CONTEXTE TECHNIQUE

La piste initiale se composait d'une structure souple de 40 cm d'épaisseur totale sur une largeur de 30 m avec accotements non revêtus.

Bien que renforcée par deux fois par une couche de roulement en enrobé aéronautique et élargie à 45 m, la structure ne possédait, ni la capacité portante, ni la protection suffisante au gel pour résister au passage des gros porteurs et à la fatigue d'un trafic d'environ 40 000 mouvements par an. Fondée sur des sols silteux, argilo-graveleux très gélifs et mal drainés, cette piste ne disposait pas non plus de l'épaisseur suffisante pour protéger son support des risques de gel-dégel en cas d'hiver rigoureux exceptionnel de 405 °C x jour pris en compte à Strasbourg.

Des désordres, de type fissuration anarchique, étaient apparus après l'hiver 1997, signalant l'insuffisance structurelle et les risques pris en période de dégel pour un hiver rigoureux non exceptionnel (130 °C x jour en 1997).

A ce constat, il convient d'ajouter deux autres contraintes d'envergure pour cette piste :

- ◆ mise aux normes géométriques pour assurer un trafic international (bandes anti-souffle revêtues et signalisations lumineuses à refaire) ;
- ◆ application des dispositions de la loi sur l'eau obligeant au recueil, stockage et traitement des eaux avant rejet à la nappe, problème très sensible en Alsace où la nappe superficielle constitue l'une des plus grandes réserves d'eau potable d'Europe. Tout ceci conduisit à la décision de démolir et de reconstruire totalement l'ensemble de la piste, des seuils et des voies de circulation et de rénover complètement l'assainissement.

Pour la reconstruction de la piste de 2 400 m linéaires, le chantier nécessitait la fermeture de l'aéroport pendant la phase démolition de la structure. Les études du projet et celles du groupement d'entreprises ont montré que cette opération pouvait être réalisée en 40 jours.

Ce délai est devenu l'objectif principal qui a conditionné toute l'organisation et le choix des techniques.

■ STRUCTURE DE LA PISTE - CHOIX DES SOLUTIONS

La structure à réaliser a été dimensionnée suivant les règles de dimensionnement habituelles et suivant les calculs de conception réalisés par le Ser-

vice technique des bases aériennes. Les contraintes de trafic d'avions gros porteurs de type Airbus A 340 ou Boeing 747-200 et une couche de forme épaisse en matériau 0/63 non gélif permettaient de justifier une structure d'épaisseur équivalente de 60 cm sur une plate-forme possédant un indice CBR > 15.

La structure définie par le maître d'œuvre était souple. Elle se composait, de haut en bas, pour le noyau central de 30 m de :

- ◆ 6 cm de béton bitumineux aéronautique de classe 3 de la norme NFP 98-131 ;
- ◆ 18 cm de grave bitume de classe 3 de la norme NFP 98-138 ;
- ◆ 21 cm de grave non traitée de classe B 2 de la norme NFP 98-129 ;
- ◆ 70 cm de couche de forme en tout-venant 0/63 de type D 31 de la norme NFP 11-300 ;
- ◆ une arase de classe AR1 rendue non gélive par un traitement du sol au liant hydraulique.

■ SOLUTIONS TECHNIQUES PROPOSÉES PAR LE GROUPEMENT

Deux préoccupations majeures ont guidé les solutions techniques proposées par le groupement d'entreprises :

- ◆ la réalisation la plus rapide possible des travaux pour respecter le délai ;
- ◆ l'économie et le respect de l'environnement, avec le recyclage total des matériaux provenant de la démolition de l'ancienne structure.

Arase et couche de forme

Le groupement a proposé une couche de forme plus épaisse pour éviter le traitement aux liants hydrauliques de l'arase. En effet, l'interposition d'un atelier de traitement entre le chantier de déblai et la mise en œuvre de la couche de forme aurait été de nature à ralentir l'avancement des travaux et aurait rendu le chantier vulnérable à d'éventuelles intempéries.

Le calcul de protection au gel a montré que 20 cm de couche de forme supplémentaire permettaient de protéger au même indice IA > 405 °C x jour que le traitement.

D'autre part, avec 90 cm de matériau D 31, l'objectif de portance PF3 était atteint en tout point de la couche de forme. Ponctuellement, des purges de 30 cm complémentaires ont été nécessaires

Entzheim, le défi relevé nouvelle piste...

lorsque la portance de l'arase était inférieure à 20 MPa.

Le mélange à la grave naturelle 0/63 pour couche de forme de 37 % de matériaux D31 de même granularité provenant des matériaux de l'ancienne piste démolie préalablement et stockés sur le chantier, permettait de recycler 75 000 t de matériaux provenant du béton et des fraisats de la couche superficielle de l'ancienne piste (5 premiers centimètres) dont l'usage était préférable en GNT compte tenu du vieillissement des bitumes et des pollutions superficielles.

Couche de fondation en GNT B2 0/14

La couche de fondation a été réalisée à l'aide d'une GNT obtenue par recombinaison de trois coupures 0/4 - 6/10 - 10/14 de matériaux alluvionnaires semi-concassés du Rhin (gravière de Valff). Cette GNT est de classe B2 de la norme NF P 98-129.

Couche d'assise en GNT des bandes de souffle

Le groupement a proposé de réaliser la structure d'assise des bandes de souffle en GNT 0/20 composée à 100 % d'une grave béton concassé provenant des dalles de béton des seuils de l'ancienne piste. Douze mille tonnes de graves béton concassé ont ainsi été recyclées.

Sable enrobé anti-fissure

Sur les parties de chaussées béton conservées, la structure de la piste a été mise en place sur une couche de sable enrobé "anti-fissure" de 20 mm afin d'assurer le découplage et de ralentir la remontée des joints du dallage.

C'est l'enrobé Composaf 0/4 à base de sable alluvionnaire du Rhin (gravière de Nordhouse) et du liant élastomère Bitulastic ED fabriqué par Screg qui a été employé.

Grave bitume classe 3

Le groupement a proposé le recyclage au taux de 25 % des agrégats d'enrobés provenant du fraisage des couches bitumineuses sous-jacentes de l'ancienne piste.

Le fraisage en deux couches a permis d'isoler les 5 à 6 cm superficiels avec des liants vieillis et contenant les gommages et lubrifiants divers de la circu-

lation aéronautique. Ils ont été recyclés en couche de forme.

Pour obtenir des agrégats d'enrobé homogènes, les entreprises ont également proposé une opération de conditionnement par reprise au chargeur et criblage à 20 mm.

L'utilisation de 25 % d'agrégats d'enrobé dans les 60 000 t de grave bitume de classe 3 a permis de recycler 15 000 t de fraisats issus de la démolition des anciennes assises bitumineuses de la piste. Les granulats neufs alluvionnaires du Rhin, de classe B II a, étaient issus de la gravière d'Ostwald. Le bitume employé était de classe 35/50, produit par la Compagnie Rhénane de Raffinage (pénétrabilité à 25 °C de 45 ^{1/10} de mm et température de ramollissement Bille et Anneau de 52,8 °C).

Déconstruction - Démolition	Reconstruction
Béton de piste : 12 000 m ³ soit 30 000 t	Incorporation dans le 0/63 de la couche de forme à 37% 250 000 x 0,37 : 93 000 t
Structure souple BB + GNT 38 000 m ³ soit 90 000 t	GNT accotement : 12 000 t
	GB classe 3 à 25% d'agrégats d'enrobés 60 000 t x 0,25 : 15 000 t
Total : 120 000 t	Total : 120 000 t

Béton bitumineux aéronautique

Le béton bitumineux aéronautique de granularité 0/10 a été proposé pour être conforme à la classe 3 de la norme NF P 98-131 de novembre 1999. Les granulats alluvionnaires du Rhin de la gravière d'Ostwald de classe B II a et de rapport de concassage ≥ 4 ont été utilisés.

Le bitume employé de classe 35/50 était de même origine que celui de la grave bitume.

Conformité aux objectifs

Les matériaux entrant dans les structures étaient de conception simple et permettaient une réalisation rapide et efficace dans l'enchaînement des tâches.

Les formulations proposées étaient conformes aux prescriptions du marché et aux normes produits.

Bilan matière

Le bilan matière, synthétisé dans le tableau I, montre que l'intégralité des matériaux de déconstruction,

Michel Ballié



DIRECTEUR TECHNIQUE
Colas France

Didier Desmoulin



DIRECTEUR TECHNIQUE
Screg Est

Alain Desvaux



DIRECTEUR TECHNIQUE¹
Colas Est

1) A présent directeur d'Axima Nord

Tableau I
Bilan des matériaux recyclés dans les différentes couches de la structure

Balance of materials recycled in the various layers of the structure

soit 120 000 t de granulats, a été recyclée dans le nouvel ouvrage. Ce recyclage total constituait une économie des ressources locales en granulats de l'Alsace. Il a contribué à éviter le trafic de 4 800 allers et retours de camions semi-remorques dans les villages avoisinants.

■ RÉALISATION DES TRAVAUX

Le planning des travaux 2000 était le suivant :

- ◆ **préparation de chantier** : 1^{er} mars au 13 juillet 2000 ;
- ◆ **phase 1, assainissement** : 10 avril au 30 juin 2000 ; cette phase a été réalisée de nuit, sans perturber l'exploitation de l'aéroport ;
- ◆ **phase 2, déconstruction et reconstruction** de la nouvelle piste : 17 juillet au 25 août 2000 ; ces travaux ont été réalisés avec interruption complète du trafic pendant 40 jours.

Photo 1
Travaux
d'assainissement
de nuit
*Sanitation work
by night*



Préparation de chantier

Devant être réalisé dans un délai impératif (1 million de francs soit 150 000 euros de pénalité par jour de retard), un chantier d'une telle complexité nécessitait une organisation rigoureuse et une préparation attentive où tous les facteurs de réalisation devaient être analysés et les moyens assurant la réussite du chantier mis en place :

- ◆ installation des entreprises sur le site : elle s'est effectuée dans les bureaux et locaux militaires désaffectés, remis en état pour le chantier ;
- ◆ procédures d'accès au site : les travaux étant réalisés sur une plate-forme aéroportuaire en service, un contrôle d'accès strict a été mis en place pour se conformer aux directives de l'Aviation civile sur la sécurité de la zone de travaux ;
- ◆ protection de la santé et sécurité des personnes accédant au site : le contrôle et la validation des mesures prévues pour chaque tâche d'exécution par le coordinateur de sécurité ont été indispensables avant tout démarrage de travaux ;
- ◆ procédures d'exécution des travaux d'assainis-

sement, terrassement, chaussées, balisage : elles décrivaient de manière précise les conditions de réalisation de la tâche, associées à celles du contrôle de la qualité ;

- ◆ établissement du plan de sécurisation : pour chaque phase de travail et chaque tâche individualisée, les problèmes possibles concernant les moyens ou les fournitures avaient été analysés. La liste des défaillances éventuelles pouvant intervenir dans l'environnement du chantier avait été établie de façon à déterminer par avance la solution palliative : elles étaient classées par niveau de risque et un ordre de criticité y était associé ; une solution, au moins, était validée pour faire face à chaque cas répertorié.

Ce travail avait permis de définir :

- ◆ le parc d'engins nécessaire et sa gestion associée (maintenance, réserves...);
- ◆ les moyens humains correspondants (nombre de chauffeurs, durée du travail...);
- ◆ les services généraux nécessaires (hygiène, repas, contrôles...);
- ◆ la gestion des approvisionnements (cadences, durée, stockage...).

Enfin, le planning général d'exécution des travaux avait été établi afin de tenir compte de :

- ◆ la date contractuelle de fin des travaux ;
- ◆ la contrainte financière ;
- ◆ la réalisation des travaux de nuit, en phase 1 ;
- ◆ la possibilité de travailler 7 jours sur 7, 24 heures sur 24, en phase 2 ;
- ◆ la gestion des interfaces entre les différents intervenants.

Le planning détaillé d'exécution poste par poste permettait de contrôler l'avancement des travaux tout au long des 3 000 m de piste.

Les approvisionnements ont tenu compte du fait que tous les matériaux réutilisables étaient recyclés sur le site. La totalité des stocks de matériaux nécessaires aux travaux de reconstruction de la piste était constituée avant le démarrage de la phase 2.

Description et coûts des travaux

Assainissement 36 MF HT (5,5 M€) :

- ◆ 6 200 ml de caniveaux en bord de piste ;
- ◆ 4 000 ml de collecteurs réservoirs à 105 m de l'axe de piste (8 200 m³ de capacité de stockage) ;
- ◆ 8 400 ml d'antennes de liaison, situées tous les 80 m ;
- ◆ 6 postes de relèvement.

Balisage 18 MF HT (2,74 M€) :

- ◆ 7 700 ml de réseau busé primaire de part et d'autre de la piste ;
- ◆ 13 000 ml de réseau busé secondaire, pour relier chaque feu ;
- ◆ 220 chambres de tirage ;
- ◆ 550 feux encastrés ;
- ◆ 150 feux hors sol.

Terrassement 18 MF HT (2,74 M€) :

- ◆ démolition de béton : 12 000 m³;
- ◆ démolition d'enrobés : 38 000 m³;
- ◆ déblais : 150 000 m³;
- ◆ remblais : 110 000 m³.

Chaussées : 31 MF HT (4,73 M€) :

- ◆ GNT B2 : 80 000 t;
- ◆ grave bitume classe 3 : 60 000 t;
- ◆ béton bitumineux aéronautique classe 3 : 34 000 t.

Exécution des travaux

Phase 1 : assainissement (10 avril au 30 juin 2000) (photo 1)

L'aéroport était en exploitation et le travail, concernant 80 % des travaux d'assainissement et du réseau primaire du balisage lumineux, était effectué de nuit de 23 h à 6 h 00. Dix équipes de huit compagnons et 18 pelles hydrauliques ont été nécessaires à sa réalisation.

Le déroulement d'une nuit était le suivant :

- ◆ entrée sur piste après le dernier avion vers 23 h;
- ◆ repli pour l'atterrissage de l'aéropostal vers 2h30;
- ◆ reprise des travaux jusqu'à 5 h 30;
- ◆ nettoyage de la piste pour 6 h;
- ◆ inspection des pompiers;
- ◆ premier décollage à 6 h 20.

Phase 2 : réfection de la piste (17 juillet au 25 août 2000)

Le trafic aérien a été suspendu pendant cette phase de travaux en raison de la démolition totale de la piste. Les travaux suivants ont alors été réalisés :

- ◆ fin des travaux d'assainissement;
- ◆ démolition et terrassement de la piste;
- ◆ réalisation de la nouvelle structure de chaussée;
- ◆ pose des feux du balisage lumineux;
- ◆ application du marquage horizontal.

Pour mener à bien ces diverses tâches, d'importants moyens humains et matériels ont à nouveau été mobilisés. Une bonne coordination était bien entendu impérative pour assurer la réussite de ces travaux. Ainsi, chaque jour, 350 hommes en deux postes ont travaillé en horaire continu 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24, avec 150 engins sur le site en permanence. Seul un ralentissement de l'activité la nuit et le dimanche était nécessaire pour effectuer la maintenance.

Travaux de terrassement et de démolition

Ils ont été effectués en deux semaines. Le terrassement a été fait par huit ateliers fonctionnant simultanément. Chacun comportait une pelle, trois tombereaux de 30 t, un bouteur et un compacteur vibrant V3.

Le fraisage de la chaussée sur une épaisseur de 16 à 25 cm en deux ou trois couches a été conduit par huit fraiseuses en 2 m de large avec une flotte de 20 semi-remorques et deux citernes à eau.

La démolition du béton d'épaisseur a été réalisée à l'aide d'une guillotine à masses tombantes (entreprise Cosson) pour former des dalots de 50 cm par 50 cm environ. Quatre brise-roches ont été utilisés et deux pelles ont procédé à l'enlèvement du béton.

Un groupe de concassage mobile comportant des concasseurs primaire et secondaire a fabriqué les agrégats 0/20 béton concassé pour emploi en GNT type B pour les bandes de souffle (12 000 t). Un concasseur mobile primaire a fabriqué les agrégats 0/63 béton concassé pour la couche de forme (18 000 t).

La mise en œuvre de la couche de forme en GNT 0/63 a été assurée par quatre ateliers simultanés pendant six jours, comportant deux chargeurs de 5 m³, quatre tombereaux, deux niveleuses, une arroseuse, quatre compacteurs vibrants de type V3, deux compacteurs à pneus de type P2 (5 t par roue) (photo 2).



Photo 2
Mise en œuvre
du 0/63
Application
of 0/63

Travaux de chaussées

Ils ont été réalisés en seize jours. Ils consistaient à appliquer la couche de fondation en GNT 0/20 de classe B 2 d'épaisseur 21 cm, la couche de base en grave bitume 0/14 de classe 3 en deux couches de 9 cm et la couche de roulement en béton bitumineux aéronautique 0/10 de classe 3 sur une épaisseur de 6 cm.

La GNT 0/20 a été fabriquée par deux centrales continues de malaxage de 500 t/h. La mise en œuvre a été réalisée par un atelier comprenant deux tombereaux, deux niveleuses avec guidage laser et une arroseuse. Un autograde, guidé également par laser, assurait la mise à la cote définitive. L'atelier de compactage comprenait trois compacteurs vibrants V3 et deux compacteurs à pneus P2. Un enduit de protection a été ensuite appliqué.

Après réalisation du réseau secondaire de balisage par tranchage dans la couche de fondation, la grave bitume 0/14 a été mise en œuvre. Elle a été



Photo 3
Mise en œuvre
de la grave bitume 0/14
Application
of bituminous-bound graded
aggregate 0/14



Photo 4
Vue aérienne
de la piste terminée
Aerial view
of the completed
runway

► fabriquée par deux centrales de type TSM 25 XL de 400 t/h, avec anneau de recyclage permettant l'introduction des agrégats d'enrobés issus du fraissage initial, à raison de 25 %.

L'atelier d'application comportait deux ensembles alimentateurs et finisseurs en grande largeur, guidés sur poutres enjambeuses de 18 m, huit compacteurs vibrants V3, trois compacteurs P2 lestés à 5 t par roue. Une répandeuse de liant appliquait la couche d'accrochage entre les deux couches (photo 3).

La couche de roulement en béton bitumineux aéronautique 0/10 a été mise en œuvre "vis calées", à l'aide d'un atelier similaire à celui de la grave bitume mais comprenant trois ensembles alimentateurs-finisisseurs grande largeur, pour être appliquée en continu sans joint, ni longitudinal, ni transversal, sur une largeur de 30 m.

L'élargissement des bandes de souffle portait la largeur revêtue à 60 m. Sa structure se composait d'une couche de forme en GNT 0/63 d'épaisseur 30 cm, d'une couche de base en agrégats de béton recyclé 0/20 d'épaisseur 21 cm et d'une couche de roulement en BBA sur 6 cm.

Réglées au niveau des caniveaux latéraux, ces bandes de souffle assurent d'une part, la continuité

de l'écoulement pluvial et d'autre part, la protection des réacteurs contre d'éventuels déchets en bord de piste.

La réalisation d'un joint bitumineux de 10 mm le long des caniveaux bétonnés permettait de garantir l'étanchéité du raccordement entre enrobés et béton (photo 4).

L'organisation, les moyens humains et matériels mis en place par le groupement d'entreprises ont permis de terminer les travaux dans les délais et d'ouvrir l'aéroport à la date prévue.

■ GESTION DE LA QUALITÉ ET CONTRÔLES DE RÉALISATION

Le groupement d'entreprises a mis en place une gestion rigoureuse de la qualité s'appuyant sur un plan d'assurance qualité de type C comportant des procédures d'exécution détaillées pour chaque phase de travaux. Un ingénieur Qualité a supervisé le contrôle intérieur du groupement d'entreprises effectué par le laboratoire de chantier, les topographes et autres intervenants réalisant des essais particuliers.

Le contrôle extérieur du maître d'œuvre a été réalisé par le cabinet Solen.

Etudes de formulation des matériaux de chaussées

Les études de formulation des différents matériaux de chaussées ont été réalisées par les laboratoires régionaux et centraux des entreprises.

GNT pour bandes de souffle

Les 12 000 t de granulats étaient issues du criblage et concassage des bétons de l'ancienne piste.

La granularité de la grave 0/20 était assez homogène et entrainé dans le fuseau des GNT 0/20 suivant NF P 98-129, comme le montre le tableau II. On a constaté que le matériau produit était particulièrement drainant, ce qui était intéressant pour des accotements car cela contribue au drainage des rives de chaussées.

GNT B2 pour couche de fondation

Les données suivantes regroupent les principales caractéristiques de la GNT B2 reconstituée à partir des trois fractions granulaires d'alluvions concassées du Rhin :

- ◆ 10/14 concassé Valff : 25 % ;
- ◆ 6/10 concassé Valff : 15 % ;
- ◆ 0/4 concassé Valff : 60 % ;
- ◆ teneur en eau à l'OPM : 6,6 p.p.c. ;
- ◆ MVA sèche OPM : 2,14 t/m³ ;
- ◆ MVR mélange : 2,53 t/m³ ;
- ◆ compacité à l'OPM : 84,4 %.

Sable enrobé "anti-fissure" : Composaf 0/4

Constitué d'un sable alluvionnaire concassé du Rhin et du bitume élastomère fortement modifié Bitulastic ED de Screg, Composaf a la formulation donnée ci-après :

- ◆ 0/4 concassé Nordhouse : 97 %;
- ◆ filler calcaire : 3 %;
- ◆ Bitulastic ED : 9,5 p.p.c.

Malgré un module de richesse élevé de 5,3, le mélange ne présente pas de risque de fluage comme le montre l'essai d'orniérage, pratiqué suivant la norme NF P 98-253-1, sur le complexe de 8 cm de grave bitume de classe 3 (cf. formule ci-après) et de 2 cm de Composaf 0/4.

Ornière à 10 000 cycles, 60 °C : 3,3 %
Ornière à 30 000 cycles, 60 °C : 3,9 %

Grave bitume de classe 3 avec 25 % d'agrégats recyclés

L'utilisation de 25 % d'agrégats d'enrobé dans la grave bitume de classe 3 a conduit à recycler 15000 t de fraisats. Pour obtenir des agrégats d'enrobé plus homogènes, l'opération de conditionnement par reprise au chargeur et criblage à 20 mm a été pratiquée.

Ainsi la teneur en liant des agrégats d'enrobés contrôlés avant incorporation dans les fabrications variait de 4,65 à 4,72 p.p.c.

Les essais de récupération du bitume ont donné des résultats classiques de $16^{1/10^e}$ mm de pénétrabilité à 25 °C et une température de ramollissement Bille Anneau de 63 °C.

Par ajout de bitume neuf de classe 35/50, le bitume résiduel est bien de classe 35/50 : pénétrabilité à 25 °C de $37,6^{1/10^e}$ mm et température bille et anneau de 55,7 °C.

Les granulats neufs alluvionnaires du Rhin concassés de classe "B II a" étaient issus de la gravière d'Ostwald.

Récapitulée ci-après, l'étude de formulation montre que la grave bitume 0/14 de classe 3 était conforme à la norme NF P 98-138 :

- ◆ 0/4 concassé du Rhin : 30 %;
- ◆ 4/6 concassé du Rhin : 10 %;
- ◆ 6/10 concassé du Rhin : 10 %;
- ◆ 10/14 concassé du Rhin : 24 %;
- ◆ fraisats : 25 %;
- ◆ fines d'apport : 1 %;
- ◆ bitume d'apport 35/50 CRR Reischtett : 3,6 p.p.c.
- ◆ module de richesse : 2,85 > 2,8;
- ◆ PCG % vides à 10 girations : 14,4 > 14;
- ◆ PCG % vides à 100 girations : 5,4 ≤ 10;
- ◆ Duriez % vides : 7,3 compris entre 4 et 8;
- ◆ Rc à 18 °C : 10,2 ≥ 9 MPa,
- ◆ r/R : 0,84 ≥ 0,7;
- ◆ ornière à 60 °C et 10 000 cycles : 3,55 ≤ 10 %.

Principaux contrôles de réalisation

Ils ont été effectués pour chaque phase de travaux.

Assainissement et terrassement

Ils concernaient :

- ◆ la vérification du bon compactage des tranchées à l'aide du pénétromètre dynamique (type Panda);
- ◆ la conformité des tuyaux;
- ◆ l'inspection des canalisations par caméra vidéo;
- ◆ les contrôles des granulats pour couche de forme;
- ◆ les contrôles de portance des arases terrassement et de la couche de forme par essais de plaque;
- ◆ la vérification de la topographie.

Chaussée

Les contrôles de chaussée furent marqués par les opérations suivantes :

- ◆ vérification et suivi du fraisage;
- ◆ identification et contrôles des granulats de béton concassés, des fraisats d'enrobé;
- ◆ contrôles de conformité des granulats et bitumes utilisés dans les différentes couches;
- ◆ réglages des centrales de fabrication des divers matériaux;
- ◆ contrôles de conformité des produits fabriqués;
- ◆ réalisation des planches d'essai de compactage des couches de chaussée;
- ◆ contrôles de compactage par mesures de densité en place au gammadensimètre;
- ◆ vérification de l'altimétrie et des profils des couches par relevés topographiques;
- ◆ conformité de l'uni longitudinal de la couche de roulement à l'aide de l'analyseur de profil en long (APL avec notes par bandes d'ondes à 72 km/h). L'ensemble de ces contrôles a permis de prendre toutes les dispositions pour assurer et démontrer la conformité des matériaux mis en œuvre, des travaux d'assainissement et des différentes couches de la piste vis-à-vis des spécifications du marché.

Analyse de l'uni longitudinal de la couche de roulement

L'uni a été particulièrement soigné dans toute la gamme de longueurs d'onde. Réalisées par le LRPC de Strasbourg avec l'APL NBO sur les BB de couche de roulement, les mesures d'uni ont été effectuées lors de six passages dans le profil transversal représentant l'ensemble de la piste. Les résultats indiquaient :

- ◆ moyenne des petites ondes (0,7 à 2,8 m) : 10;
- ◆ moyenne des moyennes ondes (2,8 à 11,2 m) : 9,44;
- ◆ moyenne des ondes longues (11,2 à 44,8 m) : 9,88.

Ces valeurs montrent que les moyens mis en œuvre ont conduit à un très bon niveau d'uni.

Tamis en mm	Contrôle de la GNT 0/20 béton concassés		Fuseau GNT 0/20 NF P 98-129	
	Mini	Maxi	Mini	Maxi
20	93	95	85	99
10	56	61	55	82
6,3	43	45	42	70
4	33	35	32	60
2	23	26	22	49
0,5	13	15	11	30
0,2	8	11	7	20
0,08	5	6,5	4	10

Tableau II
Granularité de la GNT 0/20 de recyclage pour bandes de soufflé
Particle size of recycled untreated graded aggregate 0/20 for blast pads



■ CONCLUSION

Les travaux de réfection de la piste de l'aéroport d'Entzheim ont été réalisés dans les délais très courts imposés, tout en assurant, comme il se devait, la conformité des ouvrages aux spécifications du marché.

Grâce à des solutions techniques adaptées et novatrices, le groupement d'entreprises a recyclé l'ensemble des matériaux de déconstruction de l'ancienne piste dans les couches de structure de la nouvelle.

Grâce à l'organisation et la coordination rigoureuses des nombreux ateliers de travaux, la gestion attentive des très importants moyens matériels mis en œuvre et surtout la qualité des équipes de travaux, la piste d'Entzheim a été livrée au trafic à la date prévue, à la satisfaction de tous les acteurs et usagers.

A ce titre, le chantier de 250 MF (38,11 millions d'euros), mené par le groupement Screg Est - Colas Est - Eurovia et Transroute constitue l'un des plus grands et des plus rapides chantiers de déconstruction-reconstruction réalisés sur site aéroportuaire en France.

Enfin, les objectifs de qualité définis au marché, notamment ceux concernant l'uni final de la piste, ont tous été atteints.

ABSTRACT

Strasbourg's Entzheim Airport : taking up the challenge. 40 days for a new runway...

M. Ballié, D. Desmoulins, A. Desvaux

Built in the 1950s to withstand military aircraft, the runway of Strasbourg's Entzheim airport, unadapted to the constraints of the current civilian air traffic, had to be demolished and its structure was completely reconstructed during the summer of 2000, while its drainage system was upgraded to bring it into conformance in the spring of the same year.

Completely demolished over a thickness of more than one metre, the runway, 2,400 m long and 60 m wide, was rebuilt in less than forty days. These impressive works made it possible to recycle most of the deconstruction materials in the new structural layers.

First of its type in France, this project employed major human and material resources with strict logistics and organisation.

The consortium in charge met the challenge of performing the works with very short periods of closure of the runway to the daily traffic of 80 aircraft, while attaining the quality objectives set.

RESUMEN ESPAÑOL

Aeropuerto de Estrasburgo-Entzheim : el reto aceptado. 40 días para una nueva pista...

M. Ballié, D. Desmoulins y A. Desvaux

La pista del aeropuerto de Estrasburgo-Entzheim, construida durante los años 1950 para soportar el peso de los aviones militares, estaba inadap-tada para hacer frente a los imperativos del tráfico aéreo civil actual y, por consiguiente ha tenido que ser objeto de un derribo y una reconstrucción total de la estructura durante el verano de 2000 y del establecimiento de la conformidad de su sistema de saneamiento durante la primavera del mismo año.

Totalmente desmontada sobre más de un metro de espesor, la pista de 2400 m de longitud y 60 m de anchura fue reconstruida en menos de cuarenta días. Estas obras impresionantes han permitido reciclar la mayor parte de los materiales procedentes del derribo en las nuevas ton-gadas de la estructura.

Esta operación, que es la primera de este género en Francia ha precisado el empleo de impor-tantes medios humanos y materiales, así como una logística y una organización rigurosas.

El grupo de empresas que ha tenido a cargo esta operación ha sabido aceptar tal desafío consis-tente en plazos sumamente cortos, correspon-dientes al cierre de la pista al tráfico diario de 80 aviones, y siempre respetando los objetivos de calidad previamente determinados.

Réalisation des couches de surface du tunnel El Azhar au Caire

Virginie Bacconin

INGÉNIEUR TRAVAUX
VINCI Construction Grands Projets

Joseph Holzer

CADRE TECHNIQUE
Eurovia

Jean-Pierre Marchand

DIRECTEUR TECHNIQUE
Eurovia

Le tunnel routier El Azhar se situe en plein centre du Caire. Il a pour vocation de désengorger le centre-ville de ses multiples embouteillages. L'ouvrage est composé de deux tunnels prolongés par deux tranchées couvertes sur une longueur totale de 2 700 m environ par tunnel. Compte tenu du trafic canalisé, des conditions particulières de mise en œuvre et des impératifs d'altimétrie, VINCI Construction Grands Projets et Eurovia ont proposé pour les couches de chaussées la solution suivante : 3 cm de Fibracco 0/12 en couche de roulement et 5 cm de couche de liaison 0/12. Le support est un dallage béton dans le tunnel et de la grave ciment dans les tranchées couvertes.

Le chantier s'est déroulé de nuit et la réalisation des deux couches d'enrobé a duré 3 semaines. La compacité des enrobés a été obtenue sans recourir à la vibration des compacteurs.

La surface totale couverte est de 32 000 m² environ pour un tonnage de 2 100 t. L'ouvrage a été inauguré en octobre 2001.

■ HISTORIQUE

Le projet du tunnel routier qui relie le centre du Caire aux voies périphériques de l'agglomération, en passant sous le quartier historique d'El Azhar, a été initié en 1998. Il s'inscrit dans un plan global de modernisation destiné à faire face à l'accroissement rapide de la circulation dans la capitale égyptienne. Il permet la traversée est-ouest reliant les deux principaux axes nord-sud (corniche du Nil et Salah Salem) (figure 1).

L'ouvrage est composé de deux tunnels chacun prolongés par deux tranchées couvertes sur une longueur totale de 2 700 m environ par tunnel. Le support est un dallage béton dans le tunnel et de la grave ciment dans les tranchées couvertes "cut and cover". Ce double tunnel a été exécuté par un groupement d'entreprises piloté par VINCI Construction Grands Projets, et associant l'entreprise égyptienne Arab Contractors aux entreprises françaises Bouygues, Eiffage et Spie.

C'est dans le cadre d'une collaboration technique avec VINCI Construction Grands Projets, que la direction technique d'Eurovia est intervenue en avril 1999 pour une mission d'expertise sur la conception des chaussées à réaliser, en février 2001 pour définir les dispositions à mettre en œuvre pour la réalisation des couches de surface de ces deux tunnels et en avril 2001 pour réaliser l'assistance technique lors de la réalisation des couches.

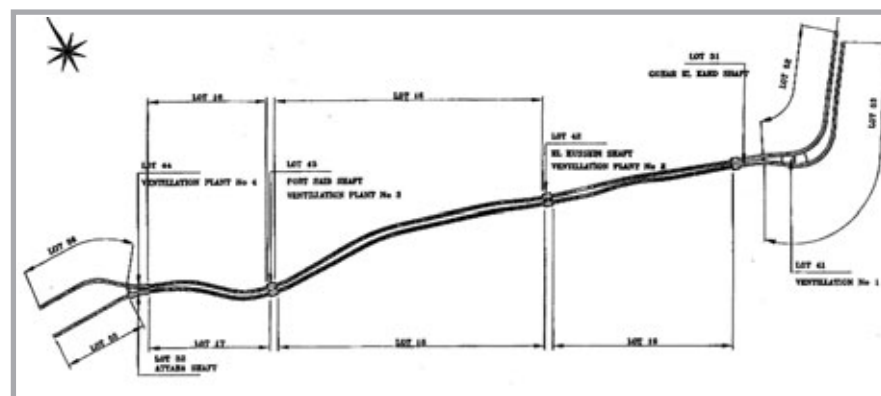


Figure 1
Implantation du tunnel
Tunnel location

■ CONTEXTE

Compte tenu :

- ◆ de l'intensité du trafic ;
- ◆ du fait que celui-ci est canalisé et qu'il y a risque d'orniérage ;
- ◆ de la hauteur disponible pour la réalisation des couches de chaussées dans les tunnels forés (33 cm),

il a été décidé de retenir une couche de surface de 8 cm et par conséquent une couche de base de 25 cm. Le support des couches de surface est donc un dallage béton (25 cm) dans le tunnel et 25 cm d'une couche de base en grave ciment dans les tranchées couvertes. Le choix de la grave ciment répond à la volonté d'assurer la continuité mécanique et géométrique avec les dalles béton et d'obtenir une rigidité suffisante.

Dans les tranchées couvertes, cette couche de base se situe au-dessus d'une couche de fondation de 50 cm d'épaisseur de grave ciment pour assurer le raccordement avec le tunnel. L'ensemble est mis en place sur deux couches de matériaux concassés.

Les conditions particulières de fabrication des

Tableau I
Formulation
du BBSGSemi-rough asphalt
concrete formulation

Dolomite 4/12 ⁵	55%	
Dolomite 0/4	45%	
Bitume 40/50	5,7 ppc	
Module de richesse	3,57	
		Spécifications NF P 98-130
PCG à 60 girations = 8,3 %		5 – 10 %
Duriez : rapport r/R = 0,75		≥ 0,75
Marshall :	% vides = 6,4 %	
	Stabilité = 1170 daN	
	Fluage = 26,6 mm	
Orniérage (30 000 cycles sur 10 cm)	% de vides = 8 %	5 – 8 %
	Profondeur d'ornièrè = 4,4 %	≤ 10 %

Tableau II
Formulation
du FibraccoFibracco
formulation

Dolomite 6/12 ⁵	60%	
Dolomite 0/4	40%	
Bitume 40/50	6,1 ppc	
Fibres préenrobées	0,5 ppc (soit 0,3 ppc de fibres naturelles)	
Module de richesse	4,04	
		Spécifications NF P 98-137
PCG à 25 girations = 11,6 %		6 – 17 % (type 1)
Duriez : rapport r/R = 0,80		≥ 0,8
Marshall :	% vides = 6,2 %	
	Stabilité = 11080 daN	
	Fluage = 33 mm	
Orniérage (30 000 cycles sur 5 cm)	Profondeur d'ornièrè = 14 %	≤ 15 % (sur béton bitumineux mince)
Durabilité de HSv à 3000 cycles = 0,9		

Photo 1
Centrale d'enrobage d'Arab Co
à Quattameya (la tour de mélange)Arab Co asphalt mixing plant
at Quattameya (the mixing tower)

enrobés (cadence des centrales d'enrobage) et de leur mise en œuvre (exigences d'uni et de macro-rugosité) ainsi que les impératifs d'altimétrie, ont conduit à retenir la solution suivante :

- ◆ couche de roulement : 3 cm de Fibracco 0/12;
- ◆ couche de liaison : 5 cm de BBSG 0/12.

Le choix du Fibracco repose sur un compromis entre la résistance à l'orniérage, la maniabilité de l'enrobé, et les caractéristiques du bitume et des matériaux disponibles.

Le béton bitumineux semi-grenu 0/12 est du même type que celui de la norme NF P 98-130 alors que le Fibracco est un béton bitumineux très mince conforme à la norme NF P 98-137.

Le bitume est un 40/50 en provenance de la raffinerie d'Alexandrie. Le choix du grade répond à une exigence de meilleure résistance à l'orniérage soit :

- ◆ **pénétrabilité** : 48 10⁻¹ mm;
- ◆ **température bille-anneau** : 49 °C.

Les granulats (0/4 et 6/12⁵) des enrobés sont issus de la carrière dolomitique d'Attaka, appartenant à Arab Contractors. Les essais de caractérisation sur les gravillons selon la norme XP P 18-540 donnent les résultats suivants :

- ◆ **Los Angeles** ≈ 20 (résistance aux chocs);

- ◆ **Micro Deval Humide** ≈ 12 (résistance à l'attrition);

- ◆ **Coefficient polissage Accélééré** ≈ 0,40.

Ils permettent de classer le matériau en catégorie B. Les essais pratiqués sur le sable (coefficient d'écoulement du sable 0/4 de 35 s, friabilité voisine de 51 et valeur au bleu MB de 2,4) conduisent à classer celui-ci en catégorie a.

Le recours au sable roulé a été prohibé de façon à éviter tout risque d'orniérage. Seul du sable concassé a été retenu.

Les fibres de cellulose présentes dans le Fibracco jouent le rôle de "pompes à liant". Elles fixent le bitume, améliorent la résistance à l'orniérage, assurent une bonne mise en œuvre, et confèrent plus de tenue à la fatigue. Dans le cas présent elles ont été utilisées pré-enrobées à raison de 1/3 de bitume pour 2/3 de fibres naturelles.

■ FORMULATION DES ENROBÉS

La formulation des enrobés a été réalisée par le laboratoire central d'Eurovia conformément aux normes produits retenues tout en tenant compte de la spécificité du contexte local (nature des granulats et du bitume, absence de filler d'apport) et du fait que ces enrobés allaient être appliqués dans un tunnel routier.

BBSG

La formulation retenue pour le béton bitumineux semi-grenu est reportée sur le tableau I.

Fibracco

La formulation retenue pour le Fibracco est reportée sur le tableau II.

■ TRAVAUX PRÉPARATOIRES AVANT LA MISE EN ŒUVRE DES ENROBÉS

Les travaux préparatoires comportaient deux phases et ont fait l'objet de procédures précises :

- ◆ nettoyage du support en béton ou en grave ciment :

- balayage sur toute la surface des dalles de béton ou de la grave ciment, enlèvement de la poussière et des déchets dans le godet d'un chargeur et évacuation loin du chantier. Dans certains cas il a été nécessaire de recourir à un nettoyage avec de l'eau à haute pression,
- découpe des ferrallages apparents + passivation,
- grattage des dépôts de béton,
- bouchage des cavités sous bordures,
- balayage et aspiration finale;

- ◆ relevés topographiques pour traçage de la cote finale de la couche de liaison :
- relevé topographique des cotes servant de réf-

rence pour la cote finale de la couche de liaison (tous les 10 m sauf points particuliers). Il s'agit du haut de la bordure de trottoir en béton préfabriqué (d'un côté) et de la bordure du caniveau à fente (de l'autre côté),

- traçage de la cote finale après compactage de la couche de liaison avec une couleur bleue. Cette ligne est placée à la cote - 3 cm par rapport à la cote finale de la couche de roulement,

- vérification de la hauteur H entre la ligne bleue et le support pour détecter les éventuelles sous ou surépaisseurs de la couche de liaison :

- si $5 < H < 7$ cm : pas de problème,

- si $H \geq 7$ cm : repérage de la zone pour un reprofilage ultérieur,

- si $H \leq 5$ cm : s'il s'agit d'une zone "généralisée" ou de grande surface (quelques mètres linéaires) modification légère de la pente avec "relevage et retraçage" de la ligne bleue, ou rabotage dans le cas de la grave ciment.

S'il s'agit d'une zone "localisée" : le finisseur absorbe cette différence.

Dans tous les cas aucune épaisseur inférieure à 4 cm n'est acceptée.

En définitive les irrégularités du support ont conduit à des variations dans l'épaisseur de la couche de liaison de 4 cm à 7 cm.

■ COUCHE D'ACCROCHAGE

L'émulsion utilisée est de la Catiomen 1 (50 % de bitume). Il était prévu 600 g/m² d'émulsion sur support hydraulique et 300 g/m² entre les deux couches d'enrobé. Le répandage à la répandeuse a conduit à quelques surdosages sur les supports hydrauliques mais à une meilleure maîtrise au niveau de l'interface entre les deux couches d'enrobés.

■ CENTRALE D'ENROBAGE

La centrale d'enrobage est située à Quattameya au sud du Caire à environ 20 km du chantier. Il s'agit d'un poste discontinu doté de quatre prédoseurs, d'une trémie de stockage sous le malaxeur et d'une trappe au niveau du malaxeur pour l'introduction des fibres pré-enrobées. Les gâchées sont de 1 200 kg.

La livraison sur site était assurée par des camions de 10 t, le gabarit étant limité à 4 m en tunnel foré et sur certaines zones des tranchées couvertes.

Sa cadence de production est de 90 t/h dans le cas d'un enrobé classique (BBSG 0/12) et de 80 t/h pour le Fibracco car il y a un temps de malaxage additionnel pour disperser les fibres. Les camions de 10 t effectuaient cinq tours par nuit.

La centrale retenue pour ce chantier, a parfaitement rempli son rôle et aucune panne significative n'a été à déplorer malgré de difficiles conditions



Photo 2
Centrale d'enrobage d'Arab Co à Quattameya (les prédoseurs)
Arab Co asphalt mixing plant at Quattameya (the preliminary batchers)

Photo 3
Transport des enrobés et livraison dans le tunnel (camion de 10 t)
Transport of asphalts and delivery to the tunnel (10-tonne truck)

de travail : travail de nuit, débits importants et énormément de poussières. La production a été d'environ 3 000 t pour l'enrobé de la couche de liaison et de 2 000 t pour le Fibracco, pour un linéaire moyen de 2 x 2 700 m et une largeur de 5,6 m (photos 1 et 2).

Du fait des variations granulométriques sur les granulats le passage par les cribles a été nécessaire et le refus à 12 mm a été éliminé. Cette opération a été maîtrisée. Ceci est d'ailleurs confirmé par les résultats des contrôles du produit fini. Le laboratoire du site faisait un contrôle au démarrage de la fabrication, suivi parfois d'un contrôle complémentaire quand il y avait un doute.

■ RÉCEPTION DES GRANULATS

Il a été effectué douze contrôles granulométriques par granulat. Les analyses montraient des variations granulométriques difficilement maîtrisables car le carrier n'était pas tenu par des critères normatifs. Ce qui explique le recours au criblage 4, 6 et 12 mm pour obtenir un mélange correct et homogène.

■ FABRICATION ET TRANSPORT DES ENROBÉS

Tous les moyens ont été mis en place pour assurer une fabrication de qualité et un transport correct. Il y a eu quelques attentes sur chantier, mais celles-ci étaient dues à une cadence trop rapide à la mise en œuvre. La fabrication commençait vers 22 h 30 pour s'arrêter vers 5 h 30, car au-delà, la circulation devenait trop dense pour assurer la livraison dans les délais (cela ne s'est produit qu'une fois) (photos 3 et 4).

Chaque camion avait un bon de livraison. Les températures étaient vérifiées pour chaque camion au départ de la centrale d'enrobage et au déchargement de l'enrobé dans la trémie du finisseur. La température des enrobés avoisinait les 160 °C (photo 5).



Photo 4
Chargement des enrobés à la centrale (camion de 10 t)
Loading of asphalts in the plant (10-tonne truck)



Photo 5
Contrôle de la température des enrobés au déchargement par le contrôle interne
Check on temperature of asphalts at unloading by internal inspection

Photo 6
Réalisation
de la planche d'essai
dans la tranchée
couverte

*Execution
of the testing board
in the cut-and-cover*



Photo 7
Mise en œuvre des enrobés
avec un finisseur ABG 225

*Application of asphalts
with an ABG 225 paver finisher*



▶ **PLANCHE DE RÉFÉRENCE POUR LE COMPACTAGE DE LA COUCHE DE LIAISON**

La planche de référence de la couche de liaison a été réalisée dans la tranchée couverte nord du côté de Darassa sur une longueur d'environ 200 m et 3,50 m de largeur. La planche d'essai a été divisée en trois zones et le nombre de passes a été le suivant :

- ◆ zone 1 : 10 passes;
- ◆ zone 2 : 8 passes;
- ◆ zone 3 : 6 passes.

Seulement six passes ont été nécessaires pour obtenir les compacités exigées (taux de compactage de l'ordre de 97 %). Au-delà de huit passes, l'enrobé se fissurait, cassait et "glissait" (photo 6).

■ MISE EN ŒUVRE DES ENROBÉS

La mise en œuvre s'est faite dans chaque tunnel par demi-tronçon en commençant par la partie basse située approximativement au milieu de l'ouvrage. Cette disposition permettait d'avoir une meilleure rotation des camions et ventilation optimale dans le tunnel. Il n'y a pas eu de déflachage à réaliser et les zones particulières ont été reprises avec un béton à prise rapide.

La livraison des enrobés a été faite à l'aide de camions de 10 t bâchés. Ils entraient dans le tunnel en marche arrière et leurs croisements ne posaient pas de difficultés. La circulation était gérée par les chauffeurs eux-mêmes et cela n'a posé aucun problème. Les quantités livrées étaient de 330 t/jour en moyenne pour le BBSG et 350 t/jour en moyenne pour le Fibracco.

La mise en œuvre était assurée par un finisseur ABG 225 et deux compacteurs Bomag (BW 141 AD2 et BW 140). La compacité des enrobés a été obtenue sans recourir à la vibration des compacteurs (photos 7 et 8).

Pour le réglage de la table, au niveau du *binder*, les palpeurs à ultrason du finisseur se sont réglés sur les bordures d'un côté et les caniveaux de l'autre. L'épaisseur moyenne mise en œuvre était de l'ordre de 5 cm. Pour la couche de roulement en Fibracco, le finisseur a été réglé vis calée pour 3 cm. L'épaisseur réelle moyenne avoisinait les 2,5 cm (photos 9 et 10).

La couche de liaison n'a pas pu absorber tous les défauts du support. En revanche, le fait de travailler en vis calées pour la couche de finition a permis de rattraper les dernières ondulations. Les essais réalisés à bord d'un véhicule à 50 km/h et 100 km/h ont montré un excellent confort au roulage.

Photo 8
Compactage des enrobés
à l'aide de deux cylindres Bomag
(BW 141 AD2 et BW 140)

*Asphalt compacting by two Bomag
rollers (BW 141 AD2 and BW 140)*



Photo 9
Position du palpeur à ultrason
sur la bordure

*Position of ultrasonic sensor
on the edge*



Photo 10
Position du palpeur
à ultrason
dans le caniveau
*Position of ultrasonic
sensor in the gutter*



■ CONTRÔLES DES ENROBÉS

Pour le BBSG et le Fibracco une extraction (granulométrie et teneur en liant) était réalisée sur le site

Photo 11
Contrôle par carottage de l'épaisseur de la couche
de liaison par l'administration

*Core sampling inspection of binder course thickness
by government department*





Photo 12
Le tunnel en service
The tunnel in operation

0.51	0.72	0.66
0.85	0.60	0.72
0.90	0.72	0.90
0.55	0.55	0.60
0.85	0.66	0.55
0.66	0.63	0.63
0.80	0.85	0.69

Tableau III
Tableau des valeurs
de hauteur
au sable vrai (HSv)
*Table of true sand patch
test values (HSv)*

même, chaque soir au démarrage de la centrale et dans le courant de la nuit s'il y avait un problème. Un autre prélèvement était effectué sur chantier pour des essais complémentaires (extraction sur BBSG et Fibracco, et Marshall sur le BBSG) au laboratoire de l'agence travaux d'Arab Contractors. Les résultats ont confirmé un excellent suivi de la fabrication.

Pour le BBSG, la teneur en liant est correcte. Au niveau granulométrie, les courbes se situent dans le fuseau de prescription. La partie haute tangente le haut du fuseau du fait de l'élimination du supérieur à 12 mm. En ce qui concerne le Fibracco, la teneur en liant se situe en partie haute de la fourchette. Mais dans ce pourcentage est comptabilisée une partie de fibres de cellulose (séchage par brûlage). Pour la courbe granulométrique, même remarque que pour l'enrobé de la couche de liaison.

En ce qui concerne les contrôles *in situ*, il a été effectué, chaque jour, sur le *binder*, des carottages afin de vérifier le taux de compactage et l'épaisseur. Celui-ci était compris entre 96,2 % et 98,3 %, donc nettement supérieur aux 95 % exigés (photo 11). Pour le Fibracco une série de hauteurs au sable vrai (HS vraie) a été réalisée (tableau III).

Les valeurs varient de 0,51 à 0,90 avec une moyenne à 0,70 (21 valeurs).

CONCLUSION

Le chantier s'est déroulé dans de bonnes conditions et les exigences techniques ont été atteintes à la satisfaction de tous. L'inauguration a eu lieu le 28 octobre 2001 en présence du président égyptien Hosni Mubarak (photo 12).

ABSTRACT

Construction of the surface courses of El Azhar tunnel in Cairo

V. Bacconin, J. Holzer, J.-P. Marchand

The El Azhar road tunnel is located in the very centre of Cairo. It is designed to relieve the city centre of its numerous traffic jams. The structure consists of two tunnels extended by two cut-and-covers over a total length of about 2,700 m per tunnel.

Given the traffic channelled, the special conditions of application and height requirements, Vinci Construction Grands Projets and Eurovia proposed the following solution for the pavement courses : 3 cm of Fibracco 0/12 as wearing course and 5 cm of binder course 0/12. The subgrade is of concrete paving in the tunnel and gravel cement mix in the cut-and-covers.

The project was carried out by night and execution of the two asphalted courses took three weeks. The asphalts were able to be compacted without requiring compactor vibration.

The total covered surface is approximately 32,000 m² for a weight of 2,100 tonnes. The structure was inaugurated in October 2001.

RESUMEN ESPAÑOL

Ejecución de las capas de superficie del túnel El Azhar en El Cairo

V. Bacconin, J. Holzer y J.-P. Marchand

El túnel viario El Azhar está ubicado en pleno centro de El Cairo y tiene por vocación evitar los múltiples atascos que se producen en el casco de la ciudad. La estructura está formada por dos túneles prolongados por dos trincheras cubiertas de una longitud total de 2700 m para cada túnel, aproximadamente.

Habida cuenta del tráfico canalizado, de las condiciones particulares de implementación y de los imperativos de altimetría, Vinci Construction Grands Projets y Eurovia han propuesto para los firmes de calzada la solución siguiente : 3 cm de Fibracco 0/12 en capa de rodadura (pavimento) y 5 cm para la capa de regularización 0/12. El soporte está formado por un enlosado de hormigón en el túnel y grava cemento para las trincheras cubiertas.

Las obras se han ejecutado durante las horas nocturnas y las dos capas se han terminado en tres semanas. La compacidad de los aglomerados se ha obtenido sin necesidad de recurrir a la vibración de los compactadores.

La superficie total cubierta se eleva a 32 000 m² aproximadamente para un tonelaje de 2 100 t. Los túneles han sido inaugurados en octubre de 2001.

Les grands

Les filiales marocaines du groupe Colas, les Grands Travaux Routiers (GTR) et La Route Marocaine (LRM), relèvent deux défis d'importance. En effet, elles sont chargées de la réalisation des deux plus gros chantiers actuels du pays : l'autoroute de contournement de Casablanca et l'avant-dernière section de l'autoroute du Nord – Sidi El Yamani/Asilah – qui lors de son achèvement reliera Casablanca à Tanger.



La programmation des opérations a fait que les deux appels d'offres soient lancés à deux mois d'intervalle.

Le premier concernait l'autoroute de contournement de Casablanca : 27,4 km d'autoroute en section courante, 13,8 km de bretelles et boucles d'accès reliant Mohammedia et l'autoroute Casablanca - Settat. Les sociétés du groupe Colas disposaient d'atouts précieux pour obtenir le marché :

- ◆ elles disposent d'une part de trois carrières situées aux abords directs du chantier (Oued Cherrat, Bouskoura et Ben Abid); de ce fait, le problème d'approvisionnement en matériaux est bien maîtrisé;
- ◆ les conditions climatiques favorables dans cette région permettent de travailler pendant toute l'année.

Chantier d'Asilah : une grande partie des terrassements ont été réalisés à la pelle

Asilah site : a large part of the earthworks were performed by shovel



Le chantier d'Asilah, vu vers le sud, du déblai n° 10. La coexistence des chantiers de terrassements et d'ouvrages d'art sur une emprise réduite nécessite une organisation rigoureuse.

La circulation existante doit également être maintenue (route de Tanger sur la photo)

The Asilah site, looking south, from earth cut No. 10. The coexistence of earthworks and civil engineering works in a small area requires strict organisation. The existing traffic must also be maintained (Tangiers road on the photo)



■ UNE PREMIÈRE EN AFRIQUE

Le projet de Colas est au départ audacieux. L'informatique arrive en effet en force avec du matériel équipé des techniques les plus perfectionnées : autograde asservi et guidé optique par système DPS, niveleuse et bulldozer par système satellite GPS. Une antenne GPS, à l'extérieur de l'emprise, sur un point connu acquiert les informations sur l'état du sol à partir de quatre satellites, tandis que sur les engins, une antenne similaire reprend les mêmes informations. La mesure différentielle de ces informations reliée au logiciel embarqué intégrant le projet permet de guider la machine. Les conducteurs ne gèrent plus que la conduite puisque les coordonnées de la plate-forme autoroutière sont enregistrées en planimétrie de même qu'en altimétrie. Il s'agit d'une première en Afrique, utilisée également pour toutes les couches de chaussées.

■ UN EXEMPLE EN MATIÈRE DE SYNERGIES

Deux mois plus tard, Colas se voit attribuer les travaux de l'autoroute du Nord. L'entreprise doit alors relever un défi important : mener deux chantiers de cette envergure en même temps nécessite une organisation sans faille tant au niveau des hommes que du matériel :

- ◆ première priorité : doubler les effectifs d'encadrement;
- ◆ deuxième priorité : doubler le matériel (en particulier terrassement),
- ◆ et surtout, organiser une synergie totale entre les deux chantiers. Régulièrement des mouvements d'hommes et d'engins transitent entre le nord et le sud.

Les équipements informatiques sont utilisés sur les deux chantiers. Pour Jean-Claude Riolland, responsable du chantier du Nord : "On jongle entre les deux chantiers pour limiter les investissements. C'est un travail colossal, un véritable pari sur l'avenir. Nous comptons sur de bons résultats pour obtenir d'autres marchés au Maroc où il y a une véritable nécessité en matière d'infrastructures routières".

■ AU NORD, UN GIGANTESQUE CHANTIER DE TERRASSEMENT

Le chantier du Nord est plus complexe en raison des mauvaises conditions climatiques qui sévis-

défis marocains

Etienne Le Bouteiller



**DIRECTEUR TECHNIQUE
ET DÉVELOPPEMENT
Colas**

sent une grande partie de l'année dans cette région et de l'ampleur des travaux à réaliser. Les premières difficultés sont apparues au moment de la libération de l'emprise puisque, à la signature du chantier en juillet 2000, les terrains n'étaient pas libérés. Le début des travaux prévu pour novembre a de ce fait été retardé au mois de mars 2001.

Zoltan Janos, directeur du chantier, s'emploie à combattre tous les obstacles qu'il rencontre : "J'ai l'impression d'être toujours en compétition. Ici, il y a un vrai défi à relever. C'est formidable, car dans le monde, en ce début de siècle, il n'y a pas beaucoup de chantiers de cette envergure".

En effet la difficulté du projet s'explique par le volume du terrassement : 3 669 000 m³ de déblais, 2 212 000 m³ de remblais, jusqu'à 28 000 m³ de matériaux seront ainsi déblayés chaque jour en tenant compte des 36 ouvrages d'art qui jalonnent le tracé. La plus grande complexité résidait dans le fait de devoir réaliser simultanément, les ouvrages d'art qui coupaient le trajet des camions de transport, et les énormes quantités de remblais en contournant ces mêmes ouvrages. De plus, tout devait être terminé avant l'hiver pour que les différents ouvrages d'assainissement puissent fonctionner dès les premières pluies. L'emprise très étroite pour travailler a rendu la circulation sur le chantier délicate. Enfin, les matériaux de différentes qualités rendent leur utilisation compliquée. Ainsi 1 500 000 m³ de matériaux de déblais non réutilisables doivent être stockés en dépôt définitif. Durant l'été 2001, 700 000 m³ de déblais ont été réalisés chaque mois. Les équipes de terrassement ont travaillé en deux postes à raison de 20 heures sur 24.

Les principales caractéristiques de l'autoroute Sidi El Yamani/Asilah

- Longueur : 15,230 km
- Largeur par voie : 7 m
- Date de notification du marché : 19 juillet 2000
- Délai d'exécution global : 24 mois
- Date de l'ordre de service de commencement des travaux : 20 novembre 2000
- Coût du projet : 372,75 MDHS

Les principaux moyens employés

Moyens humains : 270 personnes

Moyens matériels utilisés sur le chantier :

- Décapeuses (631D, 621E, 621F) : 6

- Chargeurs à pneus (950E, 950F, 938F, 953S) : 7
- Bouteurs (D7G, D8N, D8R, D9N, FD175 avec GPS) : 8
- Niveleuses (12G, 12H, 14G et 14H avec GPS) : 8
- Pelles (Cat 345, Cat 325, Cat 322, PC600 Komatsu) : 15
- Autograde avec DPS en X, Y, Z : 1
- Tracto-pelles : 7
- Compacteurs (5 V5, 4 V3, 2 P5, 1 PF300, 4 2,5 T) : 14
- Tombereaux : 8
- Arroseuses : 10



Chantier d'Asilah : le déblai le plus important à une hauteur de 43 m

Asilah site : the largest earth cut is 43 m high

	Désignation	Unité	Quantités provisoires à réaliser
Terrassements	Déblai	m ³	4 131 000
	Emprunt	m ³	195 000
	Remblai	m ³	2 271 000
	Couche de forme traitée au ciment	m ³	170 000
OA	Béton	m ³	24 530
	Acier	t	2882
	Grands ouvrages d'art (PS et PI)	u	6
	Ouvrages d'art cadres fermés (PV et PP)	u	11
	Ouvrages hydrauliques (Dalot)	u	19
Chaussée	GNT	m ³	105 000
	Enrobés (60% GBB et 40% BB)	t	100 000
	Bitume (liant)	t	7 815
Annexes	Echangeur	u	2
	Gare de péage	u	1

Les principales caractéristiques de l'autoroute Asilah/Sidi El Yamani

Main characteristics of the Asilah/Sidi El Yamani motorway

Chantier de Casablanca : passage supérieur n° 1

Casablanca site : overpass No. 1



Chantier de Casablanca : la mise en œuvre de moyens de nivellement perfectionnés constitue une première au Maroc

Casablanca site : the use of sophisticated levelling machinery represents a first in Morocco



- Camions : 46
- Centrales à béton : 2
- Malaxeurs : 10
- Grues : 3
- Puissance globale d'engins sur chantier : 15000 CV
- Puissance de l'ensemble du matériel : 28000 CV

■ AU SUD, UNE NÉCESSITÉ : L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

S'il peut paraître moins contraignant, le chantier de l'autoroute de Casablanca n'en est pas moins délicat. Situé en zone plus urbanisée, le terrassement reste important (2 800 000 m³ de déblais, 2 100 000 m³ de remblais), mais 100 % des matériaux sont réutilisables. L'une des principales préoccupations des terrassiers est l'approvisionnement en eau. "Nous forons tous les 3 km pour trouver la nappe phréatique et arroser les remblais afin qu'ils soient à l'état M ou S", explique Claude Duperron, chef du service Chaussées et Assainissement.

D'autre part, la longueur du tracé a compliqué les échanges et le déplacement des engins, des matériels et des hommes. C'est pourquoi tous les chefs de chantiers et les chauffeurs de camions

sont équipés de VHF afin de limiter les déplacements.

Ces désagrèments n'ont pourtant pas perturbé, loin de là, le déroulement des travaux. En effet, les terrassements de l'autoroute de Casablanca ont été réalisés avec huit mois d'avance et les couches de forme sont déjà bien avancées. Les travaux de chaussées ont, comme prévu, pu démarrer dès la fin de l'année 2001.

Les principales caractéristiques de l'autoroute de Casablanca

- Longueur section courante : 27,4 km
- Bretelles et boucles : 13,8 km
- Rétablissements : 14,2 km
- Largeur par voie : 2 x 2 voies de 7 m + BAU de 2,50 m et TPC de 12 m
- Date de notification du marché : 12 mai 2000
- Délai d'exécution global : 31 mois
- Date de l'ordre de service de commencement des travaux : 4 septembre 2000
- Coût du projet : 432,7 MDHS

Les principaux moyens employés

Moyens humains : 380 personnes

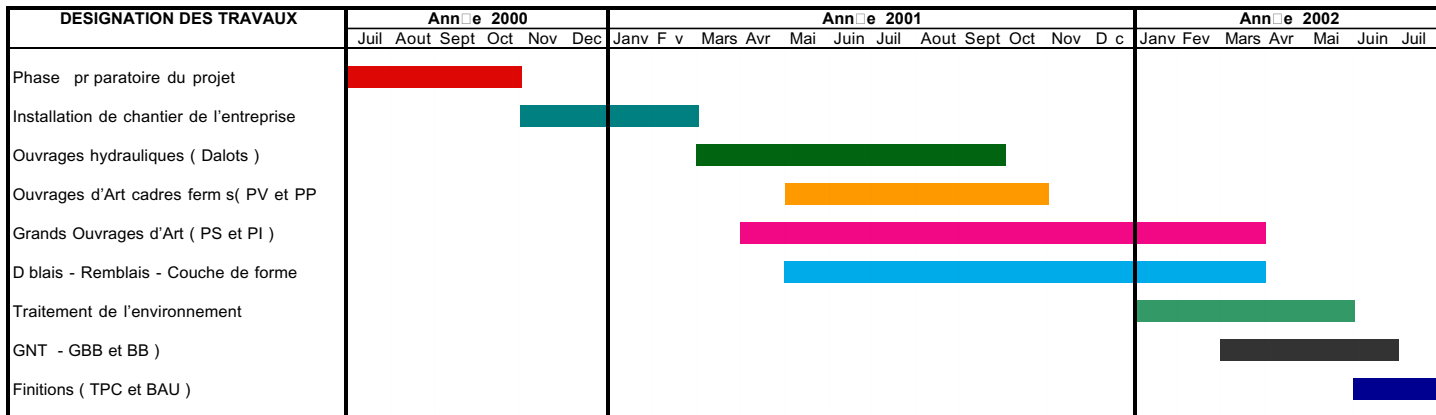
Matériel disponible sur chantier :

- Décapeuses (631D, 621E, 621F) : 9
- Chargeurs (950E, 950F, 970, 938F, 953S, à pneus) : 3
- Bouteurs (D7G, D8N, D8R, D8G, D9N, FD175 avec GPS) : 6
- Niveleuses (12G, 120, 12H, 14G et 14H avec GPS) : 8
- Pelles (Cat 325, PC600, Liebherr 944, pneu...) : 6
- Autograde avec GPS en X, Y, Z : 1
- Tracto-pelles : 3
- Compacteurs V5 : 6
- Compacteurs P2 : 3
- Tombereaux : 4
- Arroseuses : 5
- Camions : 60
- Centrales à béton : 2
- Malaxeurs : 15
- Grues mobiles : 3
- Puissance globale d'engins sur chantier : 13000 CV
- Puissance de l'ensemble du matériel : 18000 CV

■ LE CONTRÔLE EXTERNE

Autoroute de contournement de Casablanca et autoroute Sidi Yamani/Asilah

Les travaux d'exécution de ces chantiers autoroutiers sont soumis à un plan d'assurance qualité de niveau C. Le contrôle externe qui constitue l'une



Planning général des travaux. Tronçon Sidi El Yamani/Asilah

General work schedule. Sidi El Yamani/Asilah section

des composantes de ce système, est réalisé par une équipe dite d'intérêt mixte formée par du personnel de l'entreprise et du L.P.E.E. (même si le PAQ est du type C, le contrôle externe a toujours été confié au LPEE auparavant. Ces deux chantiers autoroutiers constituent une transition pour confier le contrôle externe totalement à l'entreprise).

Le rôle du contrôle externe est :

- ◆ d'assister les responsables de la production (contrôles internes) lors de l'exécution des travaux;
- ◆ de veiller à la bonne exécution des travaux conformément aux exigences du maître d'œuvre;
- ◆ de vérifier la conformité des travaux réalisés vis-à-vis des procédures d'exécution;
- ◆ de programmer l'ensemble des essais à réaliser par le laboratoire et vérifier leur cadence par rapport au CCTP;
- ◆ de collaborer avec les responsables du contrôle interne pour proposer des solutions aux problèmes techniques;
- ◆ de valider auprès du maître d'œuvre les travaux réalisés par les responsables de la production;

- ◆ de veiller à la conformité des travaux exécutés par rapport aux plans BPE et exigences spécifiées;
- ◆ de gérer et matérialiser les plans de contrôle (points critiques et points d'arrêts);
- ◆ de gérer les interfaces entre l'entreprise et le M.O par la circulation et la validation des documents "Qualité" et leur archivage.



Autograde équipé du système GDP/DPS pour réglage de la couche de forme

Autograde machine equipped with the GDP/DPS system for grading the subgrade

	Désignation	Unité	Quantités provisoires à réaliser
Terrassements	Déblai	m ³	2 800 000
	Emprunt	m ³	680 000
	Remblai	m ³	2 100 000
	Couche de forme 0/60	m ³	400 000
OA	Béton	m ³	31 000
	Acier	t	2 500
	Grands ouvrages d'art (PS et PI)	u	20
	Ouvrages d'art cadres fermés (PV et PP)	u	9
	Ouvrages hydrauliques (Dalot)	u	2
Chaussée	GNT	m ³	275 000
	Enrobés (60% GBB et 40% BB)	t	GB : 160 000 BB: 120 000
	Bitume (liant)	t	16 150
Annexes	Echangeur	u	4
	Gare de péage	u	7

Les principales caractéristiques de l'autoroute de contournement de Casablanca

Main characteristics of the Casablanca bypass motorway

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Asilah/Sidi El Yamani

Maître d'ouvrage délégué

Société Nationale des Autoroutes du Maroc

Maître d'œuvre

Division des travaux de l'autoroute Rabat - Tanger

Bureau d'études

Groupelement CID - TEAM Maroc - COBA

Laboratoire de chantier

LPEE

Entreprises

Groupelement franco-marocain GTR - Colas

Autoroute de contournement de Casablanca

Maître d'ouvrage

ADM (Autoroute du Maroc)

Maître d'œuvre

ADM (Autoroute du Maroc)

Bureau d'études

TEAM Maroc - COBA

Laboratoire de chantier

L.P.E.E.

Entreprise

Groupelement GTR - LRM - SGTM

Un revêtement clair pour le Lumichape



Photo 1
Lumichape
"Lumichape"

Depuis plusieurs années, AREA a décidé de rénover les deux tubes du tunnel de Dullin sur l'autoroute A43, d'une longueur de 1,6 km.

Les chaussées de ces tunnels avaient été construites en 1974 en béton suivant la technique des dalles californiennes, pour obtenir un niveau de clarté acceptable.

Les dalles reposent sur une couche de forme construite avec le marinage du tunnel. Avec le temps et le trafic en forte hausse (surtout le trafic poids lourds qui totalise 6000 véhicules en moyenne par jour), ces dalles ont pris du jeu et battent au passage des véhicules.

Les travaux entrepris depuis l'année dernière ont permis de reprendre les chaussées mais également de renforcer les équipements de sécurité en se référant à la circulaire interministérielle n° 2000-63 du 25 août 2000, relative à la sécurité dans les tunnels.

La rénovation a consisté en :

- ◆ la création de caniveaux reliés à un collecteur béton par des regards siphoniques tous les 50 m;
- ◆ le renforcement de la signalétique des niches et des issues de secours;
- ◆ le renforcement de la ventilation longitudinale;
- ◆ la construction de barrières de fermeture en entrée de tunnel commandées depuis le PC de circulation CESAR qui se situe à proximité du tunnel;
- ◆ l'installation d'une DAI (détection automatique d'incident);
- ◆ le changement de la conduite incendie, etc.

Et bien sûr la reconstruction complète des chaussées.

AREA a choisi de refaire les chaussées avec des bétons bitumineux pour satisfaire au délai très court autorisant les travaux. Ainsi le tube nord a été réalisé (sens Chambéry-Lyon) en 9 semaines d'octobre à décembre 2000 et le tube sud (sens Lyon-Chambéry) également en 9 semaines de septembre à novembre 2001.

Pour obtenir un revêtement de chaussées de classe R2, classe minimale exigée au CCTP pour avoir une luminosité acceptable dans le tunnel, AREA a imposé pour le tube nord un grenaillage des enrobés fabriqués avec des agrégats très clairs. Le résultat obtenu est conforme au cahier des charges mais l'aspect de la surface n'est pas homogène en fonction des passes de la grenailleuse et de la charge en bitume des billes d'acier.

Pour le tube sud, AREA a donc laissé la possibilité aux entreprises de proposer des variantes sur la constitution de la couche de roulement pour satisfaire aux critères de luminance.

Deux variantes ont été proposées. Une première consistant à fabriquer un béton bitumineux pour la couche de roulement avec des agrégats clairs et un bitume de synthèse incolore.

Cette solution a été écartée en raison de son surcoût important.

La société Gerland Savoie Léman, filiale régionale d'Appia a proposé une deuxième variante originale : le Lumichape qui fait l'objet du présent article.

Michel Vistorky
CHEF DE DÉPARTEMENT VIABILITÉ
ET INFRASTRUCTURE
AREA - Direction de l'Exploitation



Photo 2
Atelier d'application :
alimentateur Franex
Application equipment :
Franex feeder

Le tunnel de Dullin :

Philippe Bardet



DIRECTION TECHNIQUE
Appia Rhône-Alpes/Auvergne

Marc Bezacier



DIRECTION TECHNIQUE
Appia Rhône-Alpes/Auvergne

L'amélioration de la sécurité et du confort visuel dans les tunnels ont conduit AREA à rénover le tube nord du tunnel de Dullin en 2000 et le tube sud en 2001. Ce tunnel se situe sur l'axe Lyon-Chambéry et supporte un trafic important. La rénovation des chaussées s'inscrit dans le cadre de cette opération. Après démolition de la chaussée existante et la mise en œuvre d'une couche de forme en grave ciment, les travaux confiés à Gerland Savoie Léman ont consisté à mettre en place :

- ◆ une moquette synthétique destinée à recueillir les eaux pouvant circuler dans la chaussée ;
- ◆ une couche de réglage en grave non traitée (GNT 0/20) de 11 cm d'épaisseur ;
- ◆ trois couches de grave bitume classe 4 (GB 0/14) sur 21 cm d'épaisseur ;
- ◆ une couche de béton bitumineux très mince (BBTM 0/6) Lumichape de 3 cm.

Ce revêtement a été retenu en variante d'une solution en enrobés clairs, sachant qu'il répond aux exigences du CCTP pour ses caractéristiques de clarté.

■ LE PROCÉDÉ LUMICHAPE

Lumichape est un enrobé de surface développé par Appia dans le cadre d'une charte Innovation pour répondre à un des objectifs définis par la Direction des routes : "Technique de chaussée permettant d'améliorer la lisibilité de la route et de limiter l'énergie consommée en éclairage public". Les formulations successives de ce produit ont évolué jusqu'à obtenir un enrobé dont les caractéristiques photométriques satisfont à une exigence de clarté dès la mise en service et sont durables.

Constitution du matériau

Lumichape est un enrobé du type béton bitumineux très mince (BBTM 0/6) dans lequel une partie des granulats est remplacée par des granulats blancs. Sa texture particulière permet d'incruster (cloutage) un sable blanc 1/3 mm (photo 1). Les granulats et le sable blanc sont obtenus par calcination à 1600° C de galets de mer en silex. Ils offrent une très bonne microtexture (CPA = 0,55), favorable à l'adhérence.

Caractéristiques photométriques

Elles traduisent la façon dont un revêtement renvoie la lumière qu'il reçoit, ce qui a une incidence

sur le flux de lumière reçu (éclairage en tunnel ou en zone urbaine), et sur le confort de l'utilisateur. Un revêtement noir et humide aura une réflexion spéculaire (effet miroir), un revêtement clair diffusera la lumière.

La classification des revêtements a été établie par la Commission internationale de l'éclairage (CIE) avec une échelle R1 à R4 :

- ◆ R1 correspond à un matériau clair et diffusant ;
 - ◆ R4 correspond à un matériau très spéculaire.
- Lumichape, avec des granulats clairs est classé R1. Le CCTP du tunnel de Dullin demandait un matériau R2.

■ RÉALISATION DE LA COUCHE DE ROULEMENT

Formulation de l'enrobé

Le BBTM est un 0/6 mm de classe 1 (norme NFP 98-137). L'étude de formulation a été réalisée par le laboratoire central Appia situé à Corbas (69).

La formule est la suivante :

- ◆ 4/6 Claraz - Eynard : 48,0 % ;
- ◆ 4/6 Silmer : 25,0 % ;
- ◆ 0/2 Bellegarde : 25,0 % ;
- ◆ filler Saint-Hilaire : 2,0 % ;
- ◆ liant : Routoflex E 35 dopé : 6,4 ppc.

Le liant est un bitume élastomère de la gamme Appia. Les granulats de la carrière Claraz-Eynard sont des quartzites très clairs. Les granulats blancs Silmer ont été définis précédemment.

Fabrication

La fabrication de l'enrobé est faite dans la centrale EBC (Enrobés du Bassin Chambérien) à Voglans, près de Chambéry. Cette fabrication de 900 t a été concentrée sur une journée. Le sable d'incrustation a été chauffé dans la même unité, de façon à être répandu à une température supérieure à 150° C.

Mise en œuvre

L'application s'est faite en continu et en pleine largeur, de manière à n'avoir ni joint, ni arrêt finisseur préjudiciables à l'uni. Pour cela, un alimentateur Franex (photo 2) a été utilisé pour l'alimentation en continu ainsi qu'un finisseur grande largeur ABG Titan 411. Immédiatement derrière la table du finisseur, le sable est mis en œuvre au moyen d'un matériel spécifique (photo 3) constitué de deux



Photo 3
Epannage du sable blanc derrière le finisseur

Spreading of white sand behind the paver finisher

compacteurs à jantes lisses (Dynapac CC 222 et Ingersoll Rand IR 65) équipés de distributeurs-doseurs centrifuges. Ces matériels ont été conçus et construits par le service Matériel d'Appia et celui de la filiale Gerland Savoie Léman.

La quantité de sable blanc mise en œuvre à refus est supérieure à 1,5 kg/m².

Le compactage final (photo 4) est assuré par un atelier traditionnel évoluant immédiatement derrière les engins distributeurs de sable. L'atelier était composé de trois cylindres à jantes lisses de type Dynapac CC 42 et CC 501.

Compte tenu de l'utilisation de sable de silice et de la présence de poussières de silice en atmosphère confinée, l'ensemble du personnel était équipé de lunettes, de masques de protection et de vêtements assurant une bonne protection du corps.

Les contrôles effectués pendant les travaux ont permis de vérifier la compacité et la texture du matériau. Les mesures d'uni réalisées à l'APL ont montré la qualité du profil en long.

Les propriétés photométriques seront mesurées sur des carottes prélevées en fin de chantier et feront l'objet d'un suivi dans le temps.



Photo 4
Compactage de Lumichape
Lumichape compacting

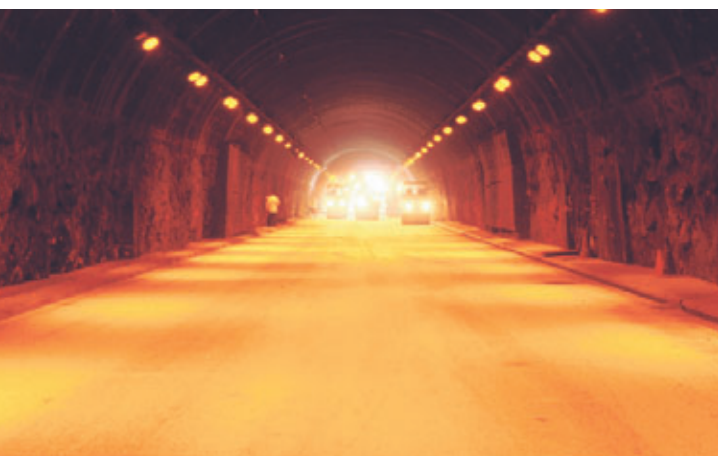


Photo 5
Vue générale du tunnel
General view of the tunnel

CONCLUSIONS

Après neuf semaines de travaux, le tube sud du tunnel de Dullin a été ouvert à la circulation.

Gerland Savoie Léman, a réalisé le lot chaussée et a proposé à AREA une solution innovante en couche de roulement : Lumichape. Ce revêtement, constitué par un enrobé du type BBTM 0/6, répond aux exigences du CCTP (classement R2 au minimum). Il offre à l'utilisateur un confort visuel accru et diminue les coûts d'éclairage.

Les propriétés de clarté sont obtenues dès la mise en œuvre (photo 5) avec l'incrustation de sable blanc et sont conservées dans le temps avec le décapage progressif des granulats clairs.

ABSTRACT

Clear surfacing for the Dullin tunnel : the "Lumichape"

Ph. Bardet, M. Bezacier

Lumichape is a surfacing developed by Appia to meet one of the objectives defined by the "Direction des Routes" road department, namely "to improve road legibility and limit the energy consumed for public lighting".

Surfacing clarity is obtained as of the application stage through the incrustation of white sand, and is preserved over time by gradual descaling of the clear aggregates contained in the mass of asphalt. This article describes the process and its application within the framework of revamping of the wearing course in the Dullin tunnel.

RESUMEN ESPAÑOL

Un revestimiento en tono claro para el túnel de Dullin : el Lumichape

Ph. Bardet y M. Bezacier

Lumichape es un revestimiento desarrollado por Appia para responder a uno de los objetivos definidos por la Dirección de Carreteras, consistente en "mejorar la visibilidad de la carretera y limitar la energía consumida por el alumbrado público".

La claridad del revestimiento se obtiene a partir de la implementación procediendo por la incrustación de arena blanca y conservada con el paso del tiempo por un decapado progresivo de los aglomerados claros contenidos en la masa del aglomerado. En el presente artículo se describe el procedimiento aplicado, así como su implementación en el marco de la refacción de capa de rodadura (pavimento) del túnel de Dullin.