

Travaux

n° 776

AUTOROUTES

- Mise en service de la section Cahors nord/Souillac sur l'A20
- A28 Alençon - Le Mans - Tours. Section Arçonnay - Maresche
- Fil vert de l'autoroute de l'arbre (A77)
- A29 Amiens/Saint-Quentin
- Ouverture de la section Libourne/Mussidan de l'A89
- A29... Recyclage à fort taux. Une première !
- Nice : prolongement de la chaussée nord de l'autoroute urbaine sud entre Magnan et Fabron

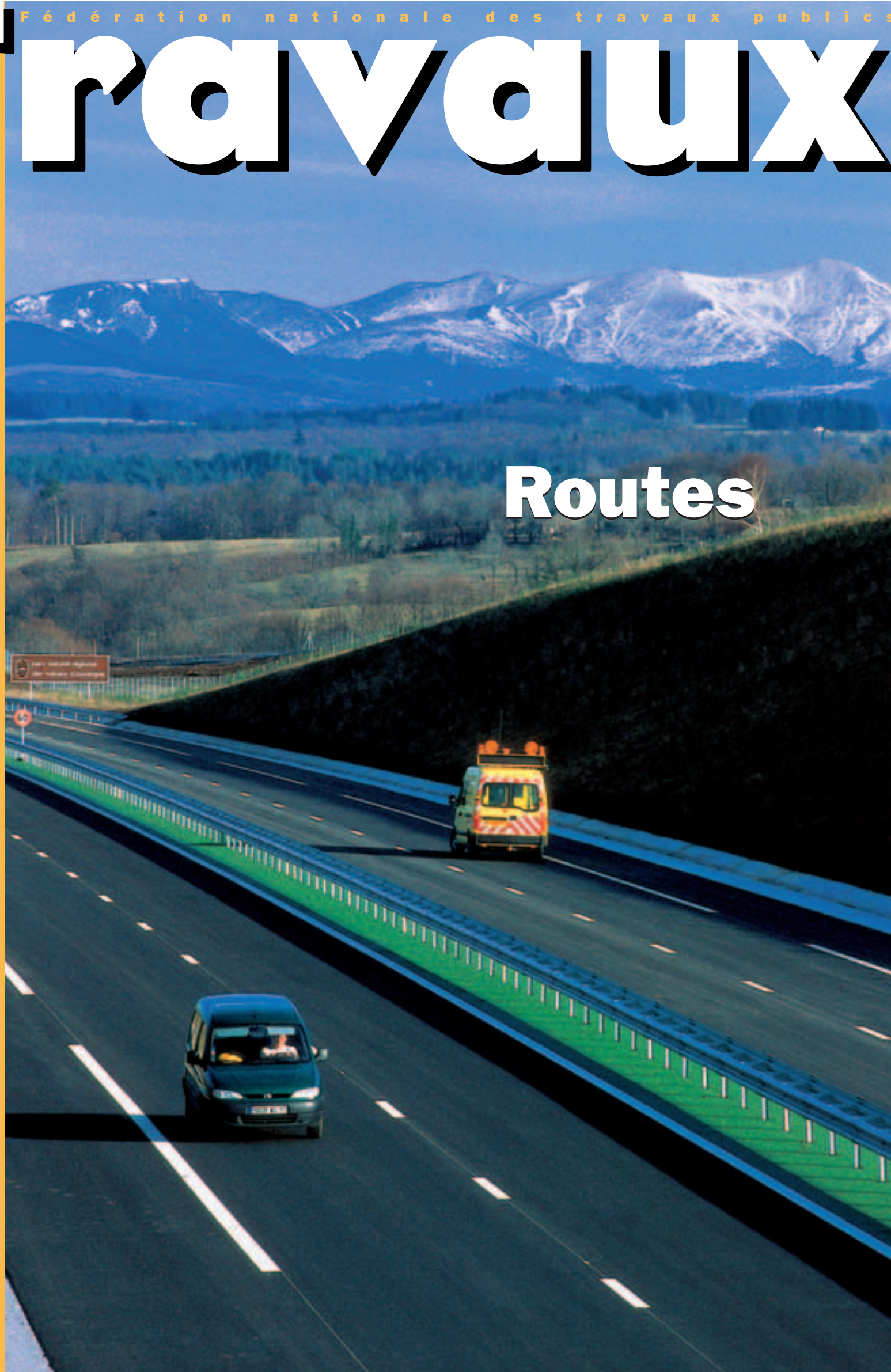
PISTES

- Construction de pistes sur le centre d'essai Renault à Aubevoye

INTERNATIONAL

- Réalisation de l'étanchéité/couche de roulement du tablier orthotropique du pont Honoré-Mercier à Montréal

Routes



Travaux

numéro 776

juin 2001

Routes

éditorial

actualités

matériels

PRÉFACE

AUTOROUTES



Notre couverture

L'autoroute A20
entre Cahors nord
et Souillac

© ASF - Michel Garnier

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

RÉDACTION

Roland Girardot et Henry Thonier

3, rue de Berri - 75008 Paris

Tél. : (33) 0144133144

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Françoise Godart

Tél. : (33) 024118 11 41

Fax : (33) 024118 11 51

E mail : Francoise.Godart@wanadoo.fr

MAQUETTE

T2B & H

8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris

Tél. : (33) 0144648420

VENTES ET ABBONNEMENTS

Sylvaine Prot

RGRA

9, rue Magellan - 75008 Paris

Tél. : (33) 0140738005

E mail : revuetravaux@wanadoo.fr

France : 950 FF TTC

Etranger : 1150 FF

Prix du numéro : 115 FF (+ frais de port)

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle

61, bd de Picpus - 75012 Paris

Tél. : (33) 0144748636

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).

Éditions Science et Industrie S.A.

3, rue de Berri - 75008 Paris

Commission paritaire n° 0106 T 80259



éditorial

Daniel Tardy

actualités

matériels

PRÉFACE

Jean Chapon

AUTOROUTES

◆ L'A20 avance. Mise en service de la section Cahors nord/Souillac

- *The A20 motorway advances. Opening of Cahors Nord/Souillac section*

G. Calas

◆ A 28 – Alençon - Le Mans - Tours. Section Arçonnay - Maresché

- *A 28 – Alençon - Le Mans - Tours. Arçonnay - Maresché section*

G. Khodja

◆ Fil vert de l'autoroute de l'arbre (A77)

- *Green string of the Tree Motorway (A77)*

Ch. Dargent, J.-P. Berguin

◆ A29 Amiens/Saint-Quentin. Innover pour économiser...

- *The A29 motorway between Amiens and Saint-Quentin. Innovating to economise...*

Y. Meunier

◆ Ouverture de la section Libourne/Mussidan de l'A89.

"L'eau-toroute" dans tous ses états

- *Opening of Libourne/Mussidan section of the A89 motorway. The ups and downs of the "water-way"*

J.-P. Lacaze

◆ A29... Recyclage à fort taux. Une première!

- *A29 high-level recycling. A first!*

Ch. Alvarez, J.-Fr. Pochet

◆ Nice : Prolongement de la chaussée nord

de l'autoroute urbaine sud (A.U.S.) entre Mignan et Fabron

- *Nice : Extension of the northern carriageway of the Autoroute urbaine sud (south urban motorway) between Mignan and Fabron*

Cl. Cardelli, Ph. Martin

"Encore des investissements routiers" vont regretter certains qui n'y voient que consommation de ressources publiques et dégradation de l'environnement, et maintenant les accusent d'aggraver la congestion du réseau au motif que les nouvelles réalisations suscitent le développement d'un trafic, jugé déjà excessif pour la tranquillité et la santé !

Il est certain qu'à partir du moment où une voie est saturée, son trafic a du mal à augmenter et par conséquent le coût de la congestion pour la collectivité ne connaît plus d'accroissement. Mais il est, non moins certain, que celui de la sécurité ne diminue pas et même risque fortement de croître, et surtout que l'économie de la collectivité n'y trouve pas son compte.

Car il est maintenant bien connu que les échanges sont non seulement le résultat, mais aussi la condition de la croissance de l'économie : on ne transporte pas des marchandises par plaisir ni par laxisme dans la gestion ; les voitures particulières ne sont pas seulement utilisées à des fins de loisir – et même les déplacements effectués par les touristes et les vacanciers ne sont pas sans retombées positives pour l'économie du pays.

Le recours au mode routier ne procède ni d'un dogme ni d'un refus obstiné d'utiliser les autres modes qui desservent la relation souhaitée. Il résulte, au contraire, d'un choix prenant en compte tous les avantages et inconvénients que présentent pour l'intéressé les divers modes qui lui sont offerts pour effectuer son déplacement ou transporter sa marchandise – sachant que le passager ou le chargeur est attentif non seulement au prix qu'il paye au transporteur mais également à tous les aspects qualifiés de "qualitatifs" mais que l'utilisateur du transport sait souvent valoriser – à commencer par la fiabilité.

Ceci dit, il n'est pas moins nécessaire – pour la "bonne santé physique et économique" de la génération présente et pour garantir celle des générations à venir –, que les échanges utilisent le mode "le plus pertinent" pour la relation considérée, cette pertinence devant s'analyser comme celle qui est conforme à l'intérêt général considéré au niveau de la collectivité et comprenant évidemment la préservation du cadre de vie.

Une des conditions de la rationalité du choix de l'utilisateur est qu'il soit tenu de payer l'intégralité des coûts que l'utilisation du mode de transport retenu impose à cette collectivité : coûts internes comprenant des charges d'investissement et de fonctionnement, et coûts externes liés à la sécurité, à la congestion et aux atteintes portées au cadre de vie.

Ces coûts externes ne pouvant pas toujours être mesurés avec exactitude, la meilleure façon de les réduire est de "tuer la nuisance à la source", en imposant des règles et pratiquant des comportements qui la réduisent ou mieux la suppriment : limitation de vitesse, obligation d'utiliser des moteurs et des carburants "propres" enseignement de la sécurité routière dès l'enfance sont des moyens plus efficaces que des taxes dont le niveau est plus

ou moins arbitraire. Il en est de même d'une "bonne conception" de l'infrastructure que les moyens modernes de la D.A.O. permettent d'inscrire "exactement" dans son site et par conséquent de concevoir de façon à ce qu'elle s'y inscrive harmonieusement.

Quant aux coûts internes, la bonne santé de l'économie veut qu'ils soient aussi réduits que possible : si une élémentaire équité exige qu'ils soient couverts par les usagers des infrastructures, quelle que soit la façon dont ces derniers les répercutent sur les consommateurs, ces coûts constituent finalement une charge pour l'économie de la collectivité.

D'où la nécessité de "ne pas lever le pied" en matière d'innovation, qu'il s'agisse de la conception des infrastructures, de leur entretien, de leur exploi-

tation et de leur impact sur l'environnement humain et naturel – et pour bien innover, la meilleure façon est de consentir un effort de recherche suffisant.

Car, malgré l'importance des progrès réalisés pour faire des routes mieux conçues, mieux exploitées, plus respectueuses de l'environnement, des progrès sont encore nécessaires, de même que sont nécessaires (et par conséquent doivent être réalisés), les nouveaux équipements routiers dont la rentabilité économique pour la collectivité est établie.

A cet égard, les considérations qui précèdent ne sauraient s'analyser comme le refus de toute taxation pour que soit intégralement couvert le coût global de l'usage des infrastructures routières considéré au niveau de la Collectivité, mais ne serait-il pas judicieux qu'une part significative du produit de la taxation soit affecté à la recherche pour acquérir ainsi de nouvelles connaissances qui permettront de mieux concevoir et exploiter les équipements routiers dont a besoin notre économie ?

L'efficacité d'un accroissement de l'effort de recherche est garantie : les articles qui suivent, montrent, en effet, de façon éloquente que notre ingénierie et nos entreprises routières, de même que les maîtres d'ouvrages savent faire preuve d'esprit d'innovation et font les efforts qu'implique sa réelle mise en œuvre pour réaliser des ouvrages à chaque fois "plus performants à tous les points de vue" : notamment leur préoccupation débordamment la recherche de la conception la plus économique appréciée sur la durée de vie des ouvrages mais porte également sur la sécurité et l'agrément du trajet pour les usagers, l'esthétique des infrastructures et de leurs dépendances et leur meilleure insertion dans l'environnement.

N'est-ce pas la meilleure façon de prouver que la route – ossature indispensable d'un bon aménagement du territoire et moyen essentiel (mais non exclusif) d'assurer les déplacements des personnes et les transports de marchandises nécessaires à la croissance de notre économie, – sait répondre aux besoins vitaux du présent et préserver, et même améliorer les conditions et le cadre de vie des générations d'aujourd'hui et de demain ?



■ **JEAN CHAPON**

**Président honoraire
de l'Association
des utilisateurs
de transport
de fret (AUTF)**

Président de l'IREX

L'A20 avance ! Mise en service de la Cahors nord/Souillac

Après trois années de travaux et 2,8 milliards de francs d'investissement, Autoroutes du Sud de la France (ASF) va ouvrir cet été à la circulation la section Cahors nord/Souillac de l'autoroute A20 concédée. Longue de 45,9 km, cette nouvelle section constitue la colonne vertébrale du Lot, que l'A20 traverse sur une centaine de kilomètres. Retour sur cette infrastructure au service de l'aménagement durable du territoire.

La section concédée Montauban/Brive de l'autoroute A20 s'inscrit dans l'axe européen E9 avec un double objectif : assurer la continuité de l'itinéraire Paris-Limoges/Toulouse/Espagne, et compléter le maillage autoroutier formé par les liaisons A62 (Bordeaux/Toulouse) au sud et A71 et A10 au nord, en attendant la réalisation de l'A89 (Bordeaux/Clermont-Ferrand). Elle prolonge la partie Vierzon/Brive non concédée, réalisée par l'Etat. Après trois années de travaux et 2,8 milliards de francs d'investissement, Autoroutes du Sud de la France (ASF) va ouvrir à la circulation, cet été, l'avant-dernière section de l'autoroute A20 concédée, entre Cahors nord et Souillac. Il ne restera plus, dès lors, que l'ultime maillon, c'est-à-dire la

vingtaine de kilomètres du contournement de Cahors, dont l'ouverture est prévue fin 2003.

L'autoroute A20 constitue un nouvel axe de développement économique du Sud-Ouest qui ne manquera pas de favoriser les échanges entre la péninsule Ibérique et l'Europe du nord (figure 1).

Longue de 45,9 km, la section Cahors nord/Souillac vient compléter la colonne vertébrale du Lot que l'A20 traverse sur une centaine de kilomètres. Premières conséquences : les liaisons avec la capitale régionale, Toulouse, et l'aéroport de Blagnac vont être facilitées, les capacités d'échanges renforcées ; cette ouverture ne devrait pas manquer, par ailleurs, de créer une dynamique – ce que certains qualifient "d'effet autoroute" – pour de nouvelles implantations industrielles.

Sur le plan touristique, l'arrivée de l'autoroute va offrir des opportunités, notamment pour les séjours de courte durée et le développement d'un tourisme de proximité : l'Espagne, Toulouse, le Périgord, le Limousin, mais aussi Paris sont désormais plus proches.

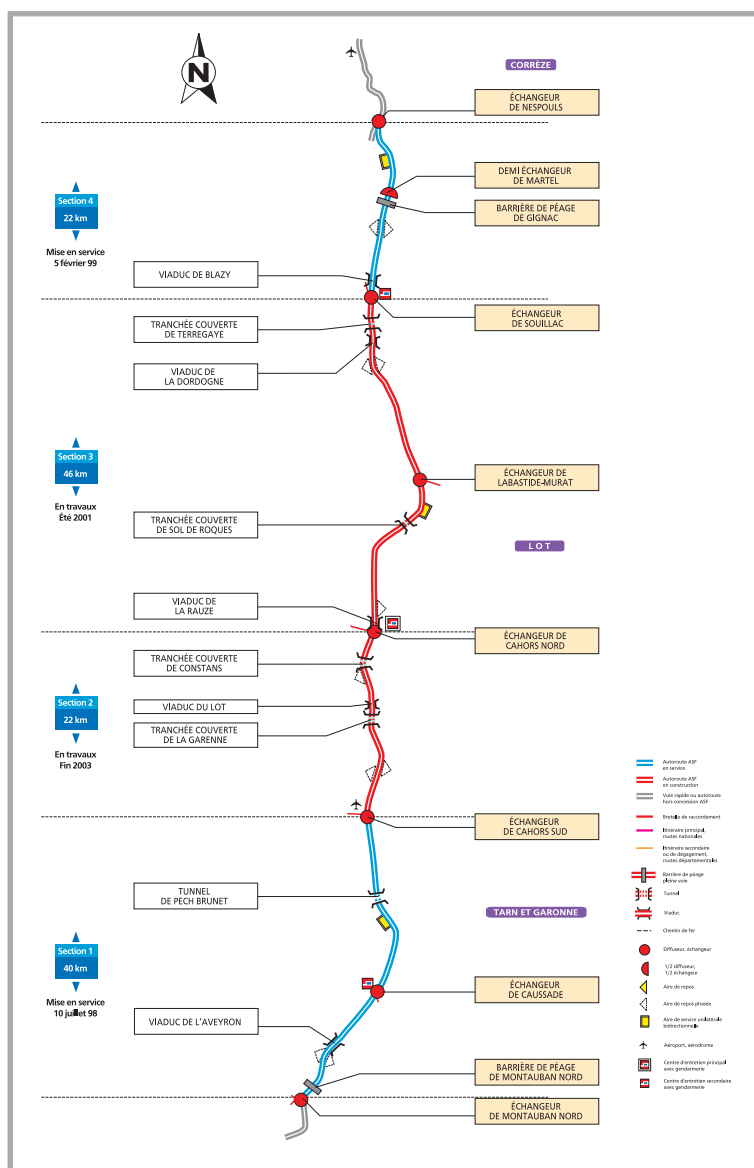
De plus, l'aire de service du Jardin des Causes du Lot que le conseil général réalise conjointement avec la société d'autoroutes se veut un espace thématique dédié à la découverte du Lot et de la région Midi-Pyrénées. Implantée sur un côté de l'autoroute, cette aire sera accessible dans les deux sens de circulation. Elle va être dotée d'un espace thématique et d'une boutique de produits régionaux ; une aire de détente pourvue de jardins en terrasse, permettra de descendre jusqu'à un petit lac. A l'été 2002, le complexe sera entièrement opérationnel.

Deux échangeurs assurent les dessertes locales : Cahors nord, raccordé à la RN20, et Labastide-Murat, raccordé aux routes départementales 1 et 2. Sur les 45,9 km du tracé, l'autoroute a un profil à 2 x 2 voies : elle comporte une voie supplémentaire dans le sens sud-nord pour les rampes qui mènent aux causses de Gramat et de Martel ; et dans le sens nord-sud pour les montées vers l'aire de service et l'échangeur de Labastide-Murat.

LES OUVRAGES D'ART EXCEPTIONNELS

Le premier, le viaduc de la Rauze, est situé à une dizaine de kilomètres au nord-est de Cahors, sur les communes de Cours au sud et de Nadillac au nord. Le site, classé en zone naturelle d'intérêt éco-

Figure 1
A20. Le tracé de la section Montauban/Brive, concédée, traverse sur 131 km trois départements : le Tarn-et-Garonne (33 km), le Lot (94 km), et la Corrèze (4 km)
A20. The Montauban/Brive section of this concessionary motorway crosses three departments (regions) along 131 km : Tarn-et-Garonne (33 km), Lot (94 km) and Corrèze (4 km)





section

logique, floristique et faunistique par le réseau européen Natura 2000, présentait donc des contraintes environnementales fortes. Ce contexte a conduit la société ASF à consulter plusieurs cabinets d'architectes spécialisés. Le projet retenu, celui de Charles Lavigne, offre un haut niveau de qualité architecturale et d'intégration dans le paysage (photo 1).

L'ouvrage devait s'insérer dans une ample vallée en U, encadrée de versants boisés à forte déclivité. De plus, la Rauze, dont l'eau est d'une excellente qualité, abrite une frayère à truites, et il a même été observé la présence d'écrevisses à pattes blanches, une espèce dont le biotope bénéficie d'un arrêté de protection.

Le parti d'aménagement a retenu un viaduc à tablier unique à 2 x 2 voies, long de 555 m, et dominant le ruisseau de 100 m de hauteur. L'élégance de l'ouvrage réside dans les hautes piles centrales, implantées en lisière du boisement, et qui laissent largement ouvert le fond de vallée : les portées sont imposantes, 130 m entre les piles centrales. L'architecte a conçu des piles dédoublées en deux minces supports à courbure inversée, créant ainsi des lignes verticales très affinées et donnant à l'ensemble une ligne toute empreinte de simplicité.

Le second, le viaduc de la Dordogne, est situé sur la commune de Pinsac au sud-est de Souillac. Il a fait l'objet de longues réflexions pour tenir compte des spécificités de l'environnement : un milieu naturel à protéger, un paysage à préserver, des contraintes techniques particulières (photos 2 et 3). Pour assurer une plus grande transparence hydraulique et une meilleure intégration de l'ouvrage dans le site, la portée en rive gauche de la Dordogne a été allongée. Le viaduc atteint ainsi 1070 m, ce qui en fait l'ouvrage le plus long de l'A20. Il s'inscrit dans une zone de conservation au niveau européen, le méandre de Pinsac étant classé en zone naturelle d'intérêt écologique, floristique et faunistique. D'importantes frayères à saumons et à aloses ont en effet été repérées dans le lit mineur et ces espèces bénéficient d'une protection. Cet environnement a conduit la société d'autoroutes à prendre, pendant la réalisation des travaux, des mesures spécifiques pour éviter toute pollution ou dégradation inutile de la rivière et de ses berges. A ce contexte environnemental particulier s'est ajoutée une géologie présentant un sous-sol très hétérogène, qui a nécessité la mise en œuvre de techniques de fondation adaptées à la situation de chacun des seize appuis du viaduc. Pour consolider et conforter les sols truffés de failles et de ca-



Photo 1
Le viaduc de la Rauze
(555 m de long,
100 m de haut)

The Rauze viaduct
(555 m long, 100 m high)



Photo 2
Le viaduc de la Dordogne
(1070 m de long,
hauteur moyenne : 20 m)

The Dordogne viaduct
(1,070m long, average
height : 20 m)



Photo 3
Le viaduc de la Dordogne,
vue vers le sud
des piles P7 à P1

The Dordogne viaduct.
Looking south
from piers P7 to P1

A20 CAHORS NORD/SOULLAC EN CHIFFRES

- 45,9 km
- 2 échangeurs : Cahors nord et Labastide-Murat
- 61 ouvrages d'art, dont 37 ouvrages routiers ; 3 passages pour grande faune ; 6 passages à moutons ; 15 passages agricoles ; 90 ouvrages hydrauliques
- 2 ouvrages d'art exceptionnels : viaduc de la Rauze et viaduc de la Dordogne
- 2 tranchées couvertes : Sol-de-Roques (200 m) et Terregaye (400 m)
- **Coût** : 2,8 milliards de francs entièrement financés par ASF

Photo 4
Les talus Royal®
au nord de la section
Cahors nord/Souillac
(Pomarède)

The Royal® slopes north
of the Cahors Nord/Souillac
section (Pomarède)



Photo 5
Détail
des talus Royal®
(Le Mut)
Detail
of the Royal® slopes
(Le Mut)



vités, les ingénieurs ont eu recours au jet grouting dans les zones fortement karstifiées et à la mise en place d'un réseau de mini-pieux. Le jet grouting est un traitement qui consiste à injecter à haute pression et par rotation un coulis de ciment dans le sol naturel.

Ces techniques combinées ont assuré l'ancrage des fondations jusqu'à 15 - 20 m de profondeur. Le viaduc de la Dordogne est constitué d'un tablier unique de 21,3 m de large réalisé au moyen d'un hourdis en béton porté par deux poutres métalliques à hauteur constante. Il s'appuie sur des piles ovoïdes en béton et comprend 15 travées, dont une principale de 80 m.

■ LES AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS

L'insertion harmonieuse de l'autoroute dans son environnement naturel est le résultat d'un concours international d'architectes-paysagistes. Les lauréats, Alain Cousseran et Alain Provost, ont voulu "soumettre l'autoroute aux rythmes naturels des paysages traversés". En collaboration étroite avec les équipes ASF, notamment le service Nature et

paysage, ils ont "façonné l'empreinte de l'autoroute pour la mettre en résonance avec les superbes paysages traversés et ordonné le tracé comme un seul et immense ouvrage d'art".

Les talus de l'autoroute, les merlons, les rétablissements de communication, les échangeurs, et les espaces avoisinant les gares de péage ont été plantés d'espèces arbustives et d'arbres à tige. Le tracé de l'autoroute est, par ailleurs, jalonné de grands déblais et de talus rocheux. Au sud de l'échangeur de Souillac, une méthode spéciale a été employée pour limiter l'impact visuel et éviter de produire des déblais excessifs et des versants abrupts instables. Mise au point par Paul Royal, ingénieur géologue, cette méthode dite du "talus Royal" utilise une découpe de la roche selon ses lignes de fractures profondes pré-existantes. Le résultat est surprenant : les talus ressemblent aux reliefs créés par l'érosion et se fondent naturellement dans le paysage (photos 4 et 5).

■ LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

La section Cahors nord/Souillac traverse une zone sensible au sous-sol karstique : le causse de Gramat, qui se caractérise par d'importants réservoirs d'eaux souterraines.

Les hydrogéologues expliquent ainsi le fonctionnement des structures karstiques : à partir de points d'absorption d'une même zone d'infiltration, les eaux souterraines se rassemblent et s'organisent en ruisseaux, puis en rivières parcourant conduits et galeries pour aboutir en bordure du massif calcaire ; là, elles rejaillissent en une source, le plus souvent unique et à fort débit. Ce réseau d'évacuation constitue le système karstique. Ces réservoirs naturels au cœur des massifs calcaires sont vulnérables et, à ce titre, imposent une vigilance toute particulière face aux risques de pollution accidentelle.

ASF a donc mis en place tout un dispositif de pro-



Photo 6
Tranchée couverte
de Sol-de-Roques (200 m),
têtes de tranchée côté sud

Cut-and-cover section
of Sol-de-Roques (200 m),
trench heads on south side

tection. Ainsi, le long des voies de circulation, un réseau étanche de cunettes permet-il de recueillir les eaux de pluie provenant de la plate-forme autoroutière. Après traitement systématique, ces eaux retournent dans le milieu naturel. Le traitement des eaux en lui-même est assuré dans de vastes bassins de décantation, qui peuvent également jouer un rôle d'écrêtement de crues lors d'orages. Enfin, les bassins de traitement sont équipés, dans les cas d'urgence et de déversement accidentel pour retenir tous les types de polluants. Les aménagements pour la protection de la faune ont été élaborés en concertation avec la Direction départementale de l'agriculture et de la forêt et la Fédération départementale des chasseurs.

Sur la liaison Cahors nord/Souillac, trois passages ont été construits : sur les communes de Lamothe-Cassel, de Reilhaguet et à Loupiac. Principal objectif de ces passages spécifiques : rétablir les itinéraires habituels de la faune sauvage. Lièvres, sangliers ou chevreuils, peuvent ainsi les emprunter sans crainte, protégés des véhicules et des phares des voitures par les garde-corps des ponts en bois ou plantés. Enfin, des protections acoustiques ont été mises en place là où le niveau de bruit pourrait dépasser, après la mise en service, le niveau moyen de 60 décibels. Aux abords de certaines habitations, les protections à la source ont été favorisées sous forme de merlons végétalisés.

A20 MONTAUBAN-BRIVE : LES DATES CLÉS

- Mars 1988 : inscription de la liaison au schéma directeur routier national
- Février 1992 : choix de la bande des 300 m
- 7 février 1992 : décret approuvant la convention passée entre l'Etat et la société Autoroutes du Sud de la France pour la construction, l'entretien et l'exploitation d'autoroutes
- 31 mai 1994 : déclaration d'utilité publique de l'autoroute A20 Montauban/Brive
- 1995 : démarrage des travaux par les sections d'extrémités Souillac/Brive et Montauban nord/Cahors sud
- 10 juillet 1998 : mise en service de la section Montauban nord/Cahors sud (40,3 km)
- 5 février 1999 : mise en service de la section Souillac/Brive (22,1 km)
- Été 2001 : mise en service de la section Cahors nord/Souillac (45,9 km)
- Fin 2003 : Objectif de mise en service de la section Cahors sud/Cahors nord (23 km). Achèvement de l'ensemble de l'A20 concédée Montauban/Brive



Photo 7
Tranchée couverte
de Terregaye (400 m)
Cut-and-cover section
of Terregaye (400 m)

En outre, entre Cahors nord et Souillac, l'A20 passe à deux reprises dans une tranchée couverte : la première (200 m) sur la commune de Labastide-Murat, au lieu-dit Sol-de-Roques, la seconde (400 m), sur la commune de Pinsac, à la hauteur du hameau de Terregaye (photos 6 et 7). La technique de la tranchée couverte est retenue, en général, lorsque le tracé est amené à côtoyer des habitations pour protéger les riverains,



Photo 8
Section courante de l'A20 en cours de finition
(Lamothe-Cassel)
Section of A20 in finishing phase (Lamothe-Cassel)

► réduire l'impact visuel et acoustique et minimiser l'effet de coupure induit par le passage de l'autoroute. Elle permet de faire passer les voies en souterrain, en déblayant le terrain, puis en construisant un double tube en béton, tout en restant proche de la surface.

■ DANS 30 MOIS, BRIVE/TOULOUSE EN 1 H 40

A l'horizon 2003, quand la section Cahors sud/Cahors nord sera en service, 10 000 à 12 000 véhicules devraient emprunter quotidiennement l'autoroute A20, soulageant ainsi la RN20 de 60 à 80 % de son trafic. Outre le fait d'emprunter une infrastructure plus sûre, les automobilistes ne seront pas insensibles aux gains de temps réalisés : pour relier Brive à Toulouse, près d'1 h 40 suffira contre plus de 2 h 40 auparavant... Il reste à noter que les ouvertures partielles sur l'A20 concédée ont déjà eu pour conséquence d'accroître le trafic de 20 % (photo 8).

ABSTRACT

The A20 motorway advances. Opening of Cahors Nord/Souillac section of the A20

G. Calas

After 3 years of works and FF 2.8 billion in investments, French motorway operator ASF (Autoroutes du Sud de la France) will be opening to traffic the Cahors Nord/Souillac section of the concession-operated A20 motorway. This 45.9-km section constitutes the backbone of the Lot Department (region) crossed by the A20 along a hundred or so kilometres. It is an infrastructure in the service of sustainable regional development.

RESUMEN ESPAÑOL

La autopista A20 avanza. Puesta en servicio de la sección Cahors norte/Souillac

G. Calas

Transcurridos tres años de obras e inversiones de 2.800 millones de francos la empresa Autoroutes du Sud de la France (ASF) se propone abrir al tráfico rodado durante el próximo verano la sección Cahors norte/Souillac de la concesión de la autopista A20. De una longitud de 45,9 km, esta nueva sección constituye la columna vertebral del departamento del Lot que la A20 atraviesa sobre una distancia de un centenar de kilómetros. Descripción de esta infraestructura al servicio del acondicionamiento sostenible del territorio.



Autoroute A28 - Alençon/Le Mans/Tours Section Arçonnay - Maresche

Fin juin, Cofiroute mettra en service la dernière section en direction du nord de l'autoroute A28 de sa concession. Pour les sections situées en direction du sud, il faudra attendre la fin des études en cours pour la définition des zones Natura 2000 de protection des espèces d'insectes : *Osmoderma eremita*, *Cerambix cerdo* et *Lucanus cervus*.

Cette section de 24 km raccordera la déviation d'Alençon – réalisée par l'Etat, la région de Basse Normandie, les départements de l'Orne et de la Sarthe et la Communauté urbaine d'Alençon au nord –, et la section d'A28 entre Maresché et Le Mans mise en service le 27 octobre 2000. Il n'aura fallu que 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 la Sarthe, 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 inférieure 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) accotements stabilisés jusqu'au premier rechargement, aires de repos minimales et structure de chaussée évolutive.

■ GÉNÉRALITÉS

Cofiroute poursuit la réalisation de sa seconde génération d'autoroutes dites d'aménagement du territoire. Après la section Corzé - Bourgueil de l'A85 (55 km) arrêtée aux portes de Langeais et mise en service en 1997, c'est au tour de l'A28 Alençon/Le Mans/Tours (126 km). Suite à la mise en service des sections Maresché - Le Mans Nord et Le Mans Est - Ecommoy le 27 octobre 2000, 24 km sont actuellement en travaux. Il s'agit de la section Alençon - Maresché réalisée par la société Socaso, maître d'œuvre (constructeur habituel de Cofiroute) (figure 1).

Ces nouvelles autoroutes supporteront des trafics faibles (de 6 000 à 10 000 véh./jour aux horizons 2010 - 2020 suivant les sections). Les mesures de protections de l'environnement y sont particulièrement importantes (protections acoustiques, aménagements paysagers, préservation des milieux naturels, etc.).

Le tronçon d'autoroute A28 qui relie Alençon à Tours a fait l'objet d'une déclaration d'utilité publique le 20 juillet 1993 et a été concédée à Cofiroute par décret du 24 avril 1994.

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 en-



Figure 1
Tracé
de la section
Route
of the section



treprises actionnaires, respectivement Colas, Eiffage, GTM Construction et Campenon Bernard, Jean Lefebvre.

■ LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

Les premières sections Maresché - Le Mans Nord et Le Mans Est - Ecommoy ont été mises en services le 27 octobre 2000. La section Arçonnay - Maresché a été engagée à l'été 1998 pour une mise en service en juin 2001.

La section d'une longueur de 24 km située dans le département de la Sarthe et mise en chantier par Socaso, a son origine au sud de la déviation d'Alençon en service (PK 6,7), intégrable à terme au tronçon de l'autoroute A28 Alençon - Le Mans - Tours et se raccorde au nord à Maresché sur la RN 138.

Tracé en plan

Le tracé se développe en zones agricoles ou boisées avec un habitat assez diffus. Il ne présente pas de point particulier difficile. Le rayon minimal non déversé est de 1800 m.

Profil en long

Bien que très vallonnés, les reliefs ne nécessitent pas la création de voie spéciale pour véhicules lents. L'ensemble du profil en long de la section est une alternance de déblais-remblais. Les déblais et remblais de hauteur supérieure à 10 m et qui atteignent 14 m ont fait l'objet d'études spécifiques de stabilité (Butte de Vermont, le Haut Boulay, la Semelle, la Bienne). De plus, une étude spécifique a été réalisée pour vérifier la qualité du matériau (grès) entre les PK 11 et 12.

Profil en travers

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

- ◆ 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 d'une barrière béton ou 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.

La hauteur libre dégagée sous ouvrage, sur l'autoroute, est de 5,00 m minimum.

Echangeurs

Sur cette section mise en chantier par Socaso les liaisons avec les réseaux routiers sont et seront assurées par :

- ◆ la déviation d'Alençon en direction de la RN12 au nord (existante), intégrée à A28 à la mise en service de la section neuve ;
- ◆ l'échangeur d'Arçonnay vers la RN138 ;
- ◆ l'échangeur de Rouessé Fontaine avec la RD310 dont la réalisation est différée ;
- ◆ l'échangeur de Maresché avec la RN138 via la RD6 (liaison entre l'échangeur et la RN138 réalisée par le conseil général de la Sarthe).

Centre d'exploitation

Un centre d'exploitation est prévu à l'échangeur de Maresché pour la section nord du Mans.

Aires annexes

Un couple d'aires est prévu : aires de service au nord de Maresché sur la commune de Vivoin, momentanément utilisées en aires de repos.

■ LES TERRASSEMENTS

Sur la section Alençon - Maresché on observe un relief géologique contrasté : les alluvions, modernes ou anciennes, à prédominance argileuse, correspondant en majorité à des fonds de vallées comme la Bienne ; des argiles marneuses et marno-calcaires du Callovien formant entre autres la butte de Vermont et le déblai du Haut-Boulay, des grès armoricains, très durs, au sud de Béthon, des sables argileux très humides principalement sur la commune de Fyé ; des calcaires sableux du Callovien, au-delà.

Zones compressibles

Trois zones compressibles ont été identifiées lors des études géotechniques. Deux d'entre elles étaient situées au droit de ruisseaux peu profonds dont les sols supports étaient constitués d'alluvions compressibles de 4 m de hauteur puis de marnes altérées (Le Rosay PK 15.6 et le Ruisseau de la Semelle PK 18.1).

Pour palier ces contraintes, la solution retenue a été le préchargement sur deux phases de hauteur 4 et 7 m afin d'obtenir le tassement attendu de 40 cm. Le suivi de ces tassements s'est fait à l'aide de tassomètres installés dans le terrain naturel au droit des futurs remblais, complétés par des levés topographiques hebdomadaires sur chacune

des phases de remblais. Au terme de ces préchargements, les remblais ont été terrassés afin de construire les ouvrages hydrauliques. Le tassement résiduel sous ouvrage n'était plus alors que de 6 cm.

Terrassement vis-à-vis des contraintes liées aux zones compressibles

Les études géotechniques donnaient des périodes de chargement ou de préchargement réparties sur deux ans. Afin d'engager au plus tôt ces zones, l'entreprise a dû approvisionner les matériaux par les voiries publiques. Les fouilles archéologiques s'ajoutait de plus aux contraintes (présence d'archéologues pendant près de 2 ans).

Un aménagement du carrefour sur la RN138 et des entretiens fréquents de voiries ont permis dès le deuxième semestre 1998 d'engager ces transports (200000 m³ avec une flotte de 30 semi-remorques). Le volume des déblais réutilisables est globalement suffisant pour la réalisation des remblais.

La qualité des matériaux trouvés entre les PK 11 et 12 sur les communes de Béthon, Cherisay et Oisseau-le-Petit ont permis leur utilisation en couche de forme après concassage. Ils ont été également utilisés en remblaiement de purges au niveau de l'arase terrassement et fonds de remblais.

Les principales quantités mises en œuvre sont :

◆ déblais : 3000 000 m³ (dont 450000 m³ de grès);

◆ déblais mis en remblais (y compris couche de forme et aménagements paysagers : 1800 000 m³.

Déblai rocheux

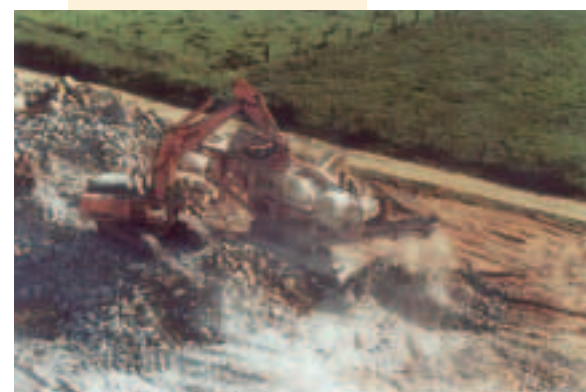
Sur une longueur d'un kilomètre, sur les communes de Béthon et de Cherisay, un déblai rocheux homogène d'une profondeur maximale de 13 m a été exploité par minage (pas de failles argileuses significatives). La découverte réutilisée en remblai, était d'une épaisseur variable de 0,5 à 3 m.

L'explosif utilisé était du nitrate fuel. Le minage a été effectué par casiers journaliers (un à deux tirs par jour) avec un maillage de 3 x 3 m sur toute la hauteur; le volume a été de 1500 m³/tir avec des pointes à 3000 m³/tir. Les matériaux minés ont été concassés à l'aide d'un concasseur mobile déplaçable en fonction de l'avancement et capable sur deux postes de travail de produire 1500 m³/jour. Le matériau obtenu a été du 0/120 destiné à la couche de forme.

Au titre de l'environnement, quelques habitations se trouvaient à proximité. Cependant, des capteurs (sismographes) ont été installés en permanence lors des tirs afin de contrôler les effets des vibrations (mesure de la vitesse particulière et de la fréquence). Les mesures ont démontré l'absence de risque pour la stabilité des fondations de ces habitations (photos 1, 2, 3, 4 et 5).

Photos 1, 2, 3, 4 et 5
Terrassements
en cours juin 2000

Earthworks
in June 2000



© Deschiron



© Deschiron



© Deschiron



© Deschiron



© Deschiron

► **■ LES OUVRAGES D'ART**

Les ouvrages de type à poutres préfabriquées ont été conçus de manière à supprimer les cintres ou étaitements qui entraînent des opérations de maintenance longues et qui constituent une entrave à l'exécution des terrassements.

Leur réalisation permet de limiter sensiblement les interactions entre l'exécution des ouvrages d'art et celles des terrassements et procure ainsi plus de souplesse dans les plannings correspondants.

L'ossature des tabliers de ces ouvrages est constituée de poutrelles préfabriquées, précontraintes par torons adhérents.

Les poutrelles, d'abord isostatiques sont rendues continues vis-à-vis des superstructures et des surcharges par un hourdis et des entretoises sur appuis coulés en place en béton armé.

Le coffrage du hourdis est constitué de prédalles (non participantes) en béton armé prenant appui sur les poutrelles.

Les tabliers, qui comprennent généralement plusieurs travées, reposent sur les lignes d'appui par l'intermédiaire d'appareils d'appui en Néoprène fretté disposés sous l'entretoise coulée en place (photo 6).

L'architecture des ouvrages d'art a été confiée à l'architecte Françoise Vié.

La section comporte 24 ouvrages d'art qui se décomposent ainsi :

- ◆ treize passages supérieurs à quatre travées ;
- ◆ huit passages inférieurs à une travée dont quatre ouvrages hydrauliques ;
- ◆ trois passages inférieurs à trois travées dont deux sur les voies SNCF.

**■ LES CHAUSSÉES :
UNE STRUCTURE ÉVOLUTIVE**

Conformément à la politique adoptée dès l'origine par Cofiroute, les chaussées ont une structure évolutive. Les rechargements ultérieurs sont adaptés au trafic réel et l'investissement est étalé dans le temps.

Les structures à la mise en service sont les suivantes :

- ◆ Alençon - Maresché : 4 cm en BB/15,5 cm en GB ;
- ◆ la plate-forme est classée PF 3, ce qui nécessite une couche de forme granulaire en 0/120 (grès concassé sur le site, en provenance de déblai rocheux de la zone Béthon - Chérisay) d'épaisseur 50 cm sur arase AR2 ou 90 cm sur arase AR1 (les zones d'arase AR1 correspondent aux zones de déblais dont le fond est constitué de matériaux A2 ou A3 présentant des risques de gonflement en cas de traitement).

Les quantités nécessaires sont les suivantes :

- ◆ 292 000 m³ en couche de forme ;

- ◆ 120 000 t en couche de fondation et base (grave bitume) ;
- ◆ 44 000 t en couche de roulement (béton bitumineux).

■ L'ENVIRONNEMENT

L'archéologie

Une prospection systématique a été effectuée avant le début des travaux, suivie de fouilles sur certains sites.

L'hydraulique

Les rétablissements des cours d'eau, franchis par l'autoroute, et les rejets d'eau de ruissellement de l'autoroute dans le milieu naturel sont traités 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 sont recueillies et se décantent des matières en suspension et métaux lourds dans des bassins de rétention ;
- ◆ elles sont ensuite rejetées dans le milieu naturel avec un débit contrôlé, après passage dans un déshuileur ;
- ◆ les fossés sont rendus imperméables dans la traversée des captages de Groutel (PK 10) et des Moutonnières (PK 16,6).

Le bruit

Conformément aux engagements de l'Etat, une étude de bruit a été réalisée sur tous les points où l'autoroute passe à proximité d'habitations. Des protections acoustiques sont prévues pour assurer – compte tenu des trafics moyens journaliers prévisionnels (TMJA) de 14 000 véhicules/jour entre Arçonnay et Maresché dont 17 % de poids lourds –, un niveau sonore moyen équivalent entre 6 h et 22 h (Leq 6 h - 22 h) inférieur ou égal à 60 dB (A) et entre 22 h et 6 h (leq 22 h - 6 h) inférieur ou égal à 55 dB (A) lorsque le niveau sonore initial est inférieur à cette valeur ou pour ne pas augmenter le niveau sonore initial si celui-ci est supérieur à 60 dB (A).

Cinq sites sont concernées par cette étude :

- ◆ quatre merlons en terre et un écran sont ainsi mis en œuvre ;
- ◆ des aménagements complémentaires seront réalisés ultérieurement en fonction de l'évolution du trafic pour rester en permanence à un niveau inférieur ou égal à 60 dB (A).

La faune

Avant les travaux plusieurs mares ont été déplacées :

- ◆ un ouvrage hydraulique sur le ruisseau des Ma-

rais a été transformé en dalot pour permettre à la grande faune de transiter du nord au sud de l'autoroute;

◆ des passages pour amphibiens sont prévus sous l'autoroute, complétés par des dispositifs de protection les empêchant de traverser les chaussées.

Précautions particulières

Des précautions particulières en phase chantier sont prises notamment pour :

- ◆ la protection de la station botanique "La Gesse Blanche" sur les communes de Champfleury et Arçonny;
- ◆ le suivi des rivières et cours d'eau;
- ◆ l'approvisionnement en carburant des engins par camion citerne équipé de dispositif de sécurité;
- ◆ le rétablissement du chemin de grande randonnée (GR22C) qui franchit l'autoroute au PK 12.4 sur la commune de Chersay.

Le paysage

La conception du traitement paysager (modelé des terrains, plantations) est confié à Bernard Lassus, architecte paysagiste.

D'une manière générale, le mouvement des terres permet de raccorder le terrassement aux courbes de niveau du terrain existant, de telle sorte que ce modelé artificiel apparaisse à terme tout à fait naturel.

L'aménagement paysager tendra à augmenter le plus possible le champs visuel perçu de la voie en respectant au mieux les souhaits des riverains.

Les plantations sont ordonnancées de manière à constituer des fenêtres ouvertes sur le paysage de la Sarthe, en évitant les alignements d'arbres parallèles aux voies.

INCIDENTS DE CHANTIER

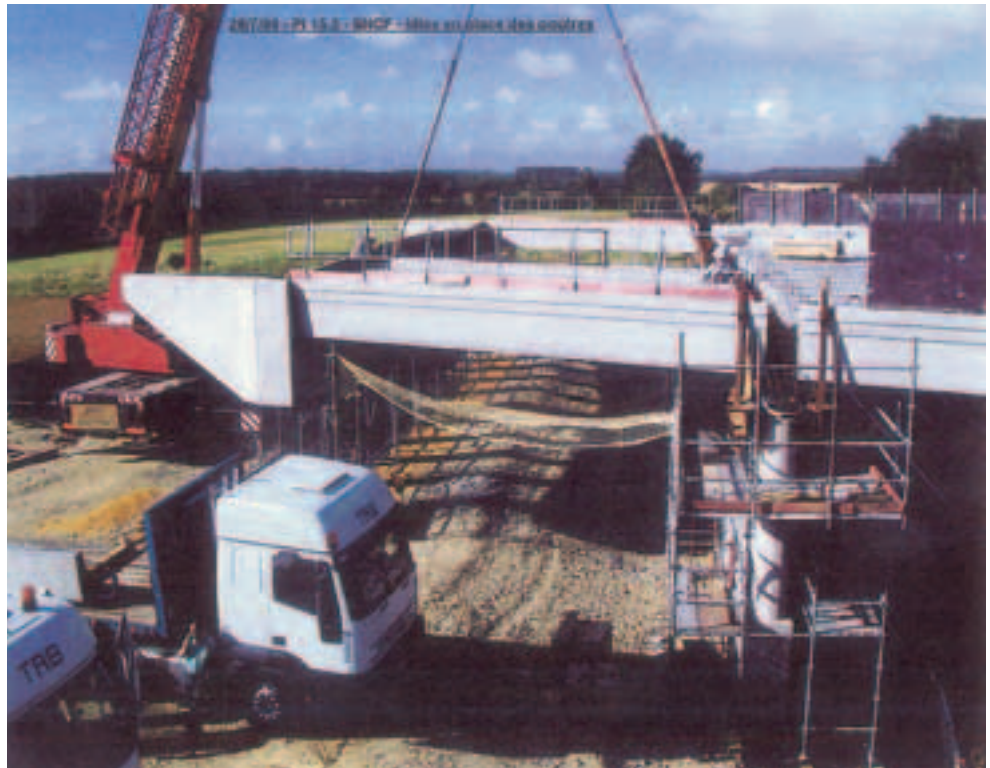
Glissement de terrain

Sur la commune de Fyé, 100 m de remblais autoroutier d'une hauteur maximale de 3,5 m sont posés sur le flanc d'une colline naturelle dont la pente avoisine les 9 %.

Lors de la réalisation des chaussées (première couche de grave bitume déjà réalisée) une fissure s'est formée entre la bande d'urgence et l'enrobé. Très vite le glissement s'est amplifié laissant apparaître une marche de plus d'un mètre entre ces deux zones.

Les conclusions des études après instrumentation de la zone par des inclinomètres, des piézomètres et un piquetage topographique, retiennent le réamorçage d'un ancien glissement.

Les matériaux en place très hétérogènes sont constitués d'une alternance de couches d'argiles et de



© Socaso

AUTOROUTE A28 SECTION ARÇONNAY/MARESCHE LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Cofiroute

Maitre d'œuvre

SOCASO

Terrassements

Entreprise Deschiron

Ouvrages

Entreprise Campenon Bernard

Chaussées

Entreprise Jean Lefèbre

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

Terrassements

3 000 000 m³ de déblais et 1 800 000 m³ de remblais

Ouvrages

13 passages supérieurs et 11 passages inférieurs

Chaussées

- 292 000 m³ de couche de fondation
- 164 000 t de matériaux bitumineux

Photo 6
Ouvrage d'art courant.
Mise en place
des poutres

*A typical structure.
Placing of beams*

sables argileux plus ou moins chargés de cailloux (marnes de Ballon du Cénomanién inférieur). Une nappe en charge avec des écoulements préférentiels a été reconnue à une profondeur d'environ 1 m au-dessus de l'ancien terrain naturel.

Des passages d'argile molle de teneur en eau élevée contribuent au glissement profond affectant les quatre premiers mètres du sol en place avant remblaiement :

- ◆ le confortement retenu est constitué de matériaux bruts de minage en substitution des remblais et du terrain en place jusqu'à une profondeur supérieure d'un mètre sous la surface du glissement (soit près de 10 m de profondeur par rapport au niveau fini de l'autoroute);

- ◆ le coefficient de sécurité recherché est de 1,5. Trois inclinomètres sont préservés afin d'assurer le suivi ultérieur de la zone.

ABSTRACT

A28 – Alençon - Le Mans - Tours - Arçonnay/Maresché section

G. Khodja

At the end of June, Cofiroute will put into service the last section of its concession-operated motorway A28 heading north. The sections in the southern direction will have to wait until the end of the studies being conducted for the definition of Natura 2000 zones designed to protect insect species : Osmoderma Eremita, Cerambix Cerdo and Lucanus Cervus.

This 24-km section will connect the Alençon bypass – completed by the State, the Basse Normandie region, the Orne and Sarthe departments and the Urban Community of Alençon – in the north, and the section of the A28 between Maresché and Le Mans opened to traffic on 27 October 2000.

It will have taken only five and a half years between the first community consultation meetings and the opening of the section to traffic. The cooperation of the communities, of the Sarthe regional council, government agencies in the region, associations of local residents, local authorities and the agricultural world made it possible to find a satisfactory compromise between the justified concerns of local residents, the needs of the local economy and the financial stability of the project.

Like all motorways of the "regional development" type, this section will handle durably light traffic (average annual daily volume of less than 10,000 V/D in 10 years). Thus, true to its tradition of gradual investment, Cofiroute has decided, in agreement with the Road Directorate, to use a small cross section (fast lanes of 3.00 m), stabilised shoulders, minimum rest areas and adaptable pavement structures.

RESUMEN ESPAÑOL

Autopista A28 – Alençon - Le Mans - Tours. Sección Arçonnay/Maresché

G. Khodja

A finales de junio, la empresa Cofiroute pondrá en servicio la última sección en dirección norte de la autopista A28 de su concesión. Para las secciones ubicadas en dirección norte, será preciso esperar la terminación de los estudios

en curso para la definición de las áreas Natura 2000 de protección de varias especies de insectos : Osmoderma eremita, Cerambix cerdo y Lucanus cervus.

Esta sección de 24 km conectará la variante de Alençon – cuya ejecución estará a cargo del Estado, la región de Baja Normandía, los departamentos del Orne y del Sarthe y la Comunidad urbana de Alençon, por el norte – y la sección A28 entre Maresché y Le Mans, ya en servicio desde el 27 de octubre de 2000. Habrán transcurrido así cinco años y medio entre las primeras reuniones de concertación entre los diversos municipios y la inauguración de esta autopista. La colaboración de los municipios, de la diputación provincial del departamento del Sarthe, de los servicios del Estado en este departamento y las asociaciones del vecindario, del personal político y del mundo agrícola han permitido encontrar un compromiso satisfactorio entre las justas inquietudes del vecindario, las necesidades de la economía local y el equilibrio financiero del proyecto.

Así como ocurre con todas las autopistas denominadas de ordenación del territorio, esta sección habrá de soportar un tráfico de duración reducida (TMJA inferior a 10.000 vehículos diarios en 10 años). Por ello, y siguiendo siempre su tradición de inversiones progresivas, Cofiroute ha decidido ejecutar, de acuerdo con la Jefatura de carreteras, un perfil transversal reducido (vías rápidas de 3,00 m), arcenes estabilizados hasta la primera recarga, áreas de descanso mínimas y estructura del pavimento evolutiva.

Fil vert de l'autoroute de l'arbre (A77)

Jean-Pierre Berguin
CHEF DU DÉPARTEMENT
SUPERSTRUCTURE
DIRECTION
DE LA CONSTRUCTION
Société des Autoroutes
Paris-Rhin-Rhône



Charles Dargent

DIRECTEUR GÉNÉRAL
ADJOINT
Société des Autoroutes
Paris-Rhin-Rhône



Avec l'autoroute A77, Dordives – Cosne-sur-Loire, on peut probablement dire qu'on a le premier exemple significatif d'une autoroute à thème, voire d'une infrastructure linéaire à thème.

Est-il présomptueux d'écrire cela ?

L'une des grandes difficultés que rencontrent les aménageurs de ce type de réalisation réside précisément dans ce caractère même. La "bande" d'infrastructure qui s'étend sur des dizaines ou des centaines de kilomètres traverse des régions diverses dans lesquelles elle crée un sillon étroit, et jamais l'utilisateur (le client, le conducteur) n'a une vue globale ni de l'infrastructure, ni de sa terre d'accueil.

Pour que le thème soit significatif, il nous semble qu'il faille qu'il soit perceptible, c'est-à-dire visible par l'utilisateur.

Ceci appelle des efforts importants d'aménagement.

Ils ont été mobilisés sur A77 et le résultat en est visible.

L'autoroute A77 côtoie les forêts de Montargis et d'Orléans, et passe à moins de 5 km du somptueux arboretum national des Barres, siège d'une collection botanique unique en France et en Europe.

Voilà d'où est née l'idée de faire d'A77 l'Autoroute de l'Arbre.

Pour la mettre en œuvre, – c'est-à-dire encore une fois la rendre perceptible par le conducteur –, on a élaboré tout un "Fil Vert".

Celui-ci, symbolisé dans un logotype décliné, se matérialise sur la section courante elle-même et sur la totalité des aires.

Dès son entrée sur l'autoroute A77, le conducteur est accueilli par des panneaux au nom de l'Autoroute de l'Arbre. En plusieurs endroits particuliers, une sculpture à caractère ludique de plusieurs mètres de haut rappelle l'image de l'autoroute. Vingt-quatre bouquets d'arbres répartis sur les bas-côtés déclinent leurs noms et rappellent cette même image.

Avec l'accord des maires, toutes les aires de repos ont été dédiées au thème commun.

Enfin, la seule aire de service de la section joue un rôle de point d'orgue, avec son Jardin des Arbres, qui fait écho à l'arboretum national tout proche.

Cet ensemble parvient-il à typer l'autoroute aux yeux des dizaines de milliers d'automobilistes qui l'empruntent ?

En concentrant un tel nombre de mesures spécifiques d'aménagement, avons-nous péché par excès ?

En somme : est-ce trop ou trop peu ?

C'est l'expérience qui dira si l'Autoroute de l'Arbre, dont l'article de Jean-Pierre Berguin présente l'ensemble des composants, répond à l'objectif de son aménageur.

Photo 1
Logotype
de l'autoroute
de l'arbre

*Logo
of the Tree
Motorway*



Photo 2
Panneau d'accueil
de l'autoroute
de l'arbre

*Tree Motorway
welcome panel*



L'autoroute A77 est concédée à la Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône, sur une centaine de kilomètres. Son extrémité nord se situe sur l'autoroute A6, au sud de Nemours dans le département de la Seine-et-Marne, et son extrémité sud se situe sur le territoire de la commune de Cosne-sur-Loire, dans le département de la Nièvre.

Cette autoroute traverse le département du Loiret et passe à moins de 5 km d'une réserve génétique arboricole exceptionnelle : l'arboretum national des Barres.

La création d'une "vitrine" de cet arboretum, sur l'aire de service du Jardin des Arbres, mettant l'arbre à l'honneur sur cette autoroute, a naturellement conduit la Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône, à la baptiser l'Autoroute de l'Arbre.

La Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône a souhaité que l'autoroute A77, Dordives/Cosne-sur-Loire soit placée sous le signe de l'arbre, en raison du tracé de l'autoroute, qui voisine l'arboretum national des Barres. Cet arboretum présente plus de 2700 espèces végétales, qui font de ce site la plus grande concentration d'arbres spécifiques en Europe.

De ce fait, l'arbre est mis à l'honneur sur l'ensemble du tracé autoroutier, pour attirer l'attention des automobilistes sur ses bienfaits, sur sa protection écologique et sur ses capacités ornementales et

environnementales, mais également pour étudier scientifiquement le comportement de nouvelles espèces, dans un environnement autoroutier.

Cette référence se traduit par un "Fil Vert", concrétisé sur l'ensemble de la section courante, sur les aires de repos, et sur l'aire de service située sur le territoire de la commune de Varennes-Changy, qui accueille le "Jardin des Arbres". Ce jardin se situe à mi-parcours entre Dordives et Cosne-sur-Loire, à environ 45 km de part et d'autre.

■ LE LOGOTYPE

Un logotype a été créé pour que les automobilistes soient avertis de cet événement exceptionnel et pour provoquer la curiosité et l'interrogation.

Les premières esquisses datent de décembre 1995. Il s'agissait à l'époque d'annoncer aux automobilistes l'approche de l'aire du Jardin des Arbres, au moyen d'une sorte de présignalisation originale du type de celle qui a été retenue sur l'autoroute A6 en amont de l'aire de Jugy dont le thème est "Les champignons".

C'est au cours d'une réunion du groupe de travail sur le "Jardin des Arbres et communication" que Catherine Morand et Jacques Dolveck dessinèrent les premières ébauches d'un logotype sur la base du symbole autoroutier. Il semblait *a priori* nécessaire d'y associer la numérotation de l'autoroute puisqu'il ne s'agissait pas de n'importe quelle autoroute, mais bien de l'A77, autoroute doublant la très célèbre RN 7 chantée par Charles Trenet.

Il apparaît très vite que les jambages des deux "7" entrecroisés peuvent évoquer les chaussées parallèles et leurs ouvrages d'art. En l'occurrence, ils peuvent aussi représenter le tronc d'un arbre.

Il suffit de trois arcs de cercles pour chapoter l'ensemble, et exprimer ainsi le feuillage.

Les grands principes de ce logo sont nés. Ils sont simples, évocateurs et ludiques. Il a suffi de les travailler dans le détail pour obtenir ce qui devait être le logotype de l'Autoroute de l'Arbre.

Les deux "7" ont disparu pour ne conserver que les jambages évoquant le ruban autoroutier ; cette autoroute avait déjà changé de numéro plusieurs fois au cours de sa conception (F6, A67, A77) et la nouvelle numérotation autoroutière étant à l'ordre du jour, il n'était pas bon de mettre ce numéro en exergue.

Pour les couleurs, c'était facile : le vert pour le feuillage et le jaune orangé pour le tronc. Les RAL de ces deux couleurs sont également les RAL du logo de la S.A.P.R.R., ce qui permet de respecter la charte graphique de la société.

Un des points forts souhaité pour la mise en valeur du Jardin des Arbres était de lui donner un caractère ludique (photo 1). Ce logotype, qui est très voisin de l'arbre dessiné par un enfant, permet facilement de l'associer au personnage André le

Lutin, mascotte de la sSociété, qui aux yeux des enfants est le symbole des jeux et des animations sur le réseau de la S.A.P.R.R. Très rapidement, la suggestion d'une utilisation multiple est apparue avec de nombreuses propositions telles que :

- ◆ les panneaux d'entrée sur l'autoroute A77 en section courante et aux diffuseurs ;
- ◆ les panneaux d'entrée de toutes les aires annexes ;
- ◆ l'entête sur tous les dépliants et supports d'information relatifs à l'Autoroute de l'Arbre.

Il fallait donc que l'image puisse être traitée en plan et en volume.

La hauteur de cette sculpture est de 3,95 m. Elle a l'importance d'un panneau de signalisation classique : la surface du "feuillage" est de l'ordre de 7 m², avec des supports de 1,55 m. Il a été réalisé par les Ateliers Petot, les notes de calculs et les structures ont été contrôlées par le bureau technique Apave.

A partir de ce logotype, la S.A.P.R.R. a mis en place un fil conducteur baptisé "Fil Vert" dont le thème est développé par différents éléments :

- ◆ des panneaux "Autoroute de l'Arbre", aux couleurs de la S.A.P.R.R. sont implantés en section courantes aux deux extrémités de l'autoroute A77 et en entrée de tous les diffuseurs. C'est un panneau d'accueil, informant l'automobiliste dès son entrée sur l'autoroute A77 (photo 2) ;
- ◆ douze sculptures à caractère ludique, représentant le logo "Autoroute de l'Arbre" en trois dimensions. Deux sculptures sont implantées en section courante aux deux extrémités de l'autoroute A77, quatre sculptures sont implantées aux entrées des diffuseurs n° 18 (RN 60), n° 19 (RD 940), n° 20 (RN 7), et n° 21 (RD 965). Les six autres sculptures sont situées de part et d'autre de l'aire de service du Jardin des Arbres, en pré-annonce. André le Lutin impose sa silhouette, en invitant les automobilistes à s'arrêter sur l'aire.

■ LES BOUQUETS D'ARBRES

Le jalonnement de l'Autoroute de l'Arbre par des bouquets d'arbres spécifiques ne peut être efficace qu'en investissant tout au long du tracé ; mais il ne faut pas qu'il soit ni trop diffus ni trop resserré. La recherche d'une juste mesure conduit à penser qu'un rythme de cinq à dix kilomètres entre repères successifs est apparu comme une distance raisonnable, suffisante pour affirmer un message, – l'illustration de l'Autoroute de l'Arbre –, sans perdre le risque de la redondance ; soit deux à cinq minutes d'intervalle en temps de parcours à la vitesse moyenne de 120 km/h : ni trop, ni trop peu... Il a donc été décidé de disposer le long de la section courante 27 bouquets d'arbres spécifiques, soit 15 dans le sens Paris - Nevers et 12 dans le sens Nevers - Paris, de manière à concrétiser ce

SENS PARIS/NEVERS	PR	SENS NEVERS/PARIS
	17.440	Pin de L'Himalaya ou pin pleureur
Catalpa	18.800	
	20.750	Noyer noir
Bouleau à papier	24.000	
	34.450	Thuya géant
Pommier	35.500	
	36.700	Ginkgo
Séquoia Géant	38.580	
Alisier blanc	41.900	
	42.280	Alisier blanc
Mélèze	43.300	
	43.700	Mélèze
Liquidambar	45.800	
Pin de l'Himalaya ou Pin pleureur	45.970	
	46.120	Pin de l'Himalaya ou pin pleureur
Chêne Rouge	49.150	
Arbre de Judée	50.800	
Cytise	59.000	
	59.500	Paulownia
Alisier Blanc	69.800	
	71.340	Mélèze
Platane	76.930	
	79.400	Arbre de Judée
Epicéa	85.120	
	86.500	Marronnier rouge
Saule pleureur	91.800	
	91.850	Erable argente

Tableau I
Répartition des bouquets d'arbres spécifiques
sur le tracé de l'autoroute A77
Distribution of specific tree clusters
along the A77 motorway

jalonnement rythmé et fortement contrasté, en choisissant des essences très caractéristiques, souvent inconnues du grand public, mais présentant un jeu de couleurs et de formes au gré des saisons. Les sites ont été définis de manière à obtenir une répartition équilibrée de tous les autres événements qui ponctuent l'autoroute (diffuseurs, aires, ouvrages d'art, signalisation de direction et d'animation, écrans phoniques et visuels...). Enfin, le système proposé s'inscrit dans le prolongement logique des dispositions prévues pour l'effet d'annonce du "Jardin des Arbres" : plus on se rapproche de ce site exceptionnel, plus les espacements entre bouquets d'arbres se réduisent et les bouquets sont plus denses. L'implantation des différentes essences végétales sur le tracé autoroutier est mise en valeur par la spécificité de l'arbre (tableau I). Des panneaux de signalisation de localisation de type E32 ont été implantés en amont de chaque

Photo 3
Dénomination
précédée du logotype

*Name preceded
by logo*



Photo 4
Ce chêne est présenté
aux automobilistes
comme l'un
des plus beaux
ornements naturels
de l'autoroute

*This oak is presented
to motorists
as one of the most
beautiful natural
adornments
of the Tree Motorway*



Photo 5
Panneau d'entrée
d'aire en harmonie
avec les panneaux
de l'autoroute
de l'arbre

*Area entrance sign
in keeping with those
of the Tree Motorway*



► bouquet d'arbres, en indiquant leur dénomination précédée du logotype de l'Autoroute de l'Arbre. Cette signalisation permet de présenter le tracé autoroutier comme un arboretum linéaire (photo 3).

■ LA DÉNOMINATION DES AIRES ANNEXES

La dénomination des aires annexes est relativement peu réglementée. Il est d'usage de donner à l'aire le nom de la commune sur laquelle elle est implantée. Et lorsque deux aires se trouvent sur le même territoire communal, il est fait mention du lieu-dit en référence au plan cadastral.

Les dénominations sont toutefois décidées en accord avec les maires des communes concernées et l'ensemble des noms des aires sur une auto-

route est approuvé par le président de la société, après avoir recueilli l'avis du préfet et de l'ingénieur général des Routes concernés.

Pour l'autoroute A77, la S.A.P.R.R. avait décidé de faire une place conséquente et une mise à l'honneur de l'arbre. Avec l'accord unanime de toutes les mairies des communes accueillant une aire sur leur territoire, des dénominations d'arbres spécifiques ont été données aux aires.

La commune de Nargis a accepté que l'aire ouest consacre le "hêtre pourpre" et que l'aire est fasse la meilleure part au "séphora du Japon".

La commune de Vimory accueille le "cèdre du Liban" dans le sens Paris - Nevers et le "liquidambar" (copalme d'Amérique) dans le sens Nevers - Paris.

La commune de Briare a été un peu réticente à accepter le "ginkgo" sur l'aire ouest et le "tulipier de Virginie" sur l'aire est parce que ces deux aires ont été implantées dans une très belle forêt où le chêne est l'élément dominant. Le ginkgo et le tulipier apparaissent comme des intrus, mais c'est la volonté des scientifiques de l'ENGREF et des spécialistes des végétaux de la société Végétude, qui ont voulu cette démarcation, en introduisant des plantations particulières et inédites dans cette région.

Enfin, la commune de Neuvy-sur-Loire est majestueusement parée de séquoias géants dans le sens Nevers - Paris. L'aire ouest, quant à elle, dotée d'un chêne plus que centenaire, travaillé par la main de l'homme, a hérité du nom de "Caule", mot du patois local faisant référence à ce traitement spécial, consistant à créer une multiplicité de troncs à partir d'un seul arbre. La Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône a souhaité que ce chêne, véritable trophée séculaire, soit protégé, pour être présenté aux automobilistes comme l'un des plus beaux ornements naturels de l'Autoroute de l'Arbre (photo 4).

Le nom de l'aire apparaît en section courante sur les panneaux de présignalisation implantés à 2000 m, 1000 m, 300 m et en déboîtement de la bretelle d'accès.

Quand l'automobiliste pénètre sur l'aire, le nom de l'aire associé au logotype figure sur un panneau d'entrée.

Après s'être garé sur l'un des parkings, l'automobiliste qui se rend à l'édicule sanitaire traverse une esplanade triangulaire piétonnière. Ce parvis est planté de cinq arbres spécifiques dont l'essence est celle qui a donné son nom à l'aire de repos.

Les plans de masse des aires ont été conçus par Denis Sloan. Ils sont composés de parkings V.L. et P.L., situés de part et d'autre du parvis triangulaire qui supporte l'édicule sanitaire.

Sur les aires, la plupart des dispositifs de sécurité (glissières) et certains éléments de clôtures sont en bois.

Les supports de panneaux de signalisation, le dos

Nom de l'école	Classe	Ville	Nature de l'œuvre
Collège Emile Chevalier	6 ^e	Souppes	Totem de 2,90 m. de hauteur
Ecole Primaire du Centre	CE2/CM2	Souppes	33 panneaux bois + 3 fiches technique papier
Ecole Maternelle du Boulay	Gde section	Souppes	Jeu de 18 cubes en bois
Ecole élémentaire	CP/CE1/CE2	Prefontaine	L'arbre découpé. Trouver 90 mots (brindilles)
Ecole Maternelle		Nargis	Panneau signalisation. Torsade avec voitures
Ecole Buges	CM1	Corquilleroy	Dessin peinture (la dame arbre)
Ecole Maternelle	Gde Section	Corquilleroy	Tableau "le Hêtre pourpre"
Ecole Maternelle	M. Section	Corquilleroy	4 tableaux en carton (4 saisons papier crépon)
Ecole Primaire Bourg	CP/CE1	Corquilleroy	Tableau polystyrène 4 saisons
Ecole Buges		Corquilleroy	Tableau carton écorces peintes avec poème
Ecole Maternelle	Petite Section	Corquilleroy	Grande boîte avec branche (fromage, crépon)
Ecole Primaire	CP/CE1	Vimory	4 tableaux, 4 saisons (lentilles, moquette, Papier)
Ecole Primaire	CM1	Nogent s/Vernisson	Maquette Jardin des Arbres en plastiroc
Ecole Primaire	CM2	Nogent s/Vernisson	Alphabet – Calendrier Celtique
Ecole Maternelle et Primaire		Boismorand	Tableau plâtre représentant 1 arbre avec voiture
Ecole René Cassin	CM1	Gien	Grand tableau émaux représentant 1 feuille
Ecole Maternelle		La Bussiere	4 dessins avec des feuilles (bruine)
Ecole Primaire	CE1/CE2	La Bussiere	Découpage et collage de feuilles avec poème
Ecole Primaire	CE2/CM1-2	Saint Père	Panneau 5 colonnes colorées et reconstituées
Ecole Mat. "Clos des Buchets"	P/M Section	Briare	Tableau fond bleu avec émaux – Arbre doré
Ecole Mat. "Clos des buchets"	M/G Section	Briare	Tableau fond rose avec émaux autoroute et arbre
Collège Albert Camus	3 ^e B	Briare	Assemblage photos représentant le Canal
Ecole Primaire	CP/CE1	Cours-sur-Loire	Peinture sur soie
Ecole Pierre et Marie Curie	CM2	Cosne-sur-Loire	Tableaux émaux. Tableau carrelage arbres peints
Ecole Villechaud	Maternelle/CP	Cosne-sur-Loire	Méli-Mélo de mots

Tableau II
Liste des écoles
ayant participé
aux œuvres
pour l'A77

List of schools
participating
in A77 projects

des panneaux de signalisation et les supports des candélabres ont été peints en vert.

L'édicule sanitaire est composé d'un mur circulaire ceinturant les toilettes et le local technique. La couverture est réalisée en toile de polyester avec enduction PVC.

Le parvis traité en béton balayé et en pavés autobloquants est planté de cinq gros sujets de l'arbre spécifique, qui a donné son nom à l'aire.

L'aire de service est implantée au milieu du tracé de l'autoroute A77, et pour l'automobiliste elle devient l'arrêt incontournable, compte tenu de son original "Jardin des Arbres" dont le maire de Varennes-Changy a accepté l'appellation en échange du nom de sa commune.

Les panneaux d'entrée d'aire type E35a ont été modifiés pour être en harmonie avec les panneaux de l'Autoroute de l'Arbre (photo 5). Chaque aire est dotée d'un certain nombre d'arbres spécifiques correspondant à la dénomination de l'aire.

■ LES ÉCOLIERS DE L'AUTOROUTE DE L'ARBRE

L'Autoroute de l'Arbre ne pouvait pas traverser une région sur plus d'une centaine de kilomètres sans remercier les communes de leur participation à cette dénomination.

Dès le mois de septembre 1998, la Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône a proposé aux mairies d'associer les enfants des écoles à la mise en valeur de l'arbre sur le thème de "La perception de l'autoroute à travers les arbres".

Sur 34 communes consultées, 19 ont répondu à cet appel par un accueil enthousiaste, en proposant la participation de 25 classes avec des élèves de tous âges, de l'école maternelle jusqu'aux classes de 6^e de collège. Les enseignants, avec l'accord des inspections académiques concernées et certains élus locaux, ont participé à des réunions d'information le 3 février 1999 et le 24 mars 1999 (notamment après une visite du Jardin des Arbres). Ces réunions avaient pour objet d'informer les enseignants sur les objectifs et sur les modalités des actions attendues.

D'un commun accord, il avait été convenu que les œuvres seraient adressées à la S.A.P.R.R. le 30 juin 1999.

Le travail accompli par les écoles et les enfants est considérable et extraordinaire : il représente 80 dessins, peintures ou sculptures, certains agrémentés de texte à la gloire de l'arbre (tableau II). Un grand merci à ces enseignants passionnés, qui ont su obtenir des œuvres aussi belles.

Le succès de cette opération a entraîné des modifications dans l'organisation prévue. En effet, sur chaque aire, l'architecte Denis Sloan avait imaginé un support vitrine pour présenter les œuvres des enfants de la commune et des communes environnantes directement concernées par le site. Devant l'affluence et une telle variété des œuvres, il n'était pas question de faire des choix en favorisant ou en défavorisant certaines classes. La S.A.P.R.R. a souhaité que toutes les œuvres soient présentées aux automobilistes de l'autoroute A77. Il a donc été convenu de réaliser une affiche format 1600 x 1250 sur laquelle figure une copie de

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'œuvre

Végétude

Architectes

- Jacques Dolveck - Paysagiste
- Denis Sloan - Architecte

Entreprises

Floriot : Murs vitrines

Signalisation

- Signature SA : signalisation des aires
- Laporte : signalisation de direction
- Plantations des bouquets d'arbres**
- Domona : entreprise d'espaces verts (mandataire)
- Even : entreprise d'espace verts (co-traitant)
- C.V.A. : fournisseur de végétaux

Coût direct : 3,087 millions de francs TTC (base janvier 1999) représentant 0,07 % du montant global de l'opération



Figure 1
Le regard des enfants
A child's look



Photo 6
Mur vitrine
d'informations
Information wall

▶ toutes les œuvres, toutes classes et communes confondues. Cette affiche étant exposée en permanence sur toutes les aires. Quant aux œuvres originales (toutes les œuvres), elles ont été regroupées sur la site de l'aire du Jardin des Arbres, point d'orgue de l'Autoroute de l'Arbre, dans un espace d'exposition spécialement conçu pour une présentation au grand public (figure 1). Cet espace d'exposition est implanté aux abords du Jardin des Arbres et se présente comme une entrée en matière et une invitation à le visiter.

■ LES MURS VITRINES

Pour présenter les œuvres réalisées par les enfants des écoles des communes traversées par l'autoroute, l'architecte Denis Sloan a imaginé un mur vitrine, dans la continuité de l'édicule sanitaire et du parvis. Ce support s'intègre dans le choix architectural sans apparaître comme une "verrue" supplémen-

taire, à côté de la cabine de téléphone public et des panneaux d'informations diverses qui voisinent l'édicule sanitaire.

Une promotion de l'Autoroute de l'Arbre paraissait indispensable pour justifier également sa dénomination, d'où l'installation d'un synoptique de l'autoroute A77 sur lequel est mis en évidence toutes les actions concernant le thème de l'Autoroute de l'Arbre. Enfin, le fait d'avoir baptisé les aires du nom d'un arbre spécifique n'ayant aucun lien avec le milieu environnant conduisait à mettre en place un support d'explication pour les automobilistes. Suite à ces nouveaux besoins, qui venaient se rajouter aux éléments de sécurité et d'information existants, il a été convenu de tout regrouper sur un même support. Le choix s'est porté sur un mur en béton de forme triangulaire dont la base a une longueur de 14 m et une hauteur maximale de 3,3 m. Son agencement est le suivant (photo 6) :

- ◆ **partie gauche :**
 - le logotype de l'Autoroute de l'Arbre incrusté dans la paroi, en béton,
 - le nom de l'aire,
 - une vitrine RIS (Renseignements information service) permet l'affichage de présentation générale du réseau routier concédé à la S.A.P.R.R;
- ◆ **partie centrale :**
 - un téléphone public (accessible notamment aux PMR);
- ◆ **partie droite :**
 - une vitrine "exposition des œuvres d'enfants" supportant une affiche couleur, résumant les œuvres réalisées par les enfants des écoles sur le thème de "l'Autoroute de l'Arbre". Cette affiche précise que les œuvres originales sont exposées sur l'aire du Jardin des Arbres,
 - panneau descriptif en lave émaillée résumant les caractéristiques principales de l'arbre spécifique qui a donné son nom à l'aire,
 - synoptique en lave émaillée de l'autoroute A77, de Dordives jusqu'à Cosne-sur-Loire, avec l'implantation des bouquets d'arbres spécifiques implantés en section courante, des aires de repos et de l'aire de service du Jardin des Arbres (photo 7). L'attention est attirée sur le rôle exceptionnel joué par l'aire du Jardin des Arbres, et un signe particulier permet à l'automobiliste de se repérer.

■ LES LOCAUX TECHNIQUES

Les locaux techniques implantés en section courante, au droit des panneaux à messages variables (PMV) et des boucles de comptages, abritent les équipements et matériels électriques et électroniques nécessaires à la gestion du tracé. Ils ont été décorés par des peintures de feuillages, clin d'œil supplémentaire à la végétation environnante. Leur environnement recevra un habillage végétal complémentaire.



Photo 7
Synoptique en lave émaillée de l'A77 de Dordives
à Cosne-sur-Loire

*Enamelled lava diagram of A77 motorway
from Dordives to Cosne-sur-Loire*

■ AMÉNAGEMENTS PARTICULIERS

Tout a été fait sur le tracé de l'autoroute A77 pour que l'arbre soit mis en valeur. Tous les arbres qui voisinaient le tracé autoroutier ont été protégés. Les arbustes de la forêt de Nargis ont été mis en pépinière puis replantés sur l'aire du "sophora" et sur l'aire du "hêtre pourpre", après avoir fait l'objet de soins attentifs et d'une technique innovante.

Sur 2 à 3 km de part et d'autre de l'aire de service du Jardin des Arbres, le terre-plein central de l'autoroute est particulièrement attrayant, avec des plantations densifiées, pour rompre avec l'image du reste du tracé.

Quand on pénètre sur l'aire de service du Jardin des Arbres, c'est un cèdre ayant 18 m de hauteur qui culmine sur le merlon pyramidal. Cet arbre a fait l'objet des plus grands soins d'élevage et de mise en œuvre. C'est l'arbre de l'autoroute A77.

■ CONCLUSION

En parcourant l'autoroute A77, l'automobiliste appréciera, au cours des saisons, la variabilité naturelle du tracé auquel les bouquets d'arbres apporteront chaque jour de nouvelles couleurs. En s'arrêtant sur les aires de repos, l'automobiliste admirera la sélection d'arbres spécifiques exceptionnels qui ont été plantés pour le plaisir des yeux et pour la découverte; il contempera le saule centenaire et pourra s'émerveiller en visitant l'extraordinaire Jardin des Arbres.

C'est le "Fil Vert" qui le guidera sur l'Autoroute de l'Arbre.

ABSTRACT

Green string of the Tree Motorway (A77)

C. Dargent, J.-P. Berguin

French motorway operator SAPRR (Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône) has endeavoured to honour the tree on the A77 motorway between Dordives and Cosne-sur-Loire.

The "Fil Rouge" (red string) which was to serve as a guideline for a theme developed within certain surroundings has become quite naturally the "Fil Vert" (green line) making it possible to join together all the actions designed to enhance the exceptional plant life along this Tree Motorway and its areas.

RESUMEN ESPAÑOL

Hilo Verde de la autopista del árbol (A77)

Ch. Dargent y J.-P. Berguin

La Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône ha deseado otorgar un puesto de honor al árbol en la autopista A77 que pone actualmente en comunicación las ciudades de Dordives y Cosne-sur-Loire.

El "Hilo Rojo" que representa el conductor que soporta un tema desarrollado en un entorno, ha recibido de forma lógica y natural la denominación de "Hilo Verde" que permite reunir entre sí todas las acciones de valorización de los vegetales excepcionales a lo largo del trazado y de las áreas de la Autopista del Árbol.

Autoroute A29 Amiens Innover pour économiser...

L'autoroute A29, longue de 63 km reliera les villes d'Amiens et de Saint-Quentin permettant ainsi de compléter le maillage du réseau nord de la Sanef en assurant l'interconnexion entre A1, A16, et la gare TGV de Haute-Picardie.

Cette liaison est favorable au développement économique de la Picardie.

L'originalité de ce chantier est d'avoir pu réaliser une structure de chaussée innovante et économique, dans les délais requis et malgré des intempéries exceptionnelles.

La structure est constituée d'une seule couche de forme - fondation - base de 40 cm d'épaisseur en sable traité au liant routier et une seule couche d'enrobé de roulement épaisse de 8 cm. A l'interface de ces couches a été mise en œuvre une couche de 2 cm en sable enrobé afin de ralentir la remontée des fissures de retrait hydraulique provenant du sable traité.

L'organisation de ces travaux sous des intempéries inhabituelles et les contraintes induites par les caractères innovants de la structure ont conduit le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et les entreprises à une coopération étroite et efficace, clé de la réussite de ce chantier.

■ SITUATION (figure 1)

L'autoroute A29 constitue un itinéraire de 63 km qui reliera les deux villes principales de la Picardie : Amiens et Saint-Quentin.

Avec une desserte directe de la gare TGV Haute-Picardie (la gare des betteraves) et toutes les interconnexions avec le reste du réseau autoroutier (A16 Paris-Abbeville-Calais au niveau d'Amiens, A1 Paris-Lille-Bruxelles au niveau de l'aire d'Assevillers, puis plus tard vers Rouen avec l'A28) cette nouvelle autoroute va contribuer au développement économique de la Picardie en réduisant sensiblement les temps de parcours : Amiens sera situé à une heure de Lille et 35 mn d'Arras ou de Douai. En cas de surcharge de trafic entre Lille et Paris, A29/A16 constituera un itinéraire de délestage pour A1.

Enfin, les habitants des régions Champagne Ardennes et de l'Est de la France seront plus proches de la Picardie et de la Somme, puisque Nancy - Amiens demandera un peu plus de 3 heures de trajet.

Par ailleurs, l'université d'Amiens sera davantage fréquentée par les étudiants qui lui préféreraient celle de Reims ou du Nord pour des raisons de temps de parcours.



Photo 1
Phase de terrassement
et traitement
chaux/liant routier

Earthworks phase and treatment with road-binder/lime

Tout ceci montre l'intérêt économique et social du projet A29 qui augmente le réseau autoroutier de la Sanef de 63 km.

■ CONSISTANCE DES TRAVAUX

Le groupe Générale Routière a été retenu pour la construction du premier tronçon cette autoroute, long de 33 km entre Amiens et le raccordement avec A1.

Les filiales Guintoli Grands Travaux pour les terrassements, Routière Morin pour les chaussées, E.H.T.P. pour l'assainissement de surface et Arbex pour les GBA centrales et glissières métalliques ont exécuté les travaux, débutés en 1999 (finition prévue en juin 2001).

Ces travaux concernent :

- ◆ la section courante sur 33 km, PK 199.970 - PK 232 970 ;
- ◆ l'échangeur Amiens Est (en partie) ;
- ◆ l'échangeur complet A29/A1 ;
- ◆ le demi-diffuseur gare TGV et son péage ;
- ◆ la barrière pleine voie de Boves et les aires de repos associés.

L'ensemble de ces diffuseurs et aires représentent environ 17 km de voies supplémentaires.

Le marché "Chaussées" comprenait la fourniture des granulats et des liants hydrauliques et bitumineux, la réalisation des chaussées (fabrication et mise en œuvre) et l'assainissement superficiel.

■ TRAVAUX DE TERRASSEMENT

(photo 1)

Ce marché représentait un montant de 245 millions de francs. Le mouvement des terres a concerné environ 2 300 000 m³ pour les 33 km d'itinéraire.

Les sols étaient généralement constitués de limon ou de craie. L'objectif était d'obtenir une arase terrassement de type AR2, ce qui a été obtenu après traitement en place à la chaux et au liant routier (ROC AS). 120 000 tonnes de liant routier et chaux ont été nécessaires pour l'ensemble du traitement. Les particularités de ces terrassements sont les suivantes :

- ◆ le tracé de l'autoroute est tel que l'entreprise devait traiter essentiellement des zones rasantes importantes, ce qui conduisait à une progression rapide des ateliers de traitement et de réglage de l'arase ;
- ◆ plusieurs centaines d'obus, bombes diverses da-



/Saint-Quentin

tant principalement de la Grande Guerre ont été retrouvées lors des terrassements. Ceci a conduit à prendre des dispositions particulières de sécurité (blindage de certains outils par exemple, consignes de protection...) pour protéger au maximum les hommes et le matériel;

- ◆ les précipitations inhabituelles dont l'intensité n'avait été rencontrée qu'une seule fois depuis 30 ans ont ponctué la réalisation de cette phase terrassement. Il est tombé plus de 1700 mm d'eau en 23 mois! Soit 75 % de plus que le volume de précipitations tombées pendant les trois périodes de même durée qui ont précédé le chantier;

- ◆ ces phénomènes ont eu une influence non négligeable sur l'assainissement provisoire et définitif (tenue des cunettes et remblais d'ouvrages...);

- ◆ autre particularité : "l'assainissement alternatif" dont le principe est d'assurer l'infiltration partielle des eaux dans les déblais pour réduire le nombre et le volume des bassins de rétention. Quel meilleur test que le déluge vécu pour en vérifier l'efficacité et y apporter les améliorations qui se sont avérées nécessaires!

L'emprise de la plate-forme a été volontairement réduite au strict minimum afin de limiter l'impact du projet sur l'environnement et les cultures : voie rapide d'une largeur de 3 m, voie lente de 3,50 m et un accotement de 2,50 m.

La géométrie du tracé a été conçue de manière à éviter les agglomérations et les villages afin de réduire la gêne aux riverains.

Figure 1
Carte du tracé de l'autoroute A29
Map of A29 motorway route



■ STRUCTURE INNOVANTE DE LA CHAUSSEE (figure 2)

La structure de la chaussée ne figure dans aucun catalogue de structures usuelles de chaussées autoroutières. C'est une structure évolutive puisqu'il est prévu la possibilité de la renforcer au bout de 4 ans par une première couche de 4 cm en BBSG, puis au bout de 9 ans par une seconde couche de 6 cm en BBSG.

Le trafic initial prévu est de la classe T2- (soit 173 PL/jour/sens), pour atteindre au bout de 4 ans la classe T1- (soit 387 PL/jour/sens). La structure initiale est donc conçue de la façon suivante (figure 2) :

Figure 2
Structure de la chaussée en section courante
Cross-section of pavement

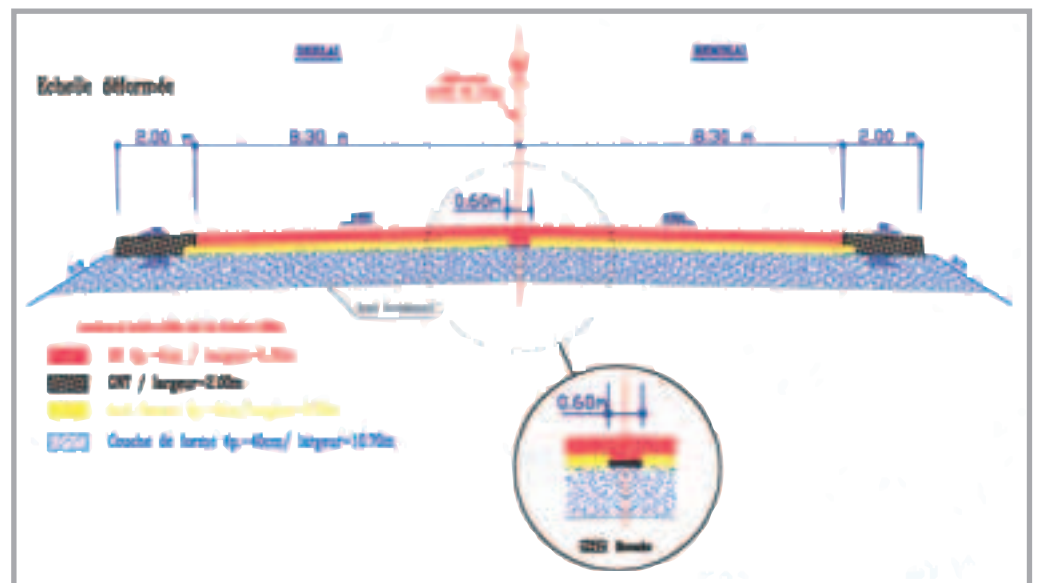


Photo 2
Autograde CMI pour découpe de la couche de STLH

CMI Autograde used to cut the treated sand layer



un niveau d'uni exceptionnel pour une couche de base en matériaux traités, afin d'obtenir sur le BBSG de roulement les performances attendues. Ceci a conduit à éliminer tout risque de feuilletage et à un découpage à l'autograde de la couche traitée d'une grande précision ;

◆ l'obtention d'un juste compromis entre la résistance à l'orniérage du complexe BBSG + sable enrobé et la performance de celui-ci vis-à-vis de la remontée des fissures.

Cette performance conduit à rechercher une élasticité suffisante que l'on peut obtenir par un module de richesse élevée et l'emploi d'un bitume modifié adéquat.

L'entreprise a su adapter ses moyens en personnel et en matériel afin de prendre en compte toutes ces contraintes et respecter les performances et les spécifications demandées.

■ RÉALISATION DES TRAVAUX DE CHAUSSEE EN SECTION COURANTE

Couche de fondabase en STLH

Le sable utilisé était un sable naturel 0/6 qui provenait du gisement local de Lihons (valorisation des matériaux locaux). De catégorie B2 à B5, sa valeur au bleu (Vbs) était de 0,45 à 0,7. Il a été employé sans ajout de correcteur et traité au liant routier Li-gex FPL1 de Calcia à raison de 6,5 %.

La fabrication du STLH a été réalisée sur chantier par une centrale mobile de malaxage de type SAE, SAM 804 BI d'une cadence maximale de 800 t/h. Les résultats moyens des densités sèches à l'OPM était de 1,840 à 11 % de teneur en eau.

Les résistances mécaniques obtenues à l'étude sont reportées sur le tableau I.

Les spécifications demandées étaient $Rt\ 90 = 0,42\ \text{MPa}$ et $Et = 7\ 500\ \text{MPa}$.

La mise en œuvre a été réalisée de la façon suivante :

- ◆ répandage au bouteur et à la niveleuse guidée au laser ;
- ◆ compactage au pied dameur VP5 PD (Dynapac CA 602) ;
- ◆ découpage à l'autograde CMI (photo 2) ;
- ◆ fermeture à l'aide d'un compacteur à pneus P2 (Caterpillar PS 500) ;
- ◆ cloutage avec un granulat 10/20 ;
- ◆ répandage d'un enduit de cure.

Le cloutage du STLH devait être réalisé avant la prise hydraulique de celui-ci, soit le jour même de la mise en œuvre du sable. Les zones traitées étaient donc interdites à la circulation de chantier (photo 3).

Ce cloutage assure deux fonctions distinctes :

- ◆ assurer une protection de la couche traitée vis-à-vis de la circulation de chantier ;

Tableau I
STLH : performances mécaniques obtenues en laboratoire
The asphalt-treated sand : mechanical performance obtained in the lab

Etude	Rt flexion (MPa)	Et (MPa)	Classes mécaniques
60 jours	0,39	5 250	Classe 3
135 jours	0.50	8 400	Classe 3

Photo 3
Vue de la couche de "Fondabase" après cloutage et enduit de protection

View of "Fondabase" layer after nailing and dressing for protection



Photo 4
Accotement recouvert d'un enduit

Shoulder covered with a dressing



LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Sable traité aux liants hydrauliques : 590 000 t
- Sable enrobé anti-fissures : 25 000 t
- Béton bitumineux semi-grenu 0/14 : 120 000 t
- Grave bitume 0/20 : 35 000 t
- Cunettes terre végétale élargies : 29 000 ml
- Liant routier : 38 000 t
- Enduits de cure - cloutage - accrochage : 1 900 000 m²



◆ une couche unique épaisse de 40 cm en sable traité aux liants hydrauliques (STLH) remplissant les fonctions cumulées de couche de forme, couche de fondation et couche de base et que l'on a dénommé "Fondabase";

◆ un système retardateur de remontées de fissures constitué d'une couche de 2 cm de sable enrobé ;

◆ une couche de roulement épaisse de 8 cm de béton bitumineux semi-grenu (BBSG).

Cette épaisseur réduite de la couche de roulement tient compte des renforcements successifs et périodiques prévus en enrobés.

L'aspect innovant de cette structure se traduit par des exigences particulières conduisant à prendre des précautions ou des dispositions de mise en œuvre inhabituelles pour l'entreprise.

On peut citer les exigences suivantes :

- ◆ un nombre aussi réduit de couches de chaussée (deux couches) exige dès la mise en œuvre du STLH

◆ assurer une liaison mécanique avec la couche supérieure constituée par le sable enrobé.

La cadence moyenne de fabrication et de mise en œuvre du STLH a été de 5 400 t/jour, avec des pointes à plus de 8 000 t/jour, lorsque les conditions optimales étaient remplies.

La production et la mise en œuvre du STLH se sont arrêtées le 16 novembre 2000 (date déjà avancée pour ce type de matériaux sensible à l'eau) pour reprendre le 5 mars.

Ceci s'est révélé nécessaire afin de palier les problèmes de planning liés aux intempéries et à l'échéance de la mise en circulation mi-juin. Une prise de risque a donc été concédée par l'ensemble des acteurs du projet à cet égard.

Accotements

Par souci d'économie, ils ont été réalisés en matériaux granulaires stabilisés, revêtus d'un enduit bicouche (photo 4).

Couche de sable enrobé anti-fissures

Le sable enrobé constitue l'une des meilleures techniques pour retarder la remontée des fissures de retrait du STLH.

Sa composition était la suivante :

- ◆ sable 0/4 de catégorie "a" de la Vallée Heureuse : 70 % ;
- ◆ gravillon 4/6 de catégorie B III du Boulonnais : 27,5 % ;
- ◆ filler calcaire : 2,5 % ;
- ◆ liant modifié Practiplast M 25 BP : 9,8 ppc.

La fabrication du sable enrobé a été effectuée par un poste d'enrobage mobile de type TSM 21 XL-M dans un premier temps, puis par un TSM 25 Major (photo 5).

D'une épaisseur de 2 cm, cette couche de sable enrobé a été mise en œuvre sur 8 m de largeur par un atelier constitué d'un alimentateur en continu Franex et un finisseur Vögele S 2500 équipé d'une table classique réglée en vis calée (photos 6 et 7). Le compactage a été réalisé avec un double bille en lisse de type VTO Dynapac CC 522 (photo 8).

La mise en œuvre du sable enrobé a nécessité des balayages intensifs du fait des multiples intempéries.

Couche de BBSG 0/14 de roulement

La composition du BBSG mise en œuvre était la suivante :

- ◆ sable 0/4 de catégorie "a" Chailloué : 40 % ;
- ◆ gravillon 4/6 de catégorie B III Chailloué : 13 % ;
- ◆ gravillon 6/10 de catégorie B III Chailloué : 13 % ;



Photo 5
Vue d'ensemble de la centrale d'enrobage TSM 25 Major
General view of the TSM 25 Major mixing plant



Photo 6
Vue d'ensemble de l'atelier de mise en œuvre (finisseur Vögele S 2500 et alimentateur Franex)
General view of the manufacturing plant (Vögele S 2500 paver and Franex feeder)



Photo 7
Finisseur Vögele grande largeur S 2500
Vögele S 2500 extra-wide paver

- ◆ gravillon 10/14 de catégorie B III Chailloué : 32 % ;
 - ◆ filler calcaire Fillocarb : 2 % ;
 - ◆ liant bitume pur 35/50 BP : 5,30 ppc.
- Les résultats de l'étude de formulation étaient les suivants :
- ◆ MVR = 2,455 ;
 - ◆ pourcentages de vides Duriez = 6,8 % (5 à 8 %) ;
 - ◆ r/R = 0,94 (> 0,75) ;
 - ◆ PCG 80 girations = 6,2 % de vides (entre 4 et 8 % souhaités) ;
 - ◆ module complexe E* (15 °C - 10 Hz) = 12310 MPa (> 6 000 MPa) ;
 - ◆ déformation relative à 1 million de cycles (10 °C - 25 Hz) = 107 µdef.

Des difficultés ont été rencontrées pour arriver au meilleur compromis entre résistance à l'orniérage et performances anti-remontée de fissures : l'emploi du liant modifié aux plastomères Practiplast M25 a pu apporter une réponse à ce problème.

L'essai d'orniérage réalisé sur le complexe sable



Photo 7B
A droite, le sable enrobé. A gauche la surface du STLH avant mise en œuvre du sable enrobé
On the right, the asphalt-treated sand. On the left, the surface of the treated sand before placement



Photo 8
Compactage du sable enrobé
Compacting of treated sand

Photo 9
Vue d'ensemble A29
après travaux

General views of A29
after works



LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Société des Autoroutes du Nord et de l'Est de la France (Sanef)

Maître d'œuvre

Scetauroute, direction opérationnelle de Lille

Entreprises

Groupe Générale Routière :

- Guintoli, mandataire
- Routière Morin, cotraitant

Entreprises sous-traitantes du groupe Générale Routière

- Arbex (équipements)
- EHTP (assainissement)

Fournisseurs pour les chaussées

Etudes de formulation :

- Laboratoire central Routière Morin à Ciry-Salsogne (02)
- Laboratoire BP à Dunkerque (62)

Sable naturel :

- Gisement de Lihons (SCREG)

Liant routier :

- Ligex FPL1 de Calcia

GB 020 calcaire :

- Granulats Vallée Heureuse et Boulonnais (59)
- Bitume pur 35/50 BP à Dunkerque (62)

BBSG 0/14 :

- Granulats Chaillou à Chaillou (61)
- Bitume pur 35/50 BP à Dunkerque (62)

SE 0/4 :

- Sables Vallée Heureuse et Boulonnais (59)
- Bitume modifié Practiplast M 25 BP à Dunkerque (62)



enrobé - BBSG a donné 9,6 % d'ornièrre pour une valeur spécifiée de 10 %.

La couche de BBSG a été mise en œuvre à une cadence moyenne de 2200 t par jour, avec une pointe à 4300 t/jour.

La fabrication a été réalisée dans une première phase par le poste d'enrobage mobile TSM 21 XL-M, puis par le poste TSM 25 Major.

La mise en œuvre a été réalisée par l'atelier suivant :

- ◆ alimentateur en continu de type Franex ;
- ◆ finisseur Vögele S 2500, table classique et guidé à la poutre ;
- ◆ compacteur à pneus PS 500 et finition avec tandems en lisse (CC 522).

■ TRAVAUX DE CHAUSSÉE AU RACCORDEMENT AVEC A1

Le raccordement avec l'autoroute A1 est réalisé par un échangeur qui enjambe la ligne du TGV et prend appui entre cette ligne SNCF et l'autoroute A1 sur des plots en remblai sur quelques dizaines de mètres. L'A29 franchit ensuite A1.

Ces travaux ont généré certaines difficultés et contraintes que l'entreprise a su maîtriser :

- ◆ travaux sous circulation ;
- ◆ exiguité des emprises ;
- ◆ assainissement profond ;
- ◆ raccordement de structures différentes de chaussées entre A1 (structure bitumineuse GB/EME/BBDr) et A29 (structure semi-rigide STLH/BBSG) ;
- ◆ fabrication d'enrobés de type particulier en petites quantités (par exemple 250 t d'enrobés drainants) avec un matériel non adapté (TSM 25 Major d'une cadence de production nominale de 500 t/h).

■ STRUCTURE DU DIFFUSEUR A29/TGV/A1

Après rabotage du STLH sur 7 cm (épaisseur justifiée du fait de l'utilisation de compacteurs à pieds

dameurs pour le compactage du STLH), la structure était constituée de 14 à 18 cm de grave bitume GB 0/20 en calcaire du Boulonnais et 7 cm de BBSG de roulement.

La composition de la GB 0/20 de classe 2 mise en œuvre était la suivante :

- ◆ sable 0/4 de catégorie "a" Vallée Heureuse : 30 % ;
- ◆ gravillon 4/6 de catégorie C III Boulonnais : 22 % ;
- ◆ gravillon 6/10 de catégorie C III Boulonnais : 21 % ;
- ◆ gravillon 10/20 de catégorie C III Boulonnais : 25 % ;
- ◆ filler calcaire : 2 % ;
- ◆ liant bitume pur 35/50 BP : 4,40 ppc.

Les résultats de l'étude de formulation étaient les suivants :

- ◆ MVR = 2,536 ;
- ◆ % de vides Duriez = 5,8 % ;
- ◆ r/R = 0,89 (> 0,70) ;
- ◆ PCG 100 girations = 7,5 % de vides (< 10 % souhaités) ;
- ◆ omiérage à 10000 cycles = 5,6 % (< 10 % souhaités).

■ CONCLUSIONS

Une structure innovante de chaussée impose des spécifications particulières qui conduisent toujours à certaines difficultés d'organisation de chantier et de mise en œuvre.

La recherche d'un sable aux caractéristiques stables provenant d'un gisement naturel est une contrainte qui a permis la valorisation de matériaux locaux économiques.

L'emploi d'une couche d'assise épaisse et unique en STLH a imposé :

- ◆ une circulation de chantier importante due à l'amenée du sable traité en grandes quantités donc agressive pour le maintien de la qualité de l'arase et du STLH ;
- ◆ un réglage précis pour obtenir un niveau d'uni inhabituel ;
- ◆ la mise au point en laboratoire d'un complexe retardateur de remontées de fissures aux performances multiples et pas toujours compatibles ;
- ◆ des phasages de travaux complexes avec des interdictions de circulation sur le STLH une fois mis en œuvre, clouté et recouvert de l'enduit de protection, ainsi que sur le sable enrobé.

A ces contraintes, il faut ajouter les intempéries exceptionnelles qui ont dégradé les conditions de mise en œuvre et de circulation des engins et contribué à allonger certains délais de réalisation.

Les impératifs de délais et les intempéries non prévues n'ont pourtant pas nui à la réussite de ce chantier (photos 9 et 10).

Cette réussite est à mettre au compte d'une parfaite coopération entre le maître d'ouvrage, le maître

d'œuvre, son contrôle extérieur et l'entreprise. L'innovation, présente dans toute phase de travaux, et les contraintes fortes, imposées par les intempéries et le contexte du chantier, ont permis aux différents partenaires d'améliorer leur savoir-faire. Enfin, le maître d'œuvre comme l'entreprise qui n'avaient pas les références d'un tel chantier innovant auront acquis ensemble une expérience précieuse.



Photo 10
Barrière pleine voie de Boves en travaux
Boves full-width barrier during works

ABSTRACT

The A29 motorway between Amiens and Saint-Quentin. Innovating to economise...

Y. Meunier

The 63 km of the A29 motorway will link the towns of Amiens and Saint-Quentin, thus completing the grid of Sanef's northern network by providing an interconnection between the A1, the A16 and the TGV high-speed train station of Haute Picardie. This link should contribute to the Picardy region's economic development.

What is original in this project is that it has been possible to create an innovative and economic pavement structure within the set deadlines despite exceptionally harsh weather conditions. The structure is made up of a single subgrade/subbase/base 40 cm thick in road-binder-treated sand and a single layer of wearing course asphalt 8 cm thick. At the interface of these layers is a layer of 2 cm of asphalt-treated sand designed to slow the reflection of hydraulic shrinkage cracks coming from the treated sand.

The organisation of these works under unusual weather conditions and the constraints induced by the innovative nature of the structure led the owner, the contracting agency and the contractors to undertake close cooperation, the effectiveness of which has been the key to the success of this project.

RESUMEN ESPAÑOL

Autopista A29 Amiens/Saint Quentin. Innovar para economizar...

Y. Meunier

La autopista A29, de 63 km de longitud, pondrá en comunicación las ciudades de Amiens y de Saint Quentin y de este modo, permitirá completar la reticulación de la red norte de la Sanef al conseguir la interconexión entre las autopistas A1, A16 y la estación TGV de Alta Picardía. Esta vía de enlace habrá de ser favorable para el desarrollo económico de la Picardía.

La originalidad de estas obras reside en haber podido ejecutar una estructura innovadora y económica del pavimento, dentro de los plazos impartidos y a pesar de intemperies excepcionales. La estructura está constituida por una

sola capa de coronación de terraplén/cimientos/base de 40 cm de espesor, de arena tratada con aglomerante viario y una capa única de aglomerado de rodadura de 8 cm de espesor. En la zona de contacto de estas capas se ha implementado una capa de 2 cm de arena aglomerada fina, con objeto de disminuir la propagación de las fisuras de contracción hidráulica procedente de la arena tratada.

La organización de estas obras que se han visto sometidas a intemperies inhabituales y a imperativos inducidos por las características innovadoras de la estructura han conducido a la entidad contratante, al responsable técnico y a las empresas constructoras a una cooperación estrecha y eficaz, clave del logro de estas obras.

Ouverture de la section de l'autoroute A89 "L'eau-toroute" dans

Sur l'autoroute A89 Bordeaux/Clermont-Ferrand, entre Libourne en Gironde et Mussidan en Dordogne, 73 km seront ouverts à la circulation cet été. Des plaines inondables du Libournais aux vallées agricoles et boisées de la vallée de l'Isle, cette section mettra ainsi Bordeaux aux portes de Périgueux, divisant presque par deux le délai de parcours entre les deux agglomérations. A la veille de sa mise en service, Autoroutes du Sud de la France (ASF), le maître d'ouvrage, propose un retour sur cette section résolument placée sous le signe de l'eau et de ses contraintes, qu'il s'agisse de protection de la ressource en eau, d'impact hydraulique, de terrassements en zone inondable, de préservation du biotope d'un marais... (figure 1).

■ DEUX ANNÉES D'ÉTUDES HYDRAULIQUES DÉTAILLÉES

Les études hydrauliques détaillées de la section Libourne ouest/Coutras de l'A89 concernaient le franchissement des cours d'eau Isle et Dordogne et de leur lit majeur. Elles avaient pour but de déterminer un dimensionnement et un positionnement optimum des ouvrages de décharge permettant de minimiser, voire d'annuler, l'impact hydraulique du projet dans cette zone inondable.

Le décret de la déclaration d'utilité publique du 10 janvier 1996 est assorti d'une annexe qui prévoit : "dans la traversée des vallées de la Dordogne et de l'Isle, l'autoroute A89 ne devra pas modifier sensiblement le niveau des crues de ces rivières. A cet effet, la position et les dimensions des ouvrages hydrauliques à aménager, dont l'ouverture totale sera d'au moins 2500 m de longueur, devront être étudiées pour ne pas exhausser le niveau de crue de référence de plus de 2 cm dans les zones sensibles et 5 cm dans le reste de la zone inondable". Pour réaliser les études détaillées permettant de concevoir le projet répondant à ces objectifs, ASF s'est appuyée sur le groupement de bureaux d'études Sogreah Ingénierie, Sogelerg Sogreah Sud-Ouest et Laboratoire hydraulique de France.

Dans le cadre de la définition des hypothèses d'étude, une crue de projet a été définie en associant un coefficient de marée de 110, une surcote au Verdon de 1,60 m et un débit fluvial sur la Dordogne de 4000 m³/s (fréquence centennale) et sur l'Isle de 1200 m³/s (fréquence centennale).

Le modèle physique

D'une longueur de 70 m et d'une largeur d'environ 40 m, le modèle physique représentait l'ensemble de la boucle d'Arveyres, ainsi que la partie terminale de la vallée de l'Isle. Avec une surface utile de près de 3000 m², cet outil est un des plus grands modèles jamais réalisés en Europe. Il a été construit à l'échelle horizontale du 1/100 et à l'échelle verticale du 1/50.

Il représentait très fidèlement la topographie des vallées et la géométrie du lit de la Dordogne et de l'Isle, ainsi que tous les ouvrages et infrastructures existants (digues, ponts, viaduc SNCF, RN89...) et protégés (remblai autoroutier et ouvrages).

Pour un événement hydrologique donné, les écoulements ont été simulés en injectant dans le modèle les débits correspondants de la Dordogne et de l'Isle. La correspondance entre les débits naturels et les débits du modèle est définie par les règles scientifiques de la similitude. Ainsi un débit de 1 l/s sur le modèle correspond environ à 35 m³/s en nature.

Le modèle était équipé de tous les instruments nécessaires à la mesure, pour chaque essai, des débits des niveaux d'eau et des vitesses de l'écoulement au voisinage des ouvrages.

Les niveaux d'eau étaient mesurés grâce à une quarantaine de capteurs répartis sur toute la surface du modèle, dont la précision de lecture est de 2 ou 3 dixièmes de millimètres. Les vitesses au voisinage des ouvrages étaient enregistrées par un système informatique de trajectovidéographie (prises

Figure 1
Tracé A89
Route of A89



Libourne/Mussidan

Jean-Pierre Lacaze
DIRECTEUR D'OPÉRATIONS ASF
POUR L'A89 OUEST
Autoroutes du Sud de la France

Photos : ASF/P. Roy, P. Guignard, Y. Collet,
P. Avarian

tous ses états

de vues vidéo + système de traitement de l'image + programme informatique de traitement).

Le déroulement général des essais comprenait les phases suivantes :

- ◆ l'étalonnage du modèle, pour vérifier que les niveaux mesurés sur le modèle sont en concordance avec ceux observés en nature ;
- ◆ la simulation de l'état de référence, c'est-à-dire avant l'implantation de l'autoroute ;
- ◆ la simulation de l'état aménagé, c'est-à-dire après implantation de l'autoroute.

Pour une simulation donnée, l'impact hydraulique du projet était défini en comparant les mesures effectuées sur le modèle dans l'état aménagé et dans l'état de référence, et en confrontant ces résultats à ceux issus des simulations effectuées sur le modèle numérique.

Le modèle mathématique

Le modèle mathématique a été construit à l'aide du calcul Télémac-2D, élaboré par le LHF (EDF/DER). Il couvrait l'ensemble du domaine d'étude soit 15 km dans la plaine de l'Isle et 10 km dans la plaine de la Dordogne.

Sur l'Isle, il s'étendait de Guîtres jusqu'à la confluence de l'Isle avec la Dordogne traversant du nord au sud les communes de Saint-Denis-de-Pile, les Billaux et Libourne.

Dans la plaine de la Dordogne, il s'étendait d'est en ouest, de la rocade sud de Libourne jusqu'au lieu-dit La Rivière sur la commune de Saint-Michel-de-Fronsac, aval du modèle.

Ce modèle se composait d'un ensemble de points répartis dans le domaine et reliés entre eux par des lignes formant des triangles. L'ensemble de ces triangles couvre entièrement le domaine en un réseau nommé maillage.

Les points sont plus rapprochés les uns des autres au voisinage des détails importants à modéliser (tels que les ouvrages de décharge) ou plus relâchés en plaine. Les détails les plus fins sont de quelques mètres. Au total, le modèle compte environ 30 000 points.

Ce modèle est bidimensionnel : il fournit de ce fait, à chaque instant, en tout point, à la fois le niveau d'eau, l'intensité de la vitesse et la direction du courant. La réalisation et l'exploitation de cet outil numérique suivent le même schéma que le modèle physique (étalonnage du modèle - simulation de l'état de référence - simulation de l'état aménagé).

A n'importe quel moment d'un événement hydro-



Photo 1
Le viaduc des Barrails
à Arveyres

*The Barrails viaduct
in Arveyres*

logique et en n'importe quel lieu, il était possible de déterminer et d'analyser les quantités d'eau présentes, mais aussi la vitesse de l'écoulement et donc des débits, ou encore de déterminer les chemins préférentiels des écoulements selon la taille d'un ouvrage par exemple. Les résultats définitifs ont été intégrés dans le dossier d'enquête publique au titre de la loi sur l'eau qui a eu lieu sur l'ensemble des communes traversées par le projet entre le 3 juin et le 3 juillet 1997.

Garant du contrôle des engagements précisés en annexe du décret de DUP, un Comité de suivi des études hydrauliques a été mis en place, présidé par le sous-préfet de Libourne.

Il était constitué des principales administrations concernées par le projet autoroutier :

- ◆ Centre d'études techniques de l'Équipement ;
- ◆ Direction départementale de l'Équipement ;
- ◆ Service maritime et de la navigation de la Gironde ;
- ◆ Coordonnateur : mission inter-services de l'eau pour les vallées inondables ;
- ◆ Direction départementale de l'agriculture et de la forêt ;
- ◆ Direction régionale de l'environnement.

■ DE LIBOURNE OUEST À COUTRAS : DES TERRASSEMENTS COMPLEXES EN ZONE INONDABLE

L'été 2000 marque la fin des terrassements sur la section Libourne/Coutras. A la confluence des vallées inondables de l'Isle et de la Dordogne, la mise en œuvre difficile du remblai autoroutier aura nécessité un traitement préalable de sols fortement compressibles (photo 1).

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Autoroutes du Sud de la France (ASF)/Direction opérationnelle de la construction de Bordeaux

Maitre d'œuvre général

Scetauroute Direction projet de Bordeaux

Architectes

- Viaduc des Barrails : Cabinet Mikaelian
- Viaduc du Mascaret : Cabinet Morris, Renaud, Naert, Mayeur
- Ouvrages d'art courants, franchissements de l'Isle et viaduc de la Crempse : Cabinet Lavigne & Montois
- Barrières de péage pleine voie et gares de péage de Libourne nord et Montpon : Cabinet Camborde Lamaison
- Gare de péage de Coutras : Cabinet Pidance - Le Balh
- Aménagements paysagers : Atelier R

Photo 2
Le viaduc du Mascaret franchit la Dordogne et relie Arveyres à Fronsac

The Mascaret viaduct crosses the Dordogne and links Arveyres to Fronsac



Photo 3
Le premier des trois franchissements de l'Isle à Fronsac

The first of the three crossings of the Isle at Fronsac



SECTION LIBOURNE/MUSSIDAN : CHIFFRES CLÉS

- 3 sections pour 73 km, dont 36 km en Gironde et 37 km en Dordogne
- 25 communes traversées
- 4,8 milliards de francs d'investissement
- 91 ouvrages d'art courants
- 2 ouvrages d'art exceptionnels :
 - viaduc des Barrails (1 460 m)
 - viaduc du Mascaret (540 m)
- 4 ouvrages d'art non courants :
 - 3 franchissements de l'Isle (en Libournais)
 - viaduc de la Crempse (en Dordogne)
- 6 millions de m³ de déblais
- 10 millions de m³ de remblais
- 1 200 hectares acquis et 7 800 hectares concernés par le réaménagement foncier

LES DATES CLÉS

- 01/1996 : Déclaration d'utilité publique de la section Arveyres/Saint-Julien Puy Lavèze
- Printemps 1997 : Travaux en grande masse Coutras/Montpon
- Printemps 1998 : Travaux en grande masse et viaducs Libourne ouest/Coutras
- Printemps 1999 : Travaux en grande masse Montpon/Mussidan
- Été 2001 : Ouverture de Libourne ouest/Mussidan

Une des particularités des terrassements de la section Libourne ouest/Coutras est la présence, sur environ 10 km, de sols de mauvaise qualité nécessitant le recours à des techniques particulières, préalables à la réalisation de la plate-forme de l'autoroute.

Les sols-supports rencontrés par le projet autoroutier dans les vallées de l'Isle et de la Dordogne sont des sols mous et gorgés d'eau, dans des zones marécageuses ou humides. Sans traitement préalable, la pression directe du remblai de l'autoroute sur ces sols aboutirait soit à la rupture du terrain naturel, soit à un tassement très lent et continu (photos 2 et 3).

Ces sols dits compressibles ont été consolidés avant la mise en place des chaussées de l'autoroute. L'eau qu'ils contiennent a été évacuée en provoquant de manière accélérée les tassements prévisibles, avant la réalisation de la couche de forme et des chaussées.

Drainage et préchargement

Des drains verticaux ont été implantés suivant un maillage triangulaire de 1 m à 1,50 m. Ils descendent jusqu'au substratum, la couche dure de marnes sous les sols compressibles. Plus de 1 300 km de drains ont été utilisés. L'ensemble des zones a reçu ensuite une surcharge de remblai provoquant une pression suffisante pour permettre le drainage vertical et l'accélération des tassements (photo 4).

Ce remblai est constitué en partie de matériaux drainants, tels que des sables, ou graves propres, qui permettent l'évacuation de l'eau dans des fossés autour du remblai. Il est supérieur au poids final de la future autoroute. La surcharge est enlevée lorsque le tassement attendu est réalisé à 95 %. En moyenne, le tassement attendu est de 1 m à 1,50 m dans les zones courantes, avec des valeurs proches de 2,20 m dans une zone très critique en rive gauche de la Dordogne.



Photo 4
Mise en place de remblai de préchargement sur Bidim

Placing of preliminary backfill on Bidim synthetic felt

Phasage

Le préchargement a été réalisé en deux phases afin de garantir la stabilité du remblai. Des "banquettes latérales" de stabilité ont épaulé le remblai de part et d'autre pendant la phase de tassement. Elles reçoivent ensuite les fossés de traitement des eaux nécessaires à la protection de l'environnement lors de l'exploitation de l'autoroute.

Le préchargement dure entre 3 mois et 1 an ce qui explique l'exceptionnelle longueur des travaux de terrassement sur cette section, 28 mois au lieu de 18 à 20 mois de manière générale.

Le suivi des tassements

L'ensemble de ces tassements fait l'objet d'un suivi permettant de comparer les valeurs obtenues aux valeurs théoriques :

- ◆ suivi topographique en surface grâce à des tiges métalliques au fur et à mesure de la montée des remblais ;
- ◆ suivi par des cellules de pression interstitielle implantées dans le terrain et reliées à un centre de mesures pour un contrôle en continu.

■ LE BIOTOPE DES BILLAUX

Par ailleurs, la bande de 300 m déclarée d'utilité publique traverse la zone naturelle d'intérêt écologique floristique et faunistique (ZNIEFF) de type I des Billaux et notamment les marais du Petit et du Grand Brizard. Milieux naturels remarquables, les marais du Brizard associent plusieurs espèces végétales rares telles que la renouée à feuille d'ophioglosse ou plus courantes telles que les cariçaias et le roseau baldingère. Le site accueille par ailleurs au niveau faunistique quelques amphibiens et des espèces d'oiseaux remarquables : site de nidification du héron bicolore, de la marouette ponctuée, de l'épervier d'Europe, du faucon hobereau... On y trouve également quelques mammifères dont le vison d'Europe. C'est aussi un site potentiel d'extension de la loutre, même si elle n'est pas présente actuellement (photo 5).

Des mesures particulières de protection et de reconstitution du biotope ont été mises en place. Le tracé de l'A89 a été calé au mieux dans la bande de 300 m pour éviter les zones les plus sensibles, tout en tenant compte des autres contraintes de calage de tracé liées au fonctionnement hydraulique général et à l'implantation de l'échangeur de Libourne nord. Puis, en concertation avec les services de l'Etat (DIREN et DDAF), les collectivités locales et les associations de protection de l'environnement, ASF a acquis, grâce à la procédure du remembrement les 60 hectares nécessaires à "la protection et la reconstitution" du

biotope. Ceux-ci ont été ensuite rétrocédés au conseil général de la Gironde qui en assurera la gestion et l'animation ultérieure en collaboration avec la commune (photo 6).

Durant les travaux, la zone a fait l'objet de dispositions particulières : les emprises et pistes de chantier ont été réduites au mieux, des protections étanches ont été disposées le long de l'emprise pour éviter la pollution des marais, des toiles de géotextile ont également protégé la circulation des batraciens...

■ LA PROTECTION DES EAUX

La préservation de la qualité des cours d'eau et des nappes aquifères constitue le deuxième volet de la prise en compte de la ressource en eau. Si elles n'étaient pas "filtrées", les eaux de pluie ruisselant sur la chaussée entraîneraient des poussières polluantes (résidus de combustion des moteurs et d'usure des pneus) vers les rivières. L'eau de ruissellement est par conséquent collectée tout le long de l'autoroute et dirigée vers des bassins multifonctions : écrêteurs, décanteurs, déshuileurs adaptés à la sensibilité des nappes superficielles



Photo 5
Vue aérienne
du marais
des Brizards
aux Billaux
*Aerial view
of Brizards marsh
at Les Billaux*



Photo 6
La renouée
à feuille d'ophioglosse
*Renanculus
ophioglossifolius
(buttercup)*



et phréatiques, et des eaux superficielles rencontrées (figure 2).

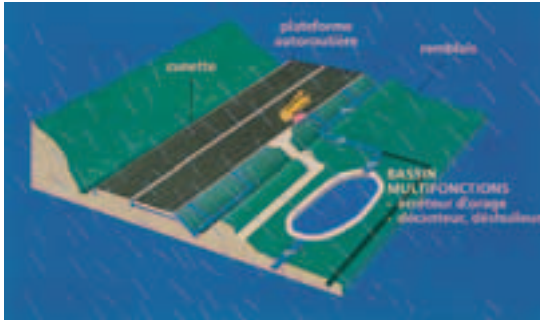


Figure 2
Dispositif de protection des eaux

Water protection system

Écrouleurs d'orage, ils limitent le risque de ravinement ; décanteurs, ils retiennent l'eau de ruissellement jusqu'à ce que les produits polluants fixés sur les matières en suspension précipitent par simple gravité ; déshuileurs, ils empêchent les huiles de rejoindre le milieu naturel. On compte ainsi environ un bassin par kilomètre d'autoroute. ASF a mis en place également un système d'aide à la décision en viabilité hivernale pour limiter les quantités de sel et de saumure déversées.

L'INFRASTRUCTURE D'EXPLOITATION

- 2 barrières de péage pleine voie à Arveyres (Libourne ouest) et Sourzac (Mussidan)
- 3 diffuseurs :
 - Libourne nord (Les Billaux)
 - Coutras (Abzac)
 - Montpon
 - un diffuseur différé, près de Mussidan
- 1 centre d'entretien, gendarmerie et logements d'astreinte à Abzac, à proximité de la gare de péage de Coutras
- 1 couple d'aires de repos (aires des Vignes nord et sud) à Saint-Denis-de-Pile et une aire de services (des Palombières) unilatérale et bidirectionnelle à Gours, en Gironde

ABSTRACT

Opening of Libourne/Mussidan section of the A89 motorway. The ups and downs of the "water-way"

J.-P. Lacaze

This summer, on the Bordeaux/Clermont-Ferrand motorway A89 between Libourne in the Gironde region and Mussidan in the Dordogne, three sections will be opened simultaneously to traffic. With a total of 73 km, representing half the length of the A89 in the Aquitaine region, from the flood plains of the Libournais to the agricultural and wooded valleys of the Isle, these three sections typify the relationship between the A89 and water in all its forms, whether in relation to the protection of water resources, hydraulic impact, earthworks in flood zones, or the preservation of a marshland biotope.

RESUMEN ESPAÑOL

Inauguración de la sección Libourne/Mussidan de la autopista A89. "L'eau-toroute" está fuera de sí...

J.-P. Lacaze

Durante el próximo verano, tres secciones habrán de quedar abiertas simultáneamente al tráfico rodado en la autopista A89 Burdeos/Clermont Ferrand, entre Libourne, en Gironde y Mussidan, en Dordoña. Al totalizar 73 km, o sea la mitad del recorrido lineal en Aquitania de la A89, desde las planicies inundables de la región de Libourne hasta los valles agrícolas y arbolados del valle del Isle, estas tres sección sitúan resueltamente a la A89 bajo el signo del agua y de sus imperativos. Ya se trate de la protección de los recursos hídricos, del impacto hidráulico, de los movimientos de tierras en zona inundable, de preservación del biotopo de un pantano... otros tantos escollos que es preciso sortear.

A29

Recyclage à fort taux

Une première !

Christian Alvarez

DIRECTION TECHNIQUE

Appia

Jean-François Pochet

DIRECTEUR DE TRAVAUX

Appia Grands Travaux

Dans le cadre de l'aménagement du réseau national autoroutier, l'ouverture du tronçon reliant Amiens (nœud de Bove) à Saint-Quentin (autoroute A26) était programmée pour le courant de l'année 2001.

Sanef a confié à Appia Grands Travaux la réalisation du lot A1/Saint-Quentin de cette section, d'une longueur de 30 km.

■ LE MARCHÉ

Le service Grands Travaux d'Appia (né début 2000 de la fusion des entités Grands Travaux Beugnet et Gerland Routes) s'est vu confié par la Sanef – maître d'ouvrage – les travaux de chaussée d'un tronçon de l'autoroute A29, reliant Amiens à Saint-Quentin.

Le chantier d'une longueur de 30 km – à partir de l'intersection avec l'autoroute A1 – comprenait la réalisation des revêtements de la section courante, l'aménagement du raccordement à l'autoroute A26 et des bretelles d'accès à l'aire de repos d'Athies.

Le délai global était de 10 mois à compter du 1^{er} juillet 2000, pour l'ensemble des travaux.

La maîtrise d'œuvre était assurée par Scetauroute depuis son antenne basée à Fresnes - Mazancourt dans la Somme.

■ LA SOLUTION TECHNIQUE DE BASE

Sur une plate-forme, traitée au liant routier, livrée au présent lot, la structure figurant à l'appel d'offres consistait en section courante à réaliser :

- ◆ une couche de base en grave bitume 0/14 de classe 3 - épaisseur 10 cm ;
- ◆ une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 de classe 2 - épaisseur 7 cm.

Du tout-venant 0/20 – mis en œuvre sur une largeur de 1,20 m et en épaisseur de 17 cm – protégé par un revêtement de type bicouche constituait la structure des accotements.

Les travaux annexes d'équipement en béton (caniveaux et glissières béton) sur cette même section ont été réalisés par la Star, entreprise du Groupe spécialisée dans ce type de prestations.

■ LA TECHNIQUE INNOVANTE

A 30 km du chantier A29 sur l'autoroute A1 section Roye/Bapaume, après rabotage du revêtement existant, Appia Grands Travaux devait réaliser entre juin et août 2000 une nouvelle couche de roulement en béton bitumineux drainant.

La traçabilité des agrégats d'enrobés issus du rabotage de l'autoroute A1 étant assurée par les chantiers antérieurs réalisés en 1986 et 1987 : 80 000 t minimum de ces matériaux parfaitement identifiables et homogènes étaient disponibles pour une éventuelle valorisation.

Plusieurs facteurs devaient favoriser cette approche et amener une solution technique innovante sur le réseau autoroutier :

- ◆ Appia Grands Travaux, titulaire de deux marchés autoroutiers proches l'un de l'autre ;
- ◆ un maître d'ouvrage unique – Sanef – sur les deux opérations ;
- ◆ une même volonté des deux parties de mettre en place des procédures de réutilisation des produits de rabotage et d'anticiper ainsi sur l'obligation qui en sera faite à l'horizon 2002 ;
- ◆ une période de récupération des fraisats du chantier sur l'autoroute A1, compatible avec les délais d'exécution des couches de base et accotements sur le chantier A29.

Les variantes techniques proposées par Appia Grands Travaux furent les suivantes :

- ◆ remplacement dans la formule de GB 0/14 du marché, d'une partie des matériaux neufs par 40 % d'agrégats d'enrobés ;
- ◆ pour la réalisation des accotements, mise en place en sous-couche et sur une épaisseur de 10 cm de matériaux issus des fraisages, la finition étant assurée par du TV 0/20 ;
- ◆ en couche de roulement, réalisation d'une planche expérimentale avec formulation d'un BBSG 0/14

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- GB 0/14 avec fraisats : 130 000 t
- BBSG 0/14 : 90 000 t
- BBSG 0/14 avec fraisats : 2 000 t
- Accotements : 100 000 m²
- Caniveaux
- DBA

Photo 1
Poste enrobage Astec
double Barrel

*Astec Double-Barrel
mixing station*



Photo 2
Atelier d'application
Application plant



avec utilisation de 20 % de matériaux issus du routage.

■ LES ÉTUDES DE FORMULATION

Dans les laboratoires du groupe Appia, les caractéristiques des produits de routage ont été déterminées à partir de plusieurs contrôles :

- ◆ courbe granulométrique ;
- ◆ teneur en liant résiduelle ;
- ◆ pénétrabilité à 250° C ;
- ◆ température de ramollissement bille et anneau.

Les pourcentages de matériaux neufs d'apport ont été calculés de façon à retrouver une courbe granulométrique prévisionnelle proche d'une formule GB 0/14 traditionnelle.

Le pourcentage de liant apporté par les fraisats étant de l'ordre de 2 %, le choix du liant d'ajout s'est porté sur un bitume total de grade 50/70 en provenance de Gonfreville.

L'objectif fixé par la direction technique d'Appia était de retrouver après fabrication des caractéristiques du liant "mélange" proche de celle du liant

de grade 35/50 – prévu au marché – ayant eu à subir le même passage dans un poste d'enrobage. La démarche a été identique pour la formulation du BBSG 0/14.

Les études de formulation pour le GB 0/14 et la BBSG 0/14 et les différents essais avant et pendant l'exécution des travaux :

- ◆ PCG/Duriez/Orniérage ;
 - ◆ module MAER ;
 - ◆ caractérisation du liant résiduel,
- ont été effectués par les laboratoires du groupe Appia – Corbas/Mont-Saint-Eloi/Rillieux. Pour la GB 0/14, certains essais de vérification et de conformité ont été réalisés par :
- ◆ les laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées d'Angers et de Bordeaux ;
 - détermination du module complexe et de la résistance à la fatigue ;
 - ◆ le laboratoire d'Aix-en-Provence pour des investigations complémentaires sur le liant résiduel.

■ LES MOYENS

Les moyens matériels déployés pour la réalisation de ce chantier autoroutiers ont été les suivants :

- ◆ en section courante :
 - centrale d'enrobage type Astec double Barrel DDC 734,
 - finisseur Vogèle S 2500,
 - alimentateur Dracare,
 - cylindre à pneumatiques PS 500,
 - cylindre lisse vibrant CB 624 ;
- ◆ sur accotements :
 - épandeur latéral,
 - arroseuse à rampe,
 - cylindre à pneumatique PS 500,
 - cylindre lisse vibrant CC 122.

■ LES CONTRÔLES

En plus des contrôles habituels propres à la réalisation de couche de base de chaussée autoroutière (mesure de compacité, contrôle des épaisseurs et du collage, uni) une attention particulière a été portée sur :

- ◆ la réception des fraisats : une analyse granulométrique et teneur en liant toutes les 600 t ;
- ◆ le contrôle de fabrication : une extraction au four calcinateur avec calage méthode de Rouen toutes les 600 t ;
- ◆ vérification des caractéristiques du liant "mélange" sur prélèvement à la centrale d'enrobage :
 - pénétrabilité et Bille et Anneau toutes les 10000 t,
 - essais complémentaires exécutés par le laboratoire d'Aix-en-Provence ;
- ◆ vérification orniérage sur plaque prélevée sur le site : deux mesures sur l'ensemble du chantier ;
- ◆ vérification des caractéristiques mécaniques du

produits prélevé à la centrale d'enrobage : module et fatigue (une mesure complémentaire pour l'ensemble du chantier) ;

◆ vérification de la formule avec produit prélevé à la centrale d'enrobage : PCG/Duriez - orniérage.

■ CONCLUSION

Les différents essais réalisés en cours de chantier et dont le détail est donné au paragraphe précédent ont mis en évidence :

- ◆ une bonne régularité dans la fabrication ;
- ◆ des compacités très homogènes conformes aux spécifications ;
- ◆ des caractéristiques mécaniques constantes.

Tous ces critères laissent penser que l'ouvrage réalisé avec cette technique innovante sera de même tenue que celui obtenu avec une solution traditionnelle.

ABSTRACT

A29 high-level recycling. A first!

Ch. Alvarez, J.-Fr. Pochet

On the A29 motorway, the company Appia Grands Travaux had to complete the 30 km of bituminous motorway pavement within a period of 10 months. Called for in the contract, the 0/14 Class 3 asphalt-treated base to be applied in a thickness of 10 cm was replaced by another bituminous material of the same class manufactured using 40 % materials coming from the A1 motorway – Roye district – and from the milling of plugged porous asphalt.

RESUMEN ESPAÑOL

Autopista A29... Reciclado de alto rendimiento. ¡Una primicia!

Ch. Alvarez y J.-Fr. Pochet

La empresa constructora Appia Grands Travaux estaba llamada a ejecutar en 10 meses, en la autopista A29, la estructura bituminosa de 30 km del pavimento de una autopista.

Prevista en el contrato de ejecución, la capa de base de grava-betún 0/14 de clase 3 a aplicar sobre 10 cm de espesor ha sido sustituida por una grava-betún de la misma clase, que se ha fabricado utilizando un 40 % de materiales procedentes de la autopista A1 – distrito de Roye – y procedentes de la escarificación de los aglomerados drenantes obstruidos.

Nice : Prolongement de la de l'Autoroute urbaine sud et Fabron

Nouvellement dénommée voie Pierre Mathis, l'Autoroute urbaine sud, plus connue sous le nom de "voie rapide" est un axe de pénétration et de desserte inter-quartiers qui relie Saint-Augustin au Paillon en épousant sensiblement le tracé des voies ferroviaires.

Réalisée à plus de 75 %, une nouvelle section a récemment été mise en service entre Magnan et Fabron, sur la chaussée nord.

D'une longueur de 800 m, cette portion est bordée au sud par les voies ferrées et elle entaille au nord la colline de Barrimasson sur laquelle sont édifiés de nombreux bâtiments.

Diverses techniques de construction des ouvrages de soutènement ont été employées selon les disponibilités foncières.

Au plan de l'environnement, cette voie a été traitée en boulevard urbain, agrémentée de nombreux espaces verts.

Dans le cadre du traitement du bruit à la source, un enrobé drainant et l'habillage des murs de contre-rive par des panneaux très absorbants ont été effectués.

La municipalité de Nice a eu très tôt conscience des problèmes que posait l'automobile et a été une des premières à inscrire sur les documents d'urbanisme une autoroute urbaine destinée à pénétrer au centre de la ville. Ainsi, l'Autoroute urbaine sud, appelée couramment "voie rapide" par les usagers, est apparue dès 1950 sur les plans d'urbanisme de Nice.

A l'origine, simple voie urbaine destinée à faciliter aux poids lourds la traversée de Nice tout en les écartant de la Promenade des Anglais, le projet devait rapidement évoluer, dans les années 1960, vers la création d'une autoroute urbaine, sans desserte des riverains ni circulation des piétons, destinée à relier directement le Var au Paillon en traversant le centre de la ville et en tangentant l'hyper-centre.

L'idée de base était de longer au plus près le tracé de la voie ferrée Marseille-Vintimille pour ne pas créer une nouvelle coupure dans le tissu urbain et limiter par là même les expropriations traumatisantes. C'est sous cette forme que l'Autoroute urbaine sud a été inscrite au plan d'urbanisme directeur de 1962.

■ PRÉSENTATION D'ENSEMBLE

Par sa configuration particulière de collines coupées de vallons, plongeant abruptement dans la mer et ne laissant qu'une étroite bande côtière très urbanisée, où sont étagées les principales voies de communication, le littoral entre le Var et Menton ne se prête pas aisément à la création de grandes infrastructures routières.

Ainsi, l'autoroute A8 entre Nice et la frontière italienne est une succession quasi ininterrompue d'ouvrages d'art, viaducs et tunnels, et il a fallu attendre l'été 1979 pour que soit réalisée la liaison continue avec l'Italie.

Dans le schéma routier de Nice, cette autoroute à péage doit assurer le trafic de transit, en particulier pour les poids lourds.

Au contraire, l'Autoroute urbaine sud, dont l'accès est libre, constitue une voie de pénétration et de dégagement, et sert de liaison entre les quartiers grâce aux huit échangeurs répartis le long de son tracé de 8,5 km de longueur totale.

Située à peu de distance du rivage et desservant le centre de l'agglomération, elle absorbe un trafic de 70 000 véhicules/jour et allège d'autant la Promenade des Anglais, à vocation touristique, et la rue de France, prolongement de la RN7, mais étroite en ville et aboutissant à la zone piétonne créée autour de la place Masséna.

Entre Saint-Augustin et le Paillon, l'A.U.S. est actuellement réalisée :

- ◆ sur une chaussée, au sud de la SNCF entre Saint-Augustin et Fabron ;
 - ◆ sur deux chaussées, situées de part et d'autre des voies ferrées, entre Fabron et Saint-Philippe ;
 - ◆ sur viaduc à 2 x 2 voies en section courante, au-dessus des voies ferrées, entre Saint-Philippe et Saint-Lambert ;
 - ◆ en tunnel à 2 x 2 voies sous la colline de Cimiez où elle rejoint le Paillon.
- Ultérieurement, sont prévus :

- ◆ à l'est :
 - un deuxième tube de l'A.U.S. sous la colline de Cimiez,
 - la liaison de l'A.U.S. avec le tunnel du Paillon et la pénétrante qui dessert les communes amont par réaménagement de la trémie Maraldi du tunnel ;
- ◆ à l'ouest :
 - le raccordement de l'A.U.S. à l'autoroute A8, par un tunnel passant sous la colline de la Victorine puis en tranchée couverte.

■ LE PROLONGEMENT DE LA CHAUSSÉE NORD DE L'A.U.S. ENTRE MAGNAN ET FABRON

Présentation

Débutés le 14 avril 1997 et achevés le 12 janvier 1999, les travaux de prolongement de la chaussée

Construction de murs à tirants
Construction of tie-rod walls



chaussée nord (A.U.S.) entre Magnan

Claude Cardelli

INGÉNIEUR
CHEF DE SERVICE
Ville de Nice



Philippe Martin

ADJOINT
AU CHEF DE SERVICE
Ville de Nice



sée nord de la voie rapide entre Magnan et Fabron ont porté sur l'aménagement :

- ◆ d'une bretelle d'entrée à Magnan ;
- ◆ d'une bretelle de sortie à Fabron ;
- ◆ de 800 ml de voie supplémentaire.

Cette opération permet notamment d'améliorer la desserte de l'hôpital de l'Archet et des collines avoisinantes et d'alléger le trafic sur le carrefour de Magnan et l'avenue de la Californie.

Ce tronçon, de 800 m offrant en section courante une largeur roulable de 9,60 m comprend principalement un mur de soutènement côté sud, en mitoyenneté avec la plate-forme ferroviaire, et un mur de contre-rive de hauteur variable, côté nord, en mitoyenneté avec les riverains.

La réalisation de cette section, qui entraîne la suppression de la partie inférieure de l'avenue du Petit Fabron, a conduit au rétablissement :

- ◆ de la desserte de l'avenue du Petit Fabron à son extrémité supérieure, par l'avenue Aimé Martin ;
- ◆ de la desserte des résidences de la Villa Anahit et du Parc Anahit.

Par ailleurs, le passage piétons par des escaliers face à l'hôpital Lenval a été maintenu et une rampe rejoignant le pont SNCF de l'avenue du Petit Fabron a été créée, ce qui assure la continuité du cheminement piétons entre la partie haute de l'avenue du Petit Fabron et l'avenue de la Californie.

Afin de permettre une végétalisation optimale des ouvrages, des jardinières en pied et crête du mur de contre-rive ainsi qu'une risberme intermédiaire ont été complantées.

Les ouvrages caractéristiques de la réalisation

La particularité du chantier a été de présenter sur le même site diverses techniques d'ouvrages de soutènement à savoir, pour les principaux :

- ◆ murs mixtes (blocs béton et armatures géotextiles). La conception de ces murs réalisés le long de la voie ferrée et dans la résidence Anahit leur permet d'absorber certaines déformations liées aux tassements du sol. La nature des matériaux utilisés (blocs de béton et nappes de géotextiles) fait que leur montage ne nécessite pas l'utilisation de moyens importants de manutention mécanique, ce qui allait dans le sens de la sécurité au voisinage des voies ferrées. D'aspect pierre éclatée, ils sont classés absorbants au niveau phonique ;
- ◆ murs classiques type Cantilever. Ces murs en béton armé en forme de T renversé se trouvent principalement aux extrémités du tronçon, côté Magnan

et côté Fabron, et assurent notamment le soutènement des bretelles d'entrée et de sortie ;

- ◆ murs à tirants. Dans les zones de murs de grande hauteur (10 à 12 m), il a été utilisé, lorsque les limites d'emprises étaient suffisantes, la technique des murs à tirants.

Les terrassements sont effectués de haut en bas, par plots successifs de 3 m de hauteur environ et la stabilité du mur en béton est assurée par des tirants précontraints dont les plus importants admettent une force de tension de 133 t. Ceci permet de limiter les terrassements et la décompression du terrain ;

- ◆ murs associés à des colonnes de renforcement de sols (figure 1). Dans les sections où les emprises étaient insuffisantes pour mettre en place des tirants, il a été procédé à la mise en œuvre de murs associés à des colonnes de renforcement des sols selon le principe de phasage ci-après.

1 - Renforcement de sol par colonnes de 80 cm de diamètre et d'une longueur variant de 6,50 m à 17 m exécutées :

- ◆ à la tarière d'une part ;
- ◆ selon la technique du jet grouting d'autre part.

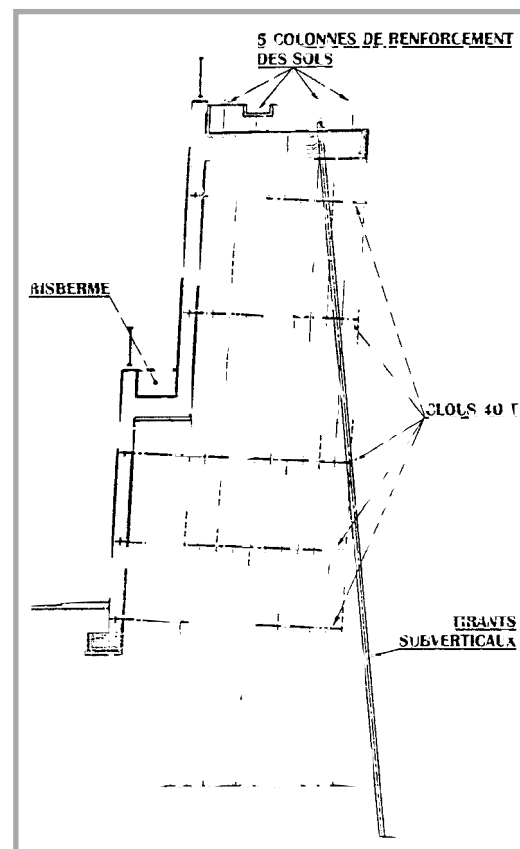


Figure 1
Principe de construction de mur associé aux colonnes de renforcement des sols

Principle of wall construction associated with soil reinforcement columns



Construction de murs à tirants
Construction of tie-rod walls

Construction de murs à tirants

Construction of tie-rod walls



Des modules de cinq colonnes jointives, réalisées perpendiculairement à l'alignement du mur, forment des éperons espacés d'environ 3 m.

2 - Les têtes de colonnes sont rendues solidaires par une dalle en béton armé.

3 - Terrassement à partir du haut par plots de 3 m de hauteur.

4 - Bétonnage du mur qui est "cloué" sur les colonnes en éperon.

5 - Mise en tension provisoire des tirants subverticaux à 30 % de leur valeur dès l'achèvement des plots supérieurs du mur, puis mise en tension définitive à l'achèvement de l'ouvrage

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Déblais : 70 000 m³
- Béton : 7 000 m³
- Aciers : 560 t

Tirants de précontrainte

- Nombre : 420
- Longueur totale : 5 530 ml
- Force totale de précontrainte mise en œuvre : 25 200 t

Clous

- Nombre : 179
- Longueur totale : 1 330 ml
- Force totale de clouage : 7 160 t

Colonnes de renforcement de sols

- Nombre : 403
- Longueur totale : 4 325 ml

• Murs de soutènement : 9 000 m² dont 3 400 m² de murs à tirants ou associés aux colonnes de renforcement des sols

- Ouvrages cadres : 2
- Revêtement absorbant acoustique : 4 000 m²
- Surface de chaussée : 15 000 m² dont 10 000 m² en enrobé drainant

Coût de l'opération

Montant de l'opération : 120 millions de francs dont **acquisition** 30 millions et **travaux** 90 millions

Financement

- Etat : 35 millions
- Région : 31,9 millions
- Département : 25 millions
- Ville : 28,1 millions



Mise en place de panneaux absorbants (laine de verre et dallettes)

Setup of absorbing panels (glass wool and slabs)



Finitions en cours

Finishing work

Les dispositions prises en matière de protection de l'environnement

Réduction des niveaux de bruit

Conformément aux dispositions réglementaires de la loi n° 92.1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, un effort particulier visant au traitement du bruit à sa source a été effectué :

- ◆ muret californien continu en béton en limite de voie ;
- ◆ enrobé drainant absorbant qui induit une diminution de l'ordre de 3 à 5 dBA du bruit de roulement ;
- ◆ mise en place de 4 000 m² de panneaux acoustiques très absorbant sur le mur de contre-rive.

Parallèlement, il a été sollicité la nomination d'un expert qui précisera les niveaux sonores induits par l'infrastructure et définira, s'il est constaté un dépassement de ces niveaux tels qu'ils sont fixés dans l'arrêté du 5 mai 1995, la protection phonique complémentaire à mettre en œuvre sur le bâti antérieur à 1962. Le principe d'une participation au traitement des constructions postérieures à 1962 est également à l'étude.

De plus, après achèvement de la chaussée nord jusqu'à Saint-Augustin, la mise en sens unique de la chaussée sud permettra une action complémentaire de rattrapage par mise en place de protections à la source le long de cette chaussée (enrobé absorbant, écrans antibruit).

Insertion des ouvrages dans le site

Cette opération a été élaborée avec la participation de la direction des Espaces verts et de l'Agence municipale de l'urbanisme afin de lui conférer une allure de boulevard urbain. Ainsi, afin de favoriser une végétalisation rapide du mur de contre-rive, il a été réalisé :

- ◆ une jardinière de 1,60 m en pied de mur ;
- ◆ une jardinière en crête du mur ;
- ◆ une risberme intermédiaire lorsque la hauteur de l'ouvrage dépasse 5 m en moyenne.

Les plantations mises en place le long de la voie rapide se décomposent en trois parties distinctes développées ci-après.

Les accès

L'entrée de Magnan et la sortie sur Fabron sont bordées de larges massifs engazonnés et plantés d'arbres à développement moyen, relativement peu sensibles à la pollution, tels que magnolia, prunus pissardii, olivier. L'arrosage automatique programmé est réalisé en tuyères escamotables.

Les terrasses

Sur toute la longueur du mur de contre-rive s'étagent un, deux ou trois niveaux de plantations.

Dans ces jardinières sont plantées, en séquences alternées, des arbres à port colonnaire (peupliers, cyprès...) et port en boule (*ligustrum ludidum*, *féjoa*...).

POURSUITE DU PROJET DE FABRON À SAINT-AUGUSTIN

Afin d'achever cet axe majeur du réseau de circulation niçois, il restera donc à construire la chaussée nord de Fabron jusqu'à Saint-Augustin. Les caractéristiques principales de ce projet sont les suivantes :

- ◆ longueur : 2 km environ ;
- ◆ largeur chaussée : 9,60 m (trois voies de circulation) ;
- ◆ deux bretelles de sortie (aux Bosquets et aux Eucalyptus) largeur 5 m ;
- ◆ une bretelle d'entrée à R. Féraud ;
- ◆ échangeur Grinda, comprenant une entrée et une sortie sur l'avenue ;
- ◆ liaison chaussée nord - chaussée sud vers l'Arénas (actuellement projetée par un tunnel sous la gare SNCF de Saint-Augustin).

La mise en service de cette section permettra la mise à sens unique ouest-est de la chaussée sud actuelle.

La séparation physique des flux de circulation supprimera totalement les chocs frontaux d'où, d'après de récentes statistiques, un gain de sécurité immédiatement quantifiable de l'ordre de deux tués, trois blessés graves et dix-huit blessés légers par an.

L'achèvement de cette infrastructure, pour laquelle un effort particulier d'intégration dans le site sera fait, permettra également le démontage du viaduc métallique de Magnan ainsi que le lancement d'actions de rattrapages sur la chaussée sud (enrobés drainant, écrans acoustiques...).

A ce jour, l'arrêté de déclaration d'utilité publique du 18 mai 1998 ayant été annulé par décision du tribunal administratif en date du 16 mars 2000, une nouvelle procédure a été relancée lors du conseil municipal du 27 avril 2001.

Le coût de ce tronçon est estimé à 440 millions de francs TTC (acquisitions et travaux) soit, en francs courants, environ 16,5 % des travaux déjà réalisés entre Saint-Augustin et le Paillon.



Finitions en cours
Finishing work

► La jardinière qui borde la chaussée est complantée d'arbustes à fleurs (*solanum rantonnettii*, *laurier rose*...) et couvre sol (*juniperus pfitzeriana*, *euriope*...).

Des plantes grimpantes sont palissées sur le mur. Les jardinières des niveaux deux et trois sont plantées, en alternance, de végétaux grimpants (*ampelopsis*, *bougainvillée*...) et retombants (*plumbago*). L'arrosage automatique programmé est réalisé pour ces trois niveaux par gouttes à gouttes.

Les talus

La reconstitution de la couverture végétale des talus est assurée par une plantation d'arbres rustiques possédant un bon enracinement tels que les pins d'Alep, les ailanthes et par la pose d'un *hydro-seeding* au sol.

ABSTRACT

Nice : Extension of the northern carriageway of the Autoroute Urbaine Sud (south urban motorway) between Magnan and Fabron

Cl. Cardelli, Ph. Martin

Newly named the Pierre Mathis expressway, the Autoroute Urbaine Sud, usually referred to as the "expressway," is a radial motorway providing service between town districts and linking Saint-Augustin to Le Paillon, following roughly the railway line.

Over 75 % completed, a new section was recently put into service between and Fabron on the north carriageway. With its length of 800 m, this portion is flanked on the south by the railway lines while, in the north, it cuts into the Barrimasson hill on which many buildings have been erected.

Various construction techniques were used for the retaining structures depending on land availability.

From the environmental standpoint, this facility was designed in the form of an urban boulevard with many green spaces.

Highly absorbent panels were used for noise abatement, together with a porous asphalt and the covering of back-side walls.

RESUMEN ESPAÑOL

Niza : Prolongación del pavimento norte de la Autopista Urbana Sur (A.U.S.) entre Magnan y Fabron

Cl. Cardelli, Ph. Martin

Recientemente denominada vía Pierre Mathis, la Autopista urbana sur, más conocida por la denominación de "vía rápida", constituye un eje de penetración y de servicio entre barrios que pone en comunicación Saint Augustin con Le Paillon siguiendo virtualmente el trazado de las vías férreas.

Se ha puesto en servicio una nueva sección entre Magnan y Fabron, en la sección norte, que se encuentra terminada en más de un 75 %,

De una longitud de 800 m, este tramo está circunscrito al sur por las vías férreas y entalla por el norte la colina de Barrimasson, en la cual se han

construido numerosos edificios.

Se han aplicado diversas técnicas de construcción de las estructuras de contención, según las disponibilidades de terrenos.

Desde el punto de vista de su entorno, esta vía se ha diseñado y ejecutado como un bulevar urbano, ornamentado con numerosas zonas verdes,

En el aspecto del ruido generado por el tráfico, se ha tenido en cuenta el empleo de un aglomerado drenante y el revestimiento de los muros de contra-orilla por medio de paneles sumamente absorbentes.

Pistes d'essais : Comment optimiser le projet ?

Construction des pistes route nationale, route moyenne montagne et fortes pentes sur le centre d'essai Renault à Aubevoye (Eure)

Dans un contexte de voisinage très difficile, il n'a pas été aisé à un grand industriel comme Renault de persuader une petite commune rurale que l'implantation d'une vaste infrastructure (11 km de pistes) dans sa cité n'aurait aucune incidence sur la qualité de vie des autochtones. Il a fallu également gérer au niveau de l'exécution cette cohabitation entre :

- ◆ une population à caractère agricole, peu habituée à un chantier d'une telle envergure ;
- ◆ un chantier important de terrassement et de chaussées.

Renault, aidé en cela par son maître d'œuvre Scetauroute, a parfaitement su gérer cette contrainte à laquelle sont venus s'ajouter :

- ◆ des contraintes de restriction économique, qui ont obligé le maître d'œuvre à bien étudier les variantes proposées par les entrepreneurs et de prévenir en amont les éventuelles dérives liées aux impondérables du chantier ;
- ◆ d'importantes contraintes climatiques, sur un terrain accidenté particulièrement sensible durant la période de terrassement et de traitement ;
- ◆ des contraintes sur le cahier des charges des futurs utilisateurs, sans cesse en évolution ou mal définies dans le cahier des charges initial (compléments nécessaires sur des aspects souvent très subjectifs tels que sensation et impression du conducteur...).

Aujourd'hui, ces pistes sont en exploitation et semblent satisfaire l'ensemble des acteurs puisque aucune plainte n'est remontée tant au niveau des utilisateurs que du voisinage.

Olivier Aknin
CHEF DU PROJET CTA III
Renault

■ PRÉSENTATION DU PROJET

Contexte

Depuis plusieurs années, la compétition acharnée entre constructeurs automobiles a eu notamment pour conséquence une réduction spectaculaire des phases d'études et de mise au point des véhicules, afin d'être toujours plus réactif face aux demandes du marché.

Pour développer toujours plus vite ses nouveaux produits et pour s'affranchir des contraintes posées par l'utilisation de la voirie publique, Renault a entrepris de se doter d'un vaste ensemble de pistes d'essais. Disposer de ses propres pistes permet en effet au constructeur :

- ◆ de réaliser ses essais ou ses validations à tout moment et donc de gagner en temps d'étude ;
- ◆ de rencontrer des conditions de sécurité opti-

males pour les essayeurs du fait de l'absence d'autre trafic ;

- ◆ de bénéficier de mesures fiables car les paramètres de l'ensemble des pistes sont parfaitement connus.

En outre, la réalisation des essais sur un site unique et privé permet d'améliorer la confidentialité des essais.

Le site choisi par Renault est une propriété située dans l'Eure à faible distance de la cité historique de Gaillon, sur la commune d'Aubevoye. Il s'agit d'un ancien château avec un parc entouré de murs d'enceinte.

Ce centre est baptisé Centre technique d'Aubevoye (CTA) et comprend actuellement 35 km de pistes réparties sur 600 ha dont une grande partie boisée.

A l'intérieur des murs d'enceinte, quelques pistes ont été construites dès le début des années 1980,

Benoît Masson



INGÉNIEUR
AU DÉPARTEMENT
CHAUSSÉES
ET ENTRETIEN ROUTIER
Scetauroute

Benoît Cluet

INGÉNIEUR AU DÉPARTEMENT
TRAVAUX
Scetauroute

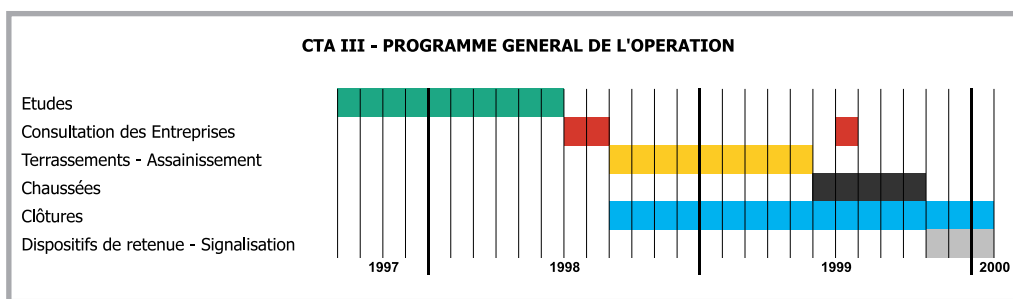


Figure 1
Programme de l'opération
Project schedule



Photo 1
Vue générale du site
General view of site

© Scetauroute/E. Benard



première phase CTA I, avec anneau de vitesse, piste de comportement, piste carrelage.

La seconde phase de développement des pistes commence au début des années 1990 avec la construction du CTA II à l'extérieur de l'enceinte du parc, comprenant :

- ◆ la piste synthèse confort;
- ◆ la voie rapide;
- ◆ les pistes d'excitation.

Déjà, Scetauroute était partie prenante en qualité de maître d'œuvre, dans la construction de ces pistes du CTA II.

La piste arrosée, légèrement à l'écart, a été construite en 1996.

La troisième phase de construction des pistes (CTA III), objet de cette présentation, démarre en 1997 et se termine au début de l'année 2000.

Le CTA III est constitué d'un ensemble de trois pistes :

- ◆ route nationale;
- ◆ route moyenne montagne;
- ◆ fortes pentes.

ainsi que d'un chemin de ronde et d'une voie de liaison avec le reste du centre d'Aubevoye.

Ces pistes sont destinées essentiellement à la validation des véhicules. Cela consiste en un ensemble d'"épreuves" sur véhicules de série, réalisées dans le but de reproduire à un rythme accéléré leur cycle de vie.

Les pistes du CTA III peuvent également servir aux essais sur véhicules utilitaires légers, aux essais de liaison sol-véhicule, aux essais acoustiques, thermiques...

Programme de l'opération

Le programme de l'opération est présenté sur la figure 1. Il a été défini au départ de l'étude et a été

respecté dans ces grandes lignes tout au long du projet.

Deux principes ont servi à son élaboration :

- ◆ mise en service début 2000;
- ◆ travaux sur deux saisons (de manière à éviter que les chaussées soient mises en œuvre en automne).

PHASE PROJET

Objectifs à atteindre

Les objectifs fixés par le maître d'ouvrage Renault sont de trois natures : financier, délais, et respect des engagements vis-à-vis des riverains. A ces objectifs relatifs à la conception même des pistes, on peut en ajouter un quatrième lié aux travaux : la qualité de réalisation et d'usage.

Financier

L'objectif était de réaliser des économies significatives par rapport au budget initial de 70 millions de francs. Pour ce faire, le projet était à optimiser techniquement et financièrement :

- ◆ recherche du juste nécessaire;
- ◆ recherche de techniques performantes et économiques;
- ◆ recherche d'astuces de conception.

Délais

Compte tenu d'un certain nombre de contraintes :

- ◆ arrivée sur le centre technique d'Aubevoye de personnel en provenance d'un autre centre technique (politique de réorganisation générale des centres d'essai),
- ◆ programme de développement d'un véhicule, il a été demandé de tenir le délai, à savoir une mise en service au plus tard début 2000.

Engagements

Le respect des emprises prévues et des mesures compensatoires définies avec la commune de Venables est un objectif impératif.

Cahier des charges

Le cahier des charges sur route nationale, route moyenne montagne et fortes pentes est défini comme suit.

Route nationale

- ◆ Vitesse de référence : 70 à 100 Km/h;
- ◆ longueur minimale : 4,6 km. Cette contrainte vient de la fréquentation prévisible de cette piste par les différents services concernés. La longueur est calculée en fonction d'une interdistance minimale entre véhicules, compatible avec la sécurité des utilisateurs;
- ◆ largeur : 7 m soit deux voies dans le même sens;

- ◆ trois à cinq types de revêtements différents ;
- ◆ profil en long : 80 % du linéaire avec une pente comprise entre - 2 % (pente) et + 2 % (rampe) ;
- ◆ rayon en plan minimal : 75 m ;
- ◆ deux refuges à créer : un pour quatre véhicules, un pour deux véhicules.

Route moyenne montagne

- ◆ Vitesse de référence : 50 à 70 km/h ;
- ◆ longueur minimale : 5,7 km. Cette distance a été calculée selon la même méthode que pour la route nationale ;
- ◆ largeur : 6 m, deux voies dans le même sens ;
- ◆ trois à cinq types de revêtements différents ;
- ◆ une surlargeur en virage pour implanter une zone de pavés ;
- ◆ une surlargeur de 200 m pour simuler des encombrements routiers ;
- ◆ deux refuges à créer : un pour quatre véhicules, un pour deux véhicules ;
- ◆ une zone avec trottoir pour en simuler le franchissement.

Fortes pentes

- ◆ Une zone avec un profil en long à 18 %, longueur 100 m dont une zone de transition de 50 m avec des pentes comprises entre 10 et 18 % ;
- ◆ une zone avec un profil en long à 12 %, longueur 100 m dont une zone de transition de 50 m avec des pentes comprises entre 0 et 12 % ;
- ◆ une zone avec un profil en long à 7 %, longueur 100 m dont 20 m avec des pentes comprises entre 0 et 7 % et 80 m avec des pentes comprises entre 6 et 7 %.

Accès

La voie d'accès au CTA III doit déboucher sur la piste "route nationale".

Méthode d'étude

Afin de répondre aux objectifs définis, Renault avait confié à Scetauroute le soin de mener une analyse de la valeur préalablement au démarrage des études du CTA III.

Cette méthode permet en effet de tendre vers le juste nécessaire (pour les utilisateurs finaux) quitte à adapter quelques points du cahier des charges en respectant les contraintes fixées.

L'étude a donc débuté par une séance d'analyse de la valeur avec tous les intervenants sur le projet et un consultant spécialisé. Divers projets réalisés entre 1990 et 1997 et non aboutis pour des raisons administratives, servaient de documents de base à cette réunion.

Au cours de cette séance et des deux suivantes sont apparues diverses idées et contraintes complémentaires :

- ◆ nécessité de réaliser un ouvrage d'art sur la piste route nationale pour équilibrer le nombre de vi-

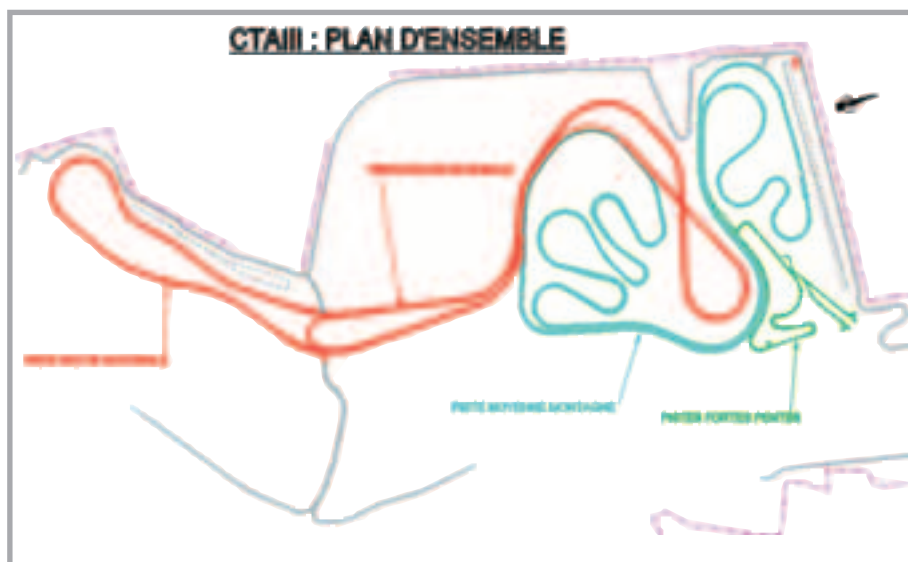


Figure 2
Plan d'ensemble
du centre technique
d'Aubevoye III

General layout of Aubevoye III
Technical Centre

- rages à gauche et à droite et ainsi la sollicitation des véhicules dans un sens ou dans l'autre ;
- ◆ optimisation de l'interdistance entre véhicules et donc de la longueur des pistes ;
- ◆ sécurité : prévoir des accès de secours avec le chemin de ronde judicieusement répartis ;
- ◆ profil en travers : passer de deux voies de circulation à une, réduire la largeur de 7 m prévue initialement, réduire l'accotement à gauche ;
- ◆ créer un tronçon commun aux deux pistes ;
- ◆ implanter les épingles à cheveux sur l'accès aux fortes pentes ;
- ◆ prévoir un tracé reproduisant bien les conditions de route nationale et moyenne montagne (virages, rampes, confort moyen)...

Résultats

A l'issue de l'analyse de la valeur, les études de détail du projet ont pu démarrer. Le principal défi a consisté à caler un tracé qui respecte au mieux les paramètres de tracé définis par Renault tout en intégrant des contraintes extérieures très fortes :

- ◆ un haut niveau de qualité environnementale fixé par Renault :
 - le strict respect d'un plan de reboisement du site établi plusieurs années auparavant et donc antérieur à toute esquisse du projet,
 - la mise en place de merlons de protection acoustique,
 - l'objectif de traiter toutes les eaux de ruissellement des pistes ;
 - ◆ une topographie du site très tourmentée par rapport aux paramètres de tracé recherché ;
 - ◆ la nécessité d'équilibrer le mouvement des terres (très peu de zones de dépôts disponibles et un recours à des matériaux d'emprunt très délicat compte tenu des objectifs de coût fixé).
- Cet objectif a été atteint grâce à :
- ◆ des caractéristiques géométriques parfois audacieuses : un rayon de 75 m déversé à 10 % de manière à respecter les objectifs de vitesse des utilisateurs ;
 - ◆ une occupation extrême de l'espace qui a conduit à une quasi-disparition du terrain naturel ;
 - ◆ un projet de terrassement extrêmement délicat compte tenu du caractère non linéaire du projet (photo 1) et de l'exiguïté du site.

Le plan d'ensemble du CTA III est présenté figure 2.

Photo 2
Contrôle
de la couche de forme
par carottage
Checking the subgrade
by core sampling



© Scetauroute

Photo 3
Rotrograde 6000
Rotrograde 6000



© A. Joly



PHASE TRAVAUX

Les travaux se sont déroulés normalement de septembre 1998 à début 2000.
 Trois points particuliers méritent d'être signalés :

- ◆ l'adaptation de la couche de forme ;
- ◆ le réglage de la couche de forme ;
- ◆ les atténuateurs de choc spécialement conçus pour les pistes.

Arase - Couche de forme - Chaussée

Le chantier de terrassement a débuté en octobre 1998, s'est déroulé durant tout l'hiver 1998-1999 et s'est achevé à la fin du printemps 1999. Cette période s'est caractérisée par une pluviométrie ex-

ceptionnelle engendrant un retard important du chantier de terrassement.

Afin de prévenir un dérapage du programme des travaux qui risquait de repousser les travaux de chaussée à l'automne 1999, Viafrance a proposé une variante pour le trio arase - couche de forme - chaussée.

Le marché prévoyait la structure suivante :

- ◆ arase : terrain naturel en place : limon, argile à silex ou craie ;
- ◆ couche de forme : grave non traitée 0/60 sur une épaisseur de 30 cm avec un objectif de portance PF 2 ;
- ◆ chaussée : GNT B 20 cm et couche de roulement constituée selon les zones de :
 - 5 cm de BB 0/10 + BBTM,
 - 6 cm de BB 0/10,
 - 6 cm de BB 0/10 + bicouche à différentes granulométries,
 - 7 cm BB 0/14.

Ces structures répondaient à la contrainte de mettre en œuvre plusieurs types de couches de roulement pour tester les véhicules dans différents cas.

La variante proposée par Viafrance était basée sur le traitement du terrain en place afin de constituer une couche de forme – objectif de portance inchangé (PF 2). L'assise proposée était constituée de grave bitume, les couches de roulement étant inchangées.

Afin de se garantir contre les remontées d'éventuelles fissures de la couche de forme à travers la structure bitumineuse, la solution variante retenue après analyse de Scetauroute et discussions avec Renault et Viafrance était :

- ◆ arase : terrain naturel en place : limon, argile à silex ou craie ;
- ◆ couche de forme : sol en place (limon, argile à silex ou craie) traité au liant hydraulique à un dosage de 4 % (photo 2) ;
- ◆ chaussée : GNT B 15 cm et couche de roulement constituée comme ci-dessus.

Cette solution présentait les avantages suivants :

- ◆ limitation des apports extérieurs de GNT 0/60 et GNT B par des accès étroits et sinueux ;
- ◆ limitation du roulage de semi-remorques sur une arase non améliorée avec les contraintes correspondantes de création, d'entretien et de démolition de pistes ;
- ◆ garantie sur la non-remontée des fissures.

Cette solution a permis de limiter au maximum le dérapage des travaux de terrassements dans le temps, y compris la couche de forme et ainsi libérer rapidement la plate-forme pour permettre la mise en œuvre des différentes couches de chaussée.

Au 30 juillet, la couche de forme était prête à recevoir les chaussées. La mise en œuvre de celles-ci s'est déroulée jusqu'au 31 octobre 1999 dans des conditions idéales et selon le délai prévu au marché.

Réglage de la couche de forme

En accompagnement de cette variante, Renault et Scetauroute ont demandé à Viafrance et son sous-traitant terrassement Sotruga, un certain nombre de garanties sur les moyens de traitement et sur le réglage de la couche de forme.

Pour satisfaire ces demandes, Sotruga a mobilisé sur le chantier un matériel peu commun pour des chantiers de cette taille dont le volume terrassé ne reflète en rien la difficulté de réalisation.

L'atelier de traitement était ainsi constitué d'un épandeur de liant et d'un malaxeur de sol Racco 550. Dans les zones d'argile à silex, ces deux engins étaient précédés d'une niveleuse équipée de dents afin d'éliminer les plus gros blocs de silex, gros destructeurs de dents de malaxage.

En réglage, Sotruga a mobilisé sur ce chantier un matériel tout nouveau avec un procédé inédit de réglage par GPS : le Rotograde 6000 (photo 3).

Un bref rappel sur la géométrie des pistes du CTA III permet de mieux appréhender la problématique du réglage propre à ce chantier.

Les pistes du CTA III (route nationale et route moyenne montagne) ont en effet un tracé particulièrement accidenté et sinueux, constitué d'une succession de virages plus ou moins relevés. Les alignements droits sont rares et toujours courts. Le dévers de la piste change donc constamment de valeur (de 2,5 % à droite à 7 % à gauche) et de sens avec toutes les variations correspondantes. Cette particularité constitue la principale et majeure difficulté du réglage de la couche de forme.

Dans ce contexte, le Rotograde a constitué un atout important pour le respect de la géométrie.

Cet engin a fait l'objet de déjà beaucoup d'articles de GTM dans des revues spécialisées. On en reprend ici les grandes lignes.

Le Rotograde 6000 utilise la technologie GPS déjà bien connue et largement répandue. Il est équipé de deux capteurs GPS positionnés de part et d'autre de l'outil de réglage. Ces capteurs transmettent en permanence la position de l'outil à un ordinateur embarqué. Ce ordinateur reçoit en simultané les informations d'un troisième capteur GPS fixe, placé à proximité et connu en X Y et Z.

L'information GPS brute ne permet pas d'obtenir la précision suffisante au réglage d'une couche de forme (+ 3/-3 cm au minimum) mais l'écart par rapport à la station de référence parfaitement connue en position permet d'arriver à cette précision.

L'information brute des capteurs GPS de l'outil de réglage est affectée de la correction issue du capteur fixe pour lequel on connaît l'erreur produite par le système GPS, le capteur étant parfaitement positionné.

La position de l'outil de réglage est comparée en permanence au projet rentré dans le ordinateur et ainsi ajustée. Ce système permet de s'affranchir des moyens habituels de réglage et de repérage :

◆ laser dont la précision en milieu tourmenté est insuffisante, sauf à multiplier les stations ce qui devient très lourd ;

◆ fils dont la mise en place, le réglage et le démontage sont très fastidieux.

Le travail y gagne en rapidité et en précision.

C'est ainsi que sur le chantier du CTA III la précision obtenue est meilleure que la tolérance - 2/+2 cm, résultat intéressant sur un tracé aussi tourmenté.

Atténuateurs de choc spéciaux

Le besoin de ces atténuateurs est issu d'une implication du service sécurité (au sens sécurité des utilisateurs) dans le processus de réalisation des pistes du CTA III.

Avant l'ouverture, ce service a été sollicité pour donner son avis sur l'aspect "sécurité" des pistes. Cette intervention a débouché sur une expertise sécurité que Scetauroute a confiée à Isis, filiale du groupe Egis spécialisée dans ce domaine.

La consultation du service Sécurité de Renault et de l'expert d'Isis ont débouché sur les actions suivantes :

◆ mise en place de glissières type GCO aux endroits les plus critiques du circuit (remblai de grande hauteur, courbe prononcée, vitesse potentiellement élevée des utilisateurs) ;

◆ mise en place de GBA sur des zones à criticité moins élevée ;

◆ adaptation de zones de demi-tour et mise en place d'atténuateurs spéciaux grande largeur dans la zone des fortes pentes.

Le besoin d'atténuateurs grande largeur s'est en effet fait sentir à ces endroits en raison de la situation particulière de ces pistes "fortes pentes". Ces pistes, de longueur relativement modeste (120 m environ), sont implantées en surplomb d'un dénivelé important (20 m environ) avec en contrebas un bassin de traitement des eaux. Elles sont utilisées pour les essais qui peuvent aboutir à la détérioration de certains organes du véhicule : freins, boîte de vitesse, embrayage. Il n'est donc pas exclu que le conducteur perde alors le contrôle au moins momentané de son véhicule. Un système de protection parfaitement performant a donc été conçu. Ce système devait en outre préserver au maximum le véhicule (qui peut être un prototype) et son conducteur.

Muni de ce cahier des charges, Somaro a conçu et proposé un atténuateur de choc de 5 m de largeur implanté en bas des pistes fortes pentes (photo 4). Il est inspiré des atténuateurs classiques à bidon.

Dans ce cas particulier, les bidons sont disposés par huit de front et sur cinq épaisseurs. En arrière de ce dispositif, on trouve un mur de retenue. L'ensemble est maintenu par un système de câbles tendus.



© Scetauroute/B. Masson

Photo 4
L'atténuateur de choc
The impact attenuator

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Renault :

- Service validation
- Service synthèse
- Service liaison sol
- Service IDVU (véhicules utilitaires)
- Service travaux
- Service achats
- Service maintenance

Maître d'œuvre

Scetauroute :

- Bureau d'études de Saint-Quentin-en-Yvelines
- Agence de Rouen (travaux)

Consultant analyse de la valeur

Anne Refabert

Entreprises

- Viafrance Normandie et Jean Lefebvre : assainissement - chaussées
- Sotruga : terrassements
- GTM : ouvrages d'art
- Siba : clôtures et portails
- Somaro : dispositifs de retenue
- La Signalisation Routière : signalisations horizontale et verticale



■ CONCLUSIONS

Les contraintes posées par Renault pour la construction des pistes du CTA III et les difficultés d'exécution liées aux conditions météorologiques ont nécessité de la part du maître d'œuvre Scetauroute une organisation et une approche des problèmes bien spécifiques. Elle a permis :

- ◆ de concilier l'ensemble des besoins des utilisateurs ;
- ◆ de respecter le budget malgré les difficultés liées à la nature du sol et aux conditions météorologiques ;
- ◆ de respecter le délai de mise en service ;
- ◆ de respecter les engagements pris avec les riverains et la qualité environnementale exigée par Renault.

En phase travaux, la réactivité et l'inventivité des entreprises ont permis de trouver des solutions techniques adaptées et de prévenir les risques de dérapage du planning.

A ce jour, les pistes du CTA III sont en service depuis un an environ à la satisfaction des utilisateurs et du service entretien.

ABSTRACT

Test tracks : how to optimise a project
Construction of tracks representing national highways, mountain roads and steep slopes at the Renault Test Centre in Aubevoye

B. Masson, B. Cluet

In order to better meet its vehicle engineering needs, in 1997 Renault undertook the third phase of the construction of the Aubevoye Technical Centre. Studies based on value analysis enabled this project to be optimised. During the works, adaptations required by weather conditions and the soil in place were made and allowed the facility to be opened on schedule. Some innovations relative to the particular context of test tracks were also achieved.

RESUMEN ESPAÑOL

Pistas de pruebas : ¿Cómo optimizar el proyecto?
Construcción de las pistas de carreteras nacionales, carreteras de montaña con pendientes medias y pendientes acusadas, en el Centro de pruebas Renault, de Aubevoye

B. Masson y B. Cluet

Con objeto de responder de mejor modo a las necesidades de estudio de los vehículos, Renault ha iniciado en 1997 la tercera etapa de la construcción del Centro Técnico de Aubevoye. Diversos estudios fundados en el análisis del valor han permitido optimizar este proyecto. En la fase de obras, las adaptaciones requeridas por las condiciones meteorológicas y el terreno in situ han permitido respetar el plazo de inauguración. También se han implementado algunas innovaciones relacionadas con el contexto particular de las pistas de pruebas.

Réalisation de l'étanchéité-couche de roulement du tablier orthotropique du pont Honoré-Mercier à Montréal

Marc Proteau
DIRECTEUR TECHNIQUE
DJL Montréal (filiale du pôle Routes de Vinci)

Benoît Pichette
INGÉNIEUR
DJL Montréal

La réalisation de l'étanchéité ainsi que la couche de roulement en enrobé bitumineux sur dalle orthotrope présente des contraintes très particulières. Les grandes déflexions engendrées par l'importante flexibilité des platelages métalliques très minces provoquent des efforts de traction dans la couche de roulement et demandent un excellent collage sur le tablier d'acier. Les procédés Orthoplast et Bétonplast ont été retenus par le ministère des Transports du Québec de façon à régler la problématique de la dalle orthotrope du pont Honoré-Mercier à Montréal.

Ces procédés spéciaux firent l'objet de la réalisation d'une planche d'essai en comparaison à la solution conventionnelle retenue par le MTQ pour les réfections antécédentes de cette dalle orthotrope.

Suite aux résultats satisfaisants de cette première section expérimentale le procédé Orthoplast fut appliqué pour la réfection complète de la dalle du pont. Ce procédé amène une solution confirmée pour ce genre de tablier, lequel a toujours présenté des problèmes fort complexes d'étanchéité et d'entretien.

INTRODUCTION

Outre le rôle habituel de toute couche de roulement, qui est d'assurer la sécurité et le confort de l'utilisateur, le revêtement de chaussée sur dalle orthotrope doit pouvoir résister aux sollicitations engendrées par :

- ◆ les efforts mécaniques, c'est-à-dire les charges d'exploitation qui produisent des efforts verticaux et tangentiels ;
- ◆ les conditions climatiques, c'est-à-dire l'eau, le soleil et les variations de température, ces derniers étant notamment susceptibles d'introduire des gradients thermiques importants entre le revêtement et le support métallique ;
- ◆ les agents chimiques, c'est-à-dire les sels de déglacage ainsi que les huiles laissées par le passage des véhicules.

De plus, dans le but d'assurer un collage optimal, la réalisation des différents types de revêtements doit être obligatoirement effectuée sur un support parfaitement propre (nettoyage au jet de sable soigné) et suffisamment rugueux.

Les revêtements sur dalle orthotrope peuvent être classés selon les trois familles suivantes [1] :

- ◆ les revêtements épais, dont l'épaisseur est égale ou supérieure à 6 cm, sont composés d'un vernis de protection, d'une couche d'étanchéité constituée d'un mastic ou d'un liant polymère ayant de bonnes propriétés élastiques, et d'une couche

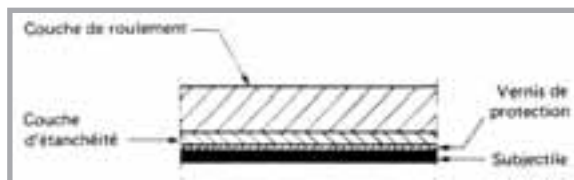


Figure 1
Revêtement épais
Thick surfacing

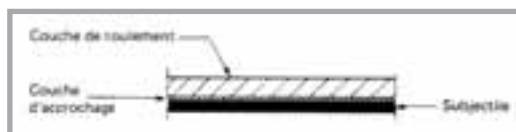


Figure 2
Revêtement mince
Thin surfacing

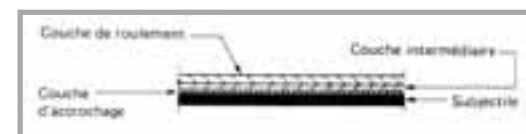


Figure 3
Revêtement ultra-mince
Ultra-thin surfacing

de roulement au liant bitumineux polymère permettant de mieux répartir les charges (figure 1) ;

- ◆ les revêtements minces, dont l'épaisseur se situe entre 1 cm et 2,5 cm, sont composés d'une couche d'accrochage au liant pur ou légèrement additivé avec des fines minérales formant également la couche d'étanchéité, et d'une couche de roulement relativement mince constituée d'un mortier ou d'un micro-béton dont le liant est, par exemple, un brai ou un bitume modifié aux résines (figure 2) ;
- ◆ les revêtement ultra-minces, dont l'épaisseur est inférieure à 1 cm, sont composés d'une couche ou d'accrochage au liant pur ou légèrement additivé avec des fines minérales formant également la couche d'étanchéité sur laquelle est appliquée une ou plusieurs couches de liant gravillonné ou des enrobés coulés à froid (figure 3).

Il est à noter que la faible épaisseur de ces deux

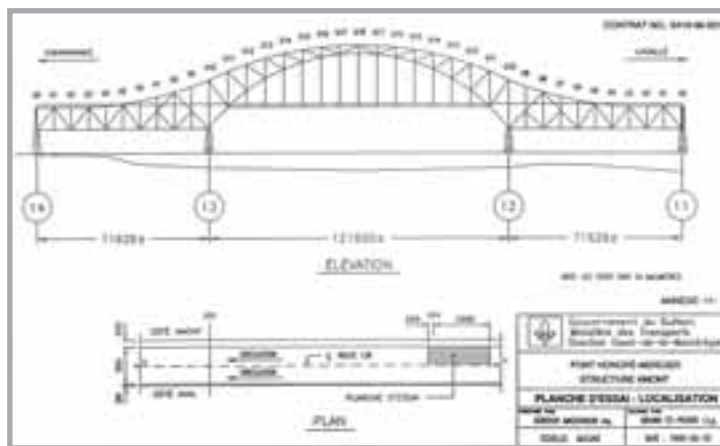


Photo 1
Viaduc de Martigues
Martigues viaduct



Photo 2
Viaduc de Caronte sur l'autoroute A55
Caronte viaduct on the A55 motorway

Photo 3
Localisation
de la planche d'essai
*Location
of test section*



Mise en œuvre

Dans un premier temps, l'acier du tablier, les relevés des chasse-roues ainsi que tous les autres points singuliers sont nettoyés avec un jet de sable

ou par grenailage, jusqu'à l'obtention d'un nettoyage dit soigné. Aussitôt cette opération terminée, un vernis bitumineux polymère vient préparer les diverses surfaces et protéger l'acier contre la rouille superficielle. De par sa teneur en polymère, ce vernis bitumineux assure également le collage parfait du système sur l'acier.

PROCÉDÉ ORTHOPLAST/BÉTONPLAST

Utilisé en France depuis près de 30 ans, le procédé Orthoplast/Bétonplast est un système d'étanchéité multicouche pour les platelages de ponts à dalle orthotrope fortement sollicitée par le trafic. Posé avec des équipements mécaniques modernes à haut rendement, ce système s'avère une solution de choix pour la réalisation d'ouvrages importants et présente une tenue remarquable à la fatigue par flexion inverse spécifiquement générée par le comportement mécanique des dalles orthotropes [2] (photo 1).

Sommairement, ce procédé comporte une membrane au bitume polymère Evatech LD assurant l'étanchéité et un enrobé à chaud Bétonplast formant la couche de roulement.

En plus de l'étanchéité, la membrane joue donc un double rôle. En effet, de par sa nature élastique, cette membrane constitue une zone tampon où la transmission des contraintes à l'enrobé est considérablement réduite. De plus, lors de la pose du Bétonplast, une certaine quantité de membrane percole au travers de l'ardoisine dans les premiers millimètres à la base de l'enrobé, assurant ainsi un collage parfait du système au support métallique.

Afin d'assurer l'étanchéité de l'ouvrage, une membrane d'Evatech LD est appliquée avec une répanduse thermofluide assistée par ordinateur. L'application de cette membrane, dont la température avoisine les 200 °C, se fait à un taux de pose de 3 kg/m². Un gravillonnage de la membrane encore tiède avec des paillettes d'ardoisine est réalisé dans le but de la protéger contre la circulation du chantier et former un écran limitant sa percolation dans l'enrobé de la couche de roulement (photo 2).

La mise en place d'une couche de roulement semi-grenue Bétonplast vient terminer le procédé. Cet enrobé, qui est posé en une couche de 6 cm, est composé de granulats de première qualité et d'un bitume fortement dosé en polymère afin de résister aux sollicitations lourdes et canalisées ainsi qu'aux contraintes rencontrées sur les supports déformables.

EXÉCUTION DES TRAVAUX DU PONT MERCIER

Appel d'offres

Au mois de mars 1999, le ministère des Transports du Québec lança, par appel d'offres, la réfection de la dalle orthotrope du pont Honoré-Mercier. L'état de l'enrobé de surface présentait une dégradation importante due principalement au manque d'accrochage sur le tablier en acier.

Lors de ces travaux, la surface de la dalle (2100 m²) devait donc être dépouillée de son enrobé de roulement avant d'être décapée avec un jet de sable, jusqu'à l'obtention d'une qualité de nettoyage de catégorie soignée. Par la suite, la dalle a été recouverte d'un enrobé de type EB-20 avec bitume PG58-28, à l'exception d'une planche d'essai d'une superficie de 100 m² où le procédé Orthoplast/Bétonplast devait être réalisé de la manière suivante :

- ◆ application d'un vernis bitumineux au taux de 400 g/m² environ ;
- ◆ pose mécanisée d'une membrane d'Evatech LD au taux de 3 kg/m² ;
- ◆ pose d'une couche de protection à l'ardoisine au taux de 3 kg/m² ;
- ◆ pose d'un enrobé Bétonplast 0/10 mm au taux de 140 kg/m².

Comme l'illustre dans la photo 3, la planche d'essai occupait la voie lente (4 m x 25 m) près de la membrure U14. La principale difficulté de la posi-

tion de cette planche d'essai était le manque d'appui latéral qui, conjugué avec le tablier en acier, faisait en sorte de compliquer la mise en place de l'enrobé.

Planche d'essai

Réalisés par une journée ensoleillée avec une température de l'ordre de 25 °C, les travaux relatifs à la planche d'essai ont débuté à 8h pour se terminer vers 18h, conformément aux spécifications du procédé. Observées également au cours de précédentes expérimentations, des pertes de temps ont été enregistrées à cause de la nouveauté du système ainsi que des problèmes organisationnels liés à la surface réduite des travaux.

Un nettoyage soigné au jet de sable a d'abord été effectué sur la surface d'acier de la planche d'essai (photo 4). Ensuite, un vernis bitumineux a été appliqué au taux de pose prévu après nettoyage de la section au jet d'air sous pression et avant que la rouille superficielle ne se propage. Toutefois, il n'a pas été possible d'imperméabiliser les chasses-routes compte tenu de leur détérioration importante (photo 5).

Après un temps de cure du vernis bitumineux d'environ 1 h 30, la membrane d'Evatech LD a été appliquée avec une répandeuse thermofluide au taux de 3 kg/m².

L'utilisation de ce type de machine était impérative car – pour obtenir la viscosité adéquate –, la température de répandage devait avoisiner les 200 °C (photo 6).

Alors que la membrane était encore tiède, une couche de protection de 3 kg/m² de paillettes d'ardoise, suivie du passage d'un rouleau pneumatique, compléta l'imperméabilisation du tablier (photo 7).

Finalement, la pose de 60 mm d'enrobé bitumineux Bétonplast est venue conclure la réalisation de la planche d'essai (photo 8).

Comportement des enrobés après deux semaines

Très vite l'intervention conventionnelle s'est détériorée au point que la sécurité des usagers était devenue une préoccupation urgente pour le personnel du MTQ. L'enrobé de type EB-20 avec bitume PG 58-28 présentait d'importantes déchirures pouvant atteindre 200 mm et un fluage latéral qui provoquait des bourrelets de 100 mm de hauteur (photos 9 et 10).

La cause principale de ce problème résidait dans le manque de collage des enrobés au support ainsi que dans le fluage excessif de ce même enrobé. En effet, aucune couche d'accrochage n'avait été posée sur le tablier avant la mise en place du mélange bitumineux.

De plus, le bitume employé dans ce dernier n'était pas modifié avec des polymères; ce détail aurait



Photo 4
Nettoyage au jet de sable
Sand-blast cleaning



Photo 5
Application du vernis bitumineux
Application of bituminous varnish



Photo 6
Application de la membrane Evatech LD
Application of Evatech LD membrane



Photo 7
Application de la couche de protection à l'ardoisine
Application of synthetic slate protection layer



Photo 8
Mise en place de l'enrobé Bétonplast
Placing of Bétonplast mix



Photo 9
Déchirement de l'enrobé conventionnel après deux semaines
Tearing of conventional mix after two weeks

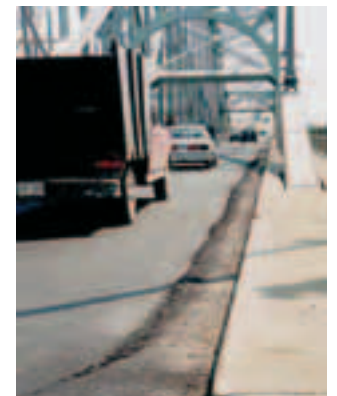


Photo 10
Fluage de l'enrobé conventionnel après deux semaines
Creep of conventional mix after two weeks

Photo 11
Comportement du système
Orthoplast/Bétonplast

*Behaviour
of Orthoplast/Bétonplast
system*



Photo 12
Aperçu du tablier
après la pose de la membrane

*View of deck
after the placing
of the membrane*



pu améliorer sensiblement la tenue de ce mélange face au trafic lourd important.

Pour ce qui est de la planche d'essai du système Orthoplast/Bétonplast, cette dernière se comporta de façon impeccable malgré les températures élevées rencontrées lors des premières semaines d'utilisation. La photo 11 témoigne bien de la différence de comportement entre les deux techniques.

Remplacement de la section conventionnelle par le procédé Orthoplast/Bétonplast

Moins de trois semaines après l'exécution des travaux le MTQ donna à Construction DJL inc., le mandat d'appliquer le procédé Orthoplast/Bétonplast sur la section de 2000 m² exécutée de façon conventionnelle.

Le 12 juin, soit seulement une semaine après l'appel du MTQ, l'enrobé détérioré fut enlevé et remplacé par le procédé Orthoplast/Bétonplast, selon les prescriptions mentionnées précédemment. Les travaux qui débutèrent vers 7 h ont été quelque peu ralentis en milieu de journée car la température qui avoisinait les 35 °C empêchait le refroidissement de la membrane. Plus de deux heures après l'application de cette dernière, il était toujours im-

possible d'appliquer la couche de protection car la température de la membrane oscillait toujours autour de 50 °C. Il fallut attendre le coucher du soleil pour être en mesure de protéger la membrane avec l'ardoisine. Devant ce problème, il a été décidé de réaliser la mise en place du Bétonplast le dimanche matin afin de bénéficier de la température fraîche du début de journée.

Le dimanche 13 juin, les travaux débutèrent à 7 h 30 pour se terminer vers 13 h 30. Comme le soleil était encore au rendez-vous, avec une température aussi élevée que la veille, il a fallu arroser le Bétonplast à plusieurs reprises, avant de rétablir la circulation vers 18 h 00, à la satisfaction du MTQ et des usagers (photo 12).

Comportement du procédé Orthoplast/Bétonplast après 10 mois

Après plusieurs visites, au cours des derniers mois, aucune dégradation ne s'est manifestée dans le système Orthoplast/Bétonplast, même après 10 mois de circulation intensive. Le comportement du système Orthoplast/Bétonplast sur la dalle orthotrope du pont Honoré-Mercier confirme donc, jusqu'à maintenant, l'approche préconisée par Construction DJL inc. en cette matière. Ce projet a donc de quoi réjouir le MTQ car pour la première fois au Québec, un enrobé semble bien se tenir sur ce type de tablier.

CONCLUSIONS

De par son association avec l'Entreprise Jean Lefebvre de France, Construction DJL inc. a eu l'opportunité, avec le projet du pont Honoré-Mercier, d'effectuer le transfert technologique du procédé Orthoplast/Bétonplast utilisé depuis près de 30 ans en Europe. Ce procédé, qui utilise des matériaux à base de liants bitumineux fortement modifiés avec des copolymères, est maintenant adapté aux conditions climatiques sévères, comme celles que l'on rencontre au Québec.

Jusqu'à maintenant, le comportement plus que satisfaisant de ce procédé, par rapport aux revêtements généralement utilisés sur ce pont, permet d'entrevoir une nouvelle solution pour régler les problèmes rencontrés sur les dalles orthotropes du Québec. En effet, avant la pose du système Orthoplast/Bétonplast, en juin dernier, aucun revêtement n'avait pu survivre à plus de cinq années d'utilisation intensive sans qu'il n'ait été fortement déformé ou arraché.

Le procédé Orthoplast/Bétonplast est donc une alternative technico-économique disponible à toute organisation et permet de régler, à long terme, les problèmes généralement observés sur les tabliers à dalle orthotrope.

■ BIBLIOGRAPHIE

[1] Méhue, "Platelage métalliques et revêtements de chaussées", *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées* n° 111, Janvier - Février 1981, pp. 19-28.

[2] Hameau, Puch, Ajour, "Comportement à la fatigue en flexion sous moment négatif", *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées* n° 111, Janvier - Février 1981, pp. 29-38.

ABSTRACT

Waterproofing and surfacing of the light gauge decking of the Honoré-Mercier Bridge (Montréal)

M. Proteau, B. Pichette

Waterproofing and asphalt surfacing operations on an "orthotropic" (light-gauge) deck involve special constraints. The great deflections generated by the flexibility of the very thin steel plates create tensile forces in the wearing course and call for excellent bonding on the steel deck. The Orthoplast and Bétonplast techniques were used by the Quebec Transport Ministry in order to solve the problem of the light gauge deck of the Honoré-Mercier Bridge in Montreal.

These special techniques involved the use of a test section for comparison with the conventional solution adopted by the Transport Ministry in earlier works on this deck.

Because of the satisfactory results of this first experimental section, the Orthoplast process was applied for the complete reconstruction of the bridge deck. This process provides an acknowledged solution for this type of deck, which always exhibited very complex waterproofing and maintenance problems.

RESUMEN ESPAÑOL

Ejecución de la impermeabilización/capa de rodadura del tablero ortotrópico del puente Honoré Mercier (Montreal)

M. Proteau y P. Pichette

La ejecución de la impermeabilización, así como la capa de rodadura mediante aglomerado bituminoso sobre placa ortotrópica presenta imperativos sumamente específicos. Las grandes deflexiones generadas por la importante flexibilidad de los entablados metálicos sumamente finos provocan esfuerzos de tracción en la capa de rodadura y requieren una excelente adherencia sobre el tablero de acero. Los procedimientos Orthoplast y Bétonplast han sido adoptados por el Ministerio de Transportes de Quebec, con objeto de solucionar la problemática de la placa ortotrópica del puente Honoré-Mercier, de Montreal.

Estos procedimientos especiales han dado lugar a la ejecución de una sección de ensayo en comparación con la solución convencional adoptada por el Ministerio de Transportes de Quebec para las refecciones precedentes de esta placa ortotrópica.

A raíz de los resultados satisfactorios de esta primera sección experimental, fue aplicado el procedimiento Orthoplast para la refección completa de la placa del puente. Este procedimiento conduce a una solución confirmada para este género de tablero, que ha venido presentando desde siempre problemas sumamente complejos de impermeabilización y de mantenimiento.

Matériels et matériaux



RECHARGEMENT DES ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ PAR COFFRAGE GLISSANT

Introduction, état des lieux

Le réseau autoroutier et routier national étant arrivé à une certaine maturité ces dernières années, on enregistre une nette volonté des donneurs d'ordres (Etat et sociétés d'autoroutes) de pérenniser le patrimoine existant, de l'entretenir et de l'adapter aux nouveaux comportements des automobilistes (priorité aux voies rapides, forte augmentation du trafic). On voit donc se succéder les appels d'offres de déviations, de mise à 2 x 2 ou 2 x 3 voies et d'entretien du patrimoine routier existant.

Les entrepreneurs de travaux publics, et les équipementiers de la route en particulier, doivent s'adapter à ces nouveaux marchés en ayant l'objectif de gêner le moins possible les usagers de la route (l'entretien des voies est réalisé de nuit le plus souvent par application d'un tapis d'enrobés supplémentaire). Les cadences d'avancement des chantiers

"périphériques" (équipements de sécurité, balisage, signalisation) doivent donc suivre et même devancer les ateliers routiers. La technique du coffrage glissant est donc particulièrement appropriée. Arbex souhaite donc valoriser son savoir-faire "d'extrudeur" en mettant en avant une technique qui consiste à remettre aux normes des équipements de sécurité béton par coffrage glissant.

Le rehaussement de séparateur béton

Le système de rechargement en place, déjà présenté dans la circulaire n° 88-49 du 9 mai 1988 (fascicule 3), a été repensé pour permettre de suivre le rythme imposé par nos cotraitants. Le principe repose sur une préparation soignée avec une mise à disposition de moyens humains et matériels importants. Le travail est organisé en trois postes : méthodologie, fournitures, moyens de mise en œuvre.

Méthodologie

◆ Préparation du support :

Nettoyage de la GBA existante par dénudage haute pression, puis élimination de tous les résidus par nettoyage à l'eau courante (lavage et dégraissage par l'emploi d'une pompe très haute pression de 40 à 60 MPa). Balayage et aspiration des débris déposés sur la chaussées.

◆ Pose des dispositifs de liaison :

- liaison béton frais sur mur existant assurée par la mise en place d'un treillis soudé R80C (maille 200 x 200 - D 4.5 mm). Ce dernier est fixé sur le mur existant par des équerres ancrées dans la glissière existante tous les 2 m,
- l'écartement par rapport au support (5 cm) est assuré par des cales,
- l'adhérence sur le mur existant peut être améliorée par la pulvérisation d'une solution résineuse à base de latex à l'avancement du coulage juste au devant du moule ;

◆ Coulage du béton :

- le coulage de la rehausse par coffrage glissant est réalisé avec un moule ouvert et en coulage à gauche pour rester dans le sens de la circulation et donc ne pas gêner le passage des usagers sur la voie lente. Pour soutenir la pression du béton, la machine doit être de forte puissance (type Miller 8800 ou Wirtgen SP500) ;
- la machine est guidée en direction et en altimétrie par un système de palpeur réglé sur un fil de référence (un nombre suffisant de pivibrateurs (4

pour la route

à 6) est fixé sur le moule afin de garantir le serrage et la mise en place de béton).

Fournitures

◆ Béton :

Pour simplifier l'exécution (calage formule et disponibilité du matériel) on a recours à une centrale BPE locale qui est à la disposition exclusive du chantier (cadences de l'ordre de 100 à 150 m³ par nuit). Les contrôles de béton sont assurés par le laboratoire du fournisseur sous contrôle du responsable de chantier. Les caractéristiques du béton utilisé seront les suivantes : BCS dosé à 330 kg de CPJ CEM II/B 32.5 R (+ plastifiant + entraîneur d'air) :

- sable 0/2,5 mixte : 850 kg,
- gravillons 4/10 roulés : 350 kg,
- gravillons 10/20 roulés : 700 kg,
- ciment CPJ CEM II 32.5 R : 330 kg,
- plastifiant HP (Sika) : 0,30 %,
- entraîneur d'air AER (Sika) : 0,03 %,
- eau : 130 litres.

Résistance à la compression à 28 jours f_c 28 > 28 MPa, teneur en air occlus entre 3 et 6 %.

La tolérance de plasticité sera de +/- 1 cm au cône d'Abrams par rapport à la valeur arrêtée lors du premier coulage.

Contrôles

- 1 contrôle de plasticité par malaxeur en centrale,
- 2 contrôles d'air occlus par journée de coulage,
- 3 éprouvettes pour essai de compression à 7 jours par journée de coulage,
- 3 éprouvettes pour essai de compression à 28 jours par journée de coulage.

Moyens de mise en œuvre

Ces travaux nécessitent la présence de 10 à 15 personnes suivant les différentes phases.

Conclusion

Si les moyens et procédures décrits ci dessus sont appliqués, un atelier de coffrage glissant peut réaliser entre 500 et 800 ml de rehausse par nuit pour un coût voisin de celui de la réalisation d'une glissière béton classique. Les chiffres parlent d'eux-mêmes (sur une base de 1500 ml à rehausser) :

- solution 1 : démolition/reconstruction : 54,00 à 61,00 €/ml;
- solution 2 : Coulage d'un rechargement en place : 38,00 à 46,00 €/ml.

L'expérience montre que cette technique, en plus



de l'économie directe réalisée par le maître d'œuvre, permet d'éviter de mettre en décharge des produits de démolition et de conserver un dispositif de sécurité en place pendant toute la durée du chantier. La technique de rehausse en place de séparateur béton existants est donc une priorité pour Arbex. Le procédé est appelé à connaître une forte évolution ces prochaines années.

Quelques réalisations récentes

- Rocade de Toulouse : 1900 ml (1997);
- A13 - Orgeval : 3000 ml (1998);
- A6 - District de Pouilly : 1600 ml (novembre 2000);
- A4 - Noisy le Grand : 2 x 13 000 ml (juillet/août 2000 et avril/mai 2001).

→ Contact : Frédéric Lozano - Arbex

Tél. : + 33 (0) 4 90 18 70 00

e-mail : lozano.arbex@generale-routiere.com

► ■ **MURS DE SOUTÈNEMENT
À PAREMENT VÉGÉTALISÉ**

**RN20 Foix MS3 – MS5
Géocomposite de renforcement
associé aux géosynthétiques
de végétalisation**

Le chantier en quelques mots

Le tracé de la déviation de Foix par la RN20 emprunte des zones de remblai dans des sols rocheux instables. La DDE de l'Ariège a retenu comme pour des précédents ouvrages la solution de murs renforcés par géotextile.

La particularité de ces murs est leur intégration dans un environnement forestier : le parement est donc voulu végétalisé.

Le renforcement est assuré par des géocomposites de renforcement Bidim, Rock PEC. Les nappes sont horizontales, sans retour au parement.

Environ 25 cm de terre végétale est placée au parement.

Le parement végétalisé est obtenu en maintenant la terre végétale par un géofilet Bidim, FC 025. Celui-ci est composé d'une maille PEHD traitée anti-UV et d'un réseau de fibres naturelles. Ces fibres évitent l'érosion de la terre végétale avant la prise de la végétalisation. Ce géofilet enveloppe la terre au parement et est ancré dans le remblai.

La végétalisation est ensuite réalisée par une entreprise paysagiste spécialisée, par ensemencement au canon.

Le géofilet Bidim, FC 025 a été choisi pour sa structure relativement fermée afin de prévenir tout risque d'érosion de la terre végétale lors d'orage.

→ Contact : Patrick Garcin - **Bidim Géosynthetics**

Tél. : + 33 (0) 1 34 23 53 96

Fax : + 33 (0) 34 23 53 64

e-mail : patrick.garcin@bidim.com

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

Date du chantier : 1999 - 2000

Maître d'ouvrage : DDE de l'Ariège

Maître d'œuvre : DDE de l'Ariège

Calcul : LRPC Toulouse

Entreprises : Valérian agence Centre Sud

Paysagiste : SATAR

Géométrie MS3

- Hauteur totale : 12 m
- Hauteur renforcée : 8 m

Géométrie MS5

- Hauteur totale : 16 m
- Hauteur renforcée : 12 m

Caractéristiques communes

- Parement incliné à 70°
- Surface totale de géotextile de renforcement environ 50 000 m²
- Talus : 1v/2h

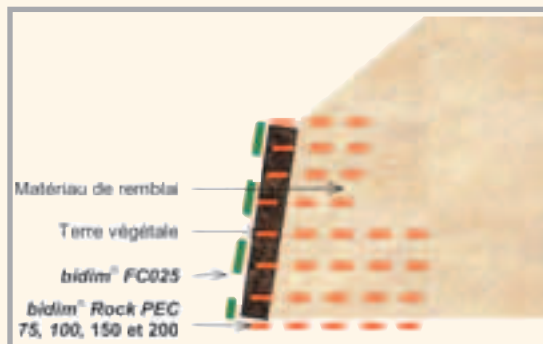
Dispositif de mur renforcé à parement végétalisé

- Gamme certifiée de géotextile de renforcement composite Bidim Rock, PEC 75 à 200.

- Résistance ultime à la traction dans le sens production 95 à 230 kN/m
- Géotextile non tissé associé à des câbles de renforcement en polyester haute ténacité

- Géofilet composite de retenue de terre végétale Bidim, FC 025

- Maille carrée en PEHD teintée vert
- Fermeture de la structure avec fibres naturelles biodégradables



■ **LE VARIO DE BOMAG -
NOUVEAUX DÉVELOPPEMENTS
DANS LA TECHNIQUE
DU COMPACTAGE**

Avec le lancement sur le marché en janvier 1996 du rouleau tandem de 8 t BW 151 AD Variomatic, Bomag a réalisé une avance technologique en terme de compactage. Ce matériel, selon la densité du matériau, se charge de trouver l'amplitude nécessaire pour obtenir l'effet de compactage optimal en fonction des conditions locales.

Le rendement de compactage du rouleau Variomatic de 8 t est similaire à celui d'un engin traditionnel d'environ 10 t.

La tendance au décalage est minime. Le compactage est plus régulier. La surface obtenue est très plane et présente une meilleure rugosité. L'utilisation est très simple.

Oscillations dirigées

Après d'amples études comparatives durant la phase de développement du Variomatic, l'oscillation dirigée a été choisie comme excitateur étant donné qu'elle est en mesure de réaliser un rendement de compactage et un effet en profondeur plus élevés qu'un excitateur circulaire.

Réglage automatique de l'oscillation dirigée

Le réglage automatique du rendement de compactage du Variomatic a de nombreux avantages pour les applications quotidiennes.

Possibilité de compacter des couches minces sur une base dure (par ex. du béton) grâce à l'adaptation rapide de l'amplitude efficace. Les rouleaux à excitateur circulaire seraient obligés de réduire les amplitudes à tel point que le compactage serait similaire à une passe en statique avec logiquement

moins de rendement (cas extrême du rouleau statique à réglage électronique). Possibilité de compacter des couches minces sur une base meuble sans les foisonnements causés par la détente et sans post-compactage de la couche profonde.

Les petites amplitudes efficaces ou la vibration purement horizontale réduisent nettement les contraintes alentour causées par les ondes de vibration. Ainsi, les rouleaux à oscillations dirigées et régulées peuvent être utilisés dans les zones sensibles, telles que les ponts où ils obtiennent de très bons résultats.

Si la direction d'oscillation est adaptée au sens de marche, le système génère une excellente planéité de surface avec une tendance au décalage et à la fissuration nettement réduite.

Fréquence de vibration

Dès les années 1980, Bomag a entrepris les premiers essais de compactage avec des rouleaux à régulation de la fréquence de vibration en fonction de la résonance du sol. Cette fréquence de résonance est nettement inférieure aux fréquences utilisées de nos jours.

Pour le compactage de l'asphalte, les fréquences plus élevées s'avèrent toujours plus avantageuses car le problème de formation d'ondulations ne se pose pas lors des passes plus rapides.

Le compactage de couches d'asphalte sur des bases meubles avec résonance comporte des risques de fissuration et de foisonnement étant donné que les amplitudes efficaces sur les couches profondes deviennent trop grandes sur les enrobés.

Amplitude

En principe, une augmentation de l'amplitude entraîne toujours une augmentation du rendement de compactage et de l'effet en profondeur. Sur les rouleaux traditionnels, l'opérateur limite volontairement les amplitudes afin de minimiser les risques. Les rouleaux autorégulés permettent l'exploitation d'un potentiel plus élevé grâce à un algorithme qui surveille l'amplitude maximale requise pour l'adapter au niveau de compactage du matériau.

Résultat : accroissement élevé du compactage dès les premières passes et donc un nombre de passes réduit.

Rendement de compactage

A partir de travaux de recherches très étendus, Bomag a développé des programmes de calcul destinés à l'optimisation du comportement des rouleaux vibrants ainsi que du rendement de compactage. Ces programmes, utilisables au choix pour excitateurs circulaires ou oscillations dirigées, ont servi à calculer les rendements de compactage des différents rouleaux tandems Bomag.

De toute évidence, le rendement élevé est fondé sur la combinaison d'une grande amplitude et d'une haute fréquence de vibration. Pour la fréquence de



Schéma de fonctionnement du Variomatic 2 Bomag



Compacteurs Bomag

vibration choisie, environ 50 Hz, l'amplitude a une valeur quasiment double de celle d'un rouleau tandem traditionnel.

Qualité de la surface sur l'asphalte

Non seulement les rouleaux tandems Variomatic compactent mieux, ils produisent également une meilleure qualité de surface. Une étude approfondie du CETE de Rouen a donné les meilleures notes au système Variomatic. Résultat : avec la même densité, un rouleau de 8 t équipé du système Variomatic réalise une rugosité jusqu'à 16 % supérieure à celle obtenue par un rouleau de 2 t plus lourd. Comparé au compactage mixte, c'est-à-dire rouleau à pneumatiques + rouleau tandem, la rugosité obtenue avec le Variomatic est même améliorée de 24 %. La planéité obtenue par rapport au compactage mixte est équivalente.

→ Contact : Murielle Bataille - Bomag

Fax : + 33 (0) 1 69 88 39 14

e-mail : bataille@bomag.fr



LES PNEUMATIQUES BRIDGESTONE EN GÉNIE CIVIL

Dans le domaine du génie civil, Bridgestone représente 40 % du marché mondial, 35 % du marché européen et plus de 10 % du marché français. Dans le respect des normes internationales établies par la TRA (*Tire & Rim Association*) pour les marchés américains et par l'ETRTO (*European Tire & Rim Technical Organisation*) pour les marchés européens, le développement de chaque pneu de la gamme génie civil Bridgestone dispose à ce jour d'une gamme complète faite en fonction de l'application et du type de terrain qu'il s'agisse de véhicules de transport, de chargeuses, de bulldozers, de pelles chargeuses, de niveleuses, de véhicules industriels de manutention, de compacteurs. En 2000, trois nouveaux profils ont fait leur apparition dans la gamme :

- ◆ le VTS (*V-steel Traction and Stability*), série 65, pour les chargeuses ;
 - ◆ le VSDT (*V-steel Super Deep Traction*), pour les chargeuses et niveleuses ;
 - ◆ et le VCHS, (*V-steel Container Handler Safety and Stability*), pour les cavaliers ou porte-conteneurs.
- Bridgestone produit et commercialise également le plus gros pneumatique radial génie civil du monde, le V-Steel E-Lug S, en 55/80R63, destiné à l'équipement des tombereaux portant des charges de 360 t. D'un diamètre de 3,91 m, d'une largeur de 1,38 m, d'une masse de 4,7 t, le V-Steel E-Lug S, offre une charge maximale par pneu de 94,5 t.

VTS - Une série 65 pour chargeuses

Le VTS série 65 - 650/65 R 25 et 775/65 R 29 - a été développé pour les constructeurs de chargeuses. Après plusieurs tests exécutés en différente utilisation, le VTS a confirmé sa bonne stabilité dans toutes les configurations de travail ; de plus grâce à un profil spécifique unidirectionnel et aux petits "éjecteurs" de pierre placés au fond des saignées centrales, le véhicule bénéficie d'une trac-

tion optimale et de qualités d'auto-nettoyage importantes.

La technologie du CTDM (Computer Tire Design Method) a été appliquée pour les épaulements et les sculptures. Ainsi l'harmonie entre la bande de roulement et les épaules favorise le confort d'utilisation en minimisant les vibrations dans tous types d'opérations.

Caractéristiques du VTS :

- ◆ très bonne stabilité dans toutes les applications, (+ 30 % par rapport à un pneu standard) ;
- ◆ bande de roulement extra large ;
- ◆ importante surface de contact au sol ;
- ◆ meilleure flottation ;
- ◆ profil unidirectionnel ;
- ◆ meilleure traction et auto-nettoyage ;
- ◆ importante profondeur de gomme ;
- ◆ capacité de charge accrue ;
- ◆ importante longévité ;
- ◆ réduction des vibrations pour un plus grand confort.

VSDT pour chargeuses et niveleuses

Le VSDT est un profil radial non directionnel, de classe L5 et destiné à l'équipement des chargeuses et des niveleuses. Il est disponible en 23.5 R 25, 26.5 R 25 et 35/65 R 33.

Ses principales qualités sont la traction notamment sur des sols gras et sa résistance aux coupures. Des sculptures particulièrement profondes lui octroie une longévité accrue et un pouvoir de traction très amélioré. La forme anguleuse des épaules favorise ses capacités de manœuvre alors que les protections des flancs résistent aux coupures et autres coups.

De petits "éjecteurs" au fond des saignées permettent le rejet des pierres et évitent ainsi la perforation de la carcasse.

Cette nouvelle conception élimine les effets de vibration lorsque l'engin roule sur un sol compacté ou une route.

➔ Contact : **Bridgestone/Firestone**

Tél. : + 33 (0) 1 44 29 19 00

Fax : + 33 (0) 1 44 29 19 01

e-mail : veronique.melot@wanadoo.fr

Le pneu VTS de Bridgestone



Le pneu VSDT de Bridgestone pour chargeuses et niveleuses



MEGA V EST L'APPELLATION DES NOUVELLES CHARGEUSES SUR PNEUS DAEWOO LANCÉES SUR LE MARCHÉ FRANÇAIS

Trois premières chargeuses sur pneus Daewoo Mega V ont été présentées à la Bauma 2001 et sont maintenant introduites sur le marché français. Ces trois premières chargeuses sur pneus sont les modèles qui annoncent le renouvellement complet de la gamme Daewoo qui couvrira la classe des machines de 9 à 30 t.

		MEGA 160	MEGA 300-V	MEGA 400-V
Poids opérationnel	tonnes	8.6	17.03	22.04
Puissance moteur au volant	CV	104	230	295
Cylindrée moteur/Nbre de cylindres	litres	5.78/ 6	11/ 6	11/ 6
Couple moteur/régime	Nm/tpm	37/1600	110/1200	130/1200
Godet usage sévère	m ³ SAE	1.6	2.9	3.9
Godet usage général	m ³ SAE	1.8	3.2	4.2
Force d'arrachage	kg	7800	18500	23000
Charge de basculement (droit)	kg	6500	13500	18000
Charge de basculement (articulé)	kg	5390	11100	15700

Les principales caractéristiques des chargeuses Daewoo



La chargeuse Daewoo 160 TC

La chargeuse Daewoo 400 - V



Cette nouvelle gamme de chargeuses sur pneus complète idéalement le programme de pelles hydrauliques sur chenilles et sur pneus du constructeur.

Les modèles qui ont été lancés à la Bauma sont :
 ◆ la Mega 160 TC en version Tool Carrier d'une puissance de 104 CV. Cette Mega 160 peut être livrée en version bras parallèle ou en cinématique en Z ;

◆ la Mega 300-V de 17,3 t délivrant 230 CV ;

◆ la Mega 400-V de 22,04 t délivrant 295 CV.

L'accès se fait aisément, la porte de cabine s'ouvre à 180°. Par rapport aux anciennes Mega III, l'espace intérieur dans la cabine a été augmenté de plus de 10 %.

Pour une bonne ergonomie, toutes les commandes sont à portée de main et la visibilité est panoramique dans toutes les directions.

Tous les modèles sont équipés d'une troisième fonction hydraulique ainsi que des différentiels à glissement limités pour les Mega 300 et Mega 400, ou un différentiel à report de couple pour la Mega 160.

Et en ce qui concerne l'entretien, l'accès aux différents organes est facilité.

La vidange d'huile moteur pour les Mega 300 et 400-V ne s'effectue plus que toutes les 500 heures.

→ Contact : Cedric Leturcq - Daewoo

Tél. : + 32 65 61 32 44

Fax : + 32 65 67 73 38

e-mail : cedric@edsa.be

internet : www.euro-daewoo.com

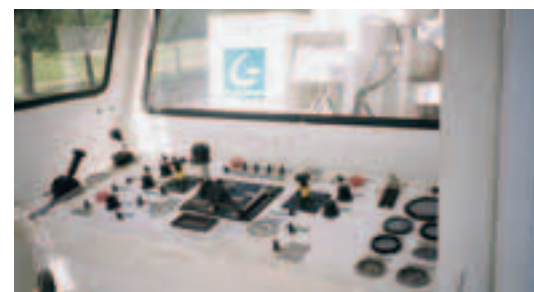
■ GAILLEDRAT - DERNIERS PROGRÈS DANS LE GRENAILLAGE ROUTIER À GRAND RENDEMENT

La demande d'amélioration des caractéristiques de surface des revêtements de chaussées autoroutières, routières et aéroportuaires évolue et les techniques pour y répondre aussi.

Gailledrat utilise des machines de grande largeur (2 m en une seule passe) qui permettent de traiter journalièrement de grandes surfaces.

Depuis leur conception les machines ont évolué sur les différents organes (turbines, protection contre les projections, usure des pièces, nettoyage de la grenaille...) chaque cas étant traité séparément au fur et à mesure de la découverte des solutions.

Profitant de la nécessité d'un entretien important l'entreprise a décidé de reconditionner complète-



Poste de pilotage



Ensemble de grenailage routier Gailledrat

► ment sa plus grosse grenailleuse et c'est maintenant une machine pratiquement neuve avec toutes les améliorations techniques résultant de l'expérience Gailledrat et des nouveautés des équipements...

Cette machine fonctionne désormais avec des asservissements électriques, électroniques et hydrauliques qui permettent un meilleur contrôle du fonctionnement des différents organes et une optimisation de leur utilisation. Ces informations sont centralisées dans la cabine de pilotage facilitant la conduite et améliorant les résultats.

Amélioration de la filtration des poussières

Le traitement des poussières est un élément essentiel du grenailage. Pour le rendre plus performant, il a été procédé à :

- ◆ une augmentation de la surface de la benne supportant le filtre impliquant le rallongement du châssis ;
 - ◆ une augmentation de la surface filtrante ;
 - ◆ une réduction de la vitesse de circulation des poussières ;
- avec comme résultat un décolmatage continu plus efficace.

Dépoussiéreur de l'ensemble de grenailage



Amélioration des performances

A l'origine, cette grenailleuse était équipée de quatre turbines de Ø 600 mm avec une puissance installée de 350 CV et associée à un aspirateur installé sur un camion 6 x 4 dont la capacité pouvait atteindre 25000 m³/h d'air aspiré.

La puissance moteur a été portée à 450 CV, celle de l'aspirateur n'a pas changé.

→ Contact : Guy Lemonnier - **Gailledrat**

Tél. : + 33 (0) 1 46 72 95 05

Fax : + 33 (0) 1 46 70 31 03

e-mail : guy.lemonnier@wanadoo.fr

internet : www.gailledrat.fr

■ RABAUD - ÉPANDEURS À CHAUX ET À CIMENT

Outre sa gamme de balayeuses de chantiers, tarières hydrauliques, godets malaxeurs..., la société Rabaud a su développer depuis bientôt 15 ans,

la conception et la fabrication des matériels de traitements de sols.

Fabricant de la "**Raco 250**", Rabaud a mis au point dans le même temps une gamme d'épandeurs de liants pulvérulents automoteurs (ELDE 15), et adaptables sur tous types de porteurs (ELH 14, ELH 17, ETS 215).

Issu du principe d'épandage de l'ELDE 15 (le seul épandeur à avoir été agréé par le CETE de Rouen), les ELH 14 et ELH 17 sont des épandeurs à chaux qui présentent des avantages spécifiques pour les travaux routiers :

- ◆ une capacité de cuve de 14 ou 17 m³ ;
- ◆ une précision longitudinale et transversale inégalée < 5 % ;
- ◆ une forte capacité de dosage (maxi 60 kg/m²) possible grâce au groupe auxiliaire hydraulique qui permet d'effectuer une seule passe lors de gros dosages ;
- ◆ une largeur d'épandage variable de 30 cm à 2,30 m évitant ainsi les surdosages ;
- ◆ un système anti-pollution évènements qui limitent les émissions de poussières au chargement ;
- ◆ quatre sondes capacitatives de trémie pour permettre un épandage régulier ;
- ◆ une section rotor-alvéolaire tout inox (étanchéité parfaite).

Les ELH 14 et 17 sont des épandeurs proportionnels à la vitesse d'avancement du porteur.

Plusieurs dispositifs de contrôle électronique du poids épandu avec imprimante sont proposés en option. L'édition des tickets assure un suivi précis des chantiers pour les entreprises routières, et permet également aux laboratoires et maîtres d'ouvrage de vérifier le taux de liant réellement épandu par rapport aux spécifications techniques demandées.

La précision exceptionnelle de la gamme ELH permet également aux routiers, et aux terrassiers, d'optimiser la qualité de leur épandage tout en réduisant les coûts habituellement dus à l'achat de liants.

L'engagement de la société Rabaud dans l'innova-

Épandeur ELH 14 Rabaud monté sur Volvo A25C



vation des matériels de traitement de sols se poursuit cette année, avec la sortie à venir (fin 2001) du nouvel épandeur automoteur 6 x 6 Akera 17 E.

→ **Contact** : Cyril Brémaud - **Rabaud SA**

Tél. : + 33 (0) 2 51 48 51 51

Fax : + 33 (0) 2 51 40 22 96

e-mail : cyril.bremaud@rabaud.com

internet : www.rabaud.com

■ **DYNAPAC - LE MIDI-FINISSEUR F8C**

Svedala Dynapac a développé le premier modèle d'une nouvelle classe de finisseurs afin de répondre mieux aux exigences des entreprises de construction routière.



Le finisseur Dynapac F 8 C en action

Aujourd'hui, les marchés de travaux de maintenance en zones urbaines et semi-urbaines, et les chantiers de construction privée (établissements industriels, plates-formes logistiques) sont en accroissement rapide.

Ces travaux réclament des matériels compacts, maniables, faciles à transporter, rapides et économiques à mettre en œuvre. Ils doivent aussi offrir le même standard de qualité et d'efficacité qu'un finisseur conventionnel pour une largeur maximale de travail comprise entre 5 et 6 m.

Le F8 C répond à ces exigences tout en conservant l'ensemble des caractéristiques et avantages des grands finisseurs.

Caractéristiques techniques

◆ Moteur : Deutz BF6M 1013 - 74 kW;

◆ Capacité de la trémie : 8 t;

◆ Largeur maximale de travail (avec extensions mécaniques) : 6100 mm;

◆ Longueur hors tout : 5530 mm;

◆ Largeur hors tout (pour le transport) : 2000 mm;

◆ Poids en ordre de marche : 13500 kg.

Plus compact et moins lourd qu'un finisseur clas-

sique, le F8 C Dynapac est capable de pousser un semi-remorque tout en tirant une table lourde avec une largeur maximale de pose comprise entre 5 et 6 m.

Il peut en outre être transporté en même temps qu'un tandem de 7 ou 10 t sans démontage sur un porte-engins normal, et il est immédiatement opérationnel à son arrivée sur chantier.

→ **Contact** : Bernard Dimier-Vallet - **Svedala**

Tél. : + 33 (0) 1 64 41 59 00

Fax : + 33 (0) 1 64 07 11 57

■ **LA STABILISATION DES TERRES HUMIDES PAR LE GROUPE MOBILE "TRDS"** (Traitement, recyclage, dépollution, stabilisation)

La transformation immédiate du comportement mécanique des terres instables par ajout intime de produits de traitement est désormais économiquement possible. Le traitement efficace des terres excavées, pour leur réutilisation immédiate après transformation, est en effet permis avec l'évolution de la chimie des liants hydrauliques et du niveau technique des matériels de chantier.

Stabiliser un sol, c'est transformer le comportement mécanique des terres argileuses ou calcaires, dont les propriétés géotechniques les rendent sensibles aux variations climatiques, modifiant leur état "physique", passant alternativement et continuellement, par degrés, et plus ou moins brusquement, de l'état pâteux à l'état compact. Ceci avec, par excès d'eau contenue, gel ou assèchement extrême, des variations structurelles qui en changent le comportement : mou, spongieux, effritable, dur, et les rendent par là-même de manipulation difficile et les sols instables, incertains pour la construction.

Les mêmes effets se rencontrent avec des sols organiques ou des sous-produits industriels (sables de fonderies, mâchefers...), dont les propriétés géotechniques s'apparentent à celles des sols naturels. Le traitement des sols argileux ou calcaires consiste à modifier leur structure afin de permettre un mélange intime avec des liants hydrauliques pour changer leurs caractéristiques mécaniques : réduire leur capacité d'absorption d'eau, les solidifier et les stabiliser, pour qu'ils puissent sans danger supporter de façon durable les charges et les vibrations auxquelles ils seront soumis.

La recherche de la meilleure adéquation technique et économique entre produits de traitement et matériaux à traiter, pour une application donnée (remblai routier, ferroviaire, aéroportuaire, couche de forme, terre-pleins divers pour aire de stockage, parking, assise de voiries légères, plate-forme industrielle devant supporter des charges roulantes ou des bâtiments, berge et talus de forte pente,

- ▶ terrain de sport, canalisation...) implique de caractériser ces matériaux à partir de paramètres significatifs relatifs à la nature des sols et des produits de traitement, vis-à-vis des phénomènes intervenant dans la technique de traitement :
 - ◆ paramètres des sols à traiter :
 - leur nature (granularité, argilosité, teneur en constituants chimiques particuliers),
 - leur état (hydrique, compacité) caractérisant le comportement (fragmentabilité, abrasivité);
 - ◆ paramètres d'identification des produits de traitement :
 - la chaux aérienne (vive, éteinte, lait de chaux), teneur en chaux libre, granularité, réactivité,
 - les liants hydrauliques : les ciments aux normes, les liants spéciaux routiers (à la chaux pour les sols argileux; au ciment presque tous les sols conviennent; par mixage de différents liants pour les sols ou déchets composites);
 - ◆ paramètre de l'eau présente dans les sols : eau libre retenue dans le sol ou eau apportée.

Le groupe GST 80 000



Le groupe mobile TRDS GST 80 000 (Groupe de stabilisation des terres) est conçu dans sa version standard pour traiter en moyenne 120 t/h de terres naturelles instables ou de matériaux de similitude géotechnique, à des fins de réutilisation immédiate en remblai stable selon les stipulations définies. Par exemple, pour le creusement des tranchées, tra-

ditionnellement les terres excavées, qui ne peuvent pas être réutilisées car leur teneur en eau et leur structure ne leur permet pas d'être compactées à un niveau convenable, sont envoyées en décharge et les tranchées sont remblayées par des matériaux nouveaux provenant des carrières. Par le GST 80000, le traitement de stabilisation de la terre excavée s'effectue en continu, par enchaînement d'opérations successives : criblage sans colmatage à 0-40, dosage précis de 1 à 7 % du produit d'ajout au poids de la veine de terre et malaxage intime pour une homogénéité constante du mélange.

Chaque organe de la machine est mû indépendamment par son ou ses moteurs électriques, l'alimentation provient du secteur ou d'un groupe électrogène intégré. Un programmeur électronique règle l'automatisme pour l'adaptation continue de l'alimentation, du dosage et de l'action de chaque élément, à la qualité du produit fini et au débit.

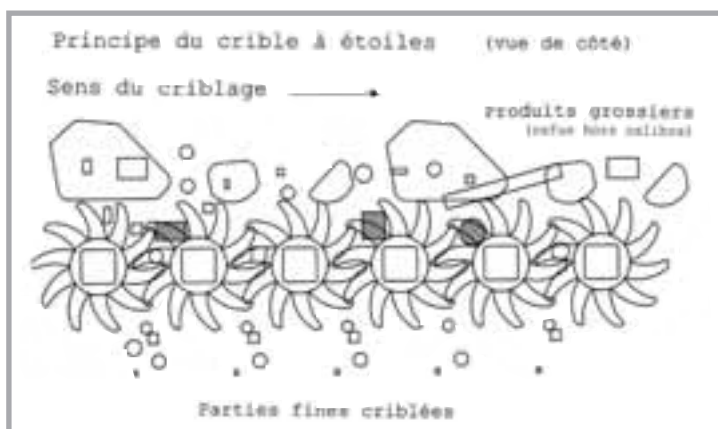
Sur un châssis porteur de 8 m de long, 2,95 m de large et 3,25 m de haut, la machine est transférable en 1^{re} catégorie routière sur remorque. Quatre béquilles de relevage intégrées dans la structure, repliables en position "transport", à commande hydraulique, permettent de la relever à une hauteur de 1,40 m, de la charger et déposer et de la stabiliser horizontalement au sol.

Déroulement des opérations du traitement des terres par le GST 80 000

- ◆ Les terres sont chargées dans une trémie munie d'une grille de scalpage à 200 mm.
- ◆ Les terres sont extraites de la trémie par un tapis extracteur réglant le débit de 0 à 150 t/h.
- ◆ Les terres passent ensuite dans un crible à étoiles, qui permet d'émotter et de cribler les terres fines et d'évacuer les éléments solides dont la granulométrie est supérieure à 40 mm.
- ◆ Sous le crible à étoiles, les terres fines sont reprises sur un tapis peseur, qui, d'une part mesure le débit en tonnes/heure, permettant d'asservir le réglage électronique des vis doseuses des produits d'ajout aux dosages nécessaires et, d'autre part achemine les matériaux vers le malaxeur.
- ◆ Dans le malaxeur, la terre émottée, le pulvérulent et l'eau sont intimement brassés.
- ◆ A la sortie du malaxeur la terre traitée est évacuée par une bande transporteuse.
- ◆ Une deuxième trémie destinée à doser un matériau d'apport (sable, gravillon, laitier...) peut être montée. Ce matériau d'apport peut être dosé par un tapis extracteur équipé d'une table de pesée. Cette trémie peut être modifiée pour ajouter et doser des boues, des fibres, de la paille.
- ◆ De même, en option, un pré-malaxeur permet de mélanger au pied du tapis collecteur des réactifs (sous forme liquide) afin de traiter les sols pollués (réactifs...) ou de modifier la nature organique des sols (fertilisant...).

Le GST 80000 améliore considérablement la qua-

Schéma de fonctionnement du crible à étoiles



lité du mélange. Pour une maîtrise de la teneur en eau, il permet un écrêtage pour évacuer les éléments d'une granulométrie supérieure à 40 mm ; un dosage scientifique, sans gaspillage ou carence, des liants appropriés à la nature du sol à traiter ; l'apport éventuel de produits d'ajout complémentaires au fur et à mesure de l'avance du chantier ; un meilleur niveau de compactage. Dans le cas de sols pollués, le traitement aux liants hydrauliques vise à empêcher les polluants d'être entraînés par les eaux pluviales dans les nappes phréatiques.

D'autres traitements sont envisageables, comme, d'une part, le mélange avec des bactéries ou des champignons pour dépolluer par exemple des terres imprégnées d'hydrocarbures, d'autre part, le mélange avec des engrais ou des produits neutralisants pour fertiliser le sol ou pour neutraliser de façon sélective la végétation, favoriser ou annihiler la croissance de plantes.

Le GST 80 000 effectue le traitement des sols là où l'utilisation des matériels conventionnels est impossible, par exemple dans les zones urbanisées en raison des problèmes d'environnement.

Par ailleurs, outre l'économie de matériaux "nobles", de "mise en décharge", de l'organisation des chantiers, de matériel, des problèmes liés aux flux de la circulation, de personnel et de temps, la technique du GST 80 000 va dans le sens de la préservation de notre environnement rendant obligatoire le recyclage et la réutilisation des matériaux.

→ **Contact** : Olivier Geslin - **OLG Environnement**

Tél. : + 33 (0) 3 89 41 60 05

Fax : + 33 (0) 3 89 24 59 59

e-mail : olg2@wanadoo.fr

■ ALIMENTATION DE BACS MALAXEURS EN POLYMÈRE OU PLASTIFIANT DANS LES CENTRALES DE FABRICATION DE BITUMES MODIFIÉS PAR "TRANSITUBE"

La fabrication des bitumes modifiés nécessite l'ajout de polymères ou plastifiants qui ont les particularités suivantes :

- ◆ écoulement moyen, voire mauvais ;
- ◆ densité faible ;
- ◆ comportement "spongieux".

Livrés en sac ou en *big-bag*, ces derniers sont transportés soit directement vers les bacs malaxeurs, soit indirectement en passant par un silo intermédiaire.

La quantité envoyée dans le malaxeur peut se faire à travers un système de pesage situé :

- ◆ soit sous la trémie vide sac ;
- ◆ soit sous la videuse *big-bag* ;
- ◆ soit sous le silo intermédiaire.



L'élévateur mécanique flexible Transitube

Le "Transitube", élévateur mécanique flexible composé d'une vis flexible tournant à l'intérieur d'un tube, convoie, à débit constant, les polymères ou plastifiants entre chaque étape du *process* jusqu'à un débit instantané de 6 t/h.

N'utilisant pas l'air comme moyen d'énergie, il n'introduit pas d'humidité dans le malaxeur.

Sa flexibilité et son encombrement réduit permet une implantation optimisée tout en ne consommant que 5 kW pour un débit de 6 t/h à densité 0,2.

Références : Appia, Colas, Emubel, Gerland, Morin, Sreg.

→ **Contact** : Dominique Crosnier-Leconte - **Transitube**

Tél. : + 33 (0) 1 40 85 17 00

Fax : + 33 (0) 1 40 85 04 11

e-mail : d-crosnier@transitube.com



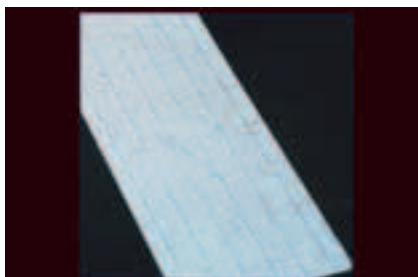
■ ALERTE ET PRÉVENIR DU DANGER DANS LES CONDITIONS DE CIRCULATION LES PLUS DIFFICILES

Depuis 25 ans, 3M développe une gamme de bandes préfabriquées rétro réfléchissantes de marquage au sol permanent et temporaire 3M™ Stamark™, 3M™ Scotchlane™ pour rendre la route plus sûre dans les conditions de circulation les plus difficiles.

Après avoir successivement introduit de nouvelles technologies, comme le polyuréthane ou les microbilles de céramique, 3M annonce une nouvelle innovation offrant à l'usager la lisibilité de la route, la nuit par temps de pluie : les bandes de marquage au sol 3M™ Scotchlane™ A 750.

L'influence du marquage

Incontestablement, le marquage a un rôle essentiel. Il doit fournir à l'usager un moyen de guidage optique performant qui lui permette d'assurer le



contrôle de sa trajectoire, et de se conformer aux règles du code de la route.

Un sondage réalisé en mars 2001 par la Sofres auprès de 958 personnes (18 ans et plus) fait apparaître que : 96 % des conducteurs considèrent que lorsque le marquage est visible, il est une aide à la conduite.

Curieux paradoxe, c'est lorsque le conducteur a le plus besoin de guidage, comme la nuit par temps de pluie que le marquage disparaît.

En effet, immergé sous le film d'eau, le marquage devient invisible et se comporte alors comme un miroir en réfléchissant la lumière des phares de manière spéculaire. Le niveau de rétro-réflexion d'un marquage peut alors diminuer de 50 % dès que la chaussée est humide.

Les dangers de la pluie...

Chute de l'acuité visuelle, fatigue, stress... sont autant de facteurs qui rendent la conduite de nuit difficile. Si l'on ajoute à ces difficultés les conditions climatiques défavorables, la conduite de nuit devient dangereuse. L'absence de marquage livre le conducteur à lui-même et mobilise inutilement son attention.

Les statistiques le prouvent : alors que la circulation nocturne représente moins de 10 % du trafic, un tiers des accidents ont lieu la nuit, et près de 28 % des accidents de nuit surviennent sur chaussée mouillée.

Une solution révolutionnaire !

A l'inverse des technologies existantes (barrettes à effet sonore, profils structurés et billes de diamètre important) qui consistent à sortir du film d'eau, la bande préfabriquée 3M™ Scotchlane™ A750 protège son système optique composé de millions de microbilles dans une couche de polyuréthane transparente.

Les systèmes optiques surélevés, directement agressés par les sollicitations du trafic, n'offrent qu'une durabilité très limitée et peu de marquage atteignent 35 mcd.lux⁻¹.m² soit moins de 45 m de visibilité.

La réglementation

Avec l'avènement des normes européennes (NF EN 1436 et NF EN 1824), les normes nationales ont dû se soumettre à des modifications, aussi bien dans les exigences de performances que dans les procédures d'essais.

Les produits de marquage VNTP ont été ainsi introduits dans le règlement ASQUER en vue de l'attribution de la marque NF et un arrêté (10 mai 2000) a défini les niveaux de performances exigibles en France.

La bande préfabriquée 3M™ Scotchlane™ A750, certifié NF depuis juin 2000, affiche des niveaux de rétro-réflexion sur chaussée mouillée, bien supérieurs aux exigences des normes NF.

Résultats de l'essai de certification NF après 12 mois soit 250 000 passages de roues :

- ◆ à l'état sec : RL = 371 mcd.lux⁻¹.m² ;
- ◆ humide : RL = 397 mcd.lux⁻¹.m² pour 35 mcd.lux⁻¹.m² exigé ;
- ◆ sous pluie : RL = 301 mcd.lux⁻¹.m² pour 35 mcd.lux⁻¹.m² exigé.

La bande préfabriquée 3M™ Scotchlane™ A750 délivre ainsi à l'utilisateur de jour comme de nuit une information visuelle sans ambiguïté, même dans les conditions météorologiques défavorables.

Réalisations

RD21 - Meslay-du-Maine : Entrée d'agglomération en rase campagne, présence de platanes sur les rives, carrefours dangereux, la RD21 dans la Mayenne présentait les caractéristiques idéales pour une expérimentation grandeur nature. Appliquées depuis 12 mois, les bandes rétro-réfléchissantes 3M™ Scotchlane™ A750 atteignent toujours des performances de visibilité de nuit par temps de pluie supérieures à 300 mcd.lux⁻¹.m² offrant au conducteur une détection anticipée de la trajectoire.

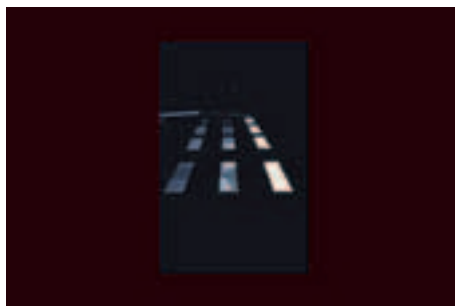
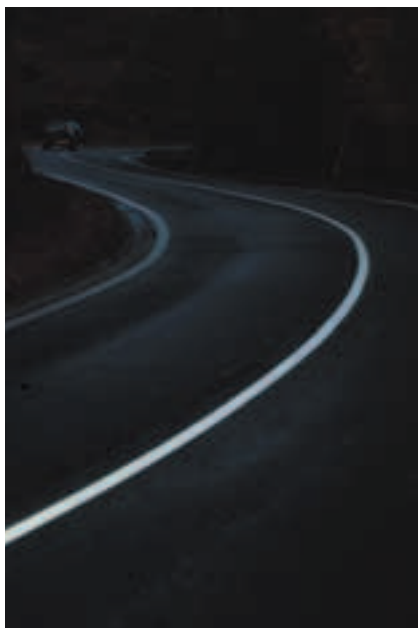
RD104 - Laison Cergy-Roissy : Cette voie francilienne reliant deux pôles régionaux majeurs et desservant des bassins d'emplois de première importance, a été conçue pour drainer un trafic routier intense à toute heure du jour et de la nuit, quelles que soient les conditions météorologiques. Afin d'anticiper l'avenir en prenant en considération les besoins relatifs à l'entretien, le conseil général du Val d'Oise a ainsi retenu les bandes rétro-réfléchissantes 3M™ Scotchlane™ A750 pour équiper les échangeurs.

RN 152 - Blois : sur 21 km, sept sections de 1300 m en moyenne diagnostiquées comme "accidentogènes" ont été aménagées de manière à créer un effet de rupture, et attirer l'attention des usagers pour les inciter à réduire leur vitesse.

La couche de roulement, réalisée en enrobé coulé à froid, a deux effets : sensation de tenue de volant différente et amélioration de la macro-rugosité qui entraîne un meilleur freinage.

Ces passages se singularisent par une impression de rétrécissements de la chaussée (6,50 m au lieu

RN 152 - Blois



de 7 m) obtenues par l'application de bandes rétroréfléchissantes 3M™ Scotchlane™ A750 en rive créant un effet de sas, d'entrées et de sortie aux abords de ces "zones dangereuses".

→ **Contact** : Stéphane Blanchot - **3M France**

Tél. : + 33 (0) 1 30 31 65 69
Fax : + 33 (0) 1 30 31 60 38
e-mail : sblanchot1@mmm.com

■ **WIRTGEN 2200 CR - UNE FRAISEUSE HAUTE-PERFORMANCE ET UN RECYCLEUR À FROID EN UNE SEULE MACHINE**

Une machine, deux applications!

Suivant les besoins, ce nouveau recycleur à froid peut couvrir deux aspects de l'entretien moderne des chaussées : soit comme une fraiseuse conventionnelle à haute-performance avec une profondeur de travail maximale de 35 cm, soit comme un recycleur à froid économique, capable de fraiser sur une épaisseur de 25 cm et mélanger les matériaux avec un liant.

En une seule passe, le revêtement de chaussée endommagé et sa sous-couche peuvent être fraisés et mélangés avec le liant le mieux adapté, grâce aux différents systèmes de dosage et d'injection disponibles au choix.

Ainsi des structures entières de routes peuvent être réhabilitées, de façon écologique, par adjonction de ciment, émulsion de ciment ou de bitume. Bien entendu, le processus de recyclage peut également faire appel à l'injection de bitume chaud, pour produire de la mousse de bitume.

De plus, le **W 2200 CR** est capable de remettre en place le matériau traité grâce à la vis de distribution et la table de pose fixés à l'arrière des chenilles postérieures qui produisent une sous-couche précompactée, de haute qualité.

Le processus de recyclage est contrôlé électroniquement : il suffit d'entrer dans le microprocesseur embarqué les dosages de liant désirés qui seront automatiquement ajustés, suivant la vitesse d'avancement, de manière à maintenir une qualité constante du matériau recyclé.

Le moteur diesel à régulation électronique d'une puissance de 597 kW garantit les performances les plus élevées, dans tous les cas de figure rencontrés.

Le Wirtgen 2200 CR est la machine idéale pour la technologie du recyclage à froid, de manière écologique.

→ **Contact** : J.-P. Wimmer - **Wirtgen France**

Tél. : + 33 (0) 1 30 18 95 95
Fax : + 33 (0) 1 30 18 15 50



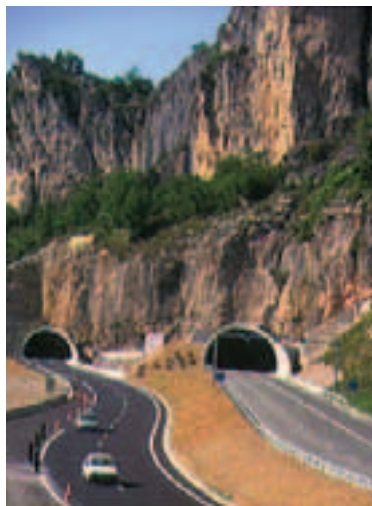
Une machine, deux applications : le recycleur W 2200 CR recycle une épaisseur de 20 cm avec addition de mousse de bitume



Présenté à Bauma 2001 : le nouveau recycleur à froid Wirtgen 2200 CR équipé avec système d'injection d'eau et système d'injection de mousse de bitume, vis de distribution et table de pose



historique



Autoroute A75

Valoriser les Travaux Publics pour mieux connaître les hommes, leurs réalisations et promouvoir leurs métiers

Ce sont les objectifs du musée vivant des Travaux Publics qui vous sera présenté en 2002

Dans le numéro 743 de juin 1998, nous avons annoncé – page 68 "Un musée retrouvé" – le projet de l'association ASCO-TP de créer un musée virtuel des travaux publics. Ce projet est en train de se réaliser.

Redonner vie à une association, ASCO-TP, dont l'un des objectifs essentiels est de recréer le musée des Travaux Publics, est en effet le défi que Jean-Pierre Maillant a relevé depuis trois années avec le soutien sans réserve que la FNTP et le ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement ont apporté à ce projet depuis les premiers instants.

Cette renaissance est le fruit d'une coopération institutionnelle établie, d'une part, avec le ministère et, d'autre part, avec le secteur privé sans lequel rien ne pourrait se faire. De main, ce sont les collectivités, le public... et nos entreprises qui y seront associés.

Pourquoi un tel musée ? Chacun d'entre nous apprécie la qualité des ouvrages qui nous entourent, leur esthétique ainsi que les prouesses techniques de leur réalisation. Ils sont le fait de métiers nombreux et variés et souvent aussi peu connus que les ouvrages eux-mêmes.

Encore trop souvent subsiste dans l'esprit du public une réputation de "bétonneur" qui heureusement s'estompe.

Ce musée est donc destiné à valoriser l'image des travaux publics ainsi que les métiers auxquels ils font appel et à mieux faire connaître leurs caractéristiques et leur intérêt. Il est destiné aussi à mettre en valeur les compétences françaises, que ce soit en matière de maîtrise d'ouvrage, de réalisations ou à montrer l'emploi de matériels et de matériaux.

Il devrait donc intéresser tous les acteurs de la construction, mais aussi les décideurs et le grand public, surtout les jeunes.

Si la création d'un musée virtuel prévaut sur celle d'un musée réel, c'est que le coût de ce dernier rend aujourd'hui irréaliste le lancement d'un tel projet ; mais nombreux sont ceux qui souhaitent qu'il en soit réalisé un à terme.

Cette opération est née grâce à la contribution conjuguée de la FNTP et du ministère, en hommes, en documents et en moyens financiers (partagés pour moitié dans la réalisation de la maquette).

L'article qui suit montre que le ministère et la FNTP sont décidés à continuer, pour autant que les partenaires seront suffisamment présents en nombre et viendront s'agréger autour de l'équipe fondatrice, démontrant ainsi que ce musée répond bien à une attente réelle.

Il lance donc un appel à l'adhésion de tous ceux qui veulent faire aimer les travaux publics.

Ce musée, déjà une longue histoire...

Réalisé par le grand architecte Auguste Perret, le musée des Travaux Publics ouvert en 1939 a existé, pendant plusieurs années, place d'Iéna à Paris. Des dioramas et des animations ainsi que diverses maquettes dont certaines avaient plus d'un siècle montraient les réalisations françaises en matière de travaux publics.

Mais depuis sa fermeture en 1955, on ne peut plus trouver rassemblées les informations (photos, maquettes, dessins, vidéos...) sur les ouvrages des travaux publics.



Pont de Tancarville, montage des câbles

En 1998, Jean Millier, alors président de l'Établissement pour l'Aménagement de la Défense, l'EPAD, a créé une association, l'Association pour le Sauvetage du Patrimoine du Musée des Travaux Publics, ASPAM-TP, pour le sauvetage et l'inventaire de ces maquettes, et ce, grâce à l'appui efficace de Jean Mesqui.

Puis, après avoir été réparées, ces maquettes ont pu être exposées à la Défense en 1991.

Tout ce qui a pu être réalisé depuis 40 ans en matière de travaux publics, viaducs, autoroutes, aéroports, barrages, plates-formes pétrolières, ouvrages portuaires, etc. ne peut aujourd'hui être ni exposé ni mis en valeur.



Décapeuses en action

A l'issue de la présidence assurée par Henri Cyna de l'ASPAM-TP, cette association est devenue ASCO-TP, Association pour la Connaissance des travaux publics.

correspondant à la deuxième étape importante, le site internet de ASCO-TP dispose aujourd'hui d'informations actualisées sur le projet et sur son évolution. Vous le trouverez à l'adresse suivante : www.asco-travaux-publics.org

Un nouveau musée va voir le jour...

Planète-TP, le musée vivant des travaux publics, sera accessible via le réseau Internet.

Sa finalité principale sera de promouvoir l'image des travaux publics, de mettre en valeur les compétences françaises et de faire connaître leurs techniques et leur histoire. Il s'adressera à tous les publics. Sa vocation privilégiée sera aussi d'intéresser les jeunes et de les attirer vers les métiers de ce secteur d'activités.

La conception est axée sur ces trois objectifs : promouvoir les métiers des travaux publics, mieux connaître les hommes et valoriser leurs réalisations. Il montrera :

- ◆ les moyens qui ont permis de répondre, au fil des siècles, aux besoins de la société : se protéger, se déplacer, s'alimenter en eau, franchir les obstacles, communiquer ;
- ◆ les hommes qui accomplissent ces prouesses, qui ont fait et font toujours évoluer les techniques,

permettant ainsi des réalisations chaque jour plus audacieuses.

Planète-TP montrera également les techniques, les divers types d'ouvrages et les différents stades de conception, d'études et de réalisation ainsi que les nombreux acteurs concernés par chacune de ces phases. Il doit également constituer une mémoire vivante de données existantes qui pour bon nombre d'entre elles sont actuellement fort dispersées.

Mettre en valeur et faire connaître l'existence de cette mémoire vivante représente l'une des actions essentielles de l'association. Elle diffusera elle-même des informations, par exemple sur Internet, ou contribuera à l'édition de documentations à destination de ces divers publics. Elle s'efforcera à être présente dans des expositions et dans toute autre manifestation en concordance avec ses orientations.



Autour du projet : une équipe et des acteurs motivés

Avec ASCO-TP, des hommes et des femmes n'ont pas hésité dès le début à "s'embarquer" dans cette aventure. Ces acteurs sont d'un côté l'équipe-projet, des prestataires de service et de l'autre



Pont de Normandie, viaduc d'accès

La photographie d'une évolution

L'étape décisive a été franchie le 18 avril 2000. Les hautes autorités du ministère de l'Équipement, et de la FNTP ont pris la décision de se lancer conjointement dans la réalisation de ce musée virtuel. La maîtrise d'ouvrage a été confiée à ASCO-TP et des moyens tant humains que financiers ont été mis en place.

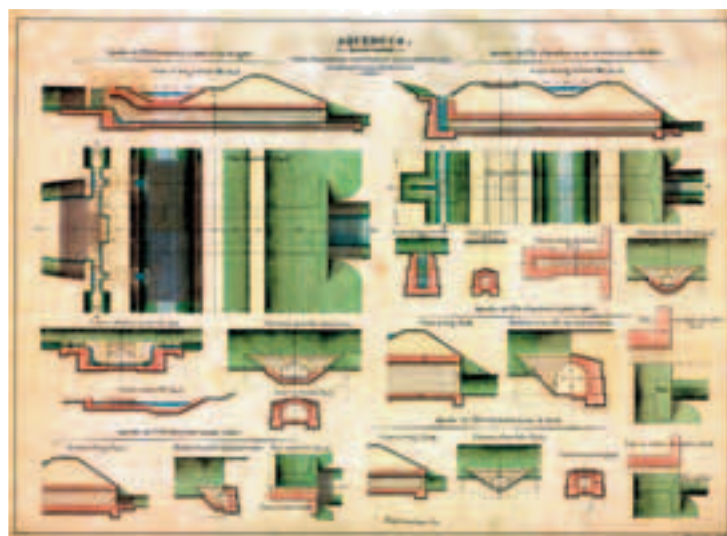
Deux études engagées en 2000 ont permis pour la première de positionner le futur site parmi ceux existant dans ce domaine d'activité et de déterminer dans le cadre de la seconde les spécifications définissant les conditions techniques de sa réalisation.

Cette première grande étape s'est concrétisée par la création début 2001 d'une maquette qui met bien en valeur les principales caractéristiques du cyber-musée destinée à valider le projet.

Un CD-ROM édité en nombre limité présente depuis le mois de mars la maquette aux partenaires de ASCO-TP : entreprises des travaux publics, maîtres d'ouvrage, fournisseurs de matériel et de matériaux, afin de les convaincre de rejoindre les premiers intervenants.

En attendant l'ouverture au public de Planète-TP

Type d'aqueducs construits sous les rigoles





Pont de Normandie, montage des haubans

► des partenaires du secteur privé ainsi que de nombreuses personnes qui apportent leur concours bénévolement.

De plus, ASCO-TP travaille en relation avec l'Association pour un musée du Patrimoine de l'Équipement, créée sous l'égide des Associations Sportives et culturelles de l'Équipement, ASCEE, pour valoriser les agents du ministère et maintenir la mémoire de leur action, au travers de l'évolution de leurs métiers.

Au sein du ministère, le Conseil général des Ponts et Chaussées joue un rôle de coordination et de pilotage du projet auprès de plusieurs directions et services. La maîtrise d'ouvrage est assurée par le président de ASCO-TP, Jean-Pierre Maillant et la conduite du projet par Guy Benattar.

Auprès du président a été mis en place un comité de pilotage pour valider les orientations et un comité technique auprès du chef de projet pour le suivi permanent. Ils associent des responsables de la FNTP, du ministère ainsi que diverses personnalités afin de bien prendre en compte tout ce qui pourra intéresser le futur utilisateur.

La création du site... Top départ

La réalisation du site, c'est l'étape clé d'aujourd'hui. Son financement sera assuré par la participation du ministère, de la FNTP, avec le concours de ASCO-TP, et par la participation des entreprises acquises à cette production, que nous sou-

haitons être les plus nombreuses possibles. Des objectifs conçus pour quels publics ? Si Planète-TP a une vocation culturelle, scientifique et pédagogique, il a aussi pour finalité de susciter des vocations, de répondre aux attentes tant des étudiants, des chercheurs, des collectionneurs qu'à celles des professionnels, des élus, des décideurs, du milieu associatif, des usagers ainsi que du grand public.

Pour tous, Planète-TP doit représenter un support de communication privilégié et constituera un support de visite récréative. Il sera positionné au regard de divers publics ciblés ; en effet, la déclinaison de chaque objectif et de son contenu seront conçus en conséquence.

Un site composé selon quel contenu et quelle organisation ? Pour répondre à ces derniers objectifs, le musée sera élaboré autour d'une base de données et d'un moteur de recherche, permettant de constituer à la demande les halls et les salles à découvrir.

La visite pourra donc se faire, soit à partir de critères choisis par l'internaute, soit en accédant à des visites guidées, à des expositions temporaires ou à un espace spécifiquement dédié. Chaque visiteur pourra ainsi concevoir son parcours selon ses centres d'intérêt. Avec une forte composante interactive, il utilisera toutes les ressources de la muséographie moderne et du multimédia. Le site intégrera l'événementiel, indispensable pour maintenir son attractivité. Il sera partiellement bilingue (français-anglais).

Repères

Au cours du premier trimestre, la prémaquette a été présentée au Comité des directeurs du ministère de l'Équipement, puis au président de la FNTP. Cette étape a été aussitôt suivie de la sortie du CD-ROM au début du mois de mars.

La maquette a ensuite été montrée aux entrepreneurs administrateurs de la FNTP, aux maîtres

d'ouvrages, puis aux grands fournisseurs des entreprises. Le vice-président du Conseil général des Ponts et Chaussées a fait état de sa satisfaction à l'égard du résultat obtenu, propos également tenus par le représentant de la Direction des Routes. A l'occasion d'un entretien récent, le ministre et le président Daniel Tardy ont confirmé leur intérêt et leur soutien au projet.

Promenade au cœur de Planète-TP... Revue de détail

Pour être attractif, le site doit surtout offrir des illustrations, des photographies dont certaines pourront s'agrandir, des audiovisuels, des applications interactives, accompagnés de textes courts, intéressants et didactiques.



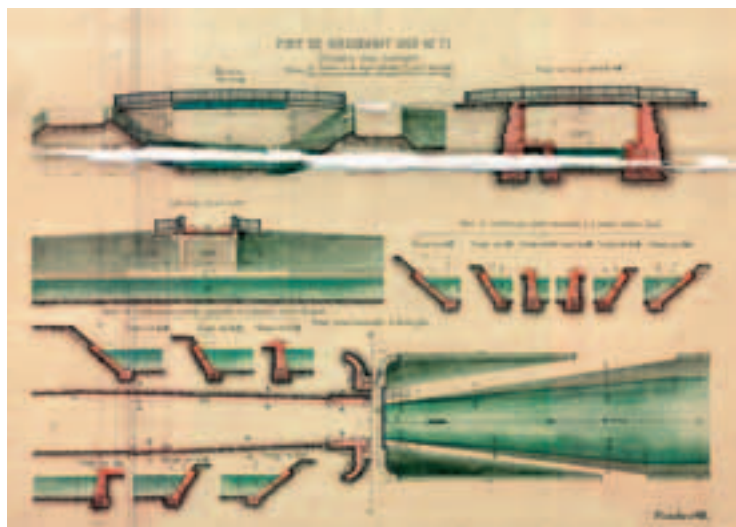
Il comportera **des pages d'accès et des services**, **des informations générales** sur les travaux publics, et **un contenu thématique** portant sur les domaines d'utilisation des ouvrages, sur les dimensions techniques, humaines géographiques et historiques des TP, enfin sur la conservation du patrimoine.

Les pages d'accès et des services seront conçues autour de points dominants comme la présentation du site et de son contenu, les liens avec d'autres sites, le choix de la langue (français ou anglais), le contact possible avec les responsables de Planète-TP, la création ultérieure d'une boutique, enfin les services relatifs aux travaux publics.

Les informations générales sur les travaux publics seront élaborées à partir d'une large documentation. Elles comporteront en particulier des données relatives aux métiers, destinées aux jeunes ou bien concerneront l'actualité et la promotion des TP. Elles seront complétées par les éléments historiques et les innovations en cours. S'agissant du **contenu thématique**, Planète-TP montrera la finalité des travaux publics par quelques exemples bien choisis et les étapes de la vie des ouvrages. Les métiers constitueront le fil conducteur du site.

Planète-TP intégrera pour chacun des thèmes les contenus suivants :

- pour l'utilisation des ouvrages : les infrastruc-



Pont de Rougemont, bief n° 71

tures routières, ferrées et aéroportuaires, les voies d'eau, les ouvrages à la mer ou à la montagne, les plates-formes de forage et d'exploitation, des ouvrages militaires et de génie civil, enfin ceux nécessaires au traitement et à l'exploitation des eaux ou concernant les VRD.

Ces domaines seront mis en valeur sous le double aspect des infrastructures et des ouvrages d'un côté et de l'autre des systèmes d'exploitation, d'entretien et d'information ;

- pour les dimensions techniques et humaines : les types d'ouvrages, d'outils et d'engins, les techniques, les natures d'activités, les familles de spécialités et les métiers ;

- pour les dimensions historique et culturelle, ce seront la période, les grands noms, les ouvrages historiques que compléteront les arts, la littérature...

Le classement géographique procédera d'une répartition des ouvrages en zones, pays, itinéraires ou selon leur intérêt touristique.

Pour la conservation du patrimoine, Planète-TP mettra en valeur la collection de l'ancien musée des TP, les engins et les techniques d'autrefois. En effet, de nombreux documents sont exploitables tels que modèles réduits, films, diapositives, vidéos, plans, maquettes... à la fois anciens et récents. ASCO-TP proposera à leurs détenteurs de les exposer : administrations, grands maîtres d'ouvrages, entreprises et bureaux d'ingénierie, particuliers ou collectionneurs.



La centrale de Saint-Laurent-des-Eaux

De la création... à la consultation

La consultation sera ouverte à tous. Trois types d'accès seront proposés à l'utilisateur : la visite guidée, la visite thématique et la recherche multicritères. Les informations répertoriées constitueront la base même des fiches qui décriront les ouvrages, les métiers ou présenteront les hommes. Une fiche contiendra un certain nombre de "champs", comme l'époque, le type de construction, le nom de l'architecte, etc. et plusieurs fiches pourront concerner le même ouvrage.



Le pont de Normandie, vue générale

La visite guidée correspondra à un élément multimédia défini par les responsables de l'application. Accessibles depuis une page spécifique, ces visites seront renouvelées périodiquement. Pour la visite thématique, l'utilisateur sélectionnera un thème grâce à un formulaire. Par exemple l'utilisateur pourra choisir les ponts comme type d'ouvrage, avant 1900 comme date et chronologie croissante comme ordre. Il obtiendra alors des fiches classées par ordre chronologique traitant des ponts avant 1900.

S'agissant de la recherche multicritères, l'utilisateur disposera d'un formulaire lui permettant de renseigner un ou plusieurs champs, comme par exemple le nom de l'ouvrage, le nom de l'architecte, la date... pour que la sélection aussi affinée que possible permette de parvenir jusqu'à la fiche voulue.

Aujourd'hui un pari ambitieux, demain, grâce à tous les acteurs des TP, une réussite

La réalisation de Planète-TP implique un travail important et intense de recueil, de numérisation et de mise en forme des données, souvent méconnues, que ce musée pourra mettre en valeur. Cette vitrine des travaux publics français ne pourra se faire que si elle est l'œuvre commune de tous, en particulier des hommes, des entreprises, des maîtres d'ouvrages, des bureaux d'ingénierie... Notre souhait est qu'ils reconnaissent en lui un support de communication privilégié et soient prêts à participer à sa réalisation et à son développement.

Jean-Pierre Maillant
PRÉSIDENT DE ASCO-TP

Guy Benattar
CHEF DE PROJET

Michel-François Citerne
CHARGÉ DE LA COMMUNICATION

BULLETIN D'ADHÉSION

Je désire devenir membre de l'association. Je vous prie de trouver ci-joint ma cotisation pour l'année.....

Personnes physiques :

- Membre actif : 200 F ou 30 €
- Membre bienfaiteur : au moins 500 F ou 75 €

Personnes morales :

- Membre actif : 4 000 F ou 600 €
- Membre bienfaiteur : au moins 10 000 F ou 1 500 €

Ci-joint chèque deF

ou de€

à l'ordre de "ASCO-TP", à envoyer à l'association

Nom :

Prénom :

Organisme :

Adresse :

Tél. :

Fax :

e-mail :

**Association pour la Connaissance
des Travaux Publics (ASCO TP)**
28, rue des Saints Pères - 75007 Paris
Tél. : 01 44 58 27 82 - Fax : 01 44 58 28 39

recherche

TPtech : 14 - 16 mars 2001

Les Prix Fntp des chercheurs

A l'issue de la première journée du Salon TPtech, s'est déroulée la cérémonie de remise des Prix Fntp Chercheurs et du Concours de l'Innovation TPtech. On trouvera ci-joint les interventions successives de MM. Daniel Tardy, président de la Fédération Nationale des Travaux Publics, Yves Malier, président du Jury des Prix Fntp Chercheurs et François Perdrizet, directeur de la Recherche et des Affaires scientifiques et techniques du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement.

Les Prix Fntp des chercheurs sont destinés à récompenser un ou plusieurs chercheurs pour les résultats d'une recherche directement applicable aux Travaux Publics et susceptible de contribuer à l'amélioration des performances et de la productivité dans le domaine des Travaux Publics.

L'objet de cette recherche pourra être relatif à la conception des ouvrages ou aux procédés d'exécution. Les Prix Fntp des Chercheurs ont été remis par Daniel Tardy, président de la Fntp, le 14 mars 2001 lors du salon TPtech au CNIT. Le jury était présidé par Yves Malier, professeur à l'ENS de Cachan.



PRIX Fntp DES CHERCHEURS

JURY

Président : Yves Malier

Membres

- Yves Delmas
- Serge Feneuille
- Michel Guérinet
- Bernard Halphen
- Gilles Pijaudier-Cabot
- François Vahl

Rapporteur : Henry Thonier
e-mail : thonierh@fntp.fr
site internet : <http://www.fntp.fr>

1^{er} PRIX



Félix Darve et Farid Laouafa

2^e PRIX



Arnaud Schwartzentruber
et Daniel Tardy

Mention Spéciale : Un nouveau comportement du béton armé après fissuration et ses applications

- Ginette Arliguie
 - Arnaud Castel
 - Raoul François
- Renseignements : R. François
Tél. : + 33 (0)5 61 55 99 05

PALMARÈS 2001

1^{er} Prix : Nouvelle approche de la rupture en géotechnique

- Félix Darve
 - Farid Laouafa
- Renseignements : F. Darve
Tél. : + 33 (0)4 76 82 52 76

2^e Prix : Procédé d'obtention de pièces en béton à surface lisse sans bullage

Arnaud Schwartzentruber
Renseignements : A. Schwartzentruber
Tél. : + 33 (0)1 34 77 79 94

MENTION SPÉCIALE



Ginette Arliguie, Arnaud Castel
et Raoul François



■ **REMISE DES PRIX FNTF
CHERCHEURS - TPTECH -
14 MARS 2001**

**Discours de Daniel Tardy,
président de la FNTF**

Nous sommes réunis ce soir dans le cadre du salon TPtech, premier du genre consacré aux travaux publics, à une période charnière pour les

métiers des travaux publics confrontés à l'évolution rapide des technologies, au redémarrage de la construction et de l'industrie des infrastructures et à une pénurie de personnel qualifié.

On parle généralement du BTP en France en mésestimant les différences entre le Bâtiment d'une part et les Travaux Publics d'autre part. En France, le Bâtiment représente trois fois l'activité et quatre fois le personnel des Travaux Publics tandis que hors de France, les entreprises françaises de TP réalisent un volume d'activité triple de celles du Bâtiment.

Les entreprises françaises de TP réalisent un tiers de leur activité hors de France et leur clientèle est publique à 70 % tandis que la clientèle du Bâtiment est à 70 % privée.

Le monde universitaire et celui de la construction ont vécu côte à côte pendant longtemps sans vraiment se bien connaître et se fréquenter.

Certes, certaines écoles d'ingénieurs ENSI ou INSA ont formé des générations d'ingénieurs gé-

nie civil tandis que le lancement réussi des IUT à partir de 1966 a permis de former dans le cadre universitaire des techniciens supérieurs titulaires d'un diplôme universitaire de technologie. Comme l'a montré l'enquête nationale interrogeant 9 173 DUT des promotions 92 à 97 (enquête à laquelle 3 450 diplômés ont répondu, dont 920 ayant manifesté le souhait d'établir un dialogue avec la Commission pédagogique nationale et d'être tenu au courant des résultats de l'enquête), 60 % des diplômés exerçaient en entreprise la 2^e année après l'obtention de leur diplôme (contre 4 % seulement dès la 1^{re} année).

Durant la décennie qui vient de s'achever, les entreprises de travaux publics ont dû faire face avec toute leur énergie à une crise sévère ayant réduit de 25 %, en France, le volume de construction des infrastructures en cinq ans de 1991 à 1996 et la situation n'a commencé à se redresser que depuis deux ans, la progression ayant été légèrement supérieure à celle du produit intérieur brut. Si l'on compare la situation à fin 2000 à

Concours de l'Innovation TPtech

Ces Prix récompensent des innovations intéressantes exposées sur les stands du salon TPtech qui s'est déroulé au CNIT du 14 au 16 mars 2001.

Les Prix TPtech de l'Innovation ont été remis par François Perdrizet, directeur de la DRAST (Direction de la recherche, des affaires scientifiques et techniques) au MELT (Ministère de l'équipement, du logement et des transports), le 14 mars. Le jury était présidé par Jean Berthier, président de la Commission génie civil du CNISF (Conseil national des ingénieurs et scientifiques de France).



**Freyssinet : Ivica Zivanovic
et Benoît Lecinq**

PALMARÈS

Médaille d'or : GTM Construction pour le **procédé Centaur**, logiciels et appareils d'asservissement utilisant le GPS pour piloter des engins de terrassement.

Contact : Louis Demilecamp, GTM Construction

Tél. : + 33 (0)1 41 91 45 59

Fax : + 33 (0)1 41 9145 30

e-mail : ldemilecamp@gtm-construction.com

Médaille d'argent : Freyssinet pour le **procédé Cohestrand**, système de suspension de ponts autoprotégé étanche constitué de torons cohérents de sept fils.

Contact : Ivica Zivanovic, Freyssinet

Tél. : + 33 (0)1 46 01 85 27

Fax : + 33 (0)1 46 01 86 52

e-mail : izivanovic@freyssinet.com

Médaille de bronze et mention spéciale environnement : Appia pour le **procédé Bioflux/Bioflex**, liants hydrocarbonés pour enduits superficiels, sans fluxant ou fluidifiant pétrolier.

Contact : Bernard Héritier, Appia

Tél. : + 33 (0)1 41 08 38 28

Fax : + 33 (0)1 41 08 38 90

e-mail : bheritier@appia.fr



**GTM Construction : Gaëtan Hintzg,
Francis Pichard, Michel Chevessier
et François Perdrizet directeur
de la DRAST**



**Appia : Jean-Pierre Antoine
et Jérôme Marcilloux**

celle de l'année 1990, indice 100, il s'est creusé 30 points d'écart entre l'évolution du PIB (indice 120) et celle du volume annuel des travaux publics (indice 90).

Le développement de la nouvelle économie ne pourra se faire qu'avec des infrastructures de volume et de qualité adaptés, ce qui devrait entraîner une relance de leur construction et des opérations d'entretien, les réseaux de transport d'information de marchandises, de personnes et d'énergie constituant le socle indispensable du développement durable.

La crise a un peu détourné les entreprises de TP des préoccupations à moyen terme que constituent la formation des jeunes et la recherche, tandis que le monde universitaire plus éloigné des soucis du jour le jour et avec une promotion de ses enseignants basée sur les publications de travaux de recherche, n'était pas fortement incité à travailler en étroite liaison avec les entreprises.

Nous avons décidé à la Fédération d'agir au maximum pour rapprocher les hommes et les femmes

de nos deux domaines, formation recherche d'une part, réalisation d'œuvres durables et respectueuses de l'environnement d'autre part.

C'est ainsi que nous apportons notre plein soutien à l'EFB (Ecole française du béton), créée pour informer et former des enseignants aux techniques utilisées (calculs de structures et exécution des travaux) par des spécialistes d'entreprises et de bureaux d'études et que nos recherches financées par des entreprises et par la FNTF sont confiées à des laboratoires universitaires au sens large (universités et grandes écoles).

De même, nous participons, via notre commission technique, au comité scientifique et aux projets nationaux gérés par l'IREX (Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil) qui fait travailler les entreprises et les laboratoires universitaires sur les mêmes projets dont l'utilité professionnelle a été reconnue non seulement par les entreprises, mais aussi par le ministère de l'Équipement.

J'ai choisi d'accélérer encore ce rapprochement

en donnant cette année un signe fort de l'intérêt de la FNTF pour le monde universitaire. Nous avons créé un nouveau prix pour les chercheurs en génie civil... Ce prix est destiné à récompenser des chercheurs ou des équipes dont les résultats sont considérés comme particulièrement intéressants ou prometteurs pour les entreprises françaises.

Nous remercions l'AUGC de son aide dans l'élaboration de ce prix qui, en principe, sera décerné tous les deux ans et doté de cent mille francs se partageant entre un premier prix de cinquante mille, un deuxième de trente mille et un troisième de vingt mille francs.

Dans le cadre de ce salon TPtech, destiné à promouvoir les techniques du génie civil, je suis heureux de dire que pour la première année et avec l'encouragement d'avoir reçu des dossiers particulièrement intéressants, sur la recommandation du président du jury, Monsieur Yves Malier, nous avons dépassé légèrement ce montant. Je lui donne la parole pour qu'il nous donne le résultat des délibérations du jury.



■ PROCLAMATION DES RÉSULTATS

Intervention d'Yves Malier

La création de ce prix est pour moi et pour beaucoup d'autres :

- ◆ une preuve du dynamisme de notre profession qui, de ce point de vue, rejoint les secteurs si souvent cités en exemple que sont les biotechnologies, l'informatique, l'électronique ou encore la chimie ;
- ◆ une preuve de la volonté de l'entreprise de se rapprocher des chercheurs.

En France, la communauté scientifique BTP compte :

- ◆ 300 professeurs d'université et directeurs de recherche type CNRS ou LCPC ;
- ◆ 500 maîtres de conférences et chargés de recherche type CNRS ou LCPC ;
- ◆ 400 doctorants et jeunes docteurs.

Pour l'essentiel, ces 1200 scientifiques travaillent dans les laboratoires des écoles, des universités, de l'administration et dans des laboratoires privés. Quelques-uns d'entre eux – trop peu sans doute aujourd'hui – sont en position de détachement dans nos entreprises ou dans nos centres techniques.

Je fais aujourd'hui trois constats :

1. La majorité des entreprises ont ignoré longtemps et beaucoup ignorent encore cet énorme centre de ressources de matière grise.
2. Les entreprises qui font exception à la règle et travaillent au quotidien avec des chercheurs, en mesurent les bénéfices et, concurrence oblige, ne le crient pas sur les toits.
3. Les chercheurs, non-sollicités, ont durant des décennies auto-orienté seuls leurs travaux, ac-

centuant ainsi le fossé entre eux et les entreprises.

Bref, comme tous les beaux problèmes de "poule et d'œuf", le système a vécu, pendant des décennies, de façon très bloquée et a incontestablement constitué un énorme gaspillage de matière grise.

Aussi, l'initiative du président Tardy venant après les premières mesures de déverrouillage qu'ont constitué, des dernières années, les projets nationaux de l'IREX et les actions scientifiques structurantes du Plan génie civil et urbain, est assurément un signal très fort, d'autant plus fort, qu'au-delà des structures, elle s'adresse aux hommes et à la reconnaissance de leur travail.

Bref, si l'on m'avait demandé de remettre le "prix d'excellence de la bonne idée" ce soir, c'est à Daniel Tardy que, sans même réunir de jury, je le remettrais spontanément.

Sur un autre plan important, Daniel Tardy a tenu à ce que ce prix concerne les chercheurs confirmés et en cela, il complète parfaitement les prix de l'Association universitaire de génie civil et de l'Association française de génie civil qui, eux,

concernent les doctorants pour l'un, les jeunes docteurs, en cours de "post-doc" pour l'autre. Si ce prix concerne donc les chercheurs au talent confirmé, il n'est cependant pas destiné à couronner une carrière, c'est-à-dire l'ensemble de l'œuvre. Sa vocation est, sur un thème précis et bien identifié, de couronner à la fois la valeur scientifique des travaux et l'applicabilité des résultats de ces travaux au secteur des travaux publics.

Le jury était composé de personnalités très complémentaires toutes particulièrement reconnues tant par le monde de l'Entreprise que par la communauté scientifique internationale du BTP bien sûr mais aussi, pour certains d'entre eux, par l'ensemble de la communauté des chercheurs, toutes disciplines scientifiques confondues.

Ainsi ont travaillé ensemble au sein de ce jury :

- ◆ Yves Delmas, président de l'Association universitaire de génie civil;
- ◆ Serge Feneuille, président du Réseau génie civil & urbain;
- ◆ Michel Guérinet, directeur scientifique à Eiffage Construction;
- ◆ Bernard Halphen, chef de la Mission génie civil de la DRAST;
- ◆ Gilles Pijaudier-Cabot, conseiller pour les Sciences de l'ingénieur au M.E.N.;
- ◆ François Vahl, président de la Commission technique de la FNTP.

Nous avons reçu, ce qui est exceptionnel pour une première édition, vingt candidats regroupés en douze projets constituant les dossiers de candidatures.

Sur ces vingt candidats, dix-huit sont docteurs, huit d'entre eux sont professeurs des universités ou d'un rang équivalent, quatre exercent leurs fonctions en entreprise tandis que les autres travaillent dans des laboratoires universitaires ou privés ou de l'administration.

La moyenne d'âge des candidats est de 38 ans chacun allant de 28 ans à 56 ans. Venons en maintenant au palmarès proprement dit.

Les prix attribués l'ont tous été à l'unanimité des membres du jury.

Le dossier scientifique retenu pour le premier prix présente une nouvelle approche de la rupture en géotechnique basée non pas sur la perte de résistance mais sur l'instabilité. Les chercheurs couronnés expliquent bien comment cette instabilité peut se développer à l'intérieur du critère de rupture locale. Cela débouche sur une nouvelle approche de la prédiction et de la prévention de nombreux risques naturels qui intéresse, au premier plan, de nombreux professionnels de la construction tandis que, au plan scientifique, ces travaux, très originaux, sont particulièrement salués, déjà, par la communauté internationale.

J'appelle donc pour ce Premier Prix, Félix Darve, 54 ans, centralien, professeur à l'université de Grenoble et Farid Laouafa, 35 ans, ingénieur de l'université d'Alger, docteur de l'INSA de Lyon et chercheur au laboratoire "3 S" de Grenoble.

Les travaux couronnés par le Second Prix sont relatifs, en particulier, aux interactions physiques, chimiques et mécaniques entre un béton frais, ordinaire, à haute ou très haute performance et/ou autoplaçant et la surface de coffrage. Parmi de nombreux résultats aux conséquences pratiques, ces travaux ont notamment montré combien le choix de superplastifiants appropriés permet d'ajuster les propriétés tensio-actives de la solution interstitielle du béton et, par là, d'éviter l'usage de produits de démoulage si souvent nocifs à l'obtention d'un bel état de surface.

Ces résultats brevetés et déjà très utilisés par l'industrie automobile pour réaliser désormais en béton des outils d'emboutissage, ont aussi de grandes conséquences technologiques sur la mise au point de nouveaux bétons donc sur la qualité de nos ouvrages.

J'appelle Arnaud Schwartztruber, 29 ans, normalien, agrégé de l'ENS de Cachan, docteur de cette même école et aujourd'hui ingénieur d'études et de recherche au C.T.G. Italcementi.

Plutôt qu'un simple troisième prix, le jury a décidé d'attribuer ensuite un Prix Spécial, d'un montant égal à celui du deuxième prix, aux travaux relatifs à la mise au point d'un modèle de comportement du béton armé après fissuration prenant en compte les effets de la corrosion des armatures.

Le jury a tenu à porter cette mention spéciale aussi pour saluer, à travers ces travaux de recherche qui constituent une excellente synthèse, une équipe qui, cette dernière décennie, s'est attachée plus que d'autres à étudier, à un excellent niveau, les conditions de vieillissement et de pérennité des ouvrages en béton armé et béton précontraint.

J'appelle donc Ginette Arliguie, professeur à l'Université Paul Sabatier de Toulouse et directrice du LMDC, Raoul François, 42 ans, agrégé et normalien de Cachan, professeur à Toulouse et Arnaud Castel, 28 ans, docteur et maître de conférence à l'université Paul Sabatier et chercheur au LMDC.

Enfin, je ne souhaite pas terminer l'annonce de ce palmarès sans féliciter très chaleureusement aussi les candidats qui n'ont pas été classés. Je me fais l'interprète de l'ensemble du jury pour dire combien tous les projets présentés ont été perçus comme des projets de très grande qualité tant au plan scientifique que au plan de leur applicabilité au domaine des travaux publics.

Travaux

Le numéro spécial :

Recherche et innovation

vient de paraître

Une information complète

sur la recherche en génie civil

- **recherche professionnelle,**
- **recherche partagée,**
- **recherche publique,**
- **recherche privée,**
- **recherche et innovation**

dans les entreprises,

- **recherche et développement**

européens sur les politiques

publiques et l'innovation...

Contactez :

Sylvaine Prot - Revue TRAVAUX

9, rue Magellan - 75008 Paris

Tél. : 01 40 73 80 05

Fax : 01 49 52 01 80



■ INTERVENTION DE FRANÇOIS PERDRIZET

Directeur de la DRAST

Introduction

Je vous remercie du privilège qui échoit à mon ministère et à ma direction avec cette remise des trophées du concours de l'innovation TPtech 2001.

C'est pour moi l'occasion de vous rappeler le rôle de la Direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques, à savoir :

- ◆ le pilotage des programmes incitatifs de recherche en génie civil, transport ou urbanisme ;
- ◆ la fonction d'ange gardien d'organismes scientifiques ou techniques, comme le LCPC, l'INRETS, l'ENPC ou l'ENTPE, ou encore Météo France, l'IGN...
- ◆ l'animation stratégique du réseau des CETE et de certains services techniques centraux de notre ministère.

Et cela permet de souligner combien ses missions d'éclaireur, de passeur et d'animateur entre les mondes de la recherche et les mondes professionnels sont concernées par l'innovation. Cette remise de trophées est également une opportunité pour évoquer de façon brève quelques perspectives d'avenir pour le génie civil et les travaux publics en relation avec la recherche. C'est la raison pour laquelle j'ai souhaité intervenir sur le thème "Recherche et Prospective".

Avec ce thème, l'intention initiale était de discerner, à l'horizon d'une trentaine d'années, cinq ou six grands défis de l'avenir pour les travaux publics ou plus simplement quelques tendances qui peuvent influencer fortement à cet horizon le développement de notre activité.

Et cette intention croisait la préoccupation du développement durable avec ses trois versants : le social, l'économie et l'environnement. Autrement dit, selon une formule de Schneider : "Apprendre à être les invités les uns des autres et à laisser la demeure de l'accueil enrichie par notre séjour, et plus encore par notre départ".

Cette intention initiale s'est vite révélée prétentieuse quand, avec mon équipe, nous avons cher-

ché à la concrétiser. En effet, elle n'était pas compatible avec le temps de cette intervention : surtout nous nous sommes aperçus que les réflexions déjà menées dans cette lignée constituaient un domaine trop vaste, trop éclaté et trop lacunaire pour pouvoir en rendre compte aisément. Citons par exemple quelques sources de réflexions : le document de travail "Recherche et Innovation en génie civil : un partenariat pour le développement durable", le cahier du CSTB sur la ville et le développement durable, le document de l'industrie sur les technologies clefs 2005, ou encore le compte rendu des rencontres de l'IREX de janvier 2000.

Devant ce constat de trop d'ambition, je me propose plus simplement de faire état de deux convictions que j'aimerais vous faire partager. Il s'agit :

- ◆ de l'intérêt d'accroître la fertilisation entre la recherche et l'innovation ;
- ◆ de l'importance qui s'attache à promouvoir des démarches prospectives dans le domaine du génie civil et des travaux publics.

Accroître la fertilisation entre la recherche et l'innovation

Une conviction pour exprimer que chercheurs et innovateurs doivent être aussi les invités les uns des autres.

L'innovation est dans le domaine technique la mise en application d'une idée nouvelle (l'airbag pour les motards) en référence au marché. Elle se distingue de la recherche qui est un apport de connaissances nouvelles ou de solutions nouvelles sans idée d'utilisation directe liée au système marchand.

Et chacun sait qu'il peut y avoir innovation sans recherche fondamentale ou appliquée, (la fermeture éclair) ou inversement recherche sans innovation (la propagation du prion).

Cependant, on ressent également qu'une fertilisation entre ces deux processus est fortement souhaitable ; à défaut il y a des innovations en panne faute de compétences ou des savoir-faire de laboratoires inutilisés.

Pour mieux appréhender la nature de cette fertilisation, j'aurais recours au schéma de Kline et Rosenberg (figure 1). Celui-ci présente trois blocs :

- ◆ en bas, il y a un rectangle qui présente la chaîne de l'innovation avec de gauche à droite les diverses étapes : le marché potentiel, l'invention ou l'ébauche du projet, le développement du prototype et les tests, la reconception et la production, la distribution et le marché ;
- ◆ en haut, il y a un rectangle qui représente la recherche et au milieu, il y a un espace rectangulaire qui symbolise les compétences.

Et quand on suit le déroulement des diverses étapes de l'innovation, il y a souvent appel à des

compétences, et si celles-ci font défaut, il y a des recherches.

Cette fertilisation est donc marquée par ce réservoir commun que sont les compétences, avec des interactions diverses entre les trois niveaux précédents.

J'en viens maintenant à notre domaine du génie civil et des travaux publics.

D'abord pour souligner qu'il existe une tradition vivace de fertilisation dans ce domaine qui nous a permis notamment de mettre en place rapidement, le réseau de génie civil urbain, suite aux programmes nationaux de génie civil. Cette tradition se manifeste de façon très diversifiée (publications, colloques, contrats de recherche, chartes innovation, formations...) comme en témoignent ce salon et la manifestation de ce soir. Elle est une ressource précieuse qu'il nous faut sans cesse renouveler.

Ensuite, pour rappeler une spécificité de l'innovation dans notre domaine, à savoir la notion de prototype correspond souvent à la réalisation d'un véritable ouvrage, et cela suppose comme l'a montré Bernard Halphen, une prise de risques des maîtres d'ouvrages publics et des maîtres d'œuvre. Celle-ci à mon avis n'est possible que si l'espace des compétences est largement reconnu comme un patrimoine commun à valoriser par tous les acteurs.

Pour attirer l'attention sur le fait que le recours aux compétences et à la recherche diffère suivant les étapes de l'innovation, les interactions correspondantes font appel à des disciplines d'autant plus différentes que la complexité s'accroît. On peut même imaginer un jour fertiliser des interactions entre les castors (sciences et techniques dures) avec les hiboux (sciences humaines et sociales).

Pour dire enfin, qu'il faut dégager des horizons communs avec des visées à long terme afin de renforcer les synergies entre l'innovation et la recherche.

L'importance qui s'attache à promouvoir des démarches prospectives

Cette conviction est inséparable de l'intention de préparer dignement un cadre d'accueil pour les futures générations.

Elle nous rappelle aussi la grande inertie dans le temps des réalisations de génie civil ; comment voir le plus loin possible pour ne pas nous tromper dans les choix d'aujourd'hui ? Pour illustrer cette conviction, j'ai choisi cinq thèmes.

Le réchauffement climatique et les inondations

Nous commençons à devenir familier avec cette perspective de réchauffement climatique qui va

se traduire d'ici la fin du siècle, par un relèvement du niveau de la mer de 30 cm à 1 m et par un climat avec des épisodes violents : inondations, tempêtes ou sécheresses.

A ce sujet, j'ai pris connaissance récemment d'un projet d'évaluation en cours concernant les impacts du changement de climat sur le Grand New York (20 millions d'habitants). Ces impacts concernent aussi bien les rivages et les zones humides, la ressource en eau que la santé publique ou la demande d'énergie ou encore le système de décision institutionnelle. Une première leçon de ce projet se dégage : il nous faut mettre en œuvre progressivement et sans attendre des mesures pour atténuer les effets de cette évolution du climat ; et cela nous concerne en matière de travaux publics.

Le desserrement de la congestion et la consommation de carbone (énergie, effet de serre)

Les prévisions à 10 ans en matière de mobilité font état d'une augmentation de trafic de 38 % pour les marchandises et de 19 % pour les voyageurs. Pour y faire face, nous devons gérer et exploiter au mieux les infrastructures existantes et commencer à trouver des réponses originales pour les verrous et les corridors au seuil de saturation tout en maîtrisant les consommations d'énergie à base de carbone.

Au-delà de 2010, cette croissance va se poursuivre, et dans les scénarios à 2030 même les plus favorables pour l'environnement, on fait état d'une augmentation du trafic de 10 % au moins pour les voitures et de 50 % pour les poids lourds. Une récente étude prospective d'un laboratoire CNRS montre alors que pour éviter un dérapage en matière de rejet de CO₂, un faisceau de solutions devront être mis en œuvre : fiscalité, technologie et création d'infrastructures : par exemple 3300 km de lignes à TGV.

Pour le domaine du génie civil, ce dernier point soulève deux questions difficiles : la diminution des coûts des investissements et l'acceptabilité sociale des nouvelles infrastructures.

Le génie civil urbain et la ville

En parlant de la dimension urbaine du génie civil dans la revue *Travaux* (février 2001), le président du réseau technologique Serge Feneuille faisait état d'un échec relatif et appelait de ses vœux au montage d'une communauté de compétences relevant de cette thématique.

C'est un sujet difficile comme l'ont montré les difficultés rencontrées par l'INGUL (Institut national de génie urbain de Lyon) qui a fermé ses portes il y a 2 ans. Par ailleurs, le concept de génie urbain est écartelé entre des thématiques techniques (sur le cycle de l'eau, la gestion des déchets, les transports et les déplacements ou

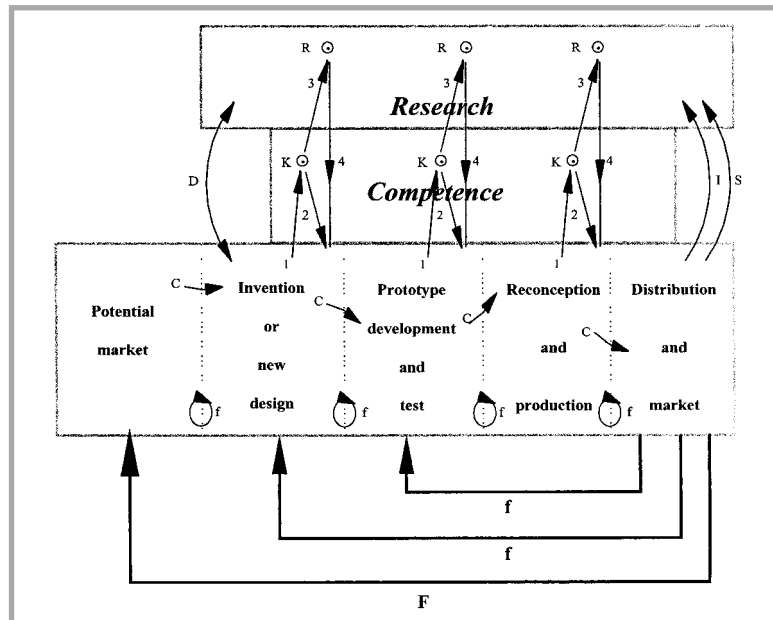


Figure 1
The Chain Link Model

encore, les ambiances et les nuisances...) et des visions plus globales qui relèvent de l'urbanisme au sens large.

Pour échapper aux impasses de la situation actuelle et préparer l'émergence d'une communauté de savoir-faire technique, je suis persuadé que la prospective a un rôle essentiel à jouer. Elle peut nous permettre de dégager des concepts cibles qui mobiliseront la recherche et les innovations : je pense en particulier à la ville climatique et à la ville tiers modèle. Cette notion par exemple essaie de trouver une troisième voie, entre la ville dense et la ville éclatée, où le cadre bâti se recompose à partir d'un système de transports publics et de ses nœuds.

La société vulnérable et les exigences du corps social

A la suite de récentes catastrophes en matière de transport, notre ministère se mobilise fortement sur les questions de sécurité, comme en porte témoignage la récente directive nationale d'orientation.

Les exigences de nos concitoyens concernant la sécurité vont sans doute encore se renforcer à l'avenir ; elles auront des répercussions à la fois sur les véhicules de transport et également sur la construction et l'exploitation des infrastructures ; elles mettront en jeu des nouveaux rapports entre les acteurs. Dans cette perspective, une exploration large et tournée vers l'avenir me paraît devoir être entreprise ; elle impliquera le domaine du génie civil en première ligne, à travers les ouvrages, leurs résistances à divers aléas et le suivi de leur état de santé.

Remarquons également qu'elle pourra influencer sur la nature et les conditions de l'innovation.

L'attractivité des métiers d'ingénieurs du génie civil

Il y a 2 ans, alors que je participais à la réforme des enseignements de génie civil à l'ENTPE, j'avais

été très frappé par les convergences de vue que nous avons avec les responsables de l'Ecole Polytechnique de Lausanne :

- ◆ affirmation des besoins relatifs aux domaines clefs de la profession ;
- ◆ interdépendance du génie civil avec d'autres approches (environnement, droit, économie...);
- ◆ méthodes interdisciplinaires et projets complexes;
- ◆ inscription dans la modernité (structures intelligentes, conception par ordinateur, télédétection, T.I.C);
- ◆ ouverture à l'international...

Et nos collègues suisses, plus osés que nous, affirmaient que l'ingénieur civil était un métier "high tech".

Cette préoccupation de l'attractivité des métiers demeure d'actualité comme en témoigne la réflexion entreprise par le CNISF ou le propos de Jean Chapon relatif à l'ingénieur en génie civil du XXI^e siècle.

Pour ma part dans ce concert de réflexion j'ajouterais que le futur ingénieur devrait sans doute être sensible au côté réalité physique de la matière et des structures, et trouver dans son métier l'opportunité d'innover, de créer.

Mais définir un cahier des charges pour le futur ingénieur ne suffit pas pour être attractif.

Il nous appartient de montrer quelles seront les futures frontières du génie civil qui seront des défis de société, et d'imaginer des projets qui représenteront des étalons de la grandeur de ces métiers.

Là encore la prospective à un rôle à jouer, en mettant en relation les métiers et les défis.

Merci de m'avoir écouté : j'espère que l'invité que je suis n'a pas abusé de votre temps.

Et je remercie les organisateurs du salon et de la cérémonie de ce soir pour cette occasion de fertilisation entre recherche et innovation.