

Travaux

n° 795

- Autoroute A1.
Diffuseur
de la RD 40E
- Le tronçon
Maison Brûlée/
Bourneville
sur l'A13 passe
à 2 x 3 voies
- Autoroute A29.
Neufchâtel-en-Bray/
Saint-Quentin.
Section
Amiens/St-Quentin
- Prise en compte
des exigences
environnementales.
Partenariat entre
maîtrise d'ouvrage,
maîtrise d'œuvre
et entreprise
sur l'A20 et A66
- Mise
à 2 x 2 voies
de la RN 21
- Une déviation
toute en douceur
pour Seilhac
- Natitingou-Porga :
102 km de route
neuve au Bénin
- Du béton armé
continu dans un
tunnel à Liège
en Belgique
- Environnement,
sécurité
et patrimoine :
les solutions
ciment/béton
pour la route
- Le centre
d'exploitation de
la Grande Chaloupe
à la Réunion

Routes

Sommaire

Travaux
numéro 795

mars 2003

Routes



Notre couverture

L'autoroute A11

© Scetauroute - A. Berenguier

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

RÉDACTION

Roland Girardot et Henry Thonier
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. : (33) 01 44 13 31 44

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

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

VENTES ET ABONNEMENTS

Olivier Schaffer
9, rue Magellan - 75008 Paris
Tél. : (33) 01 40 73 80 05
revuetravaux@wanadoo.fr

France (11 numéros) : 163 € TTC
Etranger (11 numéros) : 200 €
Etudiants (11 numéros) : 56 €
Prix du numéro : 20 € (+ frais de port)

MAQUETTE

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

PUBLICITÉ

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

Imprimerie Chirat
Saint-Just la Pendue (Loire)

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

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

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

éditorial

Daniel Tardy

1

actualités

6

techniques
et matériaux

11

préintermat

14

PRÉFACE

Philippe Gresset

25

ROUTES

◆ Autoroute A1. Diffuseur de la RD 40E
- A1 motorway. RD 40E road interchange

D. De Paoli, M.-C. Merly, A. Benoist, H. Dugard, J.-L. Foti,
B. Gausset

26

◆ Désengorger l'A13 en Normandie. Le tronçon Maison
Brûlée - Bourneville passe à 2 x 3 voies
- Relieving congestion on the A13 motorway
in Normandy. The Maison Brûlée-Bourneville section goes
three-lane dual-carriageway

G. Mutel

32

◆ Autoroute A29 Neufchâtel-en-Bray/Saint-Quentin.
Section Amiens/Saint-Quentin. Une autoroute
à caractéristiques adaptées au trafic attendu
- A29 Motorway, Neufchâtel-en-Bray/Saint-Quentin.
Amiens/Saint-Quentin section. A motorway
with characteristics adapted to the expected traffic

D. Demeilliers, A. de Penfentenyo

35

◆ Prise en compte des exigences environnementales
sur les projets de construction autoroutière. Partenariat
entre maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre et l'entreprise
sur deux chantiers autoroutiers : A20 et A66
- Allowance for environmental requirements in motorway
construction projects. Partnership between contracting
authority, project management and the contractor on two
motorway projects : the A20 and A66

F. Beaudu, G. Habasque, E. Mazières

40



Sommaire

mars 2003

Routes

Dans les prochains numéros

Sols

et fondations

Eau

Recherche

et innovation

Terrassements

Environnement

Travaux urbains

Réhabilitation

d'ouvrages

International

Ponts



◆ Mise à 2 x 2 voies de la RN 21 : un projet routier pas tout à fait comme les autres...
- *Upgrading of the RN 21 to a two-lane dual-carriageway : not just another road engineering project...*

D. Bach

46



◆ Une déviation toute en douceur pour Seilhac
- *A very gentle diversion for Seilhac*

A. Chassang, J. Segui

50



◆ Natitingou-Porga : 102 km de route neuve au Bénin
- *Natitingou-Porga : 102 km of new highway in Benin*

D. Morin

56



◆ Du béton armé continu dans un tunnel à Liège en Belgique
- *Continuous reinforced concrete in a tunnel in Liège, Belgium*

A. Jasienski, D. Verlain

61



◆ Environnement, sécurité et patrimoine : les solutions ciment/béton pour la route
- *Environment, safety and the heritage : cement/concrete solutions for highway engineering*

J. Abdo

70



◆ Le centre d'exploitation de la Grande Chaloupe à la Réunion
- *The Grande Chaloupe operations centre on Reunion Island*

S. Geaufreau

78

formation

80

répertoire
des fournisseurs

83

**ABONNEMENT
TRAVAUX**

Encart après p. 48

INDEX DES ANNONCEURS

CIMBÉTON	69	LOXAM.....	21
COLAS	4	PRO BTP	3È DE COUVERTURE
EUROFILTRATOR.....	10	SYNDICAT DES ÉRUPTIFS	9
EUROVIA	2	TOTAL	4È DE COUVERTURE
GPB.....	31	VOLVO	13
GRAVEL.....	6	WIRTGEN.....	2È DE COUVERTURE
ICE FRANCE.....	11	YPREMA.....	7
INTERMAT	19		

A



PHILIPPE GRESSET

A



PHILIPPE GRESSET

A



PHILIPPE GRESSET

u moment de présenter ce numéro spécial consacré aux travaux routiers, force est de constater que notre environnement économique est à la fois incertain et menaçant.

Le contexte international se traduit par une flambée des cours du pétrole, qui se manifeste de façon concrète par des prix de bitume en forte hausse, qui ne peuvent qu'augmenter les coûts des revêtements routiers.

La conjoncture déprimée en France conduit l'Etat à geler, voire annuler les crédits destinés aux contrats de plan Etat-Région. Le programme autoroutier marque le pas, et la demande du secteur privé montre des signes de faiblesse. Tout ceci ne permet pas à l'industrie routière une perception bien claire de son avenir immédiat.

Dans ce paysage morose, il faut néanmoins relever des signes encourageants. L'Etat a entrepris un audit des projets d'infrastructures pour en évaluer l'intérêt socio-économique. Cette démarche devrait avoir pour conséquence d'identifier de façon aussi objective que possible les projets répondant à de véritables besoins. Les projets de décentralisation, visant à confier aux départements une partie du réseau national, sont également à saluer, car ils permettent de confier à un échelon proche du terrain le soin d'entretenir le patrimoine routier, et de le faire évoluer en fonction des besoins des utilisateurs, tant en matière de confort que de sécurité ou de capacité, et l'on sait que les collectivités locales sont très conscientes de l'enjeu que représente leur patrimoine routier.

La route en effet est et restera encore longtemps le moyen privilégié de transport des voyageurs et des marchandises, comme le montrent les études prospectives menées par la DATAR. Notre responsabilité vis-à-vis des générations futures est de leur transmettre le patrimoine routier que nous avons

reçu, non seulement en bon état, mais également adapté aux besoins des utilisateurs qui, eux, évoluent dans le temps.

Ces besoins se manifestent dans différents domaines :

- ◆ l'accroissement de la capacité, qui incite à faire sauter les goulots d'étranglement et à élargir les voies incapables d'écouler le trafic moyen ;
- ◆ la sécurité, en aménageant les sections accidentogènes, en séparant les flux là où c'est possible, et en utilisant des revêtements adaptés (revêtements drainants et revêtements à très haute adhérence) ;
- ◆ le confort, qui est assuré par le biais d'un entretien régulier des chaussées, et l'utilisation de revêtements performants (revêtements à propriété photométrique, revêtements antibruit).



■
Président de l'Union des syndicats de l'industrie routière française (USIRF)

Pour réaliser ces objectifs, nos entreprises ne cessent de mettre au point des techniques et des produits innovants, permettant d'accroître les performances des revêtements ou de réduire les coûts de construction. Jusqu'ici, les relations qu'elles avaient avec les services de la Direction des Routes, dans le cadre de la charte d'innovation, leur permettaient d'expérimenter en vraie grandeur ces solutions innovantes. Il ne faudrait pas qu'une interprétation trop littérale du code des marchés publics les prive de cette possibilité, qui leur a permis par ailleurs d'acquiescer à l'étranger des positions de premier plan.

En définitive, et malgré les raisons conjoncturelles qui pourraient nous pousser au pessimisme, la construction routière française s'appuie sur le savoir-faire et le dynamisme de ses entreprises pour surmonter les difficultés et défendre son rang de leader mondial. La conviction que la route apporte aux utilisateurs des réponses efficaces aux problèmes de tous les jours est à la base de la confiance en l'avenir de nos entreprises.

Autoroute A1 - Diffuseur

Le diffuseur A1 - RD 40E, intégralement financé par le Département du Pas-de-Calais, est piloté par la Sanef, concessionnaire de l'autoroute A1 qui en assure la maîtrise d'ouvrage. Le projet du maître d'œuvre EEG Simecsol/Charles Lavigne Architecte, retenu à l'issue d'un concours, consiste notamment en la réalisation de deux ouvrages courbes mixtes sans appui central. La structure de ces ouvrages (poutres latérales porteuses) a été conçue, en permettant de surbaisser le hourdis, de façon à réduire le volume des terrassements de l'ensemble du diffuseur. Assemblés sur site, les ouvrages ont été "lancés" en une seule nuit. Cette conception ainsi que l'organisation mise en place pour la phase travaux (maîtrise d'œuvre et services de l'exploitation du concessionnaire autoroutier) ont ainsi permis de limiter l'impact des travaux sur les usagers (sécurité, durée des restrictions) et d'assurer le respect d'une durée des travaux de seulement 13,5 mois entre l'OS de démarrage et la mise en service.

■ CONTEXTE

Cette opération entre dans le cadre de l'orientation générale des infrastructures routières établie par le schéma directeur de l'urbanisme de la zone minière du Pas-de-Calais (photo 1).

Le principe de ce schéma est d'organiser la circulation de l'agglomération autour d'un réseau maillé comprenant :

- ◆ au nord : la rocade minière A21 ;
- ◆ au sud : la déviation de la RD 40 prolongée par la RD 40E reliant l'autoroute A1 à la RN 17 ;
- ◆ du nord au sud : deux barreaux RD 262 et RD 46 traversant l'agglomération pour relier les deux axes précités.

Le diffuseur de la RD 40E est la cinquième et dernière phase de travaux réalisés sous l'égide du Conseil général du Pas-de-Calais.

Intégralement financée par le Département, la réalisation de ce diffuseur est pilotée par la Sanef, concessionnaire de l'autoroute A1 qui assure la maîtrise d'ouvrage du projet. En effet, le Conseil général du Pas-de-Calais a, par le biais d'une convention, confié la maîtrise d'ouvrage de ce projet à la Sanef. Une collaboration étroite entre les services a permis à l'ensemble des interlocuteurs de s'assurer de la réussite de l'opération (figure 1).

■ LE TRAFIC

Le trafic prévu sur ce diffuseur est de :

- ◆ 5 500 v/j régulièrement répartis sur l'ensemble des bretelles ;
- ◆ 11 000 v/j sur l'anneau du giratoire ;
- ◆ le diffuseur supportera le trafic résultant de la déviation de la RD 40E et ultérieurement le trafic induit par la future zone d'activité.

Photo 1
Vue générale
General view



■ LE CONCOURS DE MAÎTRISE D'ŒUVRE

Sur la base de l'avant-projet établi par le Conseil général et validé par la Sanef, un concours a été lancé pour définir les spécificités techniques du projet et l'aspect architectural de l'ouvrage franchissant l'autoroute A1.

Les projets présentés par les candidats ont été analysés par une commission technique composée de représentants du Département du Pas-de-Calais et de la Sanef.

Le rapport de la commission technique a ensuite été présenté au jury chargé de choisir le lauréat.

Le jury, présidé par le directeur général de la Sanef, regroupait des spécialistes et ingénieurs du Conseil général du Pas de Calais, de la Sanef et d'Aéroport de Paris (sollicité en tant qu'intervenant extérieur).

Les propositions des candidats ont été analysées selon les critères définis lors du concours ; des aspects très différents des offres ont été pris en compte, de l'optimisation de l'avant-projet en terme de coût et de délais aux dispositions prises pour assurer la sécurité des clients circulant sur l'autoroute A1 en passant par la démarche qualité et la qualité technique du projet.

C'est l'offre du groupement EEG Simecsol/Charles Lavigne Architecte qui a été retenue (photo 2).

■ LE CALENDRIER

Il s'est établi comme suit :

- ◆ approbation ministérielle du 13 octobre 1997 du dossier synoptique du système d'échange d'A1 ;
- ◆ DUP du 15 octobre 1997 du projet d'échange entre RD 40E et A1 ;
- ◆ convention entre Conseil général et Sanef confiant la maîtrise d'ouvrage à la Sanef en novembre 1999 ;
- ◆ concours de la maîtrise d'œuvre en 2000 ;
- ◆ appel d'offres travaux en 2001 ;
- ◆ travaux : août 2001 à septembre 2002 ;
- ◆ mise en service du diffuseur : 14 octobre 2002.

■ LA PHASE CONCEPTION

A partir de l'avant-projet initial figeant la typologie de l'échangeur à réaliser, la maîtrise d'œuvre s'est attachée, dans le cadre du concours sur propositions techniques lancé par la Sanef, à optimiser les besoins en matériaux et à minimiser les res-

de la RD 40E

Dominique De Paoli
DIRECTEUR D'OPÉRATIONS

Marie-Claude Merly
CHARGÉE D'ÉTUDES
Sanef - Direction de l'Ingénierie,
du Développement et de l'Environnement

Alain Benoist
DIRECTEUR DE PROJET,
RESPONSABLE DÉPARTEMENT
INFRASTRUCTURES URBAINES
ET LINÉAIRES RÉGION SUD-EST

Hubert Dugard
CHEF DE PROJET

Jean-Louis Foti
ADJOINT AU CHEF DE PROJET

Bernard Gausset
DIRECTEUR DÉVELOPPEMENT
TECHNIQUE
EEG Simecsol groupe Arcadis

trictions à apporter sur l'autoroute. Ceci s'est traduit par la proposition de deux ouvrages mixtes courbes sans appui central. Ces ouvrages sont constitués de deux poutres latérales porteuses faisant également office de garde-corps (tout en assurant les distances de visibilité pour les usagers) reliées entre elles par des entretoises. Cette structure a été conçue de façon à surbaisser le hourdis et réduire ainsi l'importance des terrassements pour l'ensemble du diffuseur.

Cette proposition était assortie d'une méthodologie de lancement par transfert des ouvrages préalablement construits (hors réalisation des hourdis) sur chariots automoteurs nécessitant la coupure nocturne partielle (par demi-chaussée) ou complète de l'autoroute.

Le parti architectural et paysager proposé par l'architecte Charles Lavigne s'est voulu sobre eu égard à l'environnement immédiat du site constitué d'une plaine agricole. Ainsi la mise en valeur des ouvrages a été obtenue en incorporant aux poutres latérales des fibres diffusantes assurant de nuit un signal fort aux usagers et en mettant en œuvre des mats d'éclairage et des lanternes d'une grande qualité esthétique.

■ LA PHASE CONSULTATION DES ENTREPRISES

L'opération a été décomposée en quatre lots :

- ◆ lot 1 : terrassement, assainissement, chaussées ;
- ◆ lot 2 : ouvrages métalliques ;
- ◆ lot 3 : génie civil ;
- ◆ lot 4 : éclairage, équipements.

Dans le cadre de l'appel d'offres ouvert européen, il était précisé que les lots 2 et 3 seraient nécessairement regroupés dans un même marché et que l'ensemble des lots pourrait faire l'objet d'un marché unique avec le lot 1 comme mandataire général.

Après mise au point avec les entreprises susceptibles d'être retenues, c'est en définitive un marché unique qui a été passé avec le groupement Razel - Buyck - SGTN - Cegelec/Somaro.

■ LA PHASE TRAVAUX

La construction du diffuseur s'est déroulée en quatre phases :

- ◆ **phase 1** - Terrassements : réalisation des rem-

blais support des bretelles de liaison avec l'autoroute A1 ainsi que les arcs de cercle constituant en partie l'anneau du giratoire et les culées sur lesquelles reposeront les deux ouvrages surplombant l'autoroute ;

- ◆ **phase 2** - Réalisation des culées et des murs de soutènement avec le procédé Terratrel de part et d'autre de l'autoroute et des remblais du giratoire et des bretelles ;

- ◆ **phase 3** - Fabrication, montage sur des plateformes provisoires, puis installation des deux ouvrages dans leur position définitive au-dessus de l'autoroute ;

- ◆ **phase 4** - Réalisation des chaussées et mise en place des équipements (éclairage des bretelles et du TPC, marquages au sol et signalisation, dispositifs de sécurité, plantations).

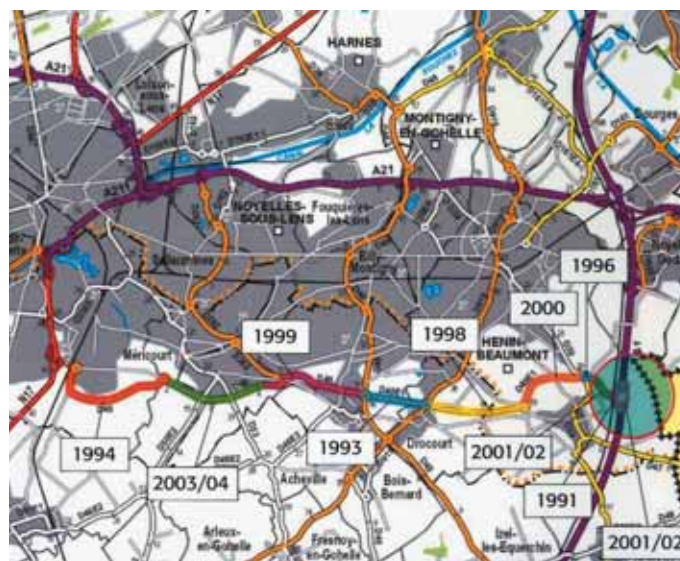


Figure 1
Contexte
Context



Photo 2
Concours maîtrise
d'œuvre. Vue
depuis l'autoroute
Consulting engineer
design competition.
View from the motorway

Photo 3
Remblais généraux
en craie
*Main embankments
of chalk*



Photo 4
Réalisation
des pieux Starsol
*Construction
of Starsol piles*



Photo 5
Culée Terratrel
Terratrel abutment

Photo 6
Assemblage
du tablier
*Assembling
the deck*



Photo 7
Arrière-bec
*Downstream
cutwater*



Les travaux routiers

Les terrassements

Situé en quasi-totalité en remblai, le diffuseur de la RD 40E a nécessité un apport important de matériaux de l'ordre de 90 000 m³, apport constitué par des craies (R 11) issues de la carrière de Pernes en Artois dont la mise en œuvre était relativement sensible aux conditions météorologiques, en particulier du fait de phénomènes de glissement. Les déblais du site constitués essentiellement par des limons ont nécessité un traitement à la chaux à 1,5 % en moyenne, tout comme les arases de terrassement.

Au droit des accroches de bretelle, les terrassements ont été réalisés en deux phases :

- ◆ une première phase jusqu'au nu extérieur des glissières béton existantes, avec mise en œuvre à suivre de la couche de forme granulaire ne nécessitant pas de restriction particulière sur la circulation ;
- ◆ une deuxième phase avec neutralisation de la bande d'arrêt d'urgence pour permettre la reprise structurelle de cette dernière. Cette seconde phase a été menée par bretelle (photo 3).

Les couches de forme

Dans les zones d'accroche, elles ont été réalisées sur une épaisseur de 0,70 m en matériaux granulaires calcaires (R 21) issus des carrières d'Antoing et de la carrière du Milieu à Gaurain, afin de permettre toute la souplesse d'intervention et ainsi de limiter la gêne aux usagers (poussières) dans les sections étroites et contiguës à l'autoroute. Pour le reste, la couche de forme a été réalisée à partir des limons du site et traités chaux, ciment mis en œuvre en deux couches de 0,30 m.

Les assainissements

Le réseau étanche est constitué de bordures dans la zone du giratoire et sur la branche du RD 40E et de caniveaux 20 x 20 coulés en place en arrière des glissières de sécurité sur les bretelles, qui se rejettent dans une cunette enherbée en pied de talus intégrant un film étanche PEHD 15/10 posé sur un géotextile.

Ce dispositif d'étanchéité a également été retenu pour la réalisation des deux bassins tampons assurant l'écrêtement des débits avant rejet dans les collecteurs existants D 800 situés en limite de plate-forme existante. Le maintien de ces collecteurs existants a été assuré par la réalisation de regards déportés positionnant les nouvelles trappes de visite en dehors des voies des nouvelles bretelles.

Les chaussées

Trois types de structure de chaussée ont été mis en œuvre :

- ◆ pour les sections contiguës à l'autoroute : 10 EME2 + 10 EME2 + 4 BBDr sur support PF2, afin

d'assurer la continuité du revêtement en enrobé drainant de la section autoroutière et la continuité de portance de la couche de forme ;

- ◆ pour les sections courantes des bretelles et de la branche de la RD40E : 9 EME2 + 7 EME2 + 2,5 BBTM sur support PF3 ;

- ◆ pour le giratoire : 9 EME2 + 6 EME2 + 8 BBME sur support PF3.

Les matériaux enrobés fournis par la centrale Artois Enrobés ont été réalisés avec des porphyres de la carrière de l'Ermitage pour les couches de roulement, et de calcaire pour les EME.

La réalisation des chaussées au droit des accroches a nécessité la neutralisation de la BAU puis de la voie lente pour la couche de roulement.

Les ouvrages d'art

Les fondations

Les ouvrages sont fondés sur pieux Ø 800 de 15 ml (2 x 4 pieux par culée) ; ceux-ci ont été réalisés par forage à la tarière creuse selon le procédé Starsol adapté à la nature des matériaux présents (craie) (photo 4).

Les murs de culée

Réalisés en massifs renforcés selon le procédé Terratrel, ils ont nécessité une substitution préalable des sols en place sur une hauteur de 1 à 2 m pour s'affranchir d'éventuels problèmes de tassement. Cette substitution a nécessité la mise en œuvre de blindage côté autoroute. La descente de charges des tabliers est assurée par deux poteaux béton fondés sur les pieux Ø 800 et intégrés dans les massifs Terratrel (photo 5).

Les ouvrages métalliques

Construite par l'entreprise Buyck, la structure métallique porteuse des ouvrages a été amenée et montée sur site sur deux plates-formes d'assemblage situées en arrière des culées côté ouest de l'autoroute, ayant nécessité la réalisation de remblais provisoires complémentaires.

Du fait de la longueur des ouvrages (42 m), les poutres latérales courbes ont été livrées en trois parties et assemblées sur site.

Des arrière-becs et des palées avant provisoires ont été également réalisés pour le lancement des deux ouvrages.

Toutes les parties extérieures des ouvrages ont été complètement réalisées avant lancement, ainsi que la mise en place de tôles de coffrage des hourdis béton, équipées de connecteurs, afin de ne générer, une fois les ouvrages en place, aucune contrainte vis-à-vis des usagers de l'autoroute (photo 6).

Le lancement

Cette opération a été réalisée par transfert des ouvrages sur chariots automoteurs asservis nécessitant le renforcement préalable des chemins de



Photo 8
Lancement de nuit

Launching by night

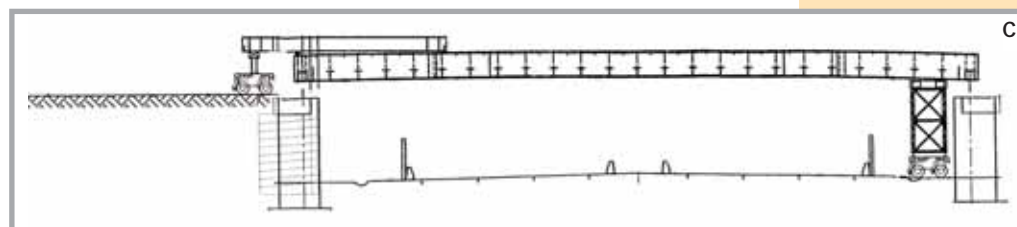
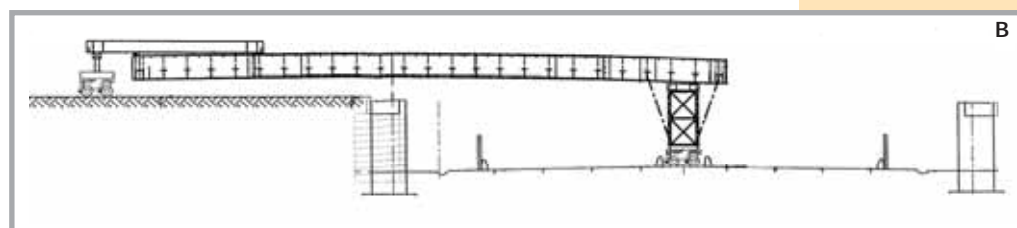
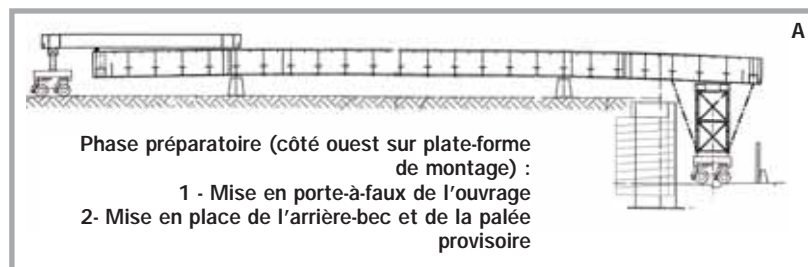


Figure 2
Fiche cinématique de lancement

Launching kinematics sheet

roulement au droit du TPC de l'autoroute.

L'opération initialement envisagée sur plusieurs nuits consécutives avec coupures partielles de l'autoroute a été, en définitive réalisée en une seule nuit, pour des raisons de sécurité, avec coupure complète de l'autoroute. Elle a fait l'objet d'une préparation très minutieuse, tant sur le plan technique que sur le plan de la planification et celui de la coordination de l'ensemble des intervenants. Après lancement des ouvrages et avant mise sur appuis définitifs, les hourdis ont été ferrailés puis bétonnés, et ce sans risque particulier vis-à-vis des usagers de l'autoroute, par mise en œuvre du béton à la pompe (photos 7, 8 et figure 2).

L'éclairage

L'éclairage a été mis en œuvre dans le diffuseur et en section courante au nord du diffuseur, pour assurer la continuité de l'éclairage avec la section adjacente.

Dans le diffuseur, l'éclairage est assuré par des

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Conseil général du Pas de Calais

Maître d'ouvrage délégué

Sanef - Direction de l'Ingénierie, du Développement et de l'Environnement

Maîtrise d'œuvre

Groupeement EEG Simecsol - Cabinet Lavigne (architecte) - Segic sous-traitant (éclairage)

Coordonnateur sécurité

Decta

lampes de 250 W SHP sur candélabres de 10 m espacés de 35 m.

En TPC, l'éclairage est réalisé par des lampes de 400 W SHP pouvant fonctionner par deux ou par quatre en mode renforcé, en cas de conditions défavorables, sur des candélabres de 18 m de hauteur espacés de 65 à 70 m.

Cette disposition qui est la conséquence du pré-équipement existant de la section concernée a nécessité une campagne préalable de validation des massifs en place. Ceux-ci ont été testés en fixant un mât court provisoire sur lequel des efforts dynamiques ont été exercés avec enregistrement des paramètres.

Pour les besoins en alimentation, un poste de transformation 20 kV/5,5 kV a été construit dans l'emprise du diffuseur ; il permet également d'assurer les besoins en énergie de la section préalablement existante au nord au travers d'un poste abaisseur 5,5 kV/3,2 kV.

L'ensemble des interventions en TPC a nécessité la neutralisation d'une ou des deux voies rapides de l'autoroute pour en permettre l'accessibilité et assurer la sécurité des travaux.

Lot	Entreprises	Montant travaux
Lot 1 : Terrassements / Assainissements / Chaussées	Razel Nord EJL sous-traitant	3,60 M€ TTC
Lot 2 : Charpente métallique et lancement	Victor Buyck Steel Construction	1,15 M€ TTC
Lot 3 : Génie civil	S.G.T.N	1,50 M€ TTC
Lot 4 : Equipements - Eclairage	Cegelec / Somaro	1,75 M€ TTC
		8,00 M€ TTC

LES CHIFFRES CLÉS

- Volume de béton : 1 150 m³
- Terrassement : 135 000 m³
- Chaussées : 26 000 m²
- Poids total de la charpente métallique (2 poutres principales + entretoises) : 2 x 215 = 430 tonnes
- Eclairage TPC : environ 2,5 km, soit 33 mâts de 18 m (quatre lanternes par mâts)
- Eclairage des bretelles : 54 mâts de 10 m

Ouvrage

- Courbure : R = 70 m extérieur
- Portée : 42 m
- Largeur totale : 13, 30 m
- Dimension des poutres latérales : 0,80 x 1,65 m ht (épaisseur d'âme maxi 100 mm)
- Fondation des culées sur pieux : 8 pieux Ø 800 m de longueur 15 m par culée soit 480 ml de pieux au total
- Coût y compris barreau du RD40E (entièrement financé par le Conseil général) : 13,8 M euros TTC
- Durée des travaux : 13,5 mois

ABSTRACT

A1 motorway. RD 40E road interchange

Various authors

The A1/RD 40E road interchange, entirely financed by the Pas-de-Calais local government, is managed by Sanef, concession operator of the A1 motorway, which acts as contracting authority.

The plan by consulting engineer EEG Simecsol/Charles Lavigne Architect, selected by a design competition, involves in particular the construction of two composite curved structures without central support. These structures have been designed with load-bearing side girders which enable the deck section to be lowered, so as to reduce the volume of earthworks for the road interchange as a whole. The structures, assembled on site, were "launched" in a single night. This design, and the organisation adopted for the work phase (engineering consultancy and services by the operating staff of the motorway operator), thus made it possible to limit the impact of the work on the users (safety, period of restrictions) and ensure compliance with a work deadline of only 13.5 months between the start of the project and commissioning.

RESUMEN ESPAÑOL

Autopista A1. Enlace de la RD 40E

Autores diversos

El enlace A1 - Enlace RD 40E, totalmente costeado por el Departamento del Pas-de-Calais, está pilotado por la Sanef, concesionaria de la autopista A1, que asume para tal finalidad la tarea de contratante.

El proyecto del ejecutante EEG Simecsol/Charles Lavigne Arquitecto seleccionado a raíz de un concurso, consiste - fundamentalmente - en la ejecución de dos estructuras curvas mixtas, sin apoyo central. La estructura de estas obras (vigas laterales portadoras) se ha diseñado permitiendo rebajar el entramado, con objeto de reducir el volumen de los movimientos de tierras del conjunto del enlace. Ensambladas "in situ" las estructuras se han "lanzadas en una sola noche". Este concepto constructivo, así como la organización implementada para la etapa de las obras

(control por la entidad contratante y servicios operativos del concesionario de la autopista), han permitido, de este modo, limitar el impacto de las obras con respecto a los usuarios (seguridad, duración de las restricciones) y garantizar el respeto de una duración de las obras de, únicamente, trece meses y medio entre la orden de su inicio y la puesta en condiciones de servicio.

Désengorger l'A13

Le tronçon Maison Brûlée - à 2 x 3 voies

La SAPN (Société des Autoroutes Paris Normandie) a choisi le tronçon de 25 km entre Maison Brûlée et Bourneville (Eure) pour inaugurer les travaux d'élargissement de l'autoroute A13 Paris-Caen, point de passage obligé pour les touristes désireux de se rendre sur la côte normande. Cet axe, actuellement à 2 x 2 voies entre Maison Brûlée et Caen est en effet menacé de saturation.

Pour l'exécution des travaux, la SAPN et son maître d'œuvre Scetauroute ont choisi un groupement d'entreprises mené par Le Foll TP (mandataire) pour réaliser un élargissement de la chaussée par l'extérieur dans les deux sens, par la création d'une voie lente et une bande d'arrêt d'urgence.

La principale difficulté du chantier a résidé dans son exigüité, puisque pendant toute la durée des travaux, les deux voies existantes de l'autoroute sont restées ouvertes dans les deux sens. Un soin tout particulier a donc été donné à la planification des travaux, à la coordination des intervenants et bien entendu à la sécurité des travailleurs et des usagers de l'autoroute. Les treize premiers kilomètres du tracé ont été livrés en février 2003, le chantier devant être bouclé en totalité en mai 2003.

■ UN CHANTIER ATTENDU

L'autoroute A13 Paris - Caen est le point de passage obligé entre la capitale et la Normandie. La Société des Autoroutes Paris - Normandie (SAPN) a constaté ces dernières années une hausse de la circulation sur cet axe traditionnellement fréquenté le week-end et à la belle saison par les touristes en visite sur la côte normande. Or, avec plus de 35 000 véhicules par jour en moyenne, l'autoroute, actuellement à 2 x 2 voies entre Maison Brûlée et Caen est menacée de saturation.

La SAPN a choisi le tronçon de 25 km entre Maison Brûlée et Bourneville (Eure) pour inaugurer les travaux d'élargissement sur cette partie de l'A13 et prévoit dans le futur de prolonger la mise à 2 x 3 voies jusqu'à Caen.



Atelier de compactage des enrobés
Asphalt compacting equipment



■ DES VOIES LOURDES

La Société des Autoroutes Paris Normandie (SAPN), et son maître d'œuvre Scetauroute ont donc opté pour un élargissement par l'extérieur de la chaussée dans les deux sens (Paris - Province et Province - Paris), par la création d'une voie lente et d'une bande d'arrêt d'urgence, avec réutilisation des structures de la BAU actuelle.

Cette voie ayant vocation à être empruntée par des poids lourds, l'emploi d'une grave bitume de classe 4 à forte valeur en module de fatigue, recouverte par un enrobé de 7 cm anti-orniérants a été choisi. L'utilisation de ce matériau permet une modération des épaisseurs appliquées.

■ UN MARCHÉ GLOBAL

Le marché comprend la réalisation d'une opération complète, pour un montant de plus de 35 000 000 euros :

- ◆ terrassement : PST, remblais, déblais, couches de forme, merlons acoustiques ;
- ◆ assainissement profond et superficiel ;
- ◆ chaussées ;
- ◆ élargissement des ouvrages d'art ;
- ◆ signalisation horizontale et équipements de sécurité ;
- ◆ éclairage ;
- ◆ signalisation de chantier ;
- ◆ giratoire de la RN 138 à Maison Brûlée.

■ UN GROUPEMENT D'ENTREPRISES

La SAPN a retenu fin 2001 un groupement composé des entreprises Le Foll TP (mandataire), Colas Normandie Ile de France, Guintoli, EIGCC, Eurovia béton et Segex, faisant appel à plusieurs sous-traitants, dont : DTP, Arbex, Techniques Nouvelles, Lensens et Beuzit.

La superposition de travaux de différentes natures dans des délais tendus a rendu nécessaire la mise en place par le groupement d'une cellule de direction, composée de 10 personnes.

Outre sa mission de gestion globale du chantier, dans ses divers aspects (sécurité, qualité, technique, délais...) cette cellule exerce une mission de coordination permanente, en liaison avec les services d'exploitation de la SAPN et de Scetauroute.

en Normandie Bourneville passe

■ UN CHANTIER À FORTES CONTRAINTES

Dès la notification du marché intervenue en décembre 2001, le groupement s'est attaché à surmonter les contraintes imposées par le chantier, les travaux devant s'exécuter dans un espace extrêmement exigü. En effet, pendant toute la durée des travaux, les deux voies existantes de l'autoroute sont restées ouvertes à la circulation, dans les deux sens.

D'où des contraintes particulières en matière d'organisation et de sécurité.

■ UNE PLANIFICATION SANS FAILLE

Organisé simultanément dans les deux sens, le chantier ne comporte qu'une seule voie de desserte, toute circulation devenant impossible dès la mise en place d'un atelier bloquant.

Pour résoudre cette difficulté, les travaux ont été réalisés sous balisage métallique de 12 km glissants, avec les différents ateliers (terrassement, assainissement, chaussée), se suivant à distance.

Ces contraintes ont rendu la phase de préparation du chantier particulièrement importante. Il a donc fallu :

- ◆ définir des boucles de circulation à partir des différents accès autorisés de façon à identifier des zones de travail indépendantes les unes des autres ;
- ◆ définir des méthodes de travail afin de bloquer au minimum la piste de chantier ;
- ◆ exercer un phasage précis des travaux afin de séparer dans le temps les tâches qui entraînent des contraintes fortes sur la circulation dans une même zone (ex : couche de forme et grave bitume).

Pendant la phase travaux, il s'agissait également d'avoir à l'esprit l'ensemble des éléments vus lors de la préparation du chantier pour les appliquer et les adapter en fonction des aléas rencontrés. Ainsi, il a parfois fallu quitter une zone de travaux avec un atelier afin de favoriser l'avancement d'un autre, et réajuster le planning une à deux fois par semaine pour anticiper les éventuelles difficultés.

Cette organisation a permis de réaliser les travaux conformément au planning, en dépit de la configuration du chantier ne permettant pas des cadences journalières élevées, et des mauvaises conditions atmosphériques notamment pendant la première moitié de l'été 2002. Elle a rendu possible l'in-



Mise en œuvre des enrobés

Application of asphalts



Transport des déblais par la voie de desserte

Transporting earth cuts by service road

tervention en simultané de plus de 90 engins et 350 ouvriers.

■ UNE SÉCURITÉ RIGOUREUSE

La réalisation des travaux sous circulation a rendu indispensable de garantir la sécurité des usagers et des intervenants sur chantier. Ainsi, pendant toute la période des travaux d'élargissement, la BAU a été neutralisée dans les deux sens. Seule une voie rapide, interdite aux véhicules de plus de 3,5 t, et une voie lente ont été conservées. La zone travaux, sur 12 km balisés, contiguë à la voie lente, a été isolée de la zone circulée par des séparateurs amovibles T3 en métal et des séparateurs en plas-

► tique lestés. Les zones d'accès au chantier, depuis la voie lente de l'A13 ont fait l'objet d'une signalisation particulière. De même, les chargements et déchargements de matériaux s'opèrent dans les zones neutralisées et isolées des voies de circulation "usagers".

■ LES CHIFFRES

Le chantier a nécessité l'extraction de 400 000 m³ de déblais, dont 300 000 m³ traités à la chaux et mis en remblais, 160 000 m³ de couche de forme, 160 000 t de grave bitume et béton bitumineux, 50 000 m³ de GNT sous BAU, un assainissement de 8 000 mètres linéaires pour les collecteurs, 16 000 mètres linéaires de béton extrudé, près de 3 500 m² d'écrans acoustiques, 24 000 mètres linéaires de séparateurs métal. Une dizaine d'ouvrages d'art ont en outre été dotés d'une BAU d'une largeur minimale de 3 m.

Les treize premiers kilomètres du tracé ont été livrés en février 2003, le chantier devant être bouclé en totalité en mai 2003, conformément aux échéances contractuelles.

ABSTRACT

Relieving congestion on the A13 motorway in Normandy. The Maison Brûlée-Bourneville section goes three-lane dual-carriageway

G. Mutel

The SAPN (Paris-Normandy motorway operating company) chose the 25-km section between Maison Brûlée and Bourneville (Eure region) to inaugurate widening work on the A13 motorway Paris-Caen, which tourists have to pass through to go to the Normandy coast. This is because the road, currently two-lane dual-carriageway between Maison Brûlée and Caen, is threatened with saturation.

To perform the works, the SAPN and its consulting engineer Scetauroute chose a consortium led by Le Foll TP (representative) to perform widening of the pavement on the outside in both directions, by creating a slow lane and a hard shoulder.

The main difficulty of the project was the lack of available space, because throughout the work period, both the existing motorway lanes remained open in both directions. Very special care was therefore taken in planning the works, coordinating those involved in the work and, of course, in ensuring the safety of the workers and motorway users. The first thirteen kilometres of the route were delivered in February 2003, with the project due to be fully completed by May 2003.

RESUMEN ESPAÑOL

Evitar los atascos de la A13, en Normandía. El tramo Maison-Brûlée-Bourneville pasa de 2 a 3 canales de tráfico

G. Mutel

La SAPN (Sociedad de Autopistas París Normandía) ha adoptado el tramo de 25 km entre Maison Brûlée y Bourneville (Eure) para inaugurar las obras de ensanche de la autopista A13 París-Caen, punto de obligado paso para los turistas que desean alcanzar las costas normandas. Este eje, actualmente de 2 x 2 canales de tráfico, entre Maison Brûlée y Caen se encuentra amenazado, efectivamente, de una total saturación. Para la ejecución de estas obras, la

SAPN y su director de proyectos y obras Scetauroute, han seleccionado a un grupo de empresas constructoras encabezado por Le Foll TP (apoderado) para ejecutar el ensanche de la calzada por el exterior, en ambos sentidos, por la creación de un canal para vehículos lentos y un canal de parada de urgencia.

La dificultad principal de las obras consiste en su exigüidad, dado que, durante la duración de las obras, los dos canales existentes de esta autopista han permanecido abiertos al tráfico en ambos sentidos. Se ha puesto un esmero particular en cuanto a la planificación de las obras, así como la coordinación de los participantes y, naturalmente, a la seguridad de los trabajadores y de los usuarios de la autopista. Los trece primeros kilómetros del trazado han sido entregados en febrero de 2003 y las obras deberán quedar terminadas en mayo de 2003.

A29 - Neufchâtel-en-Bray/ Saint-Quentin

Section Amiens/Saint-Quentin Une autoroute à caractéristiques adaptées au trafic attendu

Les autoroutes restant à construire en France sont des axes d'aménagement du territoire à trafic modéré, le plus souvent financés en concession par le péage.

L'adéquation entre le coût d'investissement et d'exploitation, et le faible niveau de trafic passe par la recherche d'économies, sans toutefois remettre en cause les grands principes d'une autoroute.

Le projet d'autoroute A29 entre Amiens et Saint-Quentin a répondu à cette problématique grâce à une réflexion du type analyse de la valeur sur tous les volets :

- caractéristiques géométriques adaptées ;
- équilibre des terrassements sans dépôt ni emprunt ;
- structures de chaussées innovantes valorisant les matériaux locaux et le recyclage ;
- ouvrages d'art économiques ;
- équipement d'exploitation adapté.

Du fait de ces réflexions systématiques, le coût final du projet a pu être maintenu à un niveau particulièrement bas, en cohérence avec les niveaux de trafic.

Les autoroutes de liaison à moyen et fort trafic sont presque toutes réalisées. En complément des axes autoroutiers à fort trafic, le schéma directeur a prévu la réalisation d'autoroutes d'aménagement du territoire à péage et sur lesquelles, le trafic attendu en 2015 est modéré. Ces autoroutes à trafic modéré, le plus souvent financées en concession par le péage, nécessitent une conception et une exploitation adaptées afin de réduire l'investissement initial et les coûts d'exploitation, tout en offrant le niveau de service normalement attendu sur une section autoroutière.

Une nouvelle adéquation entre la conception de l'infrastructure et les besoins à satisfaire (trafic, rapidité, sécurité, confort et économie des déplacements) doit ainsi être trouvée.

Cette adéquation passe par la recherche d'économies ne remettant pas en cause les grands principes d'une autoroute, notamment en matière de sécurité, à savoir : la séparation des trafics, des carrefours dénivelés, des caractéristiques géométriques permettant des vitesses élevées et sur de grandes distances, une facilité de dépassement. Sur la section Amiens/Saint-Quentin de l'autoroute A29, cette adéquation a été recherchée par la Sanef, tout en respectant les caractéristiques essentielles du projet.

Cette adaptation a été un enjeu très fort de la construction de l'A29 section Amiens/Saint-Quentin, et n'a pu être menée à bien que par une im-



Photo 1
Traitement
des limons
Silt treatment

© Scetauroute

plication très forte de tous les intervenants : maître d'ouvrage, maître d'œuvre et entreprises.

■ UNE AUTOROUTE D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

D'une longueur de 63 km, la section Amiens/Saint-Quentin de l'autoroute A29 est divisée en deux tronçons au trafic différencié :

- ◆ entre Amiens et l'autoroute A1 qui assure une continuité du maillage interrégional et international en direction de la Belgique par l'autoroute A1, puis l'autoroute A2 et dont le trafic (TMJA) est, un an

- ▶ après la mise en service, de 9 000 véhicules par jour dont 15 % de poids lourds (PL);
- ◆ entre l'autoroute A1 et Saint-Quentin au trafic de 4 500 véhicules par jour dont 10 % de PL, dont les perspectives d'évolution resteront à l'échelle d'un trafic régional et de l'activité économique du bassin Saint-Quentinois.

Photo 2
Carrière de sable
à proximité du chantier
*Sand quarry close
to the site*



© Sctauroute

Photo 3
Centrale de traitement
du sable
Sand treatment plant



© Sctauroute

Photo 4
Mise en œuvre
de la couche
de sable traité
*Application of the layer
of treated sand*



© Sctauroute

■ ADÉQUATION DES CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

Au démarrage des études d'avant-projet en 1996 et en vue de réduire les coûts, la Sanef a fait, à la Direction des Routes, plusieurs propositions d'aménagement visant à réaliser des économies substantielles. Ces propositions, qui ont fait l'objet d'un avant-projet sommaire modificatif, étaient les suivantes :

- ◆ réduction de la largeur du bloc de gauche formé de la voie rapide et de la BDG à 4 m. Si dans un premier temps il avait été envisagé une répartition 3 + 1, c'est finalement une répartition 3,25 + 0,75 qui a été mise en service ;
- ◆ en TPC, le dispositif de retenue est une DBA, de largeur 0,60 m en pied, ce qui conduit, avec les largeurs de BDG retenues à une largeur de TPC de 2,10 m ;
- ◆ réduction des caractéristiques des BAU revêtues et remplacement par une surlargeur de chaussée de 0,50 m et un accotement stabilisé portant la largeur totale occasionnellement roulable à 2,50 m sur le tronçon Amiens/A1 le plus chargé, notamment pour ce qui est du trafic poids lourds, et à 2,00 m sur le tronçon A1/Saint-Quentin.

La réduction de la largeur de la BAU correspond aux conditions de circulation en vigueur sur de nombreux itinéraires de voies rapides à 2 x 2 voies du réseau Etat et sur lesquels les trafics sont beaucoup plus importants que sur l'autoroute A29.

Outre le fait que la topographie soit peu accidentée, ce qui conduit à moins de dispositifs de retenue latéraux en section courante, les aménagements suivants ont été incorporés : refuges associés aux postes RAU et surlargeurs d'insertion aux accès de service et de secours.

■ ÉQUILIBRE DES TERRASSEMENTS SANS DÉPÔT NI EMPRUNT

Au stade de la conception, le projet a été optimisé en valorisant au maximum les matériaux du site (traitement des limons et des craies) pour des réemplois en couche de forme, partie supérieure des terrassements, blocs techniques des ouvrages d'art. Plusieurs scénarios de mouvement des terres ont été étudiés afin de parfaitement maîtriser les aléas de ce type de chantier (géotechnique, météorologie, coefficient de rendement des matériaux...) conduisant à un équilibre. Cet équilibre étant obtenu pour chaque scénario, par adaptation du projet (modification du profil en long, surlargeur de certains déblais) et non par recours au dépôt ou à l'emprunt qui aurait été d'un coût plus élevé. Par ailleurs, pour la consultation portant sur la réalisation des terrassements, deux profils en long ont

été mis en concurrence en fonction de l'épaisseur de la structure de chaussée (voir infra).

Enfin, pendant le chantier, l'optimisation a été poursuivie et le profil en long a été modifié sur 10 km pour tenir compte d'un coefficient de rendement de matériau des limons différent de l'hypothèse de base.

Cette optimisation n'a pu se faire que grâce à une très grande réactivité des entreprises de terrassement et une très bonne coordination entreprise/maitre d'œuvre/maitre d'ouvrage pour la prise de décision dans les modifications du projet.

■ DES STRUCTURES DE CHAUSSÉES INNOVANTES

Dans une région mal pourvue en matériaux nobles pour chaussées (roches massives en général), la recherche d'économie dans la construction des chaussées d'une autoroute passe par l'utilisation des matériaux locaux.

Dans cette optique, les études préliminaires ont identifié deux sources potentielles de matériaux :

- ◆ des sables grès ou fauves du Thanétière ;
- ◆ les limons des plateaux.

Et les performances de ces matériaux ont pu être évaluées sur des planches d'essai réalisées en 1996 sur l'autoroute A16 entre Amiens et Abbeville.

Pour chacun des deux tronçons de la section Amiens/Saint-Quentin différentes structures de chaussées ont été proposées au dossier de consultation des entreprises correspondant à des stratégies de dimensionnement et d'entretien différents.

Pour le tronçon Amiens/A1

Le choix entre structures classiques et structures réduites a tenu compte de coûts des différents scénarios d'entretien et de l'investissement initial. Cinq scénarios ont été mis en concurrence en prenant en compte le couple terrassement-chaussées : trois structures classiques et deux structures réduites. Pour ne pas fausser le jugement des offres, le coût des scénarios d'entretien des structures réduites a été inclus dans la comparaison financière des offres.

La structure finalement retenue a été la structure réduite suivante : 8 cm béton bitumineux (BB)/2 cm anti-fissures/40 cm de sable traité aux liants hydrauliques (SH).

Des rechargements sont prévus à moyen terme (estimation : 30 % du linéaire à recharger après 4 ans par 4 cm de BB, le reste après 9 ans par 6 cm de BB). Pour cette raison, le dispositif de sécurité en TPC (DBA) a une hauteur de talon maximale. Plusieurs difficultés ont caractérisé la mise en œuvre de cette structure.

Sur 40 cm les compacités fond de couche ont été



Photo 5
Cloutage
et humidification

*Chipping
and moistening*

© Sceltauroute



Photo 6
Caractéristiques
géométriques réduites
et ouvrage courant
économique

*Reduced-scale geometric
characteristics
and economical
continuous structure*

© Sceltauroute - E. Besnard

difficiles à obtenir et ont exigé la mise en place d'un contrôle continu.

Un article a déjà été publié dans *Travaux* sur cette technique innovante (n° 776 - juin 2001 - pages 34 à 39).

Pour l'anti-fissure, le choix s'est porté sur un sable bitume en 2 cm d'épaisseur plutôt que sur des formules de type géogrille. Des difficultés sont apparues aux reprises de mise en œuvre de la couche de roulement, l'anti-fissure étant parfois arraché en même temps que le sifflet de raccordement de la couche de BB.

Pour le tronçon A1/Saint-Quentin

L'appel d'offres "chaussées" prévoyait trois solutions :

- ◆ deux solutions avec des structures classiques sur plate-forme PF4 :
 - 1) BBr 0/14 (ép. 7 cm)/GB 0/14 (ép. 10 cm),
 - 2) BBr 0/14 (ép. 7 cm)/GB 0/14 (ép. 8 cm)/GNTB 0/14 (ép. 10 cm) ;

- ◆ une solution avec une structure innovante sur plate-forme PF2 : BBm 0/10 (ép. 4 cm)/BBr 0/14 (ép. 6 cm)/sable traité en centrale (ép. 40 cm).

Pour les structures classiques, la plate-forme PF4 est obtenue avec une couche de forme de 0,35 m d'épaisseur en limons traités en centrale

Photo 7
Viaduc de la Somme
à 2 x 1 voie

*Viaduct over the Somme,
one-lane dual-carriageway*



© Scetauroute - E. Besnard

LES PRINCIPAUX
INTERVENANTS

Tronçon Amiens/A1

Maître d'ouvrage

Sanef

Maître d'œuvre "Etudes"

Scetauroute

Maître d'œuvre "Travaux"

Scetauroute

Terrassements

Guintoli

Ouvrages d'art

Groupement Quille - Norpac

Chaussées

Routière Morin

Tronçon A1/Saint-Quentin

Maître d'ouvrage

Sanef

Maître d'œuvre "Etudes"

Setec

Maître d'œuvre "Travaux"

Scetauroute

Terrassements

Groupement Fougerolle Ballot - Tinel - Stag

Ouvrages d'art

Groupement Norpac - Quille

Chaussées

Groupement Appia Grands Travaux - Appia Somme

Viaduc de la Somme

Groupement Demathieu & Bard - Baudin Chateauneuf

à la chaux et au ciment, réalisée dans le cadre des travaux de terrassement-assainissement. Pour ces solutions, le profil en long du projet est le même pour les deux structures.

Pour la structure innovante, la plate-forme PF2 est obtenue par le traitement de la partie supérieure des terrassements (PST) réalisée dans le cadre des travaux de terrassement-assainissement. Cette solution ne comporte pas de couche de forme, la structure de chaussée étant mise en œuvre directement sur la PST. Pour cette solution, le profil en long du projet est différent de celui des structures classiques.

La solution retenue à l'issue de ces consultations a finalement été la structure classique suivante : 7 cm béton bitumineux (BB)/10 cm grave bitume (GB) sur plate-forme PF4.

Cette structure très classique n'a pas posé de problème particulier de mise en œuvre. Toutefois, en raison des contraintes météorologiques et pour respecter les délais d'exécution, il a été décidé de réaliser, sur certaines zones, la couche de forme par traitement en place (au lieu d'un traitement en centrale) ce qui n'a permis d'obtenir qu'une plate-forme de classe PF3.

Le traitement en place porte sur une couche de limons traités de 33 cm d'épaisseur après compactage, traitée à la chaux et au liant routier.

En conséquence, la structure de chaussée a été adaptée en portant de 10 à 12 cm la couche de fondation en GB 0/14.

■ UTILISATION DES FRAISATS
PROVENANT DES ENROBÉS
DRAINANTS DE L'AUTOROUTE
A1

Sur le tronçon Amiens/A1, l'entreprise Routière Morin avait en stock des fraisats provenant d'une réfection de chaussées de l'autoroute A1. Elle a proposé d'utiliser ces matériaux dans les accotements. La seule préoccupation avant d'accepter cette disposition a été environnementale. Des essais de lixiviation ont permis de vérifier que cette variante ne risquait pas d'entraîner une pollution des nappes souterraines.

Sur le tronçon A1/Saint-Quentin, l'entreprise Appia

Grands Travaux ayant gagné dans le même temps un marché de réfection de couche de roulement de l'autoroute A1 a proposé d'utiliser les fraisats dans la grave bitume, à hauteur de 40 %.

Cette variante a donné d'excellents résultats. Et une expérimentation d'utilisation de fraisats dans le BB de la couche de roulement a également été menée et fait l'objet d'un protocole entre l'ASFA (Association des sociétés d'autoroute et d'ouvrages à péage), la Sanef et Appia Grands Travaux.

■ DES OUVRAGES D'ART
ÉCONOMIQUES

Ouvrages d'art courants

Les économies de surface de tabliers résultent directement du profil en travers réduit de l'autoroute comme cela a été indiqué ci-dessus.

Mais en plus, les portées réduites des passages supérieurs (PS) ont permis d'envisager des solutions béton armé. Le dossier de consultation des entreprises prévoyait donc pour tous les PS, une double solution béton armé et béton précontraint. Sur le tronçon Amiens/autoroute A1, c'est la solution PS quatre travées béton armé qui a donné l'offre la plus économique.

En contrepartie, les délais plus importants de décoffrage (21 jours au lieu de 10) ont entraîné des contraintes lourdes de coordination entre l'entreprise chargée des terrassements et celle en charge des ouvrages d'art. De ce fait, l'économie initiale de la solution béton armé a été en grande partie perdue par les surcoûts dus aux interfaces.

Sur le tronçon autoroute A1/Saint-Quentin, compte tenu des contraintes de fondation, la solution quatre travées béton armé était déjà d'un coût plus élevé que la solution deux travées béton précontraint.

Viaduc sur la Somme

Pour franchir la Somme, une zone marécageuse, un canal et une route départementale, un ouvrage de 460 m de long a été conçu par l'architecte Alain Spielmann.

Plusieurs solutions de franchissement ont été étudiées avec des structures et des travées de portées différentes. L'appel d'offres avec variantes a confirmé que la solution de base, à savoir un tablier à ossature mixte et des portées courantes de l'ordre de 45 à 50 m selon les contraintes, était la solution optimale tant en coûts qu'en délais.

Compte tenu du trafic attendu, le viaduc sur la Somme a été construit, en première phase, à 2 x 1 voie avec un séparateur central DBA.

Pour une surface brute de tablier de 6 990 m², le montant du marché, base décembre 1998, était de 39 MF HT (5,95 M€), soit un coût de 5 581 F/m²



© Sceltauroute - E. Besnard

Photo 8
Aire de service couplée à une gare sur diffuseur
Service area coupled with a station on road interchange

(851 €) brut pour l'ensemble, dont 3 300 F/m²
(503 €) pour le seul tablier.

■ DES ÉQUIPEMENTS D'EXPLOITATION ADAPTÉS

Les aires de repos et de services ont été jumelées avec les diffuseurs. Ceci a été rendu possible par le faible trafic attendu sur ces diffuseurs.

Ce jumelage réduit :

- ◆ les emprises : les plans masses étant plus compacts ;
- ◆ les bretelles de raccordement à l'autoroute et l'ensemble des voiries ;
- ◆ les frais de raccordement aux réseaux ;
- ◆ les frais de signalisation.

En contrepartie, l'exiguïté de ces installations a entraîné de fortes contraintes de cohabitation des entreprises dans ce secteur.

Par ailleurs, les gares de péage sur diffuseur ayant un faible trafic attendu, le coût d'exploitation d'une gare classique avec du personnel en 3 x 8 aurait été démesuré en comparaison des recettes du péage. La Sanef a donc développé un système entièrement automatique acceptant, outre le TI et les cartes magnétiques, le paiement en espèces ou par chèque sur une borne de prépaiement. Une supervision à distance permet toutes les opérations d'exploitation courante depuis une gare principale.

■ RÉSULTATS

L'ensemble de ces mesures a permis d'avoir un coût de construction réduit, tout à fait adapté aux conditions de trafic :

- ◆ sur le tronçon Amiens/autoroute A1 (33 km) ;

150 M€ TTC soit 4,55 M€/km TTC (30 MF TTC/km) ;

- ◆ sur le tronçon autoroute A1/Saint-Quentin (30 km) ;

120 M€ TTC soit 4 M€/km TTC (26,2 MF TTC/km)
(valeurs base janvier 1999).

ABSTRACT

A29 Motorway, Neufchâtel-en-Bray/Saint-Quentin. Amiens/Saint-Quentin section

A motorway with characteristics adapted to the expected traffic

D. Demeilliers, A. de Penfentenyo

The motorways remaining to be built in France are national development trunk roads carrying moderate traffic, usually financed by a concession arrangement with the toll operator.

For capital expenditure and operating costs to be covered by the low level of traffic, savings must be looked for, although without bringing into question the major principles of a motorway.

The A29 motorway project between Amiens and Saint-Quentin provided an answer to this problem through a value analysis type review of all aspects :

- Appropriate geometric characteristics ;
- Balanced earthworks with neither earth deposition nor borrowing ;
- Innovative roadway structures exploiting local materials and recycling ;
- Economical civil engineering structures ;
- Suitable operating equipment.

Due to these systematic reviews, the final cost of the project was able to be kept at a particularly low level, consistent with the traffic levels.

RESUMEN ESPAÑOL

Autopista A29 Neufchâtel-en-Bray/Saint-Quentin.

Sección Amiens/Saint-Quentin

Una autopista de características adaptadas al tráfico esperado

D. Demeilliers y A. de Penfentenyo

Las autopistas que quedan por construir en Francia constituyen otros tantos ejes de ordenación del territorio, cuyo tráfico es moderado, y en la mayor parte de los casos financiados en concesión por el peaje.

La adecuación entre el coste de inversión y de operación, así como su bajo nivel de tráfico, precisa la investigación de ahorros, sin, de todos modos,

poner en tela de juicio los grandes principios de una autopista.

El proyecto de autopista A29, entre Amiens y Saint-Quentin ha respondido a esta problemática, debido a una reflexión inicial del tipo análisis del valor en todos sus aspectos :

- características geométricas adaptadas ;
- equilibrio de los movimientos de tierras, sin depósito ni empréstito ;
- estructuras innovadoras de los pavimentos, para aprovechar los materiales locales y el reciclado ;
- grandes estructuras económicas ;
- equipos operativos adaptados.

Debido a semejantes reflexiones metódicas, el coste final del proyecto se ha podido mantener a un nivel particularmente bajo, guardando siempre la debida coherencia con los niveles de tráfico rodado.

L'augmentation des exigences en matière de protection de l'environnement pour la construction d'infrastructure, demande aujourd'hui une grande réactivité et une réelle efficacité de la part des acteurs de la construction.

Pour répondre à ces exigences, le partenariat entre la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre et l'entreprise est primordial pour être pertinent et concluant.

Cet article décrit l'organisation et les responsabilités de ces trois partenaires sur deux ouvrages autoroutiers, A20 entre Cahors et Souillac et A66 entre Toulouse et Pamiers. L'entreprise GTM Terrassement a ainsi été récompensée deux fois en 2002 par la maîtrise d'ouvrage ASF, pour A66 et A20 et s'est vu attribuer à cette occasion, le label construction "Sécurité et Environnement".

Prise en compte des exigences sur les projets de construction

Partenariat entre maîtrise d'ouvrage, sur deux chantiers autoroutiers : A20

Le point
de vue
de la
maîtrise
d'ouvrage
et de la
maîtrise
d'œuvre

Aujourd'hui dans la construction autoroutière, pour répondre aux exigences réglementaires et éthiques, il faut une organisation de l'ensemble des intervenants de plus en plus complète et un partenariat entre les trois parties prenantes que sont la maîtrise d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'entreprise afin de réaliser le projet dans les meilleures conditions et dans le respect de l'environnement naturel et humain.

■ L'ORGANISATION DU MAÎTRE D'OUVRAGE ET DU MAÎTRE D'ŒUVRE

La volonté du maître d'ouvrage

Depuis plus de quarante ans maintenant, ASF a fait le pari de faire découvrir les paysages de France sans les dénaturer. Dans la suite logique de ce programme ambitieux, ASF a mis en place une politique environnementale volontariste pour préserver l'environnement sans le figer, tout en respectant les riverains et les ouvriers, puis la sécurité des usagers.

Fort du retour d'expériences sur ses différents chantiers et son réseau déjà en service, ASF a mis au point un cahier des charges de respect de l'environnement vis-à-vis des entreprises travaillant à la construction de ses autoroutes. L'application stricte de ces plans de respect de l'environnement mais aussi l'ingéniosité la motivation et la réactivité de chacun des acteurs du chantier, ingrédients indispensables à la concrétisation d'une politique générale de protection de l'environnement méritaient d'être reconnues. C'est pourquoi la mise en place d'un "Label construction ASF environnement et sécurité" a été décidée pour distinguer, pour une opération donnée, les entreprises ayant fait preuve d'une forte implication, d'une bonne organisation et de bons résultats.

La transcription contractuelle des exigences environnementales

Ces différents engagements touchent l'organisation, la conception et la réalisation et sont repris tout au long de la chaîne de "production" de l'ouvrage. Dans son plan d'assurance qualité approuvé par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre, engagé pour ses compétences techniques, décrit notamment son organisation pour pouvoir conseiller, le maître d'ouvrage, concevoir, faire réaliser et suivre

environnementales autoroutière

maîtrise d'œuvre et entreprise et A66

les dispositifs de protection de l'environnement. ASF a désigné Scetauroute comme maître d'œuvre des autoroutes A20 et A66 ; Scetauroute est certifié ISO 9001 et 14001, notamment compte tenu du système de management environnemental de projet qui a été mis en place pour répondre aux exigences des maîtres d'ouvrage des grands projets d'infrastructures.

Ce système de management environnemental porte sur la phase de conception et de réalisation ; il intègre notamment, dès le niveau de la conception, les impacts de chantier sur l'environnement. A ce stade, le choix de modes opératoires, de solutions techniques ou de dispositions impactant sur l'organisation globale du chantier (ex : accès de chantier, etc.) permet de réduire ou de supprimer les risques d'impacts environnementaux lors des travaux.

Les pièces contractuelles des cahiers des charges des entreprises permettent de mettre en place :

- ◆ une organisation générale du chantier ;
- ◆ des prescriptions particulières (repreuant notamment l'ensemble des engagements réglementaires du maître d'ouvrage) ;
- ◆ l'organisation de moyens de contrôle et de suivi (exemple : mesures d'analyses d'eau, mesures de bruit et vibrations, etc.) ;
- ◆ des motivations financières (prix spécifiques, pénalités pour non respect des prescriptions, etc.) ;
- ◆ le cadre des plans de respect de l'environnement, établi par l'entreprise, qui précise dans le détail les moyens mis en œuvre par l'entreprise pour le respect des clauses contractuelles comprenant notamment : des modèles de fiches par tâches élémentaires impactant sur l'environnement, des fiches de suivi et des fiches d'anomalie (à remplir par le responsable environnement de l'entreprise), des fiches de points d'arrêt, etc. ;
- ◆ l'ensemble des documents à produire durant la période de préparation : plans de respect de l'environnement, plans de déboisement, plans des installations de chantier, schéma d'élimination des déchets, plan d'intervention en cas de pollution accidentelle, etc.

Le cahier des charges précise également les relations entre les différents intervenants et le rôle de chacun : le maître d'œuvre, le chargé de mission environnement de l'entreprise, le contrôle extérieur environnement éventuel (sur A66 Toulouse Pamiers, il s'agissait d'une mission supplémentaire du conseiller en prévention, sur A20 entre Cahors Nord et Souillac d'une mission spécifique confiée à un bureau d'études spécialisé en environnement). La

démarche implique ainsi tous les maillons décisionnels et opérationnels permettant la mobilisation "en temps réel" des compétences de chacun.

Contrôle extérieur et suivi des travaux

Des réunions de chantier sont régulièrement tenues entre la maîtrise d'œuvre et les entreprises et comportent systématiquement un chapitre sur la protection de l'environnement. Elles sont complétées par des réunions plus spécifiques, doublées de visites d'experts en environnement de l'entreprise et du maître d'œuvre et du contrôle extérieur mandaté par le maître d'ouvrage.

Le cahier de chantier tenu par le chargé environnement de l'entreprise, la mission de contrôle extérieur en environnement, les réponses apportées au coup par coup aux problèmes du chantier et les fiches de points d'arrêt particuliers constituent ainsi une solide base d'information. Elles sont complétées par des visites de chantier plus formelles diligentées par les administrations commissionnées par les différents ministères, la mission de contrôle des autoroutes ou les représentations locales, parfois dans le cadre du contrôle intégré de procédures comme les directions régionales de l'environnement (DIREN) les missions inter-services de l'eau (MISE) ou le conseil supérieur de la pêche (CSP) pour la loi sur l'eau.

Fabienne Beaudu
Autoroutes du Sud de la France (ASF)

Gilles Habasque
Scetauroute

Fabienne Beaudu
INGÉNIEUR PRÉVENTION
DES RISQUES
Autoroutes du Sud de la France (ASF)

Gilles Habasque
CHARGÉ DE MISSION
ENVIRONNEMENT
Scetauroute

Eric Mazières
ANIMATEUR
ENVIRONNEMENT
GTM Terrassement



Le point de vue de l'entrepreneur

Photo 1
Bassin de décantation
équipé d'un filtre
à fines (A66 T1)
*Settling pond equipped
with a fines filter
(A66 T1)*



© GTM Terrassement - E. Mazières

Cette organisation de l'entreprise et de sa filiale, GTM Terrassement, permet une grande réactivité sur les chantiers et met à disposition des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre, un réseau de compétences diversifiées dans le domaine de l'environnement afin de mieux prendre en compte les exigences locales.

L'organisation suivante est déclinée sur l'ensemble des chantiers afin de répondre au mieux aux exigences des marchés et d'animer un réseau de spécialistes de l'environnement capables d'intervenir immédiatement en relation avec la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre.

Prise en compte de l'environnement

L'organisation de la prise en compte de l'environnement à GTM Construction est explicitée sur la figure 1.

La réponse à l'appel d'offres

Dès la réponse à l'appel d'offres, l'entreprise a présenté son organisation en matière de protection de l'environnement, les moyens et les dispositions particulières qui seront pris pendant les travaux. Ce point est détaillé dans le Schéma organisationnel du plan de respect de l'environnement (SOPRE) remis dans l'offre.

Cette démarche prévue dans le dossier de consultation de l'entreprise est une obligation. Elle permet au maître d'œuvre et au maître d'ouvrage de juger l'offre avec le maximum d'éléments concernant la réalisation des travaux. Ce point est un critère d'importance croissante de choix de l'entreprise.

L'organisation des travaux en environnement : PRE

Lors de la préparation des travaux, l'entrepreneur réalise un plan de respect de l'environnement qui est la continuité du SOPRE, dans lequel il précise en plus les sites sensibles et les particularités du chantier avec les dispositions qui seront mises en œuvre pendant les travaux.

Ces dispositions sont décidées en collaboration avec le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre afin de vérifier le respect des engagements du maître ouvrage vis-à-vis des riverains, collectivités locales et services de l'Etat.

Ce PRE est ensuite vérifié par le maître d'œuvre et

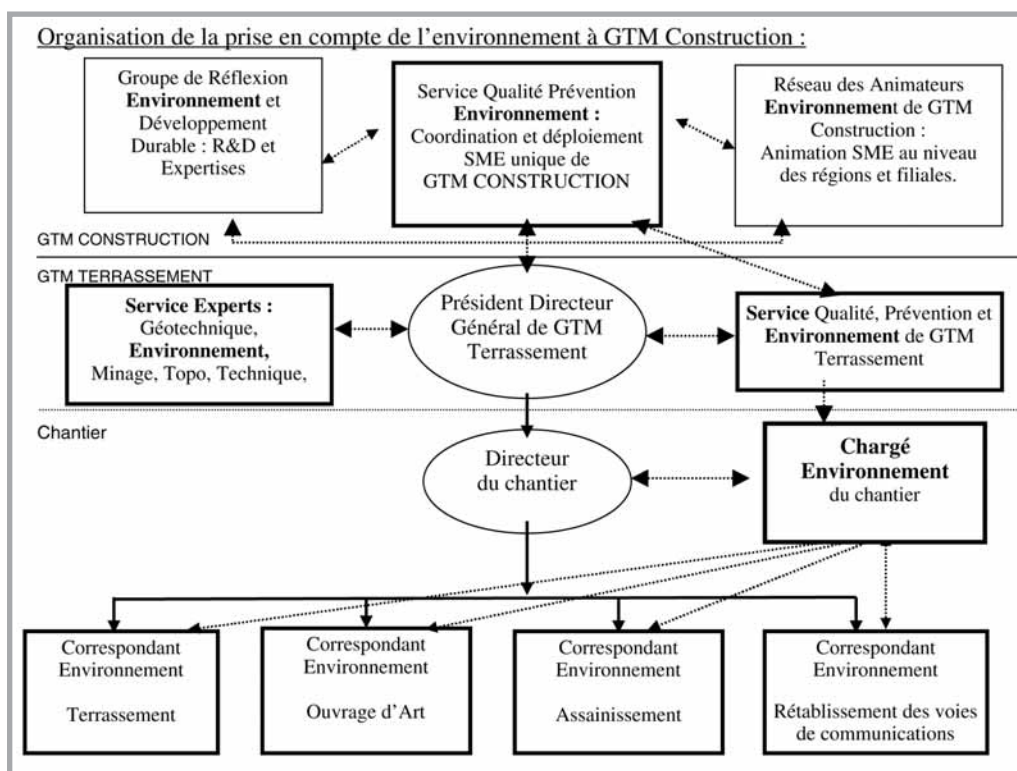


Figure 1
Organisation du système de management environnemental de l'entreprise

Organisation of the company's environmental management system

LES ENGAGEMENTS DE L'ENTREPRENEUR

Afin de répondre aux demandes croissantes et légitimes des parties intéressées (riverains, collectivités locales...), l'entreprise GTM Construction a mis en place une organisation en matière de management environnemental depuis plusieurs années, ayant abouti en 2000, par la certification de son Système de management environnement (SME) selon le référentiel ISO 14001.

le maître d'ouvrage qui le valident avant le démarrage des travaux.

Pendant toute la durée des travaux, le PRE évolue et est complété au fur et à mesure du déroulement des activités.

Avant chaque tâche spécifique (déboisement, décapage, dérivation d'un cours d'eau, traitement des sols aux liants hydrauliques, terrassement à l'explosif...) une procédure descriptive environnement est réalisée afin de décrire les précautions particulières au site pour chaque phase. Dans ces procédures sont définis aussi les contrôles qui sont réalisés pour vérifier la bonne application des consignes.

Les contrôles de chaque phase sont réalisés par l'entrepreneur et vérifiés par le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage par des visites de chantier régulières et des vérifications des résultats des analyses ou autres.

■ ORIGINALITÉS SUR LES DEUX CHANTIERS AYANT OBTENU LE LABEL

Des dispositions ou protections très particulières ont été mises en place par GTM Terrassement sur les deux chantiers autoroutiers : A20 TOARC 3.3 entre Cahors nord et Souillac et A66 TOARC 1 entre Toulouse et Pamiers.

Les quelques exemples qui suivent montrent le résultat du partenariat entre le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'entreprise pour la mise en œuvre de dispositions de protection de l'environnement spécifiques qui ont été acceptées par les parties intéressées, ayant permis de diminuer les nuisances autour des travaux.

Traitement des eaux de ruissellement avant rejet vers milieu naturel

Pour la construction d'une autoroute, les emprises décapées sont particulièrement conséquentes, ce qui par pluies importantes peut provoquer un notable transport de fines vers les écoulements naturels et cours d'eau et donc provoquer un ensablement de ceux-ci.

Pour diminuer ce phénomène, il est normalement prévu de réaliser tout au long du tracé des bassins de décantation provisoires afin de traiter les eaux de ruissellement du chantier avant de les rejeter dans le milieu naturel (photo 1).

A noter qu'un système original de filtration des eaux a été ajouté à la suite des bassins de décantation afin d'augmenter l'efficacité de ceux-ci.

Ce système consiste en un morceau de géotextile tissé de maille inférieure à 500 µm, fixé sur un cadre en bois qui est incrusté dans le fossé exutoire du bassin (photo 2).



Photo 2
Filtre à fines
pour filtration des eaux
de ruissellement
*Fines filter for filtration
of runoff water*



Photos 3 et 4
Toile de jute en protection de berge de l'A66
(A66 T1)

Jute canvas protecting the bank of the A66 (A66 T1)



GTM Terrassement - E. Mazières

A66 T1 - Protection des cours d'eau : technique végétale

Lors des dérivations des cours d'eau, les berges sont protégées par un géotextile en toile de jute afin de limiter l'érosion des talus dans un premier temps et de favoriser la reprise de la végétation dans un second temps.

Cette technique appelée génie-végétal est de plus en plus utilisée aujourd'hui en remplacement des enrochements bruts qui sont difficilement recolonisés par la végétation et donc moins respectueux de la morphologie du cours d'eau d'origine (photos 3 et 4).

A66 T1 - Protection des riverains par limitation des nuisances

Pour la réalisation des bases de remblai et de la couche de forme de l'A66 T1, les matériaux provenaient d'un emprunt situé au bord de l'Hers Vif en rive gauche alors que le chantier se trouve en rive droite.

Afin d'éviter la traversée de plusieurs villages par des batteries de semi-remorques pour transporter ces matériaux depuis l'emprunt jusqu'au chantier, l'entreprise GTM a choisi l'option de mettre en place un pont provisoire sur l'Hers Vif.

L'entreprise avec le concours de la Mission Inter

Photo 5
Pont provisoire
sur l'Hers Vif (A66 T1)
*Temporary bridge
over the Hers Vif (A66 T1)*



© ASF - P. Ducos

Photo 6
Kit antipollution distribué
à tous les chefs d'équipe
et chefs de chantier
(tous chantiers)
*Pollution control kit
distributed
to all the team leaders
and site managers
(all sites)*



© GTM Terrassement - E. Mazières

Photo 7
Mise en œuvre
du kit antipollution
sous une décapeuse
retournée (A66 T1)
*Application
of the pollution control
kit under an overturned
scraper (A66 T1)*



© GTM Terrassement - E. Mazières



Photo 8
Démontage de plaques d'amiante-ciment
par une équipe spécialisée (A66 T1)
*Dismantling of asbestos-cement
slabs by a specialist
team (A66 T1)*

la fuite afin de récupérer le maximum de produits. Ensuite, les produits pollués sont récupérés par le service d'entretien qui vient réparer l'engin, qui les évacue vers les installations principales. Enfin la zone est nettoyée et les éventuelles terres polluées sont récupérées et évacuées vers les installations afin d'être traitées (photos 6 et 7).



Service de l'Eau de l'Ariège, a déposé en Préfecture, au titre de la loi sur l'eau, un dossier de déclaration qui autorisa l'implantation de ce pont pour une durée d'un an environ. A la fin des travaux, le pont a été démonté et les berges de l'Hers Vif ont été remises en état et engazonnées en collaboration avec les services de l'Etat (MISE) afin de rendre à la zone son aspect d'origine (photo 5).

A20 et A66 - Limitation des risques de pollutions

Mise en place d'un plan d'intervention en cas de pollution par hydrocarbures pour l'ensemble des intervenants sur le chantier. Pour respecter cette procédure des kits d'intervention rapide antipollution sont distribués dans les véhicules d'encadrement.

Lors d'un incident sur le chantier, ce kit composé d'un bac et de produits absorbants d'hydrocarbures est déployé par le chef de chantier de la zone, sous

A66 T1 - Désamiantage d'un bâtiment agricole

Lors du dégagement des emprises, des bâtiments agricoles ont dû être démolis et les déchets évacués.

En collaboration avec le maître d'ouvrage, l'entreprise a fait réaliser sur tous ces bâtiments un diagnostic amiante pour évaluer les zones à risque. L'entreprise Delair-Navarra est ensuite intervenue sur le site après obtention des autorisations de désamiantage à la Préfecture, pour démonter les toitures d'amiante-ciment et les évacuer en décharge de classe 1 avec un bordereau de suivi des déchets industriels (photo 8).

A20 T3.3 - Protection d'une station botanique sensible d'hélianthèmes

Pendant la phase travaux en attente du transfert des plantes par le Conservatoire national botanique



Photo 9
Film
de protection de
la station botanique
d'hélianthes
(A20 T3.3)
Protective film
for the botanical
station
for rock-roses
(A20 T3.3)

© GTM Terrassement - E. Mazières

de Porquerolles, mandaté par le Parc naturel régional des Causses du Quercy et ASF, une protection a été réalisée au moyen d'un filet de protection brise vent (4 m de hauteur) et poussières. Adaptation du planning travaux pour intégrer cette zone. Protection par filet brise vue et vent d'un couloir d'évolution de papillons protégés. Une station entomologique exceptionnelle (plus de 89 espèces de papillons diurnes recensées sur 2 ha) a nécessité en travaux, la mise en place de filet de protection anti-poussière et d'isolement pour préserver le site (photo 9).

A66 T1 - Attention particulière pour la lutte contre les émissions de poussières

Pour réutiliser les matériaux sensibles à l'eau en remblai, il faut les traiter à la chaux. Cette phase est particulièrement risquée vis-à-vis de l'homme et plus généralement de l'environnement car la chaux vive est un produit très corrosif. Afin de limiter l'envol des poussières de chaux pendant les opérations de transfert du camion vers l'épandeur, l'entreprise a choisi de mettre en place un ballon accouplé à l'évent de l'épandeur afin de filtrer l'air avant rejet. Ce dispositif, léger donc facilement utilisable partout sur le chantier, permet de limiter les poussières. Sur les sites fixes de stockage de la chaux, un système de fosse à évent couvert de géotextile a été nécessaire car les volumes de transfert étaient plus importants (photo 10).



© GTM Terrassement - E. Mazières

Photo 10
Ballon de filtration
des événements d'épandeurs
à chaux (A66 T1)
Filtration flask for lime
spreader vents (A66 T1)

Eric Mazières
 ANIMATEUR ENVIRONNEMENT
 GTM Terrassement

ABSTRACT

Allowance for environmental requirements in motorway construction projects
 Partnership between contracting authority, project management and the contractor on two motorway projects : the A20 and A66

F. Beaudu, G. Habasque, E. Mazières

With increasing demands in the area of environmental protection for infrastructure construction, great reactivity and real efficiency is now required of players in the construction industry. To meet these requirements, partnership between contracting authority, project management and the contractor is essential to obtain appropriate, convincing services.

This article describes the organisation and responsibilities of these three partners on two motorway structures, the A20 between Cahors and Souillac and the A66 between Toulouse and Pamiers. The contractor GTM Terrassement was thus granted awards twice in 2002 by the contracting authority ASF, for the A66 and A20 motorways, and on these occasions was awarded the "Safety and Environment" construction label.

RESUMEN ESPAÑOL

Introducción del factor de los requerimientos medioambientales en los proyectos de construcción de autopistas
 Asociación entre el contratante, el responsable técnico del proyecto y la empresa constructora de las dos obras de autopista : A20 y A66

F. Beaudu, G. Habasque y E. Mazières

El aumento de los requerimientos en el aspecto de la protección del medio ambiente al tratarse de la construcción de infraestructuras, requiere actualmente una gran reactividad y una eficacia efectiva por parte de los protagonistas de la construcción.

Para responder a semejantes requerimientos, la asociación entre el contratante, el responsable técnico del proyecto y la empresa constructora es primordial para actuar de forma pertinente y concluyente.

Se describe en el presente artículo la organización y las responsabilidades de estos tres participantes en dos estructuras de autopistas, A20 entre Cahors y Souillac y A66 entre Toulouse y Pamiers. La empresa constructora GTM Terrassement se ha visto así recompensada dos veces en 2002, por la ejecución de estructuras ASF, para A66 y A20, y con este motivo se ha hecho merecedora de la marca distintiva (label) construcción "Seguridad y Medio Ambiente".

Mise à 2 x 2 voies de routier pas tout à fait

La mise à 2 x 2 voies de la RN 21 au sud de Tarbes, au pied des Pyrénées, est un projet routier pas tout à fait comme les autres. Le pari : construire une route discrète, en travaillant sur un chantier mesuré pour réussir l'intégration de la route à son environnement.

Choix du tracé, solutions techniques, choix d'équipements : l'ensemble du projet est conçu pour diminuer l'impact de la route dans le site et en préserver l'équilibre.



La RN 21 au sud de Lourdes
The RN 21 highway south of Lourdes

et de désenclaver plusieurs vallées et sites parmi les plus renommés des Pyrénées : cirque de Gavarnie, station de ski de Luz-Ardiden, station thermale de Cauterets...

UN TRACÉ QUI S'INSCRIT DANS SON ENVIRONNEMENT

L'aménagement de la RN 21 est soumis à des contraintes fortes liées à l'environnement particulier de la route. De Tarbes à Lourdes, la RN 21 circule en plaine. La 2 x 2 voies empruntera tantôt le tracé actuel élargi, tantôt un nouveau tracé.

Après Lourdes, la RN 21 pénètre dans un paysage de montagne. Face à la chaîne des Pyrénées et à quelques-uns de ses plus prestigieux sommets, elle emprunte une magnifique vallée et, à flanc de massif, surplombe le Gave de Pau. Dans cet environnement exceptionnellement préservé, le choix du tracé prenait une dimension particulière. Deux solutions ont été étudiées : un tracé en rive droite du Gave et un tracé en rive gauche en parallèle du tracé de la RN 21 existante. C'est ce dernier qui a été retenu.

Il a fait l'objet d'une large concertation et d'études détaillées pour que la route s'intègre le plus harmonieusement possible à un environnement particulièrement sensible qu'il convenait de préserver.

ENVIRONNEMENT ET RISQUES NATURELS : DES CONTRAINTES PARTICULIÈRES QUI ONT FORTEMENT CONDITIONNÉ LES CHOIX

Trois contraintes fortes liées à l'environnement et aux risques ont pesé sur le projet :

- ◆ la configuration accidentée du terrain, à flanc de massif en surplomb du gave ;
 - ◆ la nature complexe du sol, hétérogène, peu stable, composé de résidus morainiques ;
 - ◆ l'exposition sismique de la région, qui imposait de traiter spécifiquement les ouvrages d'art.
- Une contrainte forte d'exploitation devait aussi être prise en compte : la nécessité, sur une partie de la section, de déplacer la RN 21 existante pour pouvoir construire la nouvelle 2 x 2 voies.
- Ces contraintes ont orienté le projet tout entier, et ont parfois donné lieu à des aménagements spécifiques voire innovants :
- ◆ la construction de deux ouvrages d'art de fran-

Panoramique de l'ensemble du projet routier de mise à 2 x 2 voies de la RN 21 entre Tarbes et Argelès-Gazost

Panoramic view of the entire road engineering project involving upgrading of the RN 21 to a two-lane dual-carriageway between Tarbes and Argelès-Gazost



Le projet routier prévoit de construire 27 km de 2 x 2 voies pour relier Tarbes aux vallées pyrénéennes des Gaves.

L'aménagement comprend trois sections de Tarbes à Argelès-Gazost :

- ◆ Tarbes-Lourdes (15 km) dont les travaux ont commencé ;
- ◆ Lourdes/Agos-Vidalos (6 km) mise en service en 2000 ;
- ◆ Agos-Vidalos/Argelès-Gazost (6 km) en travaux, sera mise en service fin 2003.

Cette route nouvelle permettra de fluidifier un trafic automobile très important en saison touristique

la RN 21 : un projet comme les autres...

Didier Bach



RESPONSABLE
DU SERVICE
INFRASTRUCTURES
ROUTIÈRES
DDE Hautes-Pyrénées

chissement du Gave de Pau afin de respecter un méandre du cours d'eau identifié comme étant une fosse à salmonidés ;

- ◆ une conception parasismique particulière des ouvrages d'art basée sur un dispositif innovant empêchant le soulèvement du tablier du pont en cas de tremblement de terre ;
- ◆ la construction d'une tranchée couverte de 175 m au pied d'une butte supportant une tour classée, en surplomb du Gave de Pau ;
- ◆ la réalisation de murs de soutènement de type "talus raidis" renforcés par du géotextile ;
- ◆ la rectification de la RN21 existante en surplomb et la construction de la nouvelle route en contrebas ;
- ◆ le minage d'un talus rocheux selon la méthode dite "Royal".

■ UNE PRIORITÉ : LA PRÉSERVATION DU MILIEU NATUREL

Compte tenu de la très grande sensibilité paysagère de la vallée, il était indispensable que l'itinéraire de la RN 21 s'intègre dans ce milieu naturel au pied des Pyrénées.

L'étude environnementale lancée préalablement a permis de proposer des mesures nécessaires à une bonne intégration du futur tracé. Elle s'appuie sur un inventaire de la faune et de la flore et sur un état des lieux de la rivière.

Des aménagements spécifiques ont permis de prendre certaines dispositions pour minimiser les impacts du projet sur l'environnement.

La préservation du milieu aquatique

Le Gave de Pau est classé en première catégorie piscicole et se distingue par la présence de poissons migrateurs.

La solution retenue d'enjamber le méandre naturel du Gave par la construction de deux ponts jumeaux permet de préserver le fonctionnement hydrologique et hydrobiologique du site en :

- ◆ en évitant ainsi le re scindement du lit mineur du Gave ;
- ◆ en maintenant l'état de végétation en bord de rivière (ripisylve) ;
- ◆ en préservant des fosses naturelles de repos pour salmonidés.

Tout rejet direct des eaux de ruissellement sur la



Mise à 2 x 2 voies
de la section
Agos-Vidalos/Argelès
(vue amont)

*Upgrading the Agos-
Vidalos/Argelès section
to a two-lane
dual-carriageway
(upstream view)*



Mise à 2 x 2 voies
de la section
Agos-Vidalos/Argelès
(vue aval)

*Upgrading the Agos-
Vidalos/Argelès section
to a two-lane
dual-carriageway
(downstream view)*

RN 21, chronique, accidentel ou saisonnier, vers le Gave est évité. Un système de collecte des eaux a été mis en place.

Il permet un écoulement vers des bassins et fossés de rétention et de décantation avant rejet vers le milieu naturel (qualité phytosanitaire et diversité biologique).

Un effort particulier de protection du milieu naturel

L'aménagement paysager de ce projet a été réalisé en collaboration avec l'ONF et le Conservatoire botanique des Pyrénées (partenariat constitué).

Vingt-deux mille plantes arbustives locales ont été cultivées pour être replantées le long de la RN 21. Les espèces végétales du massif du Pibeste, développées après récolte par l'ONF de façon à ne pas provoquer de pollution génétique, permettent un modelage et une végétalisation harmonieuse des talus et des lisières. A terme, ces espaces replantés auront l'apparence du paysage naturel environnant.

Les grillages posés au bord de la RN 21, nécessaires à la sécurité des usagers, sont un obstacle

UNE OPÉRATION PROGRAMMÉE SUR 15 ANS

Le coût de l'aménagement global Tarbes/Argelès-Gazost s'élève à 130 millions d'euros. Le financement, inscrit aux contrats de plan Etat-Région Midi-Pyrénées, est réparti entre l'Etat, la Région Midi-Pyrénées et le département des Hautes-Pyrénées.

► aux déplacements de la faune. Afin de limiter l'effet de coupure pour les mammifères et batraciens, des corridors biologiques ont été rétablis par l'aménagement de passages inférieurs pour grande et petite faune.

Ce ne sont pas moins de :

- ◆ 3 passages inférieurs de grande faune ;
- ◆ 4 passages spécifiques petite faune ;
- ◆ 3 aménagements particuliers d'ouvrage hydraulique pour petite faune ;
- ◆ des mares à batraciens et des crapauducs en zones humides, qui permettront à ces animaux de ne pas être "déroutés" (gestion des espèces et habitats).

Un talus "Royal" sur la section Lourdes/Agos-Vidalos
A "Royal" slope on the Lourdes/Agos-Vidalos section



Construction d'une tranchée couverte au pied de la butte de Vidalos
Construction of a cut-and-cover at the foot of the small Vidalos hill



Un paysage préservé

Une étude particulière a été menée sur le minage d'un massif rocheux jouxtant la RN21 près de carrières. Afin d'obtenir un aspect de la roche le plus naturel possible, c'est la méthode de minage dite "Royal" qui a été adoptée (procédé conçu par M. Royal, géologue).

Au droit de la tour de Vidalos (site inscrit) située sur une butte rocheuse, une tranchée couverte est réalisée pour limiter les impacts de la 2 x 2 voies. La qualité du site est ainsi préservée tout en dégageant des vues superbes sur le Gave pour les

usagers de la route. Après travaux, la végétation sur la tranchée est reconstituée de façon à rendre son aspect initial à la butte (dispositifs de préservation et de valorisation écologiques).

Trois à cinq ans après la mise en service de la RN21, un bilan environnemental sera effectué afin de mesurer l'efficacité des moyens mis en œuvre. Ainsi, l'évaluation des effets réels de l'ouvrage sur le milieu permettra d'adapter, si nécessaire, de nouvelles mesures permettant d'atteindre les éventuels objectifs non atteints.

■ UNE ROUTE "À VOTRE SERVICE"

Axe majeur vers de grands sites touristiques, la RN21 est un lieu de passage et de vie. Le projet d'aménagement a intégré cette dimension en dotant la nouvelle 2 x 2 voies de services à l'utilisateur. Outre les équipements de sécurité d'une voie express, deux aires de repos jalonnent l'itinéraire, et les usagers peuvent sur l'une d'entre elles (aire de la Porte des vallées des Gaves à Agos-Vidalos) visiter des expositions sur la faune et la flore, s'informer sur les lieux touristiques et même acheter des forfaits de remontées mécaniques.

■ GESTION DES DÉCHETS DU BTP : UN CHANTIER À VALEUR D'EXEMPLE

Le chantier RN21 est une opération pilote dans la démarche partenariale que conduit la DDE des Hautes-Pyrénées avec les acteurs locaux du BTP. Objectif : conduire un grand chantier routier "propre". La gestion et l'élimination des déchets du chantier sont prises en compte sur l'ensemble du projet et ont été valorisées par les entreprises titulaires des marchés. Suivant la nature des matériaux produits ou rencontrés, des filières de traitement correspondantes sont retenues (protection réglementaire des espèces et habitat).

Enfin, les boues issues des bassins de décantation sont analysées avant chaque curage, et, en fonction du résultat, sont dirigées vers un centre de traitement ou proposées aux particuliers pour réutilisation.

■ L'ÉCONOMIE LOCALE STIMULÉE, UN CHANTIER PORTEUR D'EMPLOIS

L'amélioration des conditions de circulation sur la RN21 :

- ◆ désenclavera les vallées pyrénéennes desservies et stimulera leur activité économique ;
- ◆ répondra au besoin d'aménagement des terri-

toires situés au sud de Tarbes et autour de Lourdes tout en facilitant les échanges entre les deux villes ;
◆ favorisera l'augmentation de la fréquentation des hauts lieux touristiques : Lourdes, Cauterets, Pont d'Espagne, Gavarnie, Luz, Barèges, le Tourmalet. Le chantier lui-même est porteur d'emplois pour la population locale. La construction d'un kilomètre de route à 2 x 2 voies génère 30 emplois sur le chantier et 30 emplois pour l'approvisionnement, les services et les fournitures.

Les revenus tirés de ces emplois génèrent à leur tour la création de 20 emplois dans les secteurs de l'alimentation, du logement et des transports. Enfin, le projet a une incidence positive sur les recettes fiscales des communes concernées et sur l'activité des entreprises locales et régionales.

■ UN EFFORT PARTICULIER DE COMMUNICATION

Intégrée à l'environnement paysager, la route doit également être intégrée à l'environnement humain. Un soin tout particulier a été apporté à la communication et à la pédagogie autour du projet pour permettre son appropriation par les populations riveraines. Des réunions de concertation ont été organisées avec les élus et les riverains à chaque étape. Une exposition est ouverte à Agos-Vidalos, sur une aire de repos cogérée par l'Etat et le SIVOM d'Argelès.

Un journal d'information tiré à 3 000 exemplaires est diffusé en trois numéros par an, et une rubrique spéciale est proposée sur le site internet de la DDE des Hautes-Pyrénées :

(<http://www.hautes-pyrenees.equipement.gouv.fr/>). Enfin, le chantier a récemment accueilli un grand nombre de visiteurs lors de l'opération "Chantiers ouverts au public" organisée par le ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer les 27 et 28 septembre 2002. Autant d'actions permettant aux riverains et aux usagers de "faire connaissance" avec la nouvelle RN 21.

Trait d'union entre Tarbes et les vallées des Gaves, la RN 21 à 2 x 2 voies devra réussir le pari de permettre un réel désenclavement des grands sites touristiques des Hautes-Pyrénées tout en préservant l'environnement exceptionnel du site. C'est peut-être cela, le développement durable...

ABSTRACT

Upgrading of the RN 21 to a two-lane dual-carriageway : not just another road engineering project...

D. Bach

Upgrading of the RN 21 highway south of Tarbes, at the foot of the Pyrenees, to a two-lane dual-carriageway is not just another road engineering project. The challenge was to build a discreet road, working on a site measured so as to successfully integrate the highway into its environment.

Choice of alignment, technical solutions, choice of equipment : the entire project is designed to reduce the road's impact on the site and preserve its balance.

RESUMEN ESPAÑOL

Ampliación a 2 x 2 canales de tráfico de la RN 21 : un proyecto viario no siempre como los otros...

D. Bach

La ampliación a 2 x 2 canales de la RN 21 por el sur de Tarbes, al pie de los Pirineos, constituye un proyecto viario no siempre como los otros del mismo género. La apuesta : construir una carretera discreta, trabajando en unas obras circunscritas para lograr la integración de la carretera a su propio medio ambiente.

Adopción del trazado, soluciones técnicas, opción de los equipos : el conjunto del proyecto se ha diseñado para disminuir el impacto de la carretera en su propia ubicación y preservar el equilibrio necesario.

Une déviation toute en

"La déviation, quelle déviation?", cette expression entendue dans les rues de Seilhac après l'ouverture du nouveau tracé de la RN 120 permet d'évaluer son niveau d'intégration dans le paysage.

Cette volonté d'intégration a été voulue dès l'origine de la réflexion par respect pour les sites traversés.

L'association d'un paysagiste à ce stade a permis grâce à un travail de reconnaissance des différentes séquences paysagères et à l'établissement d'une carte des paysages servant de guide permanent à l'élaboration du projet technique, de confronter les exigences techniques et celles de l'esthétique.

Cette approche a parfois conduit à remodeler les terrains sur des emprises 3 ou 4 fois supérieures au strict nécessaire, à travailler des formes de talus et des modelages de rives de la route pour rendre à la nature un paysage reconstitué et simplifié en harmonie avec son environnement.

Accompagnant cette volonté affirmée d'intégration, le travail en partenariat développé par la maîtrise d'œuvre a permis la réalisation de ce projet dans les délais prévus et en réalisant au final d'importantes économies.



Photo 1
Vue générale de la déviation
General view of the diversion

■ PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'OPÉRATION

Le projet de déviation de Seilhac sur la RN120 est une opération inscrite au III^e Contrat de plan Etat-Région pour un montant de 84 millions de francs.

LES ÉTAPES DU PROJET

- Approbation avant-projet : 17 avril 1996
- Déclaration utilité publique : 30 septembre 1996
- Approbation du projet : 26 janvier 1998

Travaux

- Libérations d'emprises : février 1998 à février 1999
- Ouvrages d'art : mai 1998 à mars 1999
- Terrassements : janvier 1999 à octobre 1999
- Chaussées : septembre 1999 à avril 2000
- Equipements : mars à juin 2000
- Plantations : septembre à décembre 2000
- Travaux d'aménagement de la traversée du bourg de Seilhac : octobre 2000 à juin 2001
- Mise en service : 23 juin 2000

Cette réalisation est rendue nécessaire car, outre le fait qu'elle permet de dévier du bourg de Seilhac, elle améliorera la liaison entre Tulle et l'autoroute A20 qui dessert Limoges pour les 7 000 véhicules (dont 600 poids lourds) qui empruntent cet itinéraire.

Ce projet comprend (photo 1) :

- ◆ une route bidirectionnelle de 3 800 m de longueur, incluant des créneaux de dépassement, deux carrefours giratoires à ses extrémités et un carrefour dénivelé avec la route départementale 44 ;
- ◆ la construction d'un ouvrage hydraulique sur le Brezou ;
- ◆ la construction de deux passages inférieurs pour le rétablissement de la voirie communale ;
- ◆ la construction d'un passage supérieur au droit du carrefour dénivelé avec la route départementale 44 ;
- ◆ la construction d'un passage supérieur pour le rétablissement d'une voie communale ;
- ◆ le réaménagement de la RN 120 dans la traversée du bourg de Seilhac avant déclassement.

L'estimation du montant global de l'opération, telle qu'elle ressort de l'avant-projet sommaire est de 92 millions de francs, base décembre 1995. Le bilan financier réalisé à l'achèvement des travaux fait ressortir un coût final de 85,5 millions de francs (base décembre 1987) soit une économie de 7 % par rapport au coût d'objectif.

■ LA CONCEPTION PAYSAGÈRE

Présentation de l'insertion de l'opération dans le paysage

La longueur de 4 km seulement fait de cette opération un projet modeste mais sensible du point de vue des paysages qu'il traverse.

En effet, cette région de la Corrèze est vallonnée, verdoyante et riche de son patrimoine architectural, historique et touristique. Seilhac est un point d'accès privilégié vers les Monédières et le plateau des Millevaches.

Ce bourg possède par ailleurs de très nombreux attraits et des équipements d'accueil de qualité qui en font un des pôles touristiques majeurs du nord corrézien.

Aussi, dès l'origine du projet, le maître d'œuvre a travaillé avec un paysagiste et le parti d'aménagement a peu à peu été recadré, affiné et élaboré en tenant compte de l'ensemble des contraintes du site et des techniques de construction routière.

douceur pour Seilhac

Alain Chassang



RESPONSABLE
DE LA SUBDIVISION
ETUDES ET TRAVAUX
NEUFS SERVICE
INFRASTRUCTURES
DDE de la Corrèze

Jacques Segui

PAYSAGISTE (BERGERAC) (24)

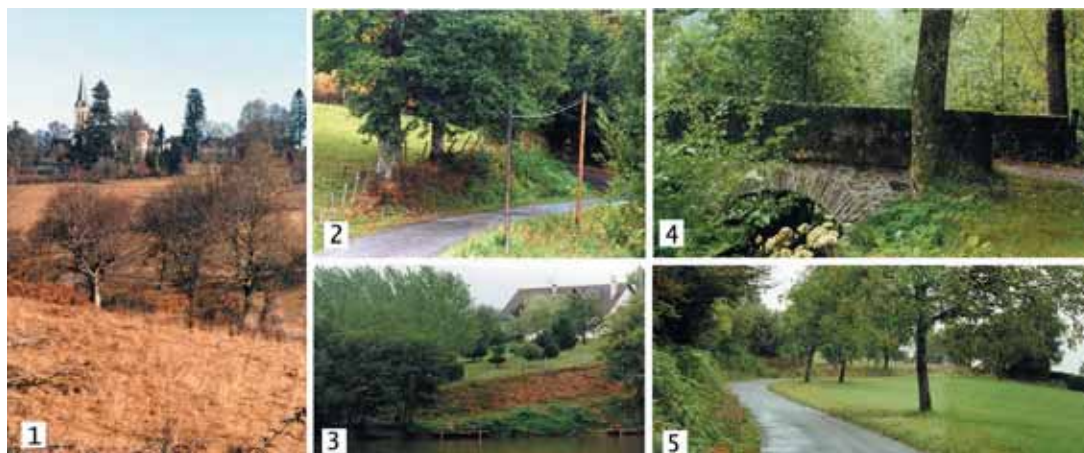


Photo 2

1) Le vieux village et sa vue lointaine.
2) La route de l'étang et ses ambiances végétales. 3) L'étang et la pêche.
4) Le vieux pont en pierre.
5) La route des Ferrières et les vergers

1) *The old village and its view from a distance.* 2) *The pond road and its plant environment.* 3) *The pond and fishing.* 4) *The old stone bridge.* 5) *The Ferrières road and the orchards*

La description de la problématique et les solutions possibles

La reconnaissance paysagère est l'un des axes d'approche privilégié en amont de la réalisation des études. Le paysagiste a travaillé dans un premier temps sur le site en découvrant les paysages, les vues et les perspectives sensibles. La traduction graphique du paysage existant s'imposait comme un document de référence à partir duquel l'équipe a dû travailler : c'est la carte de représentation des paysages. Les éléments de qualité et sensibles dans le paysage devaient aussi être relevés méthodiquement.

La prise de connaissance du site a permis de présenter les motifs d'intérêts comme des cartes postales. Ont été aussi relevés les ambiances, l'évocation des lieux et les usages du territoire (photo 2).

Les objectifs

La superposition d'un premier projet à la carte de représentation des paysages a montré des enjeux d'intention qu'il fallait intégrer dans la réflexion pluridisciplinaire. Il était nécessaire de répondre à une multitude de questions dont les principales étaient :

- ◆ Comment mettre en valeur le village sans pénaliser son calme et sa qualité de vie ?
- ◆ Comment veiller à ce que l'usage du plan d'eau par les pêcheurs et les promeneurs soit respecté ?
- ◆ Comment maintenir les petites routes traversant la vallée, le pont du ruisseau et les chemins ?
- ◆ Comment conserver les enjeux majeurs que sont les reliefs et la proximité du cours d'eau pour l'insertion de cette route ?
- ◆ Comment pénaliser le moins possible l'usage agricole ?
- ◆ Comment l'entrée du bourg devait-elle être mise en valeur ?

La méthode

Le travail du paysagiste a dès le départ permis d'améliorer le tracé par une réflexion fine sur l'axe et de nouvelles propositions de tracé et d'insertion dans les reliefs du site. Le vieux pont a été préservé, les petites routes ont été rétablies et desservent à nouveau le plan d'eau et le bourg.

Les aspects morphologiques ont été pris en compte dans le détail. La volonté a été de réintroduire toutes les continuités naturelles (relief, présence de l'eau, végétation) et tous les usages humains (agriculture, promenade) aux abords de la route. Les glacis de terre en s'appuyant sur les glissières en béton encastrent la route dans le relief. La perception de la route par les riverains est ainsi réduite. Les pentes de talus sont remodelées dans la continuité du relief naturel. Les aspects des roches et de l'érosion ont été mis en évidence. Des faux déblais ont intégré la route sur les vues lointaines. Des pentes douces et des terres cultivables ont remplacé les talus.

Le parti retenu

La relation au paysage ou le rétablissement des continuités

La carte de représentation du paysage a été élaborée suite à la reconnaissance du terrain. Elle précise par sa traduction graphique toutes les formes du paysage et ses continuités : les continuités naturelles comme le relief, la végétation, le tracé de l'eau, et les continuités construites par les hommes au fil des générations tel le découpage des parcelles, l'occupation agricole, les chemins et les routes, sont toutes identifiées. Le projet de la déviation a été superposé à cette carte. Les ruptures de continuité qui en résultaient ont été rétablies sur le nouveau plan de paysage. Les mouvements de terrain et courbes de niveau modifiées par le

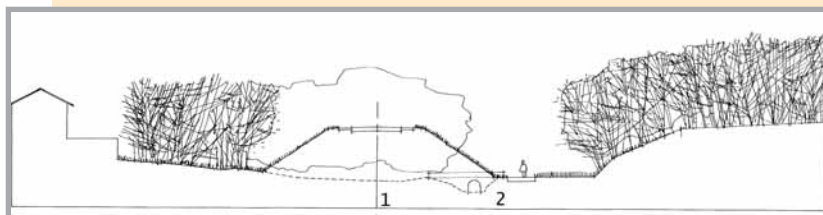


Figure 1
1) L'axe de l'avant-projet se superposait aux motifs de qualité tels que le vieux pont. 2) Le vieux pont et la petite route qui traversent la vallée devaient être conservés

1) The centreline of the initial design was superimposed on quality features such as the old bridge. 2) The old bridge and the small road passing through the valley had to be preserved

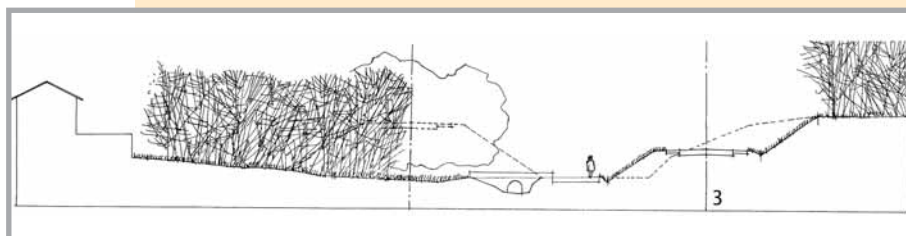


Figure 2
3) L'axe du projet a été déplacé contre le relief

3) The centreline of the project has been displaced against the relief

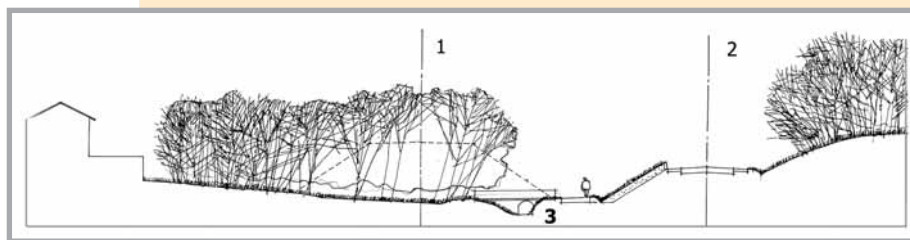


Figure 3
4) Les reliefs ont été traités de façon paysagère et reformulés selon l'aspect des collines environnantes. 5) Des dispositions de détails permettent d'intégrer l'ouvrage du point de vue des riverains. 6) Les plantations forestières à l'image de l'existant cicatrisent les talus

4) The reliefs have been landscaped and reformulated in accordance with the appearance of the surrounding hills. 5) Detailed arrangements enable the structure to be integrated from the viewpoint of the frontage residents. 6) The forestry plantations reflecting the existing situation leave scars in the earth banks

► projet ont été redessinés. Il s'est agi ensuite de travailler à un niveau beaucoup plus détaillé.

Une réflexion fine sur le calage du tracé

Des coupes paysagères montrant la morphologie des terrains et la superposition de l'ouvrage ont guidé l'élaboration du projet.

Nous avons choisi de caler la route contre les reliefs pour pouvoir travailler à son insertion morphologique et conserver les ambiances des lieux. (figures 1, 2 et 3).

Les aspects traités

Les reliefs sont reformulés selon des modèles existants dans le paysage proche. Les talus deviennent des pentes de collines et se raccordent aux terrains naturels.

Le relief des grands déblais est adouci sur sa partie supérieure et des plantations forestières viennent reconstituer la frange végétale et favoriser l'intégration de ces talus.

Dans le déblai rocheux des Férières, la roche du sous-sol est mise en évidence. Un glacis herbacé en pied de talus anticipe l'aspect de l'érosion, assure la fonction de piège à cailloux, permet de conserver la distance de sécurité entre la paroi rocheuse et la route évitant la mise en œuvre de glissières (photo 3).

Dans les zones de remblai, les terrassements ont été au-delà des emprises. Après travaux, la limite d'emprise a été ramenée au bord de la route. Les terrains reprofilés ainsi libérés sont ensuite restitués au monde agricole (cf. § suivant).

La vision lointaine de la route depuis le village demandait quelques aménagements morphologiques pour l'intégrer. Dans les zones de remblai rasant, un faux déblai a été créé afin de retrouver le paysage de fond de vallée qui était visible du village avant la déviation. Des plantations variées et aléatoires ont été réalisées afin de reconstituer des haies bocagères de la vallée. Prolonger les remblais jusqu'à l'arrière de la glissière en béton a permis également d'incruster la route dans le relief sans pour autant modifier le fonctionnement de la glissière.

Côté Uzerche, les berges du plan d'eau sur sa partie nord ont été reconstituées. La promenade a été aménagée sous la forme d'un chemin de graviers et l'usage de la pêche a été rétabli en disposant quelques pontons.

L'entrée du village devait être valorisée. En accord avec la municipalité, c'est par une palissade de bois exotique, un éclairage fort et des plantations florales qu'ont été structurés les abords de la rue principale et l'entrée vers le bourg.

Une nouvelle pratique de gestion des paysages

Cette opération a permis de nombreuses rétrocessions d'emprises (environ 5 hectares). Il s'agissait notamment de reconstituer des terres agricoles et de les rendre à la gestion des agriculteurs. Dans ce paysage rural, seul l'agriculteur, avec ses pratiques culturelles, sait gérer l'espace. Les séquences paysagères, lorsque la route traversait des propriétés agricoles, ont été aménagées de façon à pouvoir ramener la pratique agricole jusqu'au plus près.

Les terrassements ont été traités sur des emprises provisoires et sur de grandes amplitudes. Les terres arables ont été retroussées, puis re-nappées sur des remblais de bonne qualité pédologique. Les clôtures ont été replacées en bordure de la route (figures 4 et 5).

Ces séquences ont ainsi rendu un paysage simplifié et reconstitué pour les pratiques agricoles locales.

■ LA RÉALISATION

Les dégagements d'emprise

Si le déplacement des réseaux électriques et téléphoniques n'a pas posé de problèmes majeurs, il n'en a pas été de même pour les réseaux d'eau. En effet, non seulement le projet coupe à de nombreuses reprises le réseau d'alimentation en eau potable mais il longe aussi les stations de traitement par lagunage des eaux usées du bourg de Seilhac. Aussi, la DDE a délégué au Syndicat du Puy des Fourches la maîtrise d'ouvrage de ces travaux dont la maîtrise d'œuvre a été assurée par la direction départementale de l'Agriculture. Grâce à l'expertise et la compétence de ces deux partenaires, les travaux ont pu être réalisés simultanément à ceux de la déviation, assurant à la fois le maintien de l'alimentation en eau des habitations du secteur et une gêne très réduite à l'entreprise Charier chargée des travaux de terrassement de la déviation.

Les ouvrages d'art

L'ouvrage hydraulique sur le Brezou

La difficulté principale de cet ouvrage était de se raccorder à un ouvrage en maçonnerie traditionnelle qui assurait le passage du Brezou sous la voie communale voisine.

Aussi, seul ce raccord a été coulé sur place sur un coffrage bois en voûte réalisé par les charpentiers de l'entreprise SFET, le reste de l'ouvrage étant réalisé en éléments préfabriqués issus du procédé Matière.

Il faut ajouter que les piédroits en pierres maçonnées de l'ouvrage existant n'ont été que partiellement rejointoyés, une colonie de chauve-souris ayant adopté ceux-ci comme refuge.

Le passage inférieur n° 1

Cet ouvrage a une forme de diabolo voulue par l'architecte (cabinet Spielmann) afin de favoriser l'accès au plan d'eau situé à l'aval. Il comporte de larges trottoirs pour permettre aux pêcheurs d'accéder à pied et en toute sécurité à l'étang.

Il a de fait été conçu comme un ouvrage en béton armé classique avec une ouverture excédentaire, et c'est un habillage en pierres de pays réalisé à l'aval des culées qui continue les formes courbes de celles-ci (photo 4). En extrados, cet ouvrage supporte des BN 1 qui assurent la continuité des glissières béton situées de part et d'autre. Afin d'assurer la stabilité du sous-sol, une purge de 15 000 m³ de matériaux tourbeux a été nécessaire. A ceux-ci ont été substitués 12 000 m³ de matériaux de carrière afin d'obtenir la portance nécessaire à la réalisation de l'ouvrage tout en assurant une très bonne drainabilité des terrains.

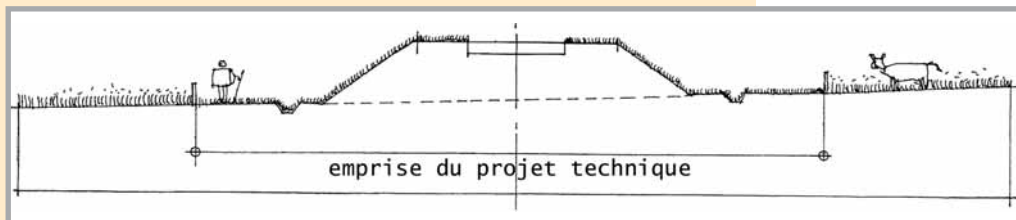


Figure 4
Coupe d'un remblai lors d'une opération classique d'aménagement routier
Cross section of an embankment during a conventional road development operation

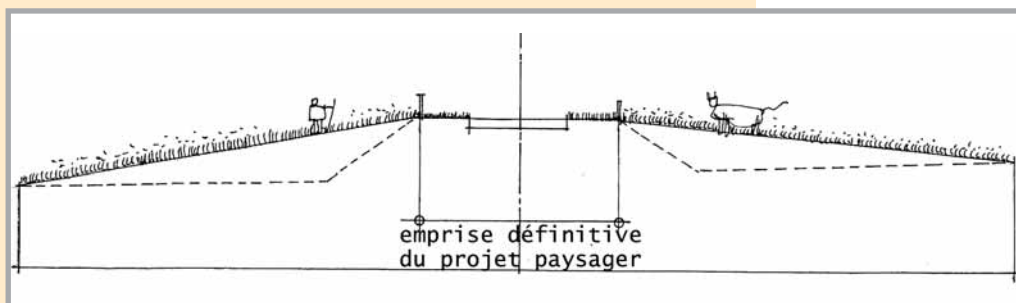


Figure 5
Principe appliqué sur les remblais dans le cas présent
Principle applied to embankments in the present case



Photo 4
Passage inférieur de l'Etang Neuf
Etang Neuf underpass

Le passage inférieur n° 2

Dimensionné pour le passage des engins agricoles, il est réalisé en béton armé. Ici aussi, une substitution du sous-sol a été nécessaire ainsi que d'importants travaux d'assainissement d'une part pour collecter les eaux de ruissellement et les sources rencontrées, mais d'autre part pour garantir le fonctionnement du lagunage voisin.

Passages supérieurs n° 3 (RD44) et n° 4

Ils sont conçus de manière similaire par le cabinet Spielmann, du fait de leur co-visibilité sur le site. Fondés sur pieux, le terrain support étant consti-

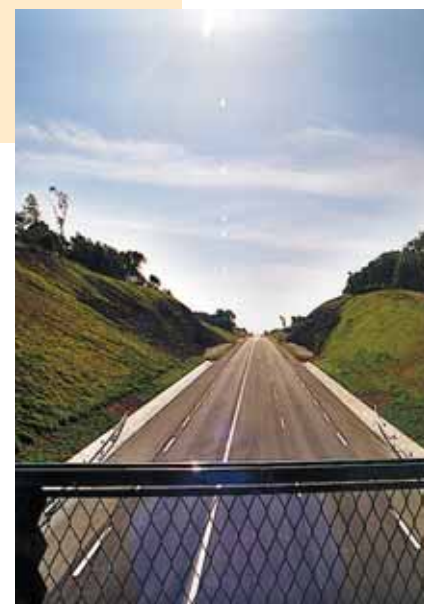


Photo 3
Le déblai des Ferrières
Earth cuts for Ferrières road

► tué de gneiss très altéré et de tourbes, ce sont des passages supérieurs à dalle armée (PSDA) tout à fait classiques. Les corniches de forme simple sont préfabriquées en usine. On notera le dessin particulier des garde-corps du passage n° 4 conçu par l'architecte et qui a nécessité sur site un calepinage très soigné pour en garantir à la fois la qualité de la pose et la qualité esthétique finale.

Les terrassements - Assainissements

Comme le confirme l'encadré "Données techniques", le poste "Terrassements - Assainissement" est très important. Les très importants besoins de matériaux pour les purges (≈ 80 000 m³), les nombreuses bases et autres tranchées drainantes, ont pu être satisfaits grâce à l'utilisation d'un important gisement rocheux dans l'emprise du chantier. Ainsi donc, seulement 10 000 tonnes de matériaux de carrière ont été "apportées" sur le site réduisant d'autant la gêne aux usagers de la voirie existante. Ce même gisement a permis par ailleurs la réalisation, par concassage *in situ*, de la couche de

forme en matériau 0/150 sur 80 cm d'épaisseur garantissant la mise hors gel de la plate-forme et une portance PF 2 obtenue sans aucune difficulté.

Les chaussées

Une structure souple a été retenue par le maître d'ouvrage de type EME (enrobés à module élevé) en deux couches de 10 cm supportant un enrobé discontinu 0/10 de 4 cm non drainant. Les chaussées des giratoires et de ses approches, ainsi que le branchement du carrefour dénivelé supportent des effets transversaux importants liés tout particulièrement aux girations des semi-remorques à trois essieux. Aussi, leur couche de roulement a été réalisée en béton bitumineux enrichi aux polymères sur une épaisseur de 10 cm.

Enfin, les accotements réalisés en grave naturelle non traitée 0/40 ont été revêtus d'un bi-couche en granulats clairs afin d'améliorer la lisibilité de la voie. Il en est de même pour les bandes dérasées de gauche sur les bretelles du carrefour dénivelé.

Les équipements

A l'exception des glissières béton réalisées dans le cadre du marché chaussées, les équipements de sécurité et la signalisation ont été mis en œuvre par le Parc départemental avec, pour le traitement des raccordements d'extrémité, le renfort de la subdivision territoriale de Tulle.

Il faut noter que les aménagements paysagers réalisés et les effets d'intégration paysagers ont permis de réduire significativement les longueurs de glissières de sécurité à mettre en œuvre. Ainsi, sur les 2 400 m de glissières métalliques posées sur ce chantier, seulement 800 m ont été mises en œuvre sur la section courante.

DONNÉES TECHNIQUES

Acquisition

30 ha

Ouvrages d'art

5 ouvrages (1 hydraulique, 2 passages inférieurs, 2 passages supérieurs)

Terrassements

- 400 000 m³ de déblais et 40 000 m³ réutilisés en couche de forme
- 80 000 m³ de purges

Assainissement

- 3 bassins décanteurs-écreteurs
- 2 000 m de fossés
- 3 200 m de cunettes et caniveaux
- 1 700 m de canalisations

Chaussées

- 30 000 tonnes de matériaux enrobés mis en œuvre
- 50 000 m² de chaussées

Equipements de sécurité

- 600 m de glissières de béton,
- 2 400 m de glissières métalliques
- 60 panneaux

Plantations - Engazonnement

- 25 ha d'engazonnement
- 1 200 arbres
- 5 000 arbustes
- 1 500 plants de fleurs

■ BILAN

Le partenariat a été la clef de la réussite de ce chantier.

Un partenariat pluridisciplinaire lors de la conception entre un concepteur routier (le Service Grands Travaux de la DDE assisté de IEA Toulouse), un paysagiste (Jacques Segui) et un architecte (cabinet Spielmann) a permis de concevoir un projet intégré au mieux. Ces efforts d'intégration ont été reconnus car ce projet a été retenu parmi les sept projets interurbains qui concouraient pour le Ruban d'or 2002, sans être toutefois primé.

Un partenariat soutenu entre tous les services de l'Etat pour la réalisation de ce projet : le Service Grands Travaux, le bureau de l'environnement, la subdivision territoriale de Tulle et le Parc départemental pour ce qui concerne la DDE, le Service d'équipement rural et hydraulique de la DDAF, la Mission inter-services de l'eau, le Service des

Domaines, et avec les bureaux d'études et les entreprises (cf. encadré "Les principaux intervenants") a permis de réaliser ce chantier dans les délais avec un coût final inférieur de 7 % au coût d'objectif.

Aujourd'hui, une seule question se pose, entendue dans le bourg de Seilhac qui est aujourd'hui à redécouvrir dans le calme retrouvé : "La déviation ! Quelle déviation?"

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

- Etat - METLTM
- Coordination SPS : OPTIM's (86)

Maître d'œuvre

DDE 19 - Service Infrastructures (SI)

Etudes avant-projet et projet

DDE 19 - SI/Bureau d'études routières assisté de IEA (31)

Marchés et suivi de travaux

DDE 19 - SI/Subdivision études et travaux neufs assisté de Seti (87), ITE (31) et Ingerop (63)

Paysagiste - Eclairage

J. Segui (24)

Architecte

Cabinet Spielman (75)

Entreprises

- Ouvrages d'art : SFET
- Terrassements : Charier TP
- Chaussées : groupement Siorat - Screg Ouest - Colas Sud Ouest
- Equipements et signalisation : Parc départemental de l'Equipement
- Plantations : Eveco
- Eclairage : SDEL Massif Central
- Exploitation et signalisation de chantier : Subdivision de Tulle - Centre d'exploitation de Seilhac

ABSTRACT

A very gentle diversion for Seilhac

A. Chassang, J. Segui

"The diversion, what diversion?" : this phrase heard in the streets of Seilhac after opening the new route of the RN 120 highway enables one to assess its level of integration into the landscape. This integration was a deliberate policy from the initial review stage out of respect for the remarkable landscapes passed through. A landscape designer was involved at this stage and, through reconnaissance work on the various landscape sequences and by establishing a landscape map serving as a permanent guide for working out the engineering project, this enabled the technical requirements to be reconciled with aesthetic requirements. This approach sometimes led to renovation of the land on premises three or four times greater than what was strictly necessary, working earth bank shapes and forming the edges of the road so as to restore to nature a simplified, reconstructed landscape in harmony with its environment.

Together with this resolute policy of integration, the work in partnership developed by the project management enabled this project to be performed within the planned deadlines, in the end achieving major savings.

RESUMEN ESPAÑOL

Una variante en completa adecuación al terreno, para Seilhac

A. Chassang y J. Segui

"¿La variante, qué variante...?" , esta expresión repetida en las calles de Seilhac tras la apertura del nuevo trazado de la RN 120, permite evaluar su nivel de integración en el paisaje.

Esta voluntad de integración se ha deseado obtener desde un principio, debido a la reflexión de los parajes atravesados. La asociación de un paisajista en esta etapa de las obras ha permitido, debido a un trabajo de reconocimiento de las diversas secuencias paisajísticas y al establecimiento de un mapa de los paisajes que sirve de guía para la elaboración de un proyecto técnico, comparar los requerimientos técnicos y aquellos de la estética. Este

enfoque ha conllevado en ciertos casos a remodelar los terrenos ocupados por las vías de tráfico, tres o cuatro veces superiores a lo estricto necesario, a trabajar las formas de los taludes y los modelados de los márgenes de la carretera para restituir a la naturaleza un paisaje simplificado en armonía con su propio entorno.

Como acompañamiento de semejante voluntad de integración, el trabajo en asociación desarrollado por el diseñador ha permitido la ejecución de este proyecto dentro de los plazos impartidos y, en resumidas cuentas, obteniendo también importantes ahorros.

Natitingou-Porga : 102 km de route neuve

Colas a démarré en février 2002 un chantier de construction de route neuve dans le nord-ouest du Bénin pour un montant de 24 millions d'euros. D'une longueur de 102 km, ce tronçon constituait la dernière partie non bitumée de l'axe reliant le port de Cotonou au Burkina Faso. Traversant à la fois des zones de plaine et de montagne, ce projet regroupe une palette variée de travaux, lesquels sont tous réalisés en propre par Colas ; ouvrage d'art, assainissement, terrassement à la décapeuse automotrice, déblais rocheux à l'explosif, concassage, revêtement en enduit superficiel tri couche. Après 4 mois de préparation et 10 mois de travaux, ce chantier est aujourd'hui avancé à 30 % et devrait se terminer en février 2004.

■ UN PROJET ÉCONOMIQUEMENT INDISPENSABLE

Dernier tronçon non bitumé de l'axe reliant le port de Cotonou au Burkina Faso, principale voie de désenclavement de l'Atacora, région agricole et touristique du nord-ouest du Bénin, la route entre Natitingou, capitale régionale et Porga, village frontalier, devrait être revêtue d'ici février 2004. Les travaux, lancés en janvier 2002, ont été confiés à l'agence Colas du Bénin. C'est en effet Colas qui, à l'issue de la procédure habituelle des appels d'offres, a été déclarée adjudicataire de ce marché, pour un montant de 24 millions d'euros, entièrement financé par le Fonds européen de développement.

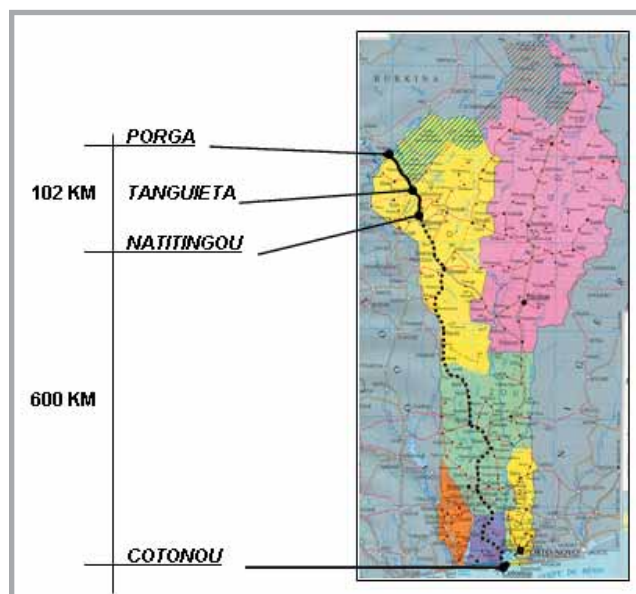
consommables, représente un sacré challenge et, surtout, nécessite une logistique et une organisation minutieuses. Il semblait donc indispensable de réunir sur un seul site une structure capable d'accueillir tous les éléments nécessaires au bon déroulement du chantier.

Sur près de sept hectares, Colas a implanté sa base travaux, semblable à une mini agence décentralisée. Ainsi l'entreprise a dû construire :

- ◆ des bureaux en dur sur une superficie de 80 m², complétés par quatre containers aménagés pour les conducteurs de travaux ;
 - ◆ un laboratoire complet de 150 m², permettant de réaliser tous les essais nécessaires au suivi qualité des travaux ;
 - ◆ un atelier mécanique complet (bureaux, magasins de pièces détachées, atelier de soudure, quai de vidange, aire de lavage...), afin d'assurer l'entretien des 200 machines présentes sur le chantier et en même temps de procéder aux petites réparations ;
 - ◆ une usine à liants permettant la fabrication du Cutback 0/1 et le stockage de 180 t de bitume ;
 - ◆ une station gazoil d'une capacité de stockage de 150 000 litres afin d'assurer une autonomie de deux semaines ;
 - ◆ une centrale à béton de 75 m³/h à côté de laquelle a été installée une grue à tour sur rails et une aire de préfabrication de 400 m² ;
 - ◆ un magasin de ciment où 150 t de ciment en sacs de 50 kg peuvent être conservés et assurent une autonomie de deux semaines.
- Assurer le bon fonctionnement d'un chantier en brousse, c'est aussi fournir des logements pour l'encadrement. A Tanguéta, il est quasiment impossible de trouver des villas à louer ; seule solution : construire une base vie capable d'accueillir 15 personnes.

Figure 1
Carte du Bénin
avec situation
géographique
du chantier

Map of Benin
with geographic location
of the project



■ QUATRE MOIS DE PRÉPARATION DE CHANTIER

Quatre mois, c'est en effet le temps qu'il a fallu à Colas pour préparer ce chantier. Situé à 600 km de Cotonou, Tanguéta est à égale distance de Natitingou et de Porga. C'était donc un site stratégiquement tout désigné pour les installations de l'entreprise (figure 1).

Base travaux et base vie

Construire une route neuve de 102 km en pleine brousse et à 600 km de la capitale économique, d'où partent toutes les matières premières et

Montage du projet d'exécution

Les quantités de l'appel d'offres pour ce type d'opération sont basées sur un avant-projet sommaire à partir duquel est établi l'avant-métré. Toutefois, il appartient à l'entreprise de procéder au levé topographique du terrain naturel tout le long du tracé et de proposer au maître d'œuvre son projet d'exécution, le principe étant de suivre dans la mesure du possible le tracé initial. Ainsi, l'entreprise remplit un rôle de concepteur tant au niveau du tracé routier que de l'assainissement.

Une structure complète de bureau d'études a donc été mise en place sur le chantier : équipes topo-



au Bénin

graphiques, opérateurs de saisies, métreurs, opérateur micropiste... En moins de 5 mois, les 102 km ont été finalisés, tâche d'autant plus difficile que le tracé rencontre des zones montagneuses avec des dénivelées supérieures à 400 m (figure 2).

Préparation des travaux

L'eau, la loi du tout ou rien

Préparer un chantier d'une telle envergure dans une région subsaharienne nécessite une bonne connaissance du milieu naturel et des paramètres climatiques. Il en est un qui prédomine ; la pluviométrie. En effet, deux saisons sont en complète opposition : la saison sèche, d'octobre à juin, pendant laquelle il est très rare de rencontrer des précipitations, et la saison des pluies, de juillet à octobre, durant laquelle les précipitations peuvent atteindre 90 mm en quelques heures, comme cela a été le cas début octobre 2002.

Cette différence très marquée entraîne deux problèmes :

- ◆ pour être économiquement rentable, le transport de l'eau ne doit pas excéder 10 km. Or, le long du tracé, il n'existe qu'un seul cours d'eau permanent, au niveau de Porga, à l'extrémité nord du chantier. Il a donc été nécessaire de réaliser des retenues d'eau en fin de saison des pluies afin qu'elles se remplissent et soient utilisées pendant la saison sèche. De plus, quatre forages d'une profondeur avoisinant les 60 m ont dû être exécutés pour compléter les besoins en eau du chantier. Enfin, le gérage de 100 000 m³ de graveleux latéritique pour la couche de fondation pendant la saison des pluies a permis d'y emprisonner suffisamment d'eau pour que le matériau ait une humidité correcte pour sa mise en œuvre ;

- ◆ l'intensité de la saison des pluies ralentit fortement et peut même bloquer l'avancement d'un chantier dans cette région. Ainsi, les zones de plaines où l'on risque de rencontrer un terrain argileux sont traitées pendant la saison sèche, alors que les zones rocheuses, moins sensibles à l'eau et le long desquelles il est très difficile de retenir l'eau, sont réalisées en pleine saison des pluies. L'organisation du chantier et des différents échelons est donc directement liée aux précipitations.

Installation des carrières

Compte tenu des quantités importantes de matériaux à concasser, le choix des sites pour les installations ainsi que la nature des gisements ont constitué un point critique, tant techniquement

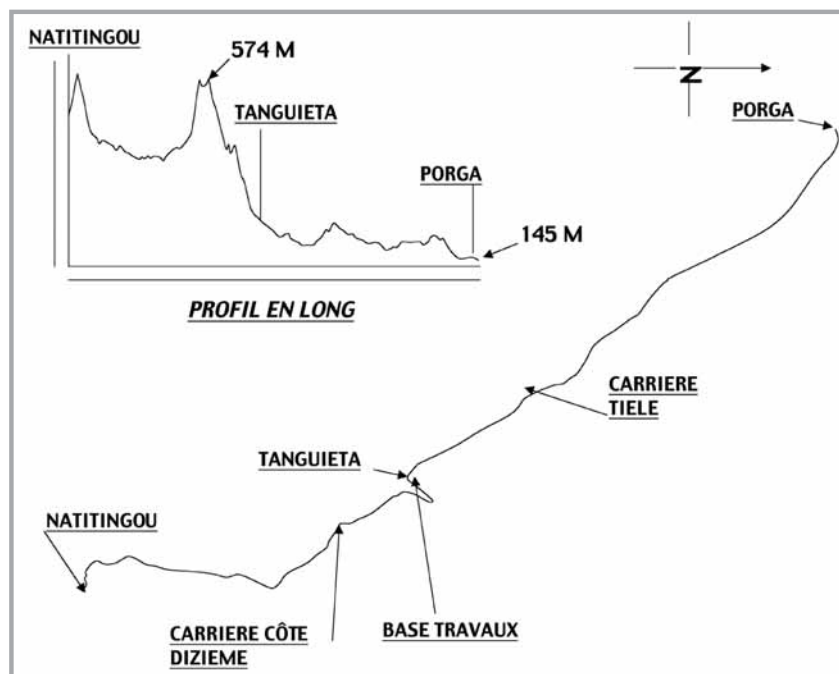


Figure 2
Visualisation
du tronçon
et du profil
en long

View
of the section
and longitudinal
profile



Photo 1
Installation
de concassage
de Tiélé

Tiélé crushing plant

qu'économiquement. En effet, la production des agrégats à elle seule représente plus de 20 % du budget du chantier. Ajoutons le transport et l'on atteint 25 %. Ainsi, trois sites ont été retenus après près de 3 mois de prospection (photo 2).

Deux installations ont été acheminées pour répondre aux besoins du chantier : l'une d'elle en provenance d'un autre chantier béninois, situé à 300 km, l'autre, transférée sur près de 1 800 km, depuis le Mali, sur 14 plateaux et porte-chars, traversant les frontières du Burkina Faso et du Bénin. Le montage de ces installations a duré six semaines, pendant lesquelles l'entreprise a préparé le terrain ; découverte

Photo 2
Pont deux travées
en cours
*Two-span bridge
in progress*



Photo 3
Décapeuses automotrices
en cours de chargement
*Motor scraper
during loading*



Photo 4
Déblais rocheux
réalisés à l'explosif
*Rock excavation
performed
by explosive*



► des gisements, réalisation des pistes de circulation, des aires de stockage et des rampes d'accès au concasseur primaire. En tout, plus de 60 000 m³ de terre ont dû être bougés.

■ DE LA PISTE EN TERRE À LA ROUTE BITUMÉE

Si le trajet sur les 50 km de piste séparant Natingou et Tanguéta est apprécié des touristes qui se rendent dans le parc national de la Pendjari, il n'en est pas de même pour les conducteurs de véhicules de transport, que ce soit de personnes ou de marchandises. On dénombre en effet chaque année environ une centaine d'accidents sur ce tronçon, essentiellement sur les nombreuses rampes et descentes dont les pentes atteignent 10 à 12 %. Les nombreux affleurements rocheux tout au long du tracé sont également source d'accidents. Les

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

Terrassement

1 100 000 m³ dont 90 000 m³ de déblais rocheux

Chaussée

- 220 000 m³ de couche de fondation en graveleux latéritique
- 370 000 t de GRH (grave reconstituée hydraulique) pour couche de base
- 1 050 000 m² d'enduit superficiel tricouche pour lesquels 3 600 t de bitume sont nécessaires

Concassage

- 370 000 t d'agrégats pour GRH
- 35 000 t d'agrégats pour revêtements
- 30 000 t d'agrégats pour béton

Assainissement et ouvrages d'art

- 58 passages busés
- 51 dalots
- 3 ponts en béton armé
- 23 000 m³ de béton
- 1 300 t d'armatures
- 16 000 m³ de fouilles pour ouvrages

Les moyens

En personnel :

- 375 personnes dont :
 - 11 cadres (expatriés et Béninois)
 - 30 agents de maîtrise (expatriés et Béninois)

En matériel :

- 200 engins, poids lourds et véhicules dont :
 - 3 grues
 - 4 décapeuses automotrices (*scrap*)
 - 7 bouteurs à chenilles (*bulls*)
 - 6 chargeuses à pneus
 - 5 pelles excavatrices
 - 8 niveleuses
 - 45 camions-bennes et autres
 - 1 centrale à béton
 - 1 centrale de reconstitution
 - 8 compacteurs
 - 2 stations de concassage

52 km de plaine qui suivent sont, eux aussi, difficilement circulables en pleine saison des pluies, obligeant les transporteurs à traverser des bourbiers ou à attendre que le niveau d'eau baisse. C'est donc bien évidemment avec un grand enthousiasme que la population locale a accueilli les équipes de travaux.

Planification

Deux tâches sont prioritaires pour le démarrage d'un chantier de route : d'abord le concassage des agrégats à béton, ensuite l'assainissement. Ainsi, lorsque les travaux de terrassement démarrent, ils peuvent évoluer et comprendre en même temps la réalisation des remblais d'accès aux différents ouvrages.

Dans ce cas précis, c'est le démarrage du chantier en pleine saison sèche qui a dicté la planification de celui-ci ; les retenues d'eau ont une durée de vie limitée du fait de l'évaporation et de l'infiltration dans le sol. Il a donc été nécessaire de terrasser en priorité les zones proches des points d'eau, pour ensuite traiter le tronçon situé non loin du fleuve Pendjari et atteindre, en mai, les zones voisines des forages.

En ce qui concerne les couches de chaussée, l'option retenue a consisté à démarrer les travaux à chaque extrémité du tronçon de 102 km, de manière à venir se fermer sur les carrières, minimisant ainsi la circulation de chantier sur les couches de chaussée et le revêtement.

Un avancement conforme aux prévisions

Après 11 mois de travaux, le constat d'avancement est positif. Sur trois ponts à réaliser (deux ouvrages d'art de 2 x 12 m et un de 3 x 12 m), deux sont achevés et n'attendent plus que les essais de chargement, le troisième sera terminé mi-février (photo 2). L'assainissement est déjà fonctionnel sur 88 % du linéaire, ce qui ne représente toutefois que 35 % des 23 000 m³ de béton à réaliser. En effet, 13 km représentant à eux seuls 23 % du montant du marché sont encore en attente d'approbation. Cette zone comprend la traversée de Tanguiéta, pour laquelle 8 000 ml de caniveaux de toute dimension sont prévus, et la descente des gorges de Tanguiéta, longue de 8 km, le long de laquelle un canal doit être construit.

Les terrassements sont décomposés en deux échelons :

- ◆ les zones de plaine sont exécutées avec quatre décapeuses automotrices (*scraps* 621G) et deux bouteurs à chenilles (*bulls* D8R). Avec un rendement moyen de 3 600 m³/jour, cet échelon a terrassé 760 000 m³ en 8 mois, soit 70 % du mouvement des terres, et a quitté le chantier mi-janvier, direction le Burkina Faso (photo 3) ;



Photo 5
Mise en œuvre de la couche de base au finisseur
Application of the base layer by paver finisher

- ◆ les zones montagneuses ont fait appel à un matériel plus diversifié. 55 % des déblais rocheux, soit 50 000 m³ ont été extraits pendant les 3 mois de saison des pluies. Trois foreuses ont été nécessaires pour atteindre un rendement journalier supérieur à 1 000 m³ et presque 30 t d'explosifs ont été consommées. L'évacuation ou la mise en remblais de ces déblais rocheux a été effectuée par deux types d'échelon : pelle excavatrice et quatre bennes carrières et/ou bouteur à chenilles, chargeuse à pneus plus quatre bennes carrières. L'utilisation de deux modes de chargement a été choisie pour deux raisons. Tout d'abord, les déblais étant déficitaires dans le mouvement des terres, le bouteur à chenilles et la chargeuse à pneus permettent de compléter les besoins par du remblai d'emprunt (l'épaisseur exploitable dans ces emprunts étant inférieure à 50 cm, la pelle n'est économiquement pas valable et il est préférable de gerber le matériau avant de le charger). Ensuite, la largeur en pieds de talus des déblais est insuffisante pour permettre à une chargeuse à pneus de manœuvrer correctement ; la pelle s'avère donc indispensable (photo 4).

La couche de fondation est en graveleux latéritique, matériau naturel très répandu en Afrique. La mise en œuvre sur une épaisseur de 20 cm est réalisée en deux phases ; d'abord le matériau est approvisionné, préréglé et compacté. Ensuite, une profileuse de chaussée guidée au fil réalise le réglage fin, devant de 2 km au plus l'échelon de couche de base. Fin décembre 2002, 50 % des matériaux de fondation ont été approvisionnés et 15 % réglés. Avec près de deux mille tonnes mises en œuvre chaque jour, la couche de base est l'un des postes clés de ce chantier. Représentant 25 % du montant du marché (y compris la fourniture des agrégats), ces travaux ont démarré en novembre 2002. Trois produits rentrent dans la composition du 0/31,5 : un sable 0/6, un gravillon 6/15 et un 15/31,5. Une centrale de reconstitution permet par la suite d'obtenir un mélange homogène, aussi bien du point de vue granulaire que de sa teneur en eau. Enfin, la mise en œuvre au finisseur sur 15 cm assure au final un réglage précis et permet d'éviter une surconsommation de matériaux (photo 5).

Enfin, au grand plaisir des utilisateurs, la couche de revêtement en enduit superficiel tricouche peut démarrer. L'échelon, composé de trois camions gravillonneurs, deux bouilles et un bitucargo, suit sans peine l'avancement de la couche de base. Compte tenu du temps écoulé entre la production en carrière des agrégats 4/8, 8/12 et 12/18, et de la poussière présente en permanence dans cette région, il s'est avéré nécessaire de laver les agrégats. Une sauterieuse cribleuse est donc installée au niveau des stocks tampons et l'opération de lavage s'effectue selon les besoins immédiats du chantier. A ce jour, après seulement 15 km de revêtement réalisés, les habitants de la région se réjouissent déjà de pouvoir parcourir les 102 km de route en moins de 1 h 30, alors qu'il en fallait presque le double dans le passé.

Après 10 mois de travaux, soit près de la moitié du délai, 30 % du montant du marché a été exécuté, conformément au planning prévisionnel, les couches de chaussée et de revêtement représentant plus de 40 % de l'enveloppe et 60 % du concassage.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Ministère des Finances et de l'Economie du Bénin

Maître d'œuvre

Ministère des Travaux publics et des Transports du Bénin

Maître d'œuvre délégué (mission de contrôle)

Hydroarch

ABSTRACT

Natitingou-Porga : 102 km of new highway in Benin

D. Morin

In February 2002, Colas started a project for construction of a new highway in north-western Benin valued at 24 million euros. This section, 102 km long, was the final non-asphalted part of the trunk road linking Port Cotonou to Burkina Faso. Passing through both plain and mountain regions, this project covers a varied range of works, which are all performed by Colas directly; civil engineering structures, drainage, earthworks by motor scraper, rock excavation by explosives, crushing, and surfacing with three-layer surface coating. After four months' preparation and 10 months' work, the project is now 30 % completed and completion is expected by February 2004.

RESUMEN ESPAÑOL

Natitingou-Porga : 102 km de carretera nueva en Benin

D. Morin

Colas ha iniciado, en febrero de 2002, las obras de construcción de una nueva carretera en el noroeste del Benin, por un importe de 24 millones de euros. Este tramo -de una longitud de 102 km- constituía la última parte no asfaltada del eje que pone en comunicación el puerto de Cotonou con Burkina Faso. Al atravesar a la vez las zonas de planicie y de montaña, este proyecto reúne una variada paleta de obras, todas ellas ejecutadas en propiedad por parte de Colas; estructuras, saneamiento, movimientos de tierras mediante máquinas automotoras, voladuras de rocas mediante explosivos, trituración de rocas, revestimiento en triple capa superficial. Tras cuatro meses de preparación y 10 meses de obras, estas obras se han avanzado en una proporción de un 30 % y se deberían finalizar en febrero de 2004.

Du béton armé continu dans un tunnel à Liège en Belgique

André Jasienski



DIRECTEUR PROMOTION,
RECHERCHE
ET DÉVELOPPEMENT
Fédération de l'industrie
cimentière belge

Dominique Verlainne



INGÉNIEUR DES PONTS
ET CHAUSSÉES
Ministère wallon de l'Équipement
et des Transports
Direction des Routes de Liège

Depuis juin 2000, une nouvelle liaison autoroutière (E25-E40) a été mise en service à Liège de façon à résoudre de gros problèmes de trafic de transit et local. Elle accueille chaque jour plus de 65 000 véhicules dans les deux sens. Avec de multiples contraintes techniques, environnementales et de sécurité, les quelque 5 km de cette infrastructure voient se succéder de très nombreux ouvrages tels que ponts, voiries, échangeurs... ainsi que trois tunnels importants d'une longueur cumulée de 2,75 km.

Pour des raisons de qualité, de durabilité et de sécurité, cette infrastructure et donc les tunnels ont été dotés de revêtement en béton armé continu.

Afin de tenir compte des évidentes contraintes dimensionnelles et d'accessibilité, tant le procédé de réalisation que la composition du béton ont dû être fondamentalement adaptés et ont entraîné de nombreuses conséquences : phasage, utilisation de mixer et trémie transporteuse, ouvrabilité du béton, ferrailage, organisation, traitement de surface...

Ces contraintes ont fait de la réalisation de ce revêtement un véritable défi qui a été relevé par tous les intervenants à la grande satisfaction des nombreux usagers.

INTRODUCTION - PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES TRAVAUX

Au cœur de l'Europe, la Wallonie est pourvue d'un réseau autoroutier très dense. De par sa situation géographique, la ville de Liège en constitue un nœud important.

Depuis juin 2000, une nouvelle liaison autoroutière (E25-E40) y a été mise en service afin de résoudre de gros problèmes de trafic, de transit et local. En effet, elle permet de relier les cinq autoroutes aboutissant au nord de la ville avec la seule qui vient du sud. Elle supprime ainsi le dernier chaînon manquant entre Amsterdam et Milan en captant l'important trafic de transit passant par Liège. De par sa situation proche du centre-ville, la liaison E40-E25 améliore également la distribution du trafic en direction de la ville, par les différents échangeurs périphériques qu'elle offre aux usagers. Elle accueille chaque jour plus de 67 000 véhicules dans les deux sens, dont 10 % de poids lourds.

Avec de multiples contraintes techniques, environnementales et de sécurité, les quelque cinq kilomètres de cette infrastructure constituent une succession peu commune d'ouvrages d'art – ponts, voiries, échangeurs... – ainsi que trois sections en tunnel : Cointe (1,6 km), Kinkempois (0,75 km) et Grosses Battes (0,4 km) (figures 1, 2 et photo 1). Dans le cadre de cette réalisation, au-delà de l'objectif premier de création d'une nouvelle infrastructure importante, la volonté était de rencontrer les souhaits suivants :

- ◆ réduction des délais ;



Photo 1
Vue d'ensemble
de la liaison E40-E25

General view
of the E40-E25 link

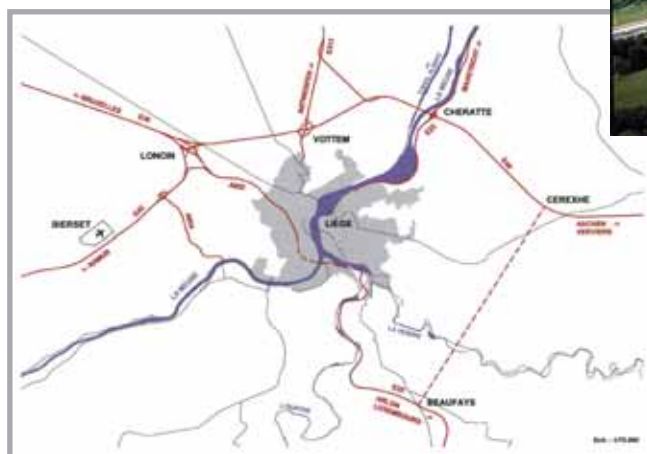


Figure 1
Schéma de l'agglomération liégeoise
Diagram of Liège city

Crédits photographiques et autres : MET
sauf :
figures 1 et 2 : Bureau d'études Greisch
photo 2 : Daylight
photos 6 à 14 : Febelcem

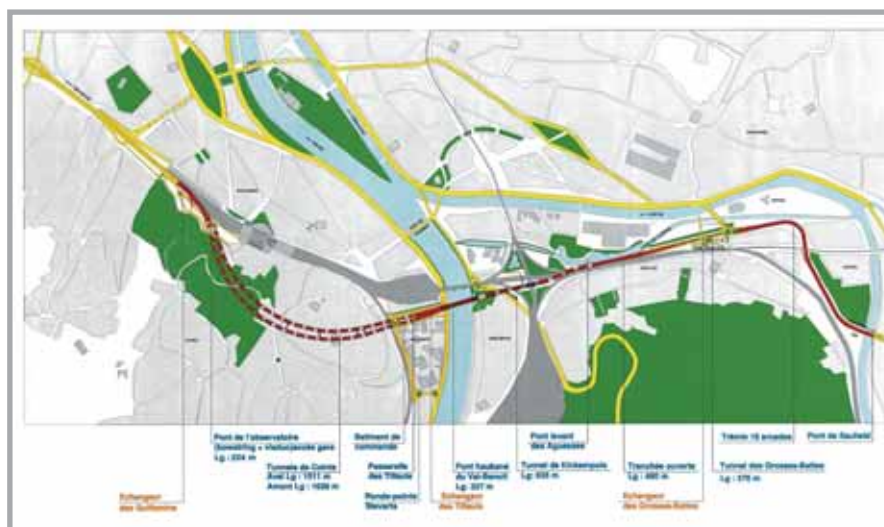


Figure 2
Les divers
ouvrages
de la liaison
E40-E25

The various
structures
of the E40-E25
link

Photo 2
Tête "Tilleuls"
des tunnels
de Cointe
*"Tilleuls" head
of the Cointe tunnels*



Photo 3
Vue de l'intérieur
d'un des tunnels
de Cointe
*View of the inside
of one of the Cointe
tunnels*



- ◆ maîtrise des coûts ;
- ◆ respect de l'environnement au sens large ;
- ◆ qualité (tant de la structure que des finitions) ;
- ◆ durabilité ;
- ◆ sécurité.

Après les accidents tragiques déplorés récemment dans des tunnels en Europe, la sécurité des usagers, présente dès la conception de l'ouvrage, a été renforcée. Une étude récente, réalisée par les associations d'automobilistes, et qui analysait la sécurité de 25 tunnels européens, a classé le tunnel de Cointe en tête, à égalité avec le tunnel du Mont Blanc (après rénovation). Les éléments participant à la sécurité sont succinctement exposés ci-après.

Le revêtement intérieur des tunnels en constitue un facteur important, car il faut éviter qu'il aggra-

ve un incident (incendie avec élévation de température). Si on ajoute, par ailleurs, les aspects "qualité" et "durabilité", il est clair que le choix d'un béton armé continu (BAC) s'imposait. Toutefois, la réalisation de ce type de revêtement dans des tunnels est très peu fréquente, voire inexistante, à l'exception des quelques réalisations belges. Les contraintes d'exécution sont importantes mais ont été maîtrisées.

Les raisons du choix du béton armé continu, la conception, ainsi que la réalisation, sont présentées dans cet article (photo 2).

■ EQUIPEMENTS DES TUNNELS

De nombreux équipements et dispositifs ont été prévus pour assurer le confort et la sécurité des usagers, en fonctionnement normal, mais aussi en cas de problème. Ces équipements poursuivent cinq objectifs :

- ◆ assurer la sécurité des personnes et des biens ;
- ◆ garantir des conditions de circulation optimales en fonction des conditions atmosphériques et de la densité du trafic ;
- ◆ préserver l'environnement ;
- ◆ maintenir une surveillance du trafic et des équipements ;
- ◆ collecter, traiter et mettre à la disposition des services concernés (police, pompiers, MET) les informations nécessaires à leur mission.

Les tunnels comportent deux tubes (un par sens de circulation) avec des galeries de liaison très régulières (maximum 200 m), ceci constituant le plus grand gage de sécurité (moins de risque d'accident et intervention plus facile en cas de problème). Des sorties de secours à l'air libre existent également en certains endroits. Un balisage de secours (composé de lampes positionnées à 1 m de hauteur – dès lors visibles même en présence de fumées) est mis en place dans les tunnels, permettant d'orienter les usagers vers la sortie de secours la plus proche. Le rayon de courbure est partout supérieur à 500 m. Une surlargeur de plus d'un mètre, prévue du côté droit sur toute la longueur, sert de mini-bande d'arrêt d'urgence. Ponctuellement, sept fois sur la longueur de la liaison, la section est élargie de façon à obtenir une bande d'arrêt d'urgence de 2,50 m de large et de 50 m de long. Un graphisme adéquat a été étudié pour guider au mieux les usagers tout le long de la liaison. Selon les endroits, il est constitué de bardage métallique, de carrelage ou encore d'autres matériaux. Dans les zones élargies, le graphisme diffère de façon à bien marquer ces zones de refuge. Dans les zones en tunnel, le graphisme est limité à une hauteur de 3,50 m pour augmenter le confort visuel. Il comporte une lisse, appelée "cimaise", qui permet en outre de refléter les feux "stop" des véhicules qui freinent.

Des niches de sécurité ont été prévues tous les 100 m approximativement. Elles comprennent une borne incendie, un extincteur et une cabine téléphonique de secours (photo 3).

Dans les tunnels, les eaux d'infiltration sont évacuées via un dispositif d'étanchéité et de drainage. Les substances répandues sur la chaussée par un véhicule victime d'un accident, doivent être récoltées et évacuées de manière distincte des eaux d'infiltration.

Des caniveaux "produits dangereux", à fente continue, équipent les voiries des tunnels. Ces caniveaux doivent évacuer rapidement des débits importants et ils sont connectés tous les 50 m à un collecteur de 300 mm de diamètre, via des chambres-siphons. Les produits peuvent alors être récupérés dans des bassins particuliers pour y être stockés et évacués avec des moyens adéquats. Ces caniveaux à fente continue et les chambres-siphons doivent permettre de limiter très rapidement la propagation d'un éventuel incendie (figure 3).

Les tunnels nécessitent également une ventilation en vue d'assurer une quantité suffisante d'air frais à l'intérieur de ceux-ci, et ce, en temps normal ou en cas d'incident. Chaque pertuis est équipé de capteurs et de détecteurs d'incendie très performants, permettant de mettre en action de façon appropriée les deux types de ventilation présents :

- ◆ longitudinale : de gros ventilateurs (*boosters*) remplacent ou complètent le pistonnement naturel assuré par le passage des véhicules ;

- ◆ semi-transversale : de l'air frais est injecté au niveau de la chaussée, et l'air vicié est récupéré dans une galerie située au-dessus de la chaussée et évacué. Cette ventilation permet de limiter la pollution aux portails, de limiter la pollution dans le tunnel et d'évacuer les fumées lors d'un accident ou d'une opacité trop importante causée par les fumées des diesels.

Un éclairage performant est primordial pour assurer la sécurité des usagers. Dans les tunnels, les régimes d'éclairage varient en fonction du niveau de luminosité mesuré à leurs entrées. Des zones de renfort, aux entrées des tunnels, favorisent l'adaptation visuelle. Les rampes d'éclairage sont alimentées par deux départs distincts – un lumineux sur deux –, de manière à réduire le risque de perdre la totalité de l'éclairage.

La distribution de la haute tension a fait l'objet d'une étude de sûreté visant à maximaliser la disponibilité de l'alimentation au niveau des cinq postes répartis le long de l'ouvrage.

Néanmoins, des groupes de secours (*no break rotatifs*) assurent l'alimentation en énergie électrique des équipements essentiels, en cas (peu probable) de disparition des réseaux haute tension.

Tous les isolants des câbles électriques sont "non halogénés", afin de limiter le dégagement des fumées nocives en cas d'incendie. Les câbles utilisés sont non propagateurs de la flamme et de

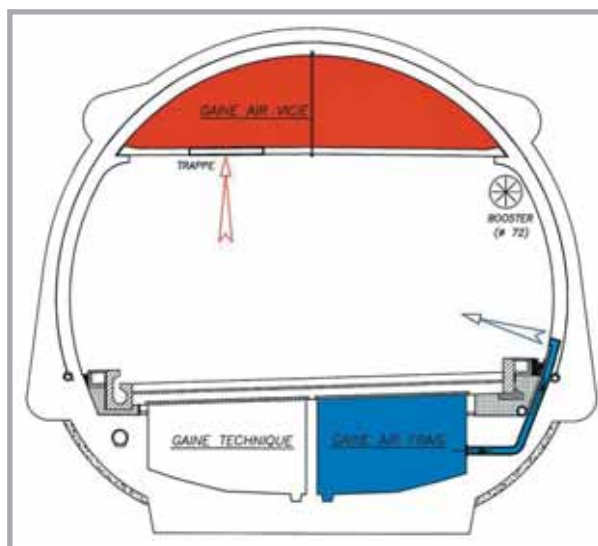


Figure 3
Ventilation
semi-transversale
*Semi-transverse
ventilation*



Photo 4
Équipement
de signalisation
dynamique
*Dynamic signing
equipment*

l'incendie. Ils révèlent aussi un très faible indice de fumée, un indice de toxicité extrêmement bas et un faible indice d'émission de gaz corrosifs.

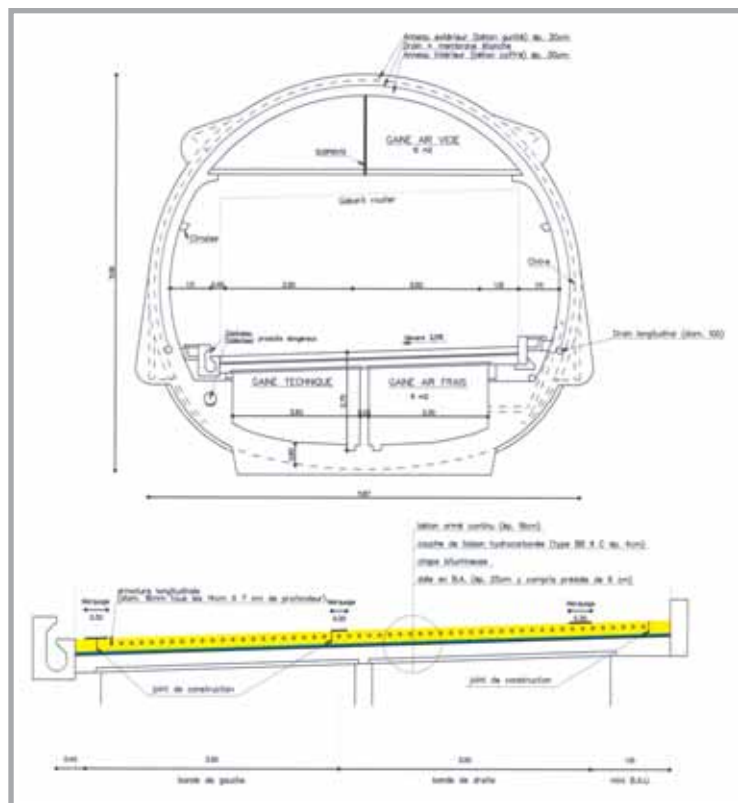
Un câble rayonnant est installé dans chacun des pertuis pour assurer la continuité des transmissions radio et téléphonique (GSM).

Cette infrastructure est équipée d'une DAI (détection automatique d'incidents) qui permet, sur base de l'analyse des images des très nombreuses caméras de surveillance, de générer une alarme lorsqu'un incident est détecté (contresens, ralentissement, perte de chargement, présence de piéton...) (photo 4).

Une signalisation dynamique aux multiples possibilités est mise en place dans toute l'agglomération liégeoise, afin de faire face à toute situation et, notamment, d'orienter rapidement vers un itinéraire de délestage prédéfini. Elle comprend des panneaux à message textuel ou variable, des signaux d'affectation de voie...

Grâce aux nombreux équipements et à la présence d'une surveillance 24 heures sur 24, une gestion dynamique du trafic a été mise en place. Tout événement survenant sur la liaison E40-E25 entraîne la mise en application d'un plan d'action défini à l'avance en collaboration avec tous les services concernés (police, pompiers, protection civile...). Le revêtement participe également pleinement à la sécurité : il doit être insensible aux élévations de température et être clair pour augmenter la visibilité. De plus, dans les tunnels encore plus qu'ailleurs,

Figure 4
Coupe dans le tunnel
de Cointe avec structure
de la chaussée
*Cross section
in the Cointe tunnel
with roadway structure*



► les opérations de maintenance sont difficiles. Pour ces diverses raisons, la liaison E40-E25 a été dotée d'un revêtement en béton armé continu.

■ REVÊTEMENT EN BÉTON ARMÉ CONTINU

Critères de choix de ce type de revêtement

Nombreux sont les avantages qui ont guidé la réflexion vers le choix d'un revêtement en béton armé continu dans les tunnels de la liaison E40-E25. Ils sont brièvement décrits ci-après. Pour rappel, la Belgique a opté, depuis plus de trente ans, pour le béton armé continu lors de la construction des autoroutes. Conserver cette solution pour le revêtement d'un tunnel était donc logique, malgré les difficultés et les contraintes d'exécution que pouvait présenter ce choix.

Renforcement de la sécurité

Les revêtements en béton sont connus pour leur grande durabilité et le faible entretien qu'ils nécessitent. En tunnel, la largeur de roulement limitée induit une canalisation du trafic. L'usage du béton permet d'éviter les risques de déformation et d'orniérage et d'assurer un uni constant au fil du temps. Comme les chaussées en béton armé continu ne nécessitent pratiquement aucun entretien, la gêne subie par les usagers est limitée. La fréquence des accidents potentiels est donc nettement réduite.

En cas d'accident ou d'incendie dans le tunnel, le béton étant un matériau incombustible, les risques de développement et de propagation du feu sont pratiquement nuls.

Par le choix de granulats durs et non polissables, la rugosité de surface est maintenue dans le temps et les performances d'adhérence de surface restent constantes.

La clarté du revêtement en béton met en relief les obstacles éventuels et permet aux conducteurs de bien visualiser la largeur de la voie de circulation, même en cas de défaillance des systèmes d'éclairage du tunnel.

Respect de l'environnement

Le procédé de construction des chaussées en béton, réalisé à froid, respecte l'environnement par l'absence d'émission de fumées ou de vapeurs. Par la technique du "dénudage chimique", ou lavage du béton en surface, et par le choix de granulats de petits calibres (0/20, 0/14 ou encore 0/7), le niveau sonore du revêtement est particulièrement réduit et tout à fait comparable à d'autres revêtements.

De plus, le béton armé continu ne nécessitant pas de joints transversaux de retrait, le risque de battement de dalles et l'inconfort qui peut en résulter n'existent pas.

Le béton, matériau minéral, est recyclable à 100 % en fin de vie et peut donc être valorisé pour la construction de nouvelles structures de chaussée. Le béton est insensible aux hydrocarbures et ne subit aucune dégradation suite à ces attaques. Un déversement accidentel de produits dangereux ne risque pas de dégrader la chaussée, et les produits peuvent être directement conduits vers les caniveaux prévus à cet effet.

Solution économique

Bien qu'un revêtement en béton armé continu soit plus coûteux à la construction, le coût global de la chaussée en béton, comprenant les coûts de construction et d'entretien, sur sa durée de service, est reconnu comme très avantageux.

L'éclairage constitue un facteur de dépense important dans le coût d'exploitation d'un tunnel. Grâce à la clarté du béton, les consommations d'électricité sont réduites, et une économie substantielle est réalisée.

L'utilisation de matériaux locaux – granulats, sables et ciment – est favorable au développement local. Par sa rigidité, et donc son absence de déformabilité, le revêtement en béton n'absorbe pas une partie de l'énergie de déplacement des véhicules lourds et réduit donc leur consommation d'environ 10 % (photo 5).

Conception

La structure de la chaussée se présente de bas en haut comme suit (figure 4) :

- ◆ la dalle de route portante, en béton armé de 25 cm d'épaisseur, y compris les prédalles de 6 cm d'épaisseur. Cette dalle présente des joints de di-



Photo 5
La clarté du revêtement est un facteur de sécurité

The clarity of the surfacing is a safety factor

latisation tous les 10 m, qui correspondent aux joints de reprise de bétonnage. Ces joints ont été goujonnés afin de permettre la transmission des efforts d'une dalle à l'autre ;

- ◆ une chape collée. Afin d'éviter un déchirement de cette chape au droit des joints de dilatation de la dalle de route, ces joints ont été scellés. Une gorge de scellement de 1 cm de largeur et de 3 cm de profondeur a été prévue à cet effet. Ces joints sont réalisés par sciage, nettoyage par soufflage, placement d'un fond de joint d'environ 1 cm et scellement proprement dit ;

- ◆ une contre-chape en revêtement hydrocarboné type III C, de 4 cm d'épaisseur. Cette contre-chape a pour but de protéger la chape lors des travaux, d'assurer une surface plane pour la pose des armatures et de permettre au béton d'adhérer correctement à son support. C'est lors de travaux de dimensionnement effectués en collaboration avec le MET que le rôle de cette couche bitumeuse intermédiaire a été démontré. L'adhérence du béton à son support est, dans ce contexte, très importante ;

- ◆ le revêtement en béton armé continu, de 18 cm d'épaisseur. En section courante d'autoroute, l'épaisseur du béton armé continu est habituellement de 23 cm d'épaisseur. Etant donné le gabarit du tunnel, une économie de 5 cm dans l'épaisseur a été très appréciée. En terme de dimensionnement, cette réduction d'épaisseur ne porte pas à conséquence, car le support de la chaussée, la dalle en béton armé, est particulièrement rigide. Par ailleurs, un revêtement de tunnel étant, par définition, situé à l'abri des intempéries et de l'ensoleillement direct, il n'a pas été nécessaire de prendre en compte les gradients thermiques dans le calcul du dimensionnement. De plus, une sur largeur de la bande de droite a été prévue de manière à limiter les effets de bords.

Le niveau supérieur du béton armé continu doit se trouver 1 cm au-dessus du niveau du caniveau pour produits dangereux, afin d'assurer un bon écoulement des liquides vers ce caniveau.

Le bétonnage du béton armé continu a été prévu en deux bandes pour pouvoir alimenter latéralement la machine au moyen de camions mixers (cf. infra § "Exécution").

Le taux d'armatures longitudinales doit présenter une section d'acier d'au moins 0,75 % par rapport à la section de béton. Ce qui correspond, pour une dalle de 18 cm d'épaisseur, à une armature de diamètre 16 mm, disposée tous les 14 cm. L'armature transversale est constituée d'obliques de 12 mm de diamètre, disposées en oblique suivant un écartement de 70 cm (photos 6, 7 et 8).

Pour ce qui concerne les culées d'ancrage, elles ont été prévues aux différentes extrémités du revêtement. Elles sont constituées de voiles transversaux conformes aux prescriptions des cahiers des charges.



Photo 6
Ferrailage
avec les goujons
*Reinforcement
with studs*



Photo 7
Goujons, ferrailage,
deuxième bande
*Studs, reinforcement,
second strip*



Photo 8
Ferrailage,
deuxième bande
*Reinforcement,
second strip*

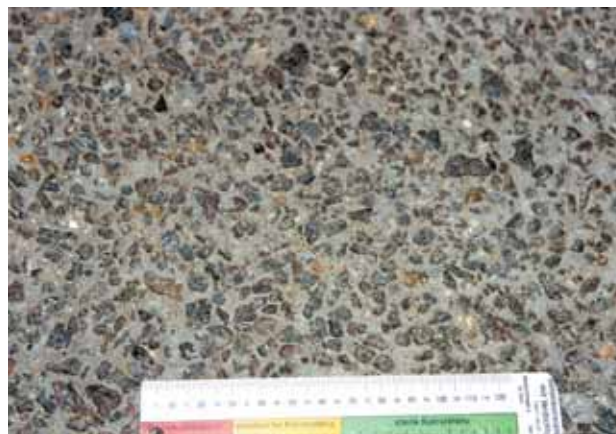


Photo 9
Béton
après dénudage
*Concrete after exposure
of surface aggregate*

La composition du béton choisie pour la réalisation des revêtements est un béton 0/20.

Les granulats utilisés sont des concassés de porphyre, dont la fraction 4/7 a été accentuée afin de la mettre en évidence lors du dénudage chimique (photo 9). Par ailleurs, la composition a été adaptée pour une mise en œuvre entre coffrages glissants et l'approvisionnement via des camions mixers. La composition retenue est la suivante :

Figure 5
Phasage de réalisation
du revêtement
des tunnels de Cointe
*Scheduling for execution
of surfacing in the Cointe
tunnels*

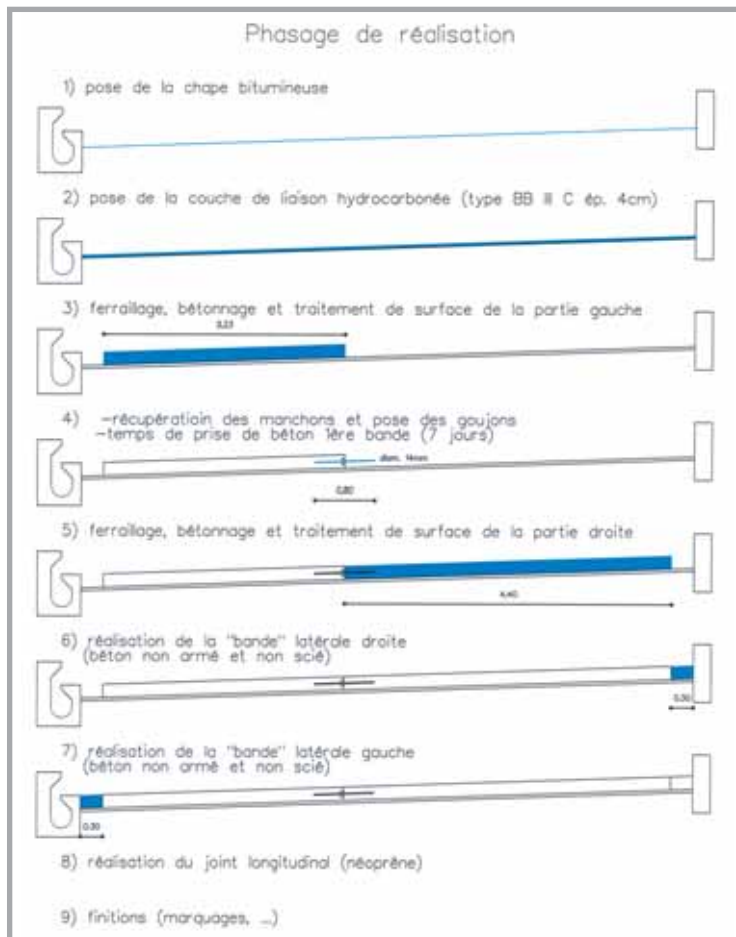


Photo 10
Bétonnage,
première bande
*Concreting,
first strip*



Photo 11
Bétonnage,
deuxième bande
*Concreting,
second strip*



- ◆ concassés de porphyre 7/20 : 744 kg - 2/7 : 457 kg;
- ◆ sable de rivière 0/4 : 579 kg;
- ◆ ciment CEM II/A 42,5 LA : 400 kg;
- ◆ entraîneur d'air : 0,480 kg;
- ◆ plastifiant : 0,320 kg;
- ◆ eau (sur matériaux secs) : 175 kg.

Exécution

La réalisation du revêtement en béton armé continu s'est déroulée en décembre 1998 et en janvier 1999 pour le premier tunnel de Cointe (tunnel aval) et en mai et juin 1999 pour le second (tunnel amont). Compte tenu de la difficulté d'exécution de ces bétonnages, plusieurs réunions de mise au point ont précédé tout travail. Un essai en grandeur réelle a également été réalisé de manière à étudier tous les aspects relatifs à la mise en œuvre. Le phasage de réalisation est schématisé à la figure 5.

Les joints transversaux des dalles en béton armé (support du revêtement) ont été scellés de manière à limiter au mieux les risques d'une remontée de fissures. La chape d'étanchéité a été collée sur toute la surface de la dalle support en béton armé. Ensuite, la contre-chape, en béton bitumineux type III C a été mise en place sur une épaisseur de 4 cm, en une seule passe.

Le ferrillage de la première bande a ensuite pu être réalisé (photo 6).

La machine à coffrages glissants, destinée à la mise en œuvre du béton armé continu, était équipée de quatre chenilles indépendantes. Une goutte et une bande transporteuse dépendante de la machine permettaient de déposer le béton au milieu du répartiteur. Une ficelle de guidage a été placée d'un côté seulement de la machine, du côté gauche par rapport à son avancement (photo 10). L'approvisionnement a été effectué à partir de camions mixers. L'utilisation de ces engins a été rendue nécessaire car le gabarit du tunnel interdit l'utilisation des camions bennes habituels. L'approvisionnement devait être le plus régulier possible de manière à faire avancer la machine à coffrages glissants à une vitesse moyenne d'environ 0,75 m par minute, sans arrêts. Le nombre de camions d'approvisionnement a été fixé en tenant compte des difficultés d'accès au chantier et des manœuvres que les camions devaient effectuer.

La première bande, de 3,25 m de large, a été bétonnée côté point bas, pour que la laitance de dénudage ne vienne pas souiller le revêtement bitumineux dense. Une réservation, d'une largeur de 30 cm, a été laissée au point bas, afin de pouvoir récolter ces laitances de dénudage, sans que celles-ci n'aillent se déverser dans le caniveau de produits dangereux. La largeur de la bande a été déterminée en fonction des difficultés d'approvisionnement des camions mixers.

L'ancrage entre les deux bandes est constitué d'ar-

matures de 14 mm d'épaisseur, placées tous les 80 cm (goujons connecteurs). Pour épargner le forage des trous destinés aux ancrages, l'entrepreneur a disposé des barres munies de manchons sous la nappe d'armatures. Il suffisait de les dégager au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Une fois le béton durci, les ancrages ont été vissés dans les manchons mis préalablement en place (photo 7).

Entre le bétonnage de la première et de la deuxième bande, un délai de 7 jours s'est écoulé pour permettre la prise du béton dans de bonnes conditions. Le ferrailage de la deuxième bande pouvait, quant à lui, être entamé dès la fin du bétonnage de la première bande (photo 11).

Lors de l'exécution, des dispositions particulières ont été prises pour pouvoir circuler sur les caniveaux à câbles sans les endommager. Ceux-ci ont été recouverts de madriers en bois (photo 12). De même, les surlargeurs prévues pour les zones d'arrêt d'urgence ont été bétonnées avant les revêtements proprement dits.

Après chaque phase de bétonnage, la technique de lavage par dénudage chimique a été appliquée de manière à mettre en valeur les granulats choisis (photos 9, 13 et 14).

Les dernières phases d'exécution ont consisté à bétonner les bandes de réservation, de 30 cm de largeur, non armées, laissées de part et d'autre des revêtements. Enfin, le joint longitudinal axial a été scellé au moyen d'un profilé en néoprène.

Résultats obtenus

Essais sur la qualité du béton

Pour rappel, la composition du béton choisie pour la réalisation des revêtements est un béton 0/20 :

- ◆ concassés de porphyre 7/20 : 744 kg - 2/7 : 457 kg;

- ◆ sable de rivière 0/4 : 579 kg;
- ◆ ciment CEM II/A 42,5 LA : 400 kg;
- ◆ entraîneur d'air : 0,480 kg;
- ◆ plastifiant : 0,320 kg;
- ◆ eau (sur matériaux secs) : 175 kg.

Cette composition a été utilisée pour les différentes phases de bétonnage.

A titre d'exemple, les résultats obtenus lors d'une journée de bétonnage de juin 1999 sont repris dans le tableau I.

Les résultats reprennent les essais :

- ◆ sur béton frais *in situ*, effectués à partir d'un laboratoire mobile et les essais;
- ◆ sur béton durci, effectués à partir de cubes de 15 cm d'arête et de cylindres, forés dans des dalles et conservés d'abord *in situ* en moule couvert pendant 24 heures et ensuite en laboratoire.

Essais sur le revêtement terminé

Des essais contractuels ont également été réalisés, pour mesurer la planéité et la rugosité des re-



Photo 12
Protection
des caniveaux
latéraux
*Protection
of side gutters*



Photo 13
Epandage
du retardateur
de prise
*Spreading
the retarding agent*



Photo 14
Evacuation
des laitances
de dénudage
*Removal of stripping
laitances*

Tableau I
Table I

Date de bétonnage	BETON FRAIS					BETON DURCI				
	Slump (mm)	Vebe (s)	MVH (kg/m ³)	Air (% vol.)	Eau (l/m ³)	Résistance à la compression (N/mm ²)				
						Cubes (c = 15 cm)		Carottes (S = 100 cm ² - h = 10 cm)		
					7 d	28 d	7 d	28 d	90 d	
03/06/99	35	3	2.360	3,5	185	42,2	54,6	46,6	61	68,5
								43,9	64	70,6
	40	3	2.370	3,1	181	39,8	57,9	45,8	61,9	76,4
								48	63,6	70,4
	30	4	2.365	3,4	186	41,3	55,8	44,1	60	69,5
								40,8	59,5	66,8
Moy.	35	3,5	2.365	3,3	184	41,1	56,1	44,9	61,7	70,4



Photo 15

La qualité du revêtement en béton armé continu participe pleinement à la sécurité, au confort et à la durabilité de la liaison E40-E25

The quality of the continuous reinforced concrete surfacing contributes fully to the safety, comfort and durability of the E40-E25 link

► vêtements : analyseur de profil en long, essai à la tache de sable...

Ces essais ont conduit à des adaptations locales du revêtement par rabotage, ce qui a permis d'obtenir partout les caractéristiques voulues pour assurer sécurité et confort de roulement.

■ CONCLUSIONS

Le succès de la liaison E40-E25 est évident. En deux ans et demi de fonctionnement, les quelque 50 millions de véhicules qui l'ont empruntée peuvent en témoigner. Le défi de réaliser une autoroute de gabarit européen, en pleine ville de Liège, a été relevé par tous les intervenants : pouvoirs publics, bureaux d'études, entrepreneurs, conseillers... La sécurité de cette infrastructure, regroupant d'importants ouvrages, dont des tunnels, a été un des objectifs à atteindre. Aucun incident important n'est survenu jusqu'à présent, et ce, grâce à la conception initiale, au soin apporté lors des travaux et aux nombreux équipements mis en place.

Sans conteste, le revêtement en béton armé continu y contribue également. L'expérience belge en la matière est importante. Cependant les particularités de réalisation en tunnel ont nécessité une grande attention et des adaptations non négligeables, qui, à elles seules, ont constitué autant de gageures : mise en œuvre, composition du béton, approvisionnement, planification pointue... Le résultat final atteste de la réussite de ce pari (photo 15).

ABSTRACT

Continuous reinforced concrete in a tunnel in Liège, Belgium

A. Jasienski, D. Verlainne

In June 2000, a new motorway link (E25-E40) was inaugurated in Liège to solve transit and local traffic problems. It serves more than 65,000 vehicles a day in both directions. With multiple technical, environmental and security-related constraints, the 5 kilometres of this infrastructure prefigure numerous works such as bridges, roads, interchanges, etc. as well as 3 important tunnels of a combined length of 2.75 kilometres. For quality, durability and safety reasons, this infrastructure, and therefore the tunnels too, have been covered with a continuously reinforced concrete pavement.

To take due account of the obvious size and accessibility constraints, both the building process and the composition of the concrete had to be fundamentally adapted and entailed numerous consequences : working in phases, using a mixer and transport tank, the workability of the concrete, iron framework, organization of works, surface treatment, etc.

These constraints turned this covering project into a real challenge, one taken up by all intervening parties to the great satisfaction of the many users.

RESUMEN ESPAÑOL

Hormigón armado en continuo en un túnel de Lieja, en Bélgica

A. Jasienski y D. Verlainne

Desde junio de 2000, se ha puesto en servicio en Lieja un nuevo enlace por autopista (E5-E40), con objeto de resolver importantes problemas de tráfico de tránsito y local. Cada día pasan por este enlace más de 65.000 vehículos en ambos sentidos, y ello, con múltiples imperativos técnicos, medioambientales y de seguridad. En los 5 km de esta vía se suceden unas a otras, estructuras importantes cuya longitud acumulada se eleva a 2,75 km.

Por motivos de calidad, de duración y de seguridad, esta infraestructura y, por ende, los túneles, se han tenido que dotar de un revestimiento de hormigón armado en continuo.

Con objeto de tener en cuenta evidentes imperativos dimensionales y de accesibilidad, tanto el procedimiento de ejecución como la composición del hormigón han tenido que ser adaptados, fundamentalmente, dando lugar a numerosas consecuencias : fases del proyecto, utilización de hormigoneras y tolva transportadora, manejabilidad del hormigón, armaduras, organización, tratamiento de superficie, etc.

Todos estos imperativos han hecho que la ejecución de este revestimiento constituya un verdadero reto que ha sido aceptado por todos los participantes para mayor satisfacción de numerosos automovilistas.

Environnement, sécurité Les solutions ciment

Comme les objets familiers qui nous entourent, la route appartient à notre univers quotidien.

Sous toutes ses formes, elle permet et accompagne nos déplacements. Son réseau irriguant notre territoire favorise les échanges humains, culturels et économiques.

Indispensable à notre vie moderne, la route peut devenir le sujet de controverses voire de conflits lorsqu'elle parcourt certains sites sensibles.

Le sentiment écologique de notre temps doit-il freiner ou arrêter la construction de nouvelles infrastructures routières ?

Les enquêtes d'opinion réalisées récemment auprès de la population française attestent le contraire. La réponse à des attentes antinomiques nécessite de penser la route autrement.

Le mouvement en ce sens est déjà fortement engagé de la part de l'industrie cimentière et de ses partenaires qui proposent des solutions et des produits répondant aux préoccupations contemporaines.

Cet article a pour ambition de témoigner et de montrer que routes, environnement, sécurité, patrimoine et paysages sont réconciliés.



Vue générale d'une route en béton avec ses ouvrages et ses équipements annexes

General view of a concrete highway with its civil engineering structures and appurtenances

■ LES SOLUTIONS TECHNIQUES D'UN MATÉRIAU ÉCOLOGIQUE

L'utilisateur n'imagine pas l'enchaînement de choix que nécessitent la conception et la réalisation d'une route.

En premier lieu, les études d'impacts d'un axe vont permettre de choisir le meilleur compromis et définir les dispositions à prendre pour compenser les effets négatifs, particulièrement en ce qui concerne la protection de l'eau, ou le bruit.

Viendra ensuite le choix du tracé qui détermine l'importance du flux du trafic. De ce dernier, en fonction de son volume mais aussi des caractéristiques des sols rencontrés et de la possibilité de trouver localement des matériaux de construction, interviendra le choix des techniques pour la réalisation des chaussées proprement dites.

La décision de construire une route est également liée à un ensemble de critères économiques qui porteront sur le coût d'achat de l'investissement – là encore, les matériaux de construction ont leur importance – mais aussi et surtout sur son coût d'usage et d'entretien.

La prise en compte de ce dernier paramètre est essentielle lors de l'étude d'un projet routier. De sorte que nombre de solutions, pouvant générer des réparations fréquentes, coûteuses à la collectivité, gênantes pour l'utilisateur, devraient être souvent abandonnées au profit de solutions permettant une plus grande pérennité de construction et un entretien moins lourd.

Routes et béton : qualités et performances

De la construction de chaussées aux ouvrages d'accompagnement – ouvrages d'art, ouvrages hydrauliques, ouvrages de sécurité (séparateurs béton), ouvrages de protection de la faune et de la flore, ouvrages d'assainissement et de stockage (chaussées réservoirs), ouvrages de soutènement, mobiliers décoratifs d'aires de repos ou de service... – les techniques ciment-béton sont présentes au détour de chaque parcours et se plient à la volonté de l'homme. Elles permettent de répondre aux exigences de plus en plus contraignantes en matière de sécurité, d'écologie et d'environnement.

Le béton routier est, de fait, un matériau très solide offrant un large éventail de qualités : il résiste aux charges et aux poinçonnements ; il demeure rigide et stable par temps chaud, sans déformation niorniérage ; il n'est pas sensible au gel, aux sels de déverglaçage ni à l'érosion. La route en béton assure la sécurité des usagers par un maintien durable de l'uni de surface et une adhérence à toute épreuve.

En plus de ces qualités intrinsèques, on peut mettre en évidence les avantages économiques suivants :

- ◆ par une moindre épaisseur de la chaussée et donc une moindre consommation de granulats issus, de surcroît, de carrières locales ; l'utilisation de matériaux locaux évite en effet l'apport de matériaux neufs, tout en évitant les dégradations des réseaux connexes au chantier, dues aux transports ;
- ◆ par l'emploi de granulats de qualité courante (calcaire par exemple), moins chers que des granulats à valeur ajoutée qui seront uniquement utilisés en couche de surface ;
- ◆ par un bilan énergétique globalement faible, car la structure supprime l'utilisation des liants hydrocarbonés et utilise des liants hydrauliques à faible teneur énergétique ;
- ◆ par un faible coût d'entretien des chaussées en béton de ciment, qui est un élément important de compétitivité car, s'il est faible pour de grands itinéraires, il est quasiment nul pour des voiries à faible trafic pendant vingt à trente ans.

D'autre part, le développement de la technique du béton armé continu (BAC) doit son succès à l'évolution constante de sa mise en œuvre. Le revêtement en béton armé continu, dont le retrait est repris par la traction des armatures, conduit à une fissuration fine type béton armé et évite totalement la mise en place de joints (photo 1).

De moindre épaisseur qu'une dalle en béton non

et patrimoine / béton pour la route

Joseph Abdo
RESPONSABLE TRAVAUX PUBLICS
Cimbéton

Serge Horvath
RESPONSABLE RISQUES, SÉCURITÉ
ET INCENDIE DES CONSTRUCTIONS
Cimbéton

armé, ses vertus écologiques rejoignent son aspect économique grâce à une consommation de granulats modérée.

Au cours de ces dernières années, l'optimisation du dimensionnement des structures BAC a fait émerger le concept de "chaussées composites".

En 1998, un chantier expérimental a été réalisé sur la déviation de Rassats-Favrauds au nord-est d'Angoulême sur la RN 141 (cf. *Travaux* n° 750, page 35) dans le but de s'assurer du bon comportement structurel, *in situ*, d'une structure originale de type BAC/GB et de valider par conséquent l'hypothèse du collage entre béton et bitume (photo 2).

En 1999, la municipalité de Maizières, en Meurthe-et-Moselle, a construit une chaussée en béton armé continu collé sur une fondation en grave bitume pour raccorder le CD 974 à la RD 331 (photo 3).

Le bon comportement du chantier expérimental, de la déviation des Rassats-Favrauds (RN 141), a encouragé l'Administration française à lancer en 2000, avec la même technique, un nouveau chantier expérimental de longueur 7 km sur la RN 4 en Moselle.

Du côté de la Profession (Cimbéton - Specbea), on espère que cette solution économique et originale séduira d'autres maîtres d'ouvrage dans l'avenir.

La route, le béton et ses œuvres d'art

La route, mais aussi les tracés ferroviaires, favorise la construction d'ouvrages d'art. C'est dans ce domaine que l'évolution du béton et sa contribution au respect de notre environnement ont été les plus marquantes au cours de ces dernières années. Le développement des adjuvants, notamment les fluidifiants et les entraîneurs d'air, a favorisé l'amélioration des performances et conduit à une nouvelle génération de bétons, dits à hautes performances (HP). Aujourd'hui, ne fabrique-t-on pas des bétons dont la résistance mécanique peut atteindre 100 MPa, voire 150 MPa ?

Les "BHP", comme on les nomme communément, sont déjà intégrés, du moins partiellement, dans la réglementation française : les règles BAEL et BPEL 1990 voient en effet leur domaine d'application étendu aux B60, c'est-à-dire aux bétons dont la résistance caractéristique à la compression à 28 jours atteint 60 MPa. L'administration considère avec intérêt l'emploi de bétons de résistance plus élevée pour la réalisation d'ouvrages d'art. Il en est de même des grands maîtres d'ouvrage et



Photo 1
BAC : chantier
de l'autoroute A71
*Continuous reinforced
concrete : A71 motorway
project*



Photo 2
Chaussées composites
BAC/GB : réalisation
de la déviation
des Rassats-Favrauds
RN 141
*Composite pavement
of continuous reinforced
concrete/bitumen
treated base material :
construction
of the Rassats-Favrauds
diversion on the RN 141
highway*



Photo 3
Chaussées composites
BAC/GB/réalisation
d'un chemin départemental
à Maizières
(Meurthe-et-Moselle)
*Composite pavements
of continuous reinforced
concrete/bitumen treated
base material : construction
of a county road at Maizières
(Meurthe-et-Moselle region)*

maîtres d'œuvre, tels EDF et Scetauroute, qui étudient et construisent des ouvrages mettant en œuvre des bétons B80.

Cette banalisation des BHP, tout au moins des B60, est rendue possible grâce à l'étendue du réseau des BPE qui les met à la disposition des constructeurs à peu près partout en France.

Les bétons hautes performances se caractérisent par un ensemble de propriétés physiques et mécaniques qui en font des matériaux nouveaux. Si leur résistance élevée à la compression frappe l'esprit du fait d'une faible porosité, elle ne constitue

Photo 4
Autoroute A40 :
entre les échangeurs
de Bourg-en-Bresse
et de Pont d'Ain,
des ouvrages en béton extrudé
pérennes et faciles à entretenir

*A40 motorway : between
the Bourg-en-Bresse and Pont
d'Ain interchanges, extruded
concrete structures
that are lasting and easy
to maintain*



Ciments CPA-CEM I 52,5 PM CP2	385 kg
Fumées de silice	31 kg
Superplastifiant (béton fluide*)	7 kg
Sable 0/5	780 kg
Gravillons 5/12	360 kg
Gravillons 12/20	695 kg
Eau	150 l
* Béton plastique : dosage en superplastifiant, 5 kg ; dosage en eau, 145 l.	

Tableau I
Table I



Photo 5
Autoroute A40 : les caniveaux à fente sont coulés dans une tranchée grâce à un moule spécifique
A40 motorway : the slotted gutters are poured in a trench using a special mould

Photo 6
Ouvrage en béton
pour faciliter le passage
des chevreuils
et des sangliers
*Concrete structure
to facilitate the crossing
of deer and wild boars*



▶ pourtant qu'une de leurs qualités intrinsèques. Les recherches et les études menées, tant en France qu'aux États-Unis ou en Norvège, mettent en relief leur grande durabilité, c'est-à-dire leur capacité de conserver leurs "vertus" de service au cours du temps et face à des environnements agressifs. Les caractéristiques d'imperméabilité des BHP aux liquides et aux gaz sont la conséquence de leur forte compacité.

Par exemple, les viaducs du Crozet, par leur forme, leur finesse, ont conduit l'entreprise Campenon Bernard, mandataire du chantier, à employer des bétons hautes performances de type B60, de deux maniabilités distinctes pour satisfaire aux exigences de mise en œuvre :

- ◆ consistance fluide pour les pilettes (fines et fortement armées) ;
- ◆ consistance plastique pour le tablier (pente).

D'une composition de base identique et d'une teneur en eau analogue, ces deux types de béton à l'ouvrabilité différente ont été obtenus par différenciation du dosage en superplastifiant. Ils ont été préparés en centrale de béton prêt à l'emploi par SATM (cf. tableau I).

Les ouvrages annexes

Les concessionnaires veillent à réduire l'impact des modifications environnementales dues à la construction d'une autoroute. Des actions préventives sont menées dans plusieurs directions : protection de la faune et de la flore, construction d'ouvrages en béton d'assainissement pour la protection de la nappe phréatique (photo 4).

Les ouvrages hydrauliques : le béton roi

Les ouvrages en béton qui protègent efficacement la nappe phréatique des infiltrations d'une eau pluviale la plupart du temps polluée par les hydrocarbures sont nombreux. Plusieurs réalisations, différentes dans leur conception mais d'une remarquable opportunité, montrent à l'évidence l'importance que les concepteurs attachent aujourd'hui aux ouvrages hydrauliques destinés à garantir la protection des eaux souterraines et superficielles (photo 5).

La faune : quand on aime, on ne compte pas

Sur, ou sous, la plupart des plates-formes autoroutières traversant nos forêts, les mesures conservatoires prises pour la protection de la faune sont tout aussi importantes que celles liées à la protection des eaux souterraines :

- ◆ conduits en béton (crapauducs) sous l'autoroute pour permettre aux batraciens de rejoindre leur lieu de reproduction pouvant se trouver à l'opposé de leur "lieu de villégiature" ;
- ◆ rétablissement d'ouvrages existants ou création de nouveaux ouvrages en béton pour faciliter le passage des chevreuils et des sangliers (photo 6) ;
- ◆ passages spéciaux (buses en béton de ciment) sous l'autoroute...

Dans la Drôme, l'aménagement de l'une de ces voies a représenté un investissement de 1,5 million de francs. Ce qui prouve que, "lorsqu'on aime, on ne compte pas".

La voirie urbaine en béton

Le béton, "matière vivante", peut varier en fonction de la nature des granulats, des adjuvants, des colorants, des traitements de surface, s'adaptant aux exigences de chaque réalisation par ses performances et par son aspect final.



Photo 7
Paray-le-Monial (Saône-et-Loire) : l'espace piétonnier de la ZAC use largement du béton désactivé

Paray le Monial (Saône-et-Loire region) : the pedestrian space in the "ZAC" mixed development zone makes extensive use of deactivated concrete

Les produits en béton (pavés, dalles, bordures et caniveaux, mobiliers urbains) et les techniques de béton coulé en place (désactivé, imprimé, bouchardé, hydrosablé) permettent aujourd'hui de répondre aux exigences en matière d'intégration à l'environnement urbain et de la structuration de l'espace tout en améliorant la sécurité de tous les usagers (photos 7 et 10).

La voirie à faible trafic : quand le béton s'offre au regard

Aux quatre coins de France, différentes réalisations de prestige sont là pour témoigner de la grande variété des ouvrages de voirie à faible trafic exécutés en béton de ciment : pistes cyclables, chemin d'accès, voiries viticoles, chemins piétonniers, espaces publics, places de mairie, parkings... La liste est loin d'être close (photo 8).

Ces voiries traversent des paysages aux multiples facettes. Pour préserver leur identité, il a fallu concevoir des revêtements spécifiques. D'une part, pour l'usage que l'on attendait d'eux, d'autre part, en raison d'une parfaite harmonisation dans un paysage rural ou dans un site historique donné (photo 9).

Le béton et la mer

La prise de conscience des menaces de dégradation du littoral, la série de directives et circulaires ministérielles, la montée au créneau des associations de défense, ont provoqué une attitude nou-



Photo 8
Chemin rural en béton
Rural path of concrete



Photo 9
Les Calanques de Marseille (Bouches-du-Rhône) : la voirie béton se fond dans le paysage

Les Calanques de Marseille (Bouches-du-Rhône region) : the concrete road system melts into the landscape

velle des responsables municipaux à l'égard de leurs stations balnéaires du littoral. Fort heureusement, l'époque où le béton était considéré comme une nuisance pour notre façade maritime est révolue. Cela, grâce à sa grande faculté d'adaptation et à ses propriétés de résistance aux intempéries maritimes (photo 11).

Le béton s'impose désormais dans les voies de communication comme une solution économique sûre et esthétique dans bon nombre de stations balnéaires ou de communes touristiques. A l'instar des maires de Bénodet, Mesquer, Quimiac, Piriac, en Loire Atlantique, nombre d'élus locaux du littoral océanique l'ont adopté pour des opérations de réhabilitation ou d'aménagements urbains imposés par l'activité touristique de leur commune.

Forêts et vignobles : la voie des campagnes

Dans nos campagnes, les voiries en béton ont de multiples facettes : sous les forêts, entre les champs ou dans les vignes, pour l'accès aux exploitations comme pour la promenade des touristes. Mais elles ont un point commun : les orages, les grands froids, les fortes chaleurs ou les lourdes charges ne les altèrent pas. Et, toujours, elles s'harmonisent à leur environnement.

Fraîches et pimpantes, elles serpentent discrètement en sous-bois et s'enfoncent dans la forêt jurassienne. Elles facilitent les déplacements entre les fermes du Mâconnais sans détruire le paysa-



Photo 10
Strasbourg (Bas-Rhin) -
Rue des Hallebardes : des dalles de béton rose pour une voie pleine de charme

Strasbourg (Lower Rhine region) - Rue des Hallebardes : pink concrete slabs for a very charming road



Photo 11
Bénodet (Finistère) - Quai du Commandant L'Herminier : un béton désactivé à mi-chemin entre l'urbain et l'estival

Bénodet (Finistère region) - Quai du Commandant L'Herminier : deactivated concrete midway between urban and summertime atmospheres



Photo 12
La voirie viticole en béton pour une double fonction : viabilité et fonction hydraulique
The viticultural road system of concrete for a twofold function : practicability and hydraulic function

ge. Et elles évitent de transformer les voiries viticoles de Champagne (et les chaussées avoisinantes!) en torrents de boue. Enfin, tout en se jouant des pentes naturelles, les voiries en béton n'empiètent que sur un minimum d'espace : leurs profils ingénieux permettent de canaliser les eaux de ruissellement sans avoir recours à des fossés disgracieux (photo 12).

BÉTON DE CIMENT MINCE COLLÉ "BCMC"

Pourquoi le BCMC ?

Malgré les progrès enregistrés ces dernières années, les chaussées bitumineuses continuent de s'orniérer sous l'effet du trafic et des conditions climatiques (température). Ces dégradations qui affectent la partie supérieure de la chaussée (5 à 7 cm) mettent en péril la sécurité des usagers. Elles apparaissent aujourd'hui principalement :

- sur les voies lentes des autoroutes (trafic lourd, canalisé et lent) ;
- sur les voies et couloirs de bus (trafic canalisé avec arrêts) (photo 13) ;
- sur les carrefours et croisements de voies (freinages et ralentissements fréquents) ;
- sur les giratoires (freinages et effort de cisaillement) ;
- sur les parkings, les aires de repos des autoroutes et les aires de stationnement aéroportuaires (photo 14).

Les maîtres d'ouvrage sont dans l'obligation d'entretenir périodiquement ces chaussées dégradées en faisant appel à la thermorégénération ou en remplaçant l'ancienne couche par une nouvelle couche d'enrobé.

Qu'est-ce que le BCMC ?

Le béton de ciment mince collé est une technique récente, qui s'est développée aux États-Unis dans le but de remédier durablement au problème d'orniérage. Elle est ainsi dévolue à l'entretien des chaussées à base de matériaux hydrocarbonés.

Cette technique consiste à fraiser ou à raboter la structure bitumineuse dégradée, sur une épaisseur adéquate (de 4 à 10 cm), et de la remplacer par une couche de béton de ciment qui adhère parfaitement à la couche bitumineuse résiduelle sous-jacente. La structure monolithique ainsi obtenue offre des garanties de durabilité, et cela pour deux raisons :

- le béton assure une protection thermique de la structure existante ;
- le béton, de par sa rigidité, répartit les charges et soulage ainsi la structure bitumineuse sous-jacente.

Les joints

Du fait de la faible épaisseur de la couche de béton, il est impératif de rapprocher les joints dans le but de réduire les effets de gauchissement. Un maillage de joints, selon un dallage carré dont le côté est de l'ordre de 20 fois l'épaisseur du BCMC, est conseillé.

La remise en circulation

Le BCMC peut être ouvert à la circulation dans un délai court (24 heures), à condition d'utiliser un béton de formulation adaptée.

Les avantages du BCMC

Le BCMC présente les atouts suivants :

- bon comportement sous trafic ;
- absence d'orniérage ;
- coût très compétitif ;
- grande durabilité ;
- revêtement clair, caractéristique appréciée en site urbain.



Photo 13
Paris - Boulevard Davout : chaussée composite en BCMC pour un arrêt de bus
Paris - Boulevard Davout : composite pavement in thin bonded concrete overlay for a bus stop

Photo 14
A6 - Aire des Châtaigniers : parking poids lourds en BCMC

A6 - Aire des Châtaigniers (rest area) : commercial vehicle parking lot of thin bonded concrete overlay





Photo 15
Bas-Rhin : retraitement au ciment d'un chemin départemental
Lower Rhine region : cement resurfacing of a county road

Les liants hydrauliques pour la préservation des ressources

La raréfaction des ressources en granulats dans certaines régions et le renchérissement des transports ont incité les maîtres d'œuvre, les organismes techniques et les entreprises à rechercher des solutions alternatives, notamment en faisant appel aux techniques permettant de valoriser les matériaux disponibles localement. Le traitement des sols au ciment ou au liant hydraulique routier permet aujourd'hui de réaliser des plates-formes routières, des assises de chaussées ou des matériaux autocompactants pour le remblayage des tranchées. Aussi, le retraitement à froid d'anciennes chaussées au ciment ou au liant hydraulique routier repose sur l'exploitation optimale du gisement de matériau présent sur l'ancienne chaussée et sur sa valorisation en place au ciment (photo 15).



Photo 16
Auxerre (Yonne) - Remblayage d'une tranchée d'assainissement : utilisation d'un matériau autocompactant à base de ciment
Auxerre (Yonne region) - Backfilling of a drainage trench : use of a self-compacting cement-base material



REMBLAYAGE DES TRANCHÉES : LES MATÉRIAUX AUTOCOMPACTANTS

Pourquoi les matériaux autocompactants ?

Malgré l'existence de règles de l'art bien définies, décrites dans la norme NF P 98-331 et dans le guide technique Setra-LCPC "Remblayage des tranchées et réfection des chaussées" de mai 1994, les tranchées remblayées classiquement présentent encore, pour une large part, une défaillance de comportement liée principalement à un compactage insuffisant au moment de leur réalisation.

En outre, la multiplication des interventions en site urbain sur les différents types de réseaux entraîne l'ouverture de tranchées de plus en plus étroites (40 à 50 cm de largeur). Il est donc difficile, dans si peu d'espace, de compacter les matériaux traditionnels de façon efficace.

L'alternative aux matériaux et à la méthode de remblayage classiques est le recours à des produits nouveaux à base de liants hydrauliques et désignés sous le nom de "matériaux autocompactants".

Qu'est-ce qu'un matériau autocompactant ?

C'est un mélange de matériaux divers (sables, gravillons < 20 mm, cendres volantes, fillers, etc.), de ciment en faible quantité (< 100 kg/m³), d'eau et éventuellement d'un ou plusieurs adjuvants.

Le matériau ainsi constitué est dit "autocompactant" parce qu'il se met en place naturellement dans la tranchée, par simple déversement, sans compactage ni vibration. Il développe un raidissement en quelques heures et présente une résistance à long terme limitée, ce qui le rend facilement réexcavable (photo 16).

Les produits

La plupart des centrales de béton prêt à l'emploi (BPE) proposent un ou plusieurs matériaux autocompactants faiblement dosés en ciment (de 25 à 100 kg/m³).

On distingue actuellement deux familles de produits :

- les produits essorables, qui utilisent le principe des remblais hydrauliques : la fluidité nécessaire à leur mise en œuvre est due à une teneur en eau élevée. Leur capacité portante est obtenue essentiellement par l'évacuation d'une forte partie de cette eau (40 à 50 %) dans les matériaux encaissants, et par la prise et le durcissement du ciment. Sauf dispositions spéciales, leur utilisation est limitée aux matériaux encaissants ;
- les produits non essorables, dont la fluidité est obtenue par l'utilisation d'adjuvants parfois spécifiques et dont la capacité portante est engendrée par la prise et le durcissement du ciment.

Domaines d'application

Les domaines d'application privilégiés sont les tranchées étroites et encombrées, car il est difficile – voire impossible – d'y réaliser un compactage correct, mais aussi, bien sûr, tous les autres types de tranchées : larges, profondes, blindées, etc.

Tous les réseaux sont concernés (EDF, GDF, réseaux d'eaux pluviales, France Télécom, etc.), chaque concessionnaire disposant de spécifications particulières.

Les produits actuellement proposés sur le marché, essorables ou non essorables, à base de sables, de cendres volantes ou de granulats (0/20), sont utilisables en matériau d'enrobage et/ou de remblai. Pour être qualifié de réexcavable, le matériau doit avoir une résistance en compression à 28 jours inférieure à 2 MPa, résistance qui ne doit pas évoluer fortement ensuite. Enfin, l'utilisation de ces produits en assise de chaussées est pour le moment limitée aux chaussées dont le trafic est inférieur ou égal à T3 (150 poids lourds par jour).

Les avantages

Les principaux avantages sont les suivants :

- grande régularité et grande disponibilité (matériaux fabriqués en centrales BPE) ;
- mise en œuvre aisée et rapide, par camion malaxeur ;
- meilleure productivité (peu de main-d'œuvre) ;
- pas de compactage ;
- accès aux tranchées étroites ;
- pas de contrôle de compacité pendant le chantier ;
- pas de stockage de matériaux de remblai ;
- pas de nuisances (pas de compactage, pas de vibrations) ;
- matériau réexcavable ;
- remise en circulation rapide.

Photo 17
 Vue générale
 d'un chantier traitement
 de sol pour la réalisation
 d'une plate-forme
 autoroutière

*General view of soil
 improvement works
 for the construction
 of a motorway formation
 level*



Autre problème résolu par l'apport de ciment (ou de liant hydraulique routier) : alors que les profils géométriques des projets routiers deviennent de plus en plus contraignants et demandent des mouvements de terre importants dans des sols parfois difficilement réutilisables, les gisements naturels de matériaux nobles s'épuisent. Il convient donc d'épargner les ressources existantes. A ces impératifs économiques, il faut satisfaire au souci de la préservation de l'environnement poussant à limiter la prolifération d'exploitation en carrières qui rompt bien souvent l'harmonie naturelle de nos paysages, ou de ballastières qui bouleversent nos écosystèmes. Ce sont ces impératifs qui conduisent

RETRAITEMENT EN PLACE AU CIMENT : UNE SOLUTION OPTIMALE

La technique du retraitement en place au ciment repose sur l'exploitation optimale du "gisement" de matériau représenté par la chaussée à restructurer et sur son retraitement "en place", c'est-à-dire sur le site même. Elle consiste tout d'abord à défoncer l'ancienne chaussée et à la remettre au profil. Ensuite, on incorpore à ce matériau de base un ciment, éventuellement un correcteur granulométrique, et de l'eau, puis on malaxe l'ensemble jusqu'à obtention d'un matériau homogène. Enfin, on nivelle et on compacte la nouvelle assise de chaussée, sur laquelle on applique ultérieurement une couche de surface.

De nombreux avantages découlent de ce procédé original. Et en premier lieu un atout économique majeur, son coût : l'économie par rapport à une solution classique de renforcement avec épaulement peut aller jusqu'à 30 % du montant des travaux. En réutilisant au maximum les matériaux du site et en recourant à un liant disponible localement, le ciment, on réduit au minimum l'apport de matériaux extérieurs et le coût de leur transport, et on préserve du même coup le réseau routier situé au voisinage du chantier. C'est, de plus, une technique de traitement à froid, donc peu consommatrice d'énergie, et qui nécessite un matériel d'exécution relativement courant. Le revêtement ainsi obtenu est, en outre, d'une grande résistance, d'où un entretien considérablement réduit durant la période de service.

Sur le plan technique, le support de chaussée ainsi obtenu présente des caractéristiques mécaniques comparables à celles d'une grave-ciment élaborée en centrale et d'une épaisseur identique : grande rigidité assurant une bonne répartition des charges, bonne tenue à la fatigue liée à un trafic cumulé important, très grande résistance à l'érosion et aux variations climatiques. Plus de déformations ou d'orniérage par temps chaud et, surtout, faible sensibilité aux cycles gel-dégel, grâce à la rigidité du matériau et à l'effet de dalle qu'il induit.

Environnement et histoire/La route continue

En limitant au strict minimum l'apport de matériaux extérieurs au site, le retraitement en place au ciment des chaussées dégradées contribue à la préservation du site tout en limitant l'exploitation des carrières et des ballastières. De plus, cette technique à froid n'entraîne aucun rejet de vapeurs nocives dans l'atmosphère. Une chaussée retraitée en place est donc une route recyclée à moindre coût et respectueuse de son environnement, mais aussi une route littéralement "chargée d'histoire", promise à une nouvelle vie : tout un symbole.

Des avantages qui parlent d'eux-mêmes

- Economie de 15 à 30 % par rapport à une solution de renforcement classique.
- Technique à l'échelle locale, tant pour le matériau que le matériel d'exécution.
- Pratiquement pas d'entretien durant la période de service.
- Pas de coûts dérivés : réduction maximale de l'apport de matériaux extérieurs, préservation du réseau routier avoisinant.
- Grande rigidité du support de chaussée, bonne tenue à la fatigue, solidité à toute épreuve.
- Insensibilité à la chaleur, résistance aux cycles gel-dégel.

à traiter les sols au ciment ou au liant hydraulique routier. Ces liants hydrauliques répondent donc à des impératifs économiques, associés à un souci évident d'écologie (photo 17).

ABSTRACT

Environment, safety and the heritage : cement/concrete solutions for highway engineering

J. Abdo, S. Horvath

Like the familiar objects that surround us, the highway belongs to our everyday universe.

In all its forms, it makes possible and accompanies our travel. The road network covering our territory promotes human, cultural and economic exchanges.

Essential to our modern life, the highway may become a subject of controversy or even conflict when it passes through certain sensitive sites. Should the ecological awareness of our time slow down or halt the construction of new road infrastructure ?

The opinion surveys carried out recently among the French population testify to the contrary. To respond to radically different expectations, thinking in the highway engineering sector must change. The trend in this direction has already been set strongly in movement by the cement industry and its partners, which propose solutions and products to meet contemporary concerns.

This article aims to testify and show that roads, environment, safety, the heritage and landscapes are reconciled.

RESUMEN ESPAÑOL

Medio Ambiente, Seguridad y Patrimonio : las soluciones cemento/hormigón para la carretera

J. Abdo y S. Horvath

Del mismo modo que los objetos que nos rodean, la carretera pertenece a nuestro universo cotidiano.

En todas sus formas, la carretera permite y acompaña nuestros desplazamientos.

Su red se extiende sobre nuestro territorio y propicia los intercambios humanos, culturales y económicos.

Indispensable para nuestra vida moderna, la carretera puede llegar a ser el tema de controversias, e incluso de conflictos cuando atraviesa ciertos emplazamientos sensibles.

El sentimiento ecológico de nuestro

tiempo ¿debe frenar o interrumpir la construcción de nuevas infraestructuras viarias ?

Las encuestas de opinión efectuadas recientemente cerca de la población francesa atestiguan lo contrario. La respuesta a las expectativas antinómicas requiere "pensar" la autopista de forma diferente.

El movimiento en este sentido se encuentra ya ampliamente emprendido por parte de la industria del cemento y de sus asociados, que proponen soluciones y productos que responden a las preocupaciones contemporáneas.

Este artículo tiene por ambición testimoniar y demostrar que las carreteras, el medio ambiente, la seguridad, el patrimonio y el paisaje están reconciliados.

Le centre d'exploitation à la Réunion

En réhabilitant un lazaret abandonné datant du XIX^e siècle qui servait autrefois de centre de quarantaine pour les nouveaux arrivants dans l'île, la DDE de la Réunion a permis de redonner une deuxième vie à un bâtiment en ruine.

La réhabilitation du lazaret a permis d'offrir aux agents de la DDE qui patrouillent sur la route du littoral, un cadre de travail confortable, esthétique mais aussi fonctionnel

The renovation of the Lazaretto made it possible to provide the DDE employees who patrol the coastal road with a comfortable, attractive but also functional work setting



A l'origine, il ne restait du lazaret que quelques ruines (identiques à celles figurant sur la partie gauche de la photo)

Initially, all that remained of the Lazaretto were a few ruins (identical to those shown on the left-hand part of the photo)



Quand on peut faire coïncider l'activité économique et le respect du patrimoine culturel, le pari devient gagnant !

Depuis 2000, le centre d'exploitation de la Grande Chaloupe est devenu le centre de gravité de la route du littoral dans la mesure où il constitue la base d'intervention opérationnelle des équipes de la direction départementale de l'Équipement de la Réunion.

Pour appréhender l'importance de la route du littoral à la Réunion, il faut savoir que cette route à quatre voies, à flanc de falaise (elle est aussi appelée route en corniche), qui relie sur 13 km la capitale Saint-Denis (130 000 habitants) aux ports et à l'ouest de la Réunion, est empruntée par plus de 45 000 véhicules par jour en moyenne.

A l'échelle métropolitaine, il faut imaginer le boulevard périphérique urbain sous une falaise de 200 m de haut avec des risques de chutes de blocs rocheux ou de pierres importants.

En cas de forte pluviométrie notamment, les risques d'éboulement obligent à condamner la voie côté montagne.

Cette route est évidemment placée sous une surveillance constante : il était donc nécessaire pour la DDE de disposer d'un point d'appui pour les agents qui patrouillent et d'une base de vie en cas d'alerte cyclonique.

Les possibilités d'implantation d'un nouveau bâtiment à proximité de la quatre-voies du fait de la topographie étaient très limitées. A proximité immédiate de la voie dans un encaissement de la vallée, à mi-chemin entre Le Port et Saint-Denis se trouvaient des vestiges d'anciens lazarets.

Ceux-ci étaient destinés à recevoir les engagés indiens et les nouveaux arrivants dans la colonie pour une mise en quarantaine. Leur fermeture définitive intervenue en 1947 et l'absence d'entretien les transforma progressivement en ruine.

L'idée un peu folle de réhabiliter ces ruines tout en leur donnant une vocation de centre routier germa dans les esprits de l'équipe de maîtrise d'œuvre (l'architecte de la DDE, François Hennequet, le subdivisionnaire de Saint-Denis, Gérard Tholot notamment).

Le pari était osé car le site de la grande chaloupe inscrit à l'inventaire supplémentaire des monuments historiques, comportait des contraintes fortes. Pour compliquer les choses, les traces de l'ancien lazaret étaient très rares.

Ce projet de ne pas construire un bâtiment neuf mais de réhabiliter ces ruines en s'appuyant sur le bâti restant pour construire un centre d'exploitation routière, séduisit immédiatement M. Michel Le Bloas, le directeur départemental de l'Équipement, qui donna son feu vert à la réalisation de ce projet.

Le projet démarra par des recherches historiques et architecturales conjointes, de la part de la DDE et de la Direction régionale des affaires culturelles. Ce bâtiment même s'il n'est pas la réplique exacte de l'ancien s'installe sur l'implantation d'origine et respecte les lignes, les couleurs et les proportions

Pour garder la trace de l'ancien lazaret, les équipes ont cherché à reproduire sur le bâtiment la couleur des murs d'origine à partir de traces de jaune pâle découvertes sur quelques pierres sous les enduits des crépis. Compte tenu de la décoloration due aux années, la couleur ocre fut finalement retenue pour les murs. Pour les volets et les boiseries, ils s'appuyèrent sur le témoignage d'un médecin du lazaret qui décrit leur couleur dans une thèse de 1867. Le résultat est étonnant car le lazaret une fois réhabilité et rénové par la DDE porte... ses couleurs ! Murs ocres, volets couleur sanguine.

de la Grande Chaloupe

Les futurs occupants, les agents du centre, eurent également leur mot à dire car ils furent associés tout comme les habitants du secteur à la réalisation du projet par la prise en compte de leurs recommandations.

En terme de chantier, cela ne fut pas forcément très facile non plus pour l'entreprise EGA, retenue au 2^e appel d'offres car arriver à combiner réhabilitation historique, adaptation des structures et dérogations aux normes de constructions a relevé parfois du casse-tête et du défi.

C'est ainsi que 635 000 € furent investis, dès 1998 pour cette réhabilitation patrimoniale.

La réhabilitation ne se cantonna pas uniquement à la restauration du bâtiment mais concerna aussi l'assainissement des lieux laissés à l'abandon, la mise à jour d'un ancien lavoir enterré à près de deux mètres sous terre et la reconstruction des murs d'enceinte et du cimetière situé à proximité. En choisissant de conserver le caractère du site au lieu de construire un bâtiment neuf, la DDE soutenue par la direction régionale des affaires culturelles et l'architecte des Bâtiments de France, a contribué à la préservation du patrimoine culturel et historique local de l'île tout en lui conférant une utilité fonctionnelle.

La fréquentation importante du site lors de l'ouverture au public pendant les journées du Patrimoine prouve que ce challenge un peu risqué au départ fut pleinement réussi.



Ce projet permet de faire coïncider activité économique et respect du patrimoine culturel

This project reconciles economic activity with conservation of the cultural heritage



La volonté de préserver les traditions du site avec des couleurs ocres, des boiseries, des volets colorés a été le fil conducteur de la réhabilitation

The determination to preserve the traditions of the site with ochre colours, wooden panelling and colourful shutters was the guiding principle for the renovation work

ABSTRACT

The Grande Chaloupe operations centre on Reunion Island

St. Geaufreau

By rehabilitating an abandoned lazaretto dating from the 19th century which formerly served as a quarantine centre for new arrivals on the island, the Reunion departmental directorate of equipment (DDE) restored new life to this building in ruins. Since 2000, the Grande Chaloupe operations centre has become the centre of gravity for the coastal road to the extent that it constitutes the operational base for the teams of the Reunion departmental directorate of equipment.

The renovation was not confined merely to restoration of the building but also concerned sanitation work on the abandoned premises, uncovering an old washing-place buried almost two metres underground and reconstruction of the surrounding walls and the graveyard located nearby.

RESUMEN ESPAÑOL

Centro de operaciones de la Grande Chaloupe, en La Reunión

St. Geaufreau

Al proceder a la rehabilitación de un lazareto abandonado que asciende al siglo XIX, y que se utilizaba en la época como centro de cuarentena para los recién llegados a la isla, la Delegación de Fomento de La Reunión ha permitido volver a dar una segunda vida a un edificio en ruinas. Efectivamente, desde 2000, el centro operativo de la Grande Chaloupe ha llegado a representar el centro de gravedad de la carretera del litoral, que constituía la base de intervención operativa de los equipos de la Dirección departamental de fomento de La Reunión.

La rehabilitación no se limita tan sólo a la restauración del edificio, ya que también incluye el saneamiento de lugares dejados al abandono, la actualización de un antiguo lavadero bajo tierra a una profundidad de dos metros con respecto al nivel del suelo y la reconstrucción de los muros limitrofes y del cementerio situado en las cercanías.

Concours Général des lycées option génie civil

Nous sommes heureux d'accueillir dans nos colonnes M. Gilles Dugard, professeur agrégé de génie civil, délégué aux entreprises du Lycée Le Corbusier à Illkirch-Graffenstaden (Bas-Rhin), qui apporte aux lecteurs de *Travaux* un double témoignage, de passion pour le génie civil et ses métiers et pour les jeunes qu'il met sur la voie de la réussite, scolaire d'abord, puis professionnelle.

Dans un premier article, écrit en collaboration avec son collègue Benoît Anstett, il rend compte de l'organisation, par le lycée Le Corbusier, du Concours Général 2001 des lycées option génie civil, de son sujet, du déroulement des épreuves écrites et orales, et des résultats, jusqu'à la remise des prix aux lauréats, laquelle a eu lieu à la Sorbonne comme au temps de la "voie royale" ainsi que l'appelle le professeur Dugard (celle des matières jugées "nobles" comme les mathématiques, la physique, les langues...), par opposition avec la voie des filières technologiques et professionnelles.

Non sans humour, dans son deuxième article, intitulé "Le mythe du radiateur", il souligne avec beaucoup de conviction que ces filières technologiques professionnelles offrent aux jeunes des métiers bien rémunérés et des carrières pleines de promesses.

Nous remercions Gilles Dugard et le lycée Le Corbusier de ce témoignage, qui va à l'appui de l'action engagée par la FNTP pour mieux faire connaître nos métiers et y attirer les jeunes.

Roland Girardot

Photo 1
Université internationale
de l'espace (I.S.U.)



Le concours général des lycées fait partie des opérations de promotion que les lycées d'accueil mènent vers l'extérieur pour se faire connaître et surtout reconnaître.

En effet, c'est ce prestigieux concours national qui réunit chaque année les meilleurs élèves des classes de lycée, et ce dans 53 épreuves représentant les voies d'enseignement général, technologique et professionnel.

Fondé en 1747 par l'abbé Louis le Gendre, le concours général avait à l'origine un caractère culturel et artistique. Au cours de son histoire, les épreuves ont très largement évolué par l'ajout de matières jugées "nobles" : mathématiques, physique, puis les langues anglaise et allemande...

Cette évolution continue a permis de faire entrer les épreuves de technologie industrielle – dont le génie civil – en 1981 ; puis en 1995, la création du concours général des métiers permet désormais aux élèves des lycées professionnels de concourir dans leurs disciplines spécifiques. Ce concours couvre maintenant l'ensemble des parcours de formation et prend en considération une très grande diversité de connaissances, de dons et d'aptitudes. Il permet aux élèves primés de voir leurs efforts récompensés dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne par le ministre de l'Éducation nationale.

■ CONCEPTION DU SUJET

Plusieurs pistes de réflexion servent de guide dans la démarche d'élaboration des épreuves des deux tours, à savoir :

- ◆ traiter équitablement les disciplines liées à

l'étude des constructions (mécanique statique, résistance des matériaux, technologie de construction, dessin...), et celles liées à l'étude des systèmes techniques industriels (organisation de chantier, étude de prix, étude de mode opératoire) ;

- ◆ proposer des études globales d'éléments d'ouvrage (amphithéâtre, terrasse, poteaux...) afin ne pas privilégier l'une ou l'autre discipline enseignée ;

- ◆ donner une difficulté croissante aux différentes questions afin de ne pas décourager les élèves au début de leur rédaction.

Le sujet était volontairement long, et négociable par tous, y compris par ceux qui n'avaient pas traité les différents points en cours. Les documents joints pouvaient largement y pallier, même si le temps de réponse était alors plus long !

■ SUPPORT D'ÉTUDES (photo 1)

Pour la session 2001, la partie écrite du sujet porte sur la construction de l'Université internationale de l'espace (I.S.U.), bâtiment dont la vocation est d'accueillir en formation les spécialistes de l'espace du monde entier.

L'utilisation des plans pour ce concours a été largement autorisée et approuvée par les principaux responsables, tant utilisateurs que maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre.

Epreuve écrite

La **première partie** du sujet concerne le grand amphithéâtre de l'université, à partir duquel découlent trois groupes de questions :

- 1] Etude des gradins (coffrage et manutention).
- 2] Etude mécanique des poutres "crémaillère" plus principe de ferrailage.
- 3] Etude acoustique.

La **seconde partie** du sujet concerne l'organisation du chantier et l'étanchéité en terrasse.

- 1] Organisation du chantier (PIC + étalement de poutre + études sécurité et qualité).
- 2] Etanchéité en terrasse.

La **troisième partie** du sujet concerne les poteaux de grande hauteur, avec une étude de prix et une proposition de ferrailage.

- 1] Etude de prix.
- 2] Ferrailage.



Photo 2
Implantation de deux prémurs



Photo 3
Mise en place de deux prémurs

Epreuves orales

Quatre candidats seulement sont admis à passer les épreuves orales du deuxième tour.

Celles-ci concernent la "réalisation d'ouvrages" dans les domaines suivants : topographie, informatique appliquée, laboratoire de génie civil (structures et/ou matériaux et/ou sols) et mise en œuvre de procédés industriels.

Deux heures sont consacrées à chaque atelier, et successivement, par permutation circulaire, les candidats ont à démontrer leur excellence dans les quatre domaines.

Le thème central de ces quatre épreuves concernait le point particulier des prémurs* utilisés dans le cadre de la construction de l'Université internationale de l'espace.

Les prémurs sont des éléments d'ouvrage préfabriqués – dont les dimensions peuvent atteindre 8 x 3 m – constitués par deux plaques de béton d'épaisseur minimale 5 cm, reliées entre elles par des raidisseurs métalliques. Après la pose des ferrallages appropriés, le coulage d'un béton fluide à l'intérieur de ces plaques permet d'assurer les liaisons mécaniques entre les autres éléments de structures.

Première partie : épreuve d'informatique appliquée

A partir des plans informatisés de l'Université, le candidat devait produire un plan, un planning de travaux, et un tableau de calculs de métré, et ce à l'aide de trois logiciels.

Seconde partie : épreuve de topographie

Il s'agissait d'implanter – en planimétrie et en altimétrie – sur une semelle de fondation, deux prémurs dans un des angles du bâtiment (photo 2).

* **Prémurs** : ils sont fabriqués et commercialisés par la société Spurgin, dont le siège est à Selestat dans le Bas-Rhin.

Troisième partie : épreuve de mise en œuvre

Sans doute la plus spectaculaire, cette épreuve nécessitait après étude d'une installation de chantier, de mettre en place avec les moyens appropriés les deux prémurs d'angle (photo 3).

Quatrième partie : épreuve de laboratoire

Les prémurs ne peuvent être remplis qu'avec des bétons adjuvés. Le candidat devait, après avoir observé l'aspect du béton dans des prémurs fermés par Plexiglas, réagir et proposer une nouvelle composition de béton.



Photo 4
Apprentissage du commandement de la grue

Préparation aux quatre épreuves

Arrivés la veille, les quatre candidats ont pu se familiariser avec une technologie qu'ils avaient peu de chances de connaître grâce à une visite de chantier de prémurs, à un apprentissage des gestes de commandement de la grue, à la prise de connaissance et à la manipulation des matériels de topographie et d'informatique (machines et logiciels) (photo 4).

Nota : En effet, les prémurs restent encore très confidentiels en dehors de la région Alsace du fait du coût du transport. Avec les deux fabricants alsaciens de prémurs – Spurgin et Fehr béton – il n'est pas rare de voir les responsables techniques des chantiers régionaux utiliser cette technologie.

Benoît Anstett



PROFESSEUR DE GÉNIE CIVIL
Lycée Le Corbusier -
Illkirch-Graffenstaden

Gilles Dugard



PROFESSEUR DE GÉNIE CIVIL,
DÉLÉGUÉ AUX ENTREPRISES
Lycée Le Corbusier -
Illkirch-Graffenstaden

■ CÉRÉMONIE DE CLÔTURE

A l'issue de la journée, Henri Bresson, proviseur du lycée Le Corbusier a organisé une cérémonie de clôture présidée par M. Claude Lambert, recteur de l'Académie. Affirmant par sa présence son engagement pour les voies professionnelle et technologique de l'enseignement, le recteur a pu féliciter ces quatre élèves et les encourager dans cette voie d'excellence. Présente également, Béatrice Hess – neuf médailles d'or aux jeux paralympiques – a fait un parallèle entre les mondes du sport de haut niveau et de la construction, mettant en avant les valeurs communes que sont esprit d'équipe, motivation et courage (photo 5).

De nombreux professionnels de la construction et représentants des organisations professionnelles ont également participé à cette journée. Leurs soutiens matériel, financier et humain ont permis l'organisation des épreuves à "échelle 1". En effet, rien n'eût été possible sans une grue mobile, sans les prémurs et sans les personnels mis à disposition par la société Spurgin entre autres.

Les candidats sont repartis avec des dons, persuadés une fois de plus, qu'ils avaient fait le bon choix de leur formation.

Photo 5

Cérémonie animée par H. Bresson (au centre) et présidée par Claude Lambert, recteur (deuxième en partant de la droite)



Le mythe du radiateur...

Aujourd'hui, Il semblerait que la voie royale ne soit plus la seule qui nous permette de voir émerger l'élite de la nation.

La République a depuis bien longtemps pris le pas sur la monarchie, et les quelques particules qui restent de cette période de notre histoire ne sont plus légion. Alors pourquoi continuer de parler de voie royale ?

Pourtant, et le constat est sans appel, ce sont le plus souvent les professeurs, héritiers directs des fameux hussards de la République, qui persistent dans cette appellation pour le moins paradoxale...

La démocratie nous a enseigné bon nombre de valeurs, et parmi celles-ci, il en est une fondamentale : c'est celle du droit pour tous à l'éducation. La "vox populi" imposera-t-elle la voie populaire ?

Ce serait certainement retomber dans le travers de la pensée unique. Fort heureusement, la diversité des origines de nos "chères têtes blondes" fait que les chemins empruntés ne sont pas tous les mêmes.

Certains seront plus à même de suivre un enseignement purement académique. Trente cinq élèves par classe ne les gênent pas. D'ailleurs, dès le début de leur scolarité en collège, ils pourraient étudier les maths, l'histoire ou encore toute autre discipline dans un amphi labellisé universitaire. C'est vraiment parfait.

Ce qui l'est tout autant concerne une autre partie (que je ne quantifierai pas) des élèves. Pour beaucoup, la question est de connaître le nombre de radiateurs dans la salle de classe, afin d'espérer trouver une bonne place.

J'ai longtemps cru que cette obstination chez certains était liée à une frilosité malade ; puis en évoluant, j'imaginai volontiers que les discours des professeurs ne les intéressaient pas.

Aujourd'hui, j'ai beaucoup plus tendance à penser que le radiateur est la source de leur inspiration : Que de problèmes à résoudre avec un radiateur...

Le supposé cancre n'est peut-être pas celui que nous croyons ? C'est peut-être tout simplement un incompris. En effet, ne se pose-t-il pas sans

cesse des questions quant à la manière de représenter l'objet, sa conception, sa mise en œuvre ; se demande-t-il ce qui se passe dans le thermostat, comment se font les transferts thermiques, et comment sont dynamisés les fluides dans les tuyaux...

Autant d'interrogations auxquelles il est difficile de donner des échos dans un contexte "classique".

Heureusement pour eux, il existe des filières dans lesquelles ces élèves trouveraient toutes les réponses à leurs questions. Ces chemins sont connus de tous ; bien évidemment, ce sont les filières technologiques et professionnelles. Malheureusement, elles sont de plus en plus décriées voire méprisées, et souvent synonymes d'échec pour ceux qui les intègrent.

Et pourtant... à y regarder de près, nous observons que ces filières sont tout à fait adaptées à des élèves souhaitant s'exprimer dans une démarche expérimentale.

Globalement, l'enseignement des sciences, des techniques et des diverses technologies est étroitement associé à cette pédagogie du réel, qu'elle soit déductive ou inductive. Alors pourquoi continuer d'enfermer des élèves dans des sections qu'ils réfutent car ne correspondant pas à leur façon d'apprendre ?

Voilà le pire cadeau que nous pouvons faire à ces enfants dont la seule ambition est de satisfaire leur propre curiosité.

Un deuxième argument permet de valoriser les filières techniques et professionnelles. Il n'est nul besoin de le développer tellement il est évident : ces formations diplômantes débouchent inévitablement sur un travail très bien rémunéré, et ces diplômés ne font généralement pas partie des groupes de personnes constituant les files d'attente devant les bureaux de l'ANPE. En tant que contribuable, voilà qui me satisfait pleinement.

Nous observons cependant de trop nombreux exemples d'élèves des classes de troisième ayant été "invités" par leur professeur référant à ou-

blier leur vœu d'intégrer une classe de seconde à caractère professionnel ou technologique. Au nom de quel droit les sanctionnons-nous ? Sont-ils d'un trop bon niveau ?

Voilà encore une question qui n'a pas encore trouvé réponse !

Alors que faire ?

Par expérience, je peux affirmer que les passerelles mises en place pour accéder à toutes les formations, et ce pour quelque niveau que ce soit, sont possibles.

D'anciens élèves ayant choisi délibérément une filière professionnelle peuvent se faire appeler aujourd'hui "Monsieur le directeur" ou "Monsieur l'ingénieur".

J'ai de trop nombreux exemples pour parler de l'exception confirmant la règle. Mais celui qui restera sans doute le plus éloquent à ce jour concerne le concours général des lycées.

J'ai participé aux travaux préparatoires de ce prestigieux concours national.

Dans le domaine du génie civil, celui-ci se décline en deux groupes d'épreuves, le second tour n'étant accessible qu'aux auteurs des quatre meilleures copies. Parmi les quatre finalistes... trois avaient en poche un brevet professionnel ! Belle leçon à méditer devant ces futurs "Monsieur l'ingénieur".

Alors finalement, le radiateur... dossier de chaise ou système pédagogique ?



Gilles Dugard
PROFESSEUR DE GÉNIE CIVIL,
DÉLÉGUÉ AUX ENTREPRISES
Lycée Le Corbusier Illkirch-Graffenstaden

PS : Une nouvelle fois pour la session 2002 organisé par le lycée de Pons, un candidat issu d'une formation de type BEP est arrivé major au concours général, démontrant ainsi l'excellence de ces formations.